

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



فصل اول:

خوردگی و انواع آن و روشهای کنترل



پیشگفتار این فصل: قبل از دانستن هر چیز (در مورد مواد و مصالح تاسیساتی) می بایستی درباره آن اطلاعات اولیه درباره خوردگی و حالات آن و چگونگی بوجود آمدن خوردگی در آن مواد اطلاعاتی داشت و سپس با توجه به آن میبایستی به انتخاب جنس و یا مواد یا آلیاژ مورد نظر را بکار برد که هدف من در این پروژه همان میباشد و اینک در ادامه بشرح آن میپردازم.

در این فصل به عواملی خوردگی، آلیاژها، مواد کندکننده و غیره بدان شرح داده خواهد شد.

(Crosition) خوردگی

مقدمه: خوردگی در زبان فارسی ترجمه واژه ای انگلیسی است که معنای آن جویده شده و گاز گرفته شده است. به نظر می‌رسد ظاهر قطعه خورده شده ، این تداعی معنایی را سبب شده باشد. برای بیشتر مردم، خوردگی با مصادیقش شناخته می‌شود، از قبیل زنگ زدگی و سیاه شدن قاشقهای نقره‌ای. در واقع خوردگی همه اینها هست، اما به‌تنهایی هیچ یک نیست. بطور مثال ، زنگ زدگی فقط به خوردگی آلیاژهای آهن اطلاق می‌شود.

و در اصطلاح تعریف آن یعنی: خوردگی پدیده مخربی است که موجب اتلاف مواد، انرژی و سرمایه می‌شود. در واقع همان طوری که فلزات طی مراحل مختلف از دامن طبیعت جدا شده اند، توسط این پدیده، مجدداً به طبیعت باز می‌گردند. در حقیقت رسالت علم خوردگی در آن است که این برگشت را به تاخیر اندازد و به عبارت دیگر طول عمر مفید آنها را افزایش دهد

استاندارد ایزو ۸۰۴۴ ، خوردگی را بدین شکل تعریف می‌کند:

«واکنش فیزیکی- شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی است و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن عملکرد فلز ، محیط یا دستگاهی شود که این دو ، قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند.» و اما بهترین تعریفی که امروزه مورد قبول همگان است :

✓ خوردگی عملی است شیمیایی یا الکتروشیمیایی که بین فلزات و محیط اطرافشان واقع گشته و موجب فساد و دگرگونی در خواص آنها می‌شود .

ترمودینامیک و خوردگی

ترمودینامیک یکی از رشته های فیزیکی - شیمی است. یکی از ویژگی‌های علم ترمودینامیک این است که می‌تواند پیش‌بینی کند که آیا واکنشهای خاصی رخ خواهند داد یا نه. تعیین زمانی واکنشی که ترمودینامیک ، انجام آن را پیش بینی می‌کند، موضوع علم سینتیک است. خوردگی را می‌توان میل ترمودینامیکی برای بازگشت به اصل خود فلز دانست و آن را چنین توضیح داد:

فلزات اکثراً به شکل ترکیبات شیمیایی در سنگهای معدنی موجود هستند. فلز در این حالت به خاطر وضعیت ترمودینامیکی خود ، حالت پایدار دارد، یعنی از نظر ترمودینامیکی اگر نیرویی از خارج بر سنگ معدن وارد نشود، فلز میل دارد که در سنگ بماند و حالت ترکیبی خود را حفظ نماید. وقتی سنگ معدن از معدن جدا می‌شود، طی فرآیندهای خاصی ، فلز از سنگ استخراج می‌شود و به حالت فلز خالص در می‌آید.

عمل استخراج فلز ، از نظر شیمیایی یک فرآیند الکترون گیری یا احیا به حساب می‌آید. به این ترتیب فلز موجود در سنگ معدن ، الکترون می‌گیرد و به حالت فلز خالص در می‌آید. اما در اینجا وضعیتی ناگوار وجود دارد: الکترونیایی که طی فرآیند استخراج گرفته شده‌اند، برای فلز به شکل مهمان ناخوانده در می‌آیند. فلز علاوه بر الکترونیایی که خود دارد، الکترونیهای زیادتری را نیز طی استخراج به سوی خود فرا خوانده، با مهمان کردن الکترونیهای اضافی از چنگ سنگ گریخته است. اما این مهمانان تبدیل به ناخواستگانی شده‌اند که فلز دائماً در جستجوی راهی برای بیرون راندن آنهاست. به زبان ترمودینامیکی ، بی‌قراری فلز را ناپایداری ترمودینامیکی می‌نامند.

هنگامی که فلز موفق به از دست دادن الکترون می‌شود، واکنش اکسیداسیون رخ می‌دهد و می‌گویند خوردگی اتفاق افتاده است. وقتی فلز خورده شد، آن چه از واکنش باقی می‌ماند (اصطلاحاً محصولات خوردگی) به لحاظ ترمودینامیکی پایدار خواهد بود و از این نظر مانند فلز در حالت معدنی (در حالتی که به شکل ترکیب در سنگ معدن وجود داشت) رفتار می‌کند.

جالب آن که از نظر شیمیایی نیز محصولات خوردگی مثل سولفات آهن ، اکسید روی و غیره ، همان ترکیباتی هستند که در سنگ معدن فلز یافت می‌شود.

انواع خوردگی فلزات

خوردگی را به روش‌های مختلف طبقه‌بندی نموده‌اند. ولی عمومی‌ترین آن‌ها طبقه‌بندی بر اساس ظاهر و شکل فلز خورده شده می‌باشد. به این روش با مشاهده فلز خورده شده با چشم غیر مسلح به راحتی می‌توان نوع خوردگی آن را مشخص نمود.

در بین انواع خوردگی می‌توان نه نوع منحصربه‌فرد را پیدا نمود. ولی تمام آن‌ها کم و بیش وجه متشابهی دارند که به شرح ذیل می‌باشند:

۱- خوردگی یکنواخت Uniform Attack

۲- خوردگی گالوانیک یا دو فلزی Galvanic Two Metal. Corrosion

۳- خوردگی شیار یا لکه‌ای Crevice Corrosion

۴- حفره‌دار شدن Pitting

۵- خوردگی بین دانه‌ای Inter Granular. Corrosion

۶- جدایش انتخابی Selective Leaching

۷- خوردگی سایشی Erosion Corrosion

۸- خوردگی توأم با تنش Stress Corrosion

۹- خسارت هیدروژنی Hydrogen damage

۱۰- جریان‌های سرگردان

۱- خوردگی یکنواخت

خوردگی یکنواخت معمول‌ترین و متداول‌ترین نوع خوردگی است معمولاً به وسیله یک واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی به طور یکنواخت در سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد، مشخص می‌شود. فلز نازک و نازک‌تر شده و نهایتاً از بین می‌رود یا تجهیزات مورد نظر منهدم می‌شوند. مانند خورده شدن یک قطعه فولادی یا روی در داخل یک محلول رقیق با سرعت یکسانی در تمام نقاط قطعه خورده می‌شود. این نوع خوردگی بالاترین آمار را دارد و عمر تجهیزات خورده شده را با قرار دادن نمونه‌هایی در داخل محلول خورنده می‌توان تخمین زد.

❖ روش جلوگیری از خوردگی یکنواخت

خوردگی یکنواخت را به سه طریق می‌توان کنترل و یا کم کرد که ممکن است یک نوع و یا دو نوع را با هم‌دیگر انجام داد.

✓ انتخاب مواد و پوشش صحیح، به وسیله ممانعت‌کننده‌ها، استفاده از حفاظت کاتدی

۲- خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی

هنگامی که دو فلز غیر همجنس که در تماس الکتریکی با یکدیگر هستند در معرض یک محلول هادی یا خورنده قرار بگیرند. اختلاف پتانسیل بین آن دو باعث برقراری جریان الکترون بین آن‌ها می‌شود. فلزی که مقاومت خوردگی کمتری دارد آندی شده و خورده می‌شود. فلز مقاوم‌تر از نظر خوردگی کاتدی می‌شود که معمولاً خیلی کم و یا خورده نمی‌شود. به دلیل وجود جریان‌های الکتریکی بین فلزات غیر هم جنس این نوع خوردگی، خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی اطلاق می‌شود. برای مثال خوردگی در یک فلز (آلومینیوم) به شدت اتفاق می‌افتد و در فلز دیگر (فولاد) کاهش یافته یا متوقف می‌گردد. بنابراین اولین چیزی که در این مورد مطرح می‌باشد این است که از دو فلزی که به روی هم اثر می‌کنند کدام فلز در حالت اول و کدام فلز در حالت دوم قرار می‌گیرد. پاسخ این سؤال به وسیله جهت جریان الکتریکی ناشی از اثر گالوانیکی از یک فلز (آند) به فلز دیگر (کاتد) قرار گرفته در یک

محلول خورنده داده خواهد شد. با اندازمگيري اختلاف پتانسیل دو فلز در محلول مورد نظر این جهت را در هر مورد می‌توان تعیین نمود. در مورد جفت گالوانیکی آلومینیوم و فولاد مشخص شده است که آلومینیوم به صورت یک آند عمل می‌کند.

• پتانسیل خوردگی و جهت اثرات گالوانیک

پتانسیل فلز در محلول وقتی که خورده می‌شود به انرژی که آزاد می‌شود، بستگی دارد. این پتانسیل تنها در یک مقدار نسبی قابل اندازمگيري می‌باشد. برای مثال با قرار دادن یک فلز خیلی فعال مانند روی و یک فلز با فعالیت کمتر مانند مس در یک محلول کلرید سدیم می‌توان جهت جریانی که توسط اثر گالوانیک آن‌ها تولید می‌گردد، اندازمگيري نمود. چنین آزمایشی را می‌توان با تمام فلزات ممکن در هر محلول خورنده تکرار نمود. با توجه به نتایج آزمایشات به دست آمده، امکان مرتب کردن فلزات در یک گروه که سری گالوانیک نامیده می‌شود فراهم می‌شود. اگر آزمایشات در محلول‌های مختلف با غلظت‌های مختلف کلرید سدیم، میزان هوادهی متفاوت، سرعت حرکت و یا دماهای مختلف انجام گیرد، مقادیر گزارش شده می‌تواند با یکدیگر اختلاف داشته باشند و در این حالت محل بعضی فلزات نسبت به هر یک از فلزات دیگر به صورت یک سری گالوانیک جدید تغییر نماید.

• سری گالوانیک

بطور کلی پتانسیل الکتریکی فلزات دارای هیچ مقداری بطور مطلق و مستقل از فاکتورهای مؤثر بر خواص خوردگی محلولی که در آن اندازمگيري انجام می‌شود، نمی‌باشد. مقدار پتانسیل می‌تواند از یک محلول به محلول دیگر یا هنگامی که یک محلول به وسیله فاکتورهای از قبیل دما، هوادهی و سرعت حرکت تأثیر می‌پذیرد، تغییر کند. بنابراین برای پیش‌بینی پتانسیل فلزات و در نتیجه جهت اثر گالوانیکی آن‌ها در یک محیط، بجز با اندازمگيري پتانسیل و در نظر داشتن شرایط دقیق آن محیط هیچ راهی وجود ندارد، به عنوان مثال روی بطور طبیعی نسبت به آهن در دمای محیطی منفی‌تر یا آندیک‌تر می‌باشد. همان‌طور که در جدول گالوانیک نشان داده شده است. با وجود این اختلاف پتانسیل با افزایش دما تغییر کرده و افزایش می‌یابد تا زمانی که اختلاف پتانسیل در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد ممکن است صفر یا دقیقاً برعکس شود. در هر صورت وضعیت شرایط فلزات نسبت به هم آن‌طور که گفته شد در بسیاری مواقع خیلی هم تغییر نمی‌کند و تمایل نسبی فلزات به خوردگی در خیلی از محیط‌هایی که از آن‌ها استفاده می‌شود تقریباً یکسان باقی می‌ماند. در نتیجه موقعیت‌های نسبی آن‌ها در سری گالوانیک ممکن است در خیلی محیط‌ها تقریباً یکسان باشد.

از آنجائی که بیشتر اندازمگيري‌های پتانسیل و رفتار گالوانیکی فلزات در مقایسه با سایر محیط‌ها بیشتر و در آب دریا انجام شده است، در نتیجه بیشتر سری‌های گالوانیک بر اساس این آزمایشات فلزات را تنظیم کرده‌اند و لذا از این جدول می‌توان به منظور احتمالات اولیه در مورد اثرات گالوانیکی در سایر محیط‌ها زمانی که مستقیماً نتایج قابل اجرائی از آن محیط در دسترس نباشد، استفاده نمود. در یک جفت گالوانیک شامل دو فلز قرار گرفته شده در این جدول، خوردگی طبیعی فلزی که موقعیت بالاتری در جدول دارد، احتمالاً شدیدتر می‌شود. در حالی که خوردگی فلز پائین‌تر جدول احتمالاً کاهش می‌یابد یا کاملاً متوقف می‌شود. فلزات با پتانسیل خوردگی مثبت‌تر بی‌اثر یا کاتدیک نامیده می‌شوند و فلزات با پتانسیل خوردگی منفی‌تر به عنوان فلزات یا آلیاژهای آندیک یا فعال شناخته می‌شوند. توجه کنید که در این جدول چندین فلز در یک گروه قرار گرفته‌اند که احتمالاً اختلاف پتانسیل آن‌ها نسبت به هم زیاد نمی‌باشد. بنابراین می‌توان آن‌ها را بدون اثرات گالوانیکی قابل ملاحظه در بسیاری از محیط‌ها در کنار یکدیگر قرار داد.

• مقدار اثر گالوانیک

تا اینجا ما فقط جهت اثر گالوانیک را با تعیین پتانسیل نسبی فلزات در یک جفت گالوانیکی مورد بررسی قرار داده‌ایم. در حالی که در عمل ما بیشتر با شدت اثرات گالوانیکی که رخ می‌دهد مواجه هستیم. این شدت با مقدار جریان یا اصطلاحاً شدت جریان (جریان واحد سطح) تعیین می‌شود. بر طبق قانون اهم، مقدار جریان تولید شده توسط جفت‌های گالوانیکی که اختلاف پتانسیل آن‌ها زیاد است، در یک مقاومت معین مستقیماً با ولتاژ متناسب می‌باشد. به عنوان مثال، اختلاف پتانسیل دو فلز روی و مس در آب دریا ۷۰۰ میلی‌ولت می‌باشد و این ولت و جفت گالوانیکی می‌تواند جریان بیشتری (و در نتیجه خوردگی بیشتر) از سایر جفت‌های گالوانیکی که اختلاف پتانسیل کمتر دارند، مثل NAVAL BRASS و مس (با ۴۰ میلی‌ولت پتانسیل در آب دریا) تولید نمایند. پتانسیل‌هایی که گفته می‌شود پتانسیل‌هایی هستند که قبل از برقراری هر گونه جریان بین دو فلز اندازمگيري شده‌اند و بعضی وقت‌ها آن را پتانسیل جریان باز می‌گویند.

❖ عوامل مؤثر در خوردگی گالوانیکی

- ✓ **نیروی الکتروموتوری:** که کاملاً در بالا اشاره شد.
- ✓ **اثرات محیط:** هر پدیده محیطی که به برقراری جریان الکتریکی بین دو الکترود مؤثر باشد در خوردگی گالوانیکی نیز مؤثر است مانند رطوبت هوا و بالا بودن دما و...
- ✓ **فاصله دو الکترود:** خوردگی گالوانیکی با فاصله دو فلز در محل اتصال نسبت دارد یعنی هرچه از فصل مشترک دو فلز دورتر شویم خوردگی و اثرات آن کاهش می‌یابد و در نزدیکی تماس، خوردگی شدیدتر می‌باشد.
- ✓ **اثر سطح:** یک فاکتور مهم دیگر در خوردگی گالوانیکی اثر سطح، یا نسبت سطح کاتد به سطح آنند می‌باشد. نسبت سطحی نامناسب مشتمل بر کاتد بزرگ و آنند کوچک است.

برای یک مقدار معین جریان در پیل، دانسیته جریان برای الکترود کوچک به مراتب بزرگتر است تا دانسیته جریان برای الکترود بزرگتر. هرچه دانسته جریان در یک منطقه آنندی بزرگتر باشد سرعت خوردگی بیشتر است. خوردگی نواحی آندی ممکن است صد تا هزار برابر بیشتر از حالتی باشد که سطح آنند یا کاتد برابرند.

• تشخیص خوردگی گالوانیکی

قبل از بحث در مورد راه‌های جلوگیری از خوردگی گالوانیکی، لازم است اول اطمینان حاصل شود که خوردگی گالوانیکی اتفاق افتاده است. برای رخ دادن خوردگی از این نوع، وجود شرایط سه گانه زیر معمولاً ضروری است. دو فلز غیر هم جنس از نظر الکتروشیمی باید وجود داشته باشند. این فلزات باید بطور الکتریکی با یکدیگر تماس داشته باشند. این فلزات باید در معرض یک الکترولیت قرار گرفته باشند. تمام این شرایط برای اینکه خوردگی از نوع گالوانیکی رخ بدهد، باید وجود داشته باشند. به عنوان مثال، ملاحظه می‌شود که فولاد زنگ نزن ۱۸-۸ (نوع S 30400: ۳۰۴) در تماس الکتریکی با فولاد ضد زنگ ۱۸-۸ MO (نوع ۳۱۶: S31600) به سرعت خورده می‌شود. با مراجعه به جدول سری گالوانیکی می‌توان متوجه شد که خوردگی پیش آمده از نوع خوردگی گالوانیکی نمی‌باشد. بنابراین با جداسازی این دو فلز مقاومت خوردگی ۱۸-۸ SS بهبود نمی‌یابد. همچنین در مثالی دیگر دیده می‌شود که یک قطعه آلومینیوم متصل به چدن که در روغن موتور قرار دارد به شدت مورد حمله قرار می‌گیرد.

به دلیل آنکه روغن موتور و بیشتر مایعات ارگانیک الکترولیت نیستند، بنابراین مشخص می‌شود که این خوردگی از نوع خوردگی گالوانیکی نمی‌باشد. در این مورد هم با جدا کردن دو فلز، مقاومت خوردگی آلومینیوم بهبود پیدا نمی‌کند. علاوه بر سه شرط گفته شده بالا در مورد شناخت خوردگی گالوانیک، جستجوی خوردگی موضعی نزدیک اتصالات بین دو فلز غیر هم جنس راه دیگری برای تشخیص بروز خوردگی از این نوع می‌باشد. خوردگی گالوانیکی معمولاً در نزدیک فلز کاتد شده شدت بیشتری دارد. در شکل مربوط به اتصال ورقه آهن با پرچ مسی دیده می‌شود که خوردگی ورقه آهن نزدیک پرچ‌های مسی شدیدتر می‌باشد.

❖ روش جلوگیری از خوردگی گالوانیکی

برای جلوگیری از این خوردگی روش‌های مختلفی وجود دارد که گاهی یکی به تنهایی پاسخگو نمی‌باشد و باید دو یا سه نوع را با هم به کار برد.

- ✓ حتی‌الامکان سعی شود از دو فلز که در جدول سری الکتروشیمیایی فاصله کمتری نسبت به هم دارند استفاده شود.
- ✓ از نسبت سطحی نامطلوب، آنند کوچک و کاتد بزرگ پرهیز شود. مخصوصاً در اتصالات از خاصیت عایق‌ها دو فلز غیر همجنس استفاده شود، استفاده از پوشش‌ها مخصوصاً روی آنند، استفاده از ممانعت‌کننده‌ها
- ✓ در مورد موادی که در جدول گالوانیکی دور از یکدیگر می‌باشند از اتصالات پیچ و مهره پرهیزید. به دلیل کم شدن ضخامت مؤثر در مرحله پیچ‌سازی سعی شود از اتصال زرد جوش BRAZING استفاده شود.
- ✓ قسمت‌های آنندی را طوری طراحی کنید که به سهولت قابل تعویض باشند یا آن‌ها را ضخیم‌تر انتخاب کنید تا عمر بیشتری داشته باشند.
- ✓ به اتصالات‌های گالوانیکی، فلز سومی که نسبت به دو فلز قبلی آنند باشد متصل نمایند. (آنند فداشونده)

۳- خوردگی شیاری یا لکه‌ای

اکثراً در شیارها و نواحی دیگری روی سطح فلز که حالت مرده SHELDDED AREAS دارند و در معرض محیط خورنده قرار می‌گیرند خوردگی موضعی شدیدی اتفاق می‌افتد. این نوع خوردگی معمولاً همراه با حجم‌های کوچک محلول‌ها یا مایعات که

در اثر وجود سوراخ سطوح و اشرفا، محل روي هم قرار گرفتن دو فلز LAPJOINIS، رسوبات سطحي و شيارهاي زيرپيچ، مهره‌ها و ميخ پرچ‌ها ساكن شده‌اند (حالت مرده) مي‌باشد اتفاق مي‌افتد به همين دليل اين نوع خوردگي، خوردگي شيار ي يا لکه‌اي يا واشري نيز مي‌گويند.

• عوامل مؤثر در خوردگي شيار ي

عوامل مؤثر در اين نوع خوردگي در جدول زير خلاصه شده است:

روش‌هاي جلوگیری از خوردگي شيار ي

- ✓ براي اتصالات به جاي پرچ‌کاري يا پيچ و مهره از جوشکاري با نفوذ کامل مذاب به داخل درزها استفاده شود.
- ✓ شيارها را در محل روي هم قرار گرفتن دو فلز با جوشکاري مداوم، کالک کردن CAULKING و يا لحيم‌کاري بپوشانيد.
- ✓ از ته‌نشين شدن مواد و تجمع آن‌ها در کف تانک‌ها و مخازن جلوگیری شود.
- ✓ از ايجاد گوشه‌هاي تيز و نواحي مرده و ساكن در تجهيزات بپرهيزيد.
- ✓ بازرسي و تميز نمودن مرتب تجهيزات
- ✓ حذف جامدات معلق در فرآيند کارخانه‌ها
- ✓ در مرحله خوابيدن کارخانه، مواد جاذب رطوبت WET PACKING MATERIALS را حذف نمايند.
- ✓ در صورت امکان، محيط يکنواخت به وجود بياوريد مثلاً در پشت بند BACKFILL کردن يك خط لوله.
- ✓ هر جا که ممکن باشد از واشري جامد که جاذب رطوبت نيستند NONABSORBENT مانند تفلون استفاده نمايند.

۴- حفره‌دار شدن

حفره‌دار شدن نوعي خوردگي شديداً موضعي است که باعث سوراخ شدن فلز مي‌شود. اين سوراخ‌ها ممکن است قطره‌اي مختلفي داشته باشند، اما در اکثر موارد قطر آن‌ها کوچک است. حفره‌ها گاهي مجزا بوده و گاهي آنقدر نزديک هم هستند که سطح زبري به وجود مي‌آورند. معمولاً در صورتي که قطر دهانه محل خورده شده تقريباً مساوي يا کمتر از عمق آن باشد شکل حاصل را حفره مي‌نامند.

• خصوصيات حفره‌ها

حفره‌ها معمولاً در جهت نيروي جاذبه رشد مي‌کنند اکثر حفره‌ها روي سطوح افقي به وجود آمده و به پائين رشد مي‌کنند. دوره شروع INITIATION حفره‌دار شدن معمولاً طولاني است و بسته به فلز و محيط اين دوره‌ها بين چندين ماه يا سال طول مي‌کشد ولي پس از تشکيل به سرعت رشد مي‌کنند. حفره‌ها موقع رشد تمايل به خالي کردن زير سطح فلز UNDERCUT دارند و با سرعت دائماً افزاينده‌اي به داخل نفوذ مي‌کنند. حفره‌دار شدن در اثر يك واکنش آندي منحصر بفرود است. اين نوع خوردگي اتوماتيک است. يعني واکنش‌هاي خوردگي در داخل حفره شرايطي را به وجود مي‌آورند که محرک ادامه خودشان هستند. اکثر انهدام‌هاي ناشي از حفره‌دار شدن در اثر کلرورها و يون‌هاي حاوي کلر مي‌باشند. بنابر اين در محيط‌هاي آبي و نمک‌دار و هيبوکلريت‌ها (مواد سفيدکننده) BLEACHES اين نوع خوردگي زياد مي‌شود.

حفره‌دار شدن معمولاً به همراه محيط خورنده در حالت ساکن و مرده مثل مايع درون يك تانک يا مايع جمع شده در يك قسمت غيرفعال سيستم لوله‌کشي اتفاق مي‌افتد. افزايش سرعت حرکت محيط خورنده غالباً اين نوع خوردگي را کاهش مي‌دهد، مثلاً يك پمپ از جنس فولاد زنگ نزن که براي انتقال آب دريا به کار مي‌رود. اگر دائماً کار کند عمر بيشتري خواهد داشت تا در حال توقف‌هاي طولاني مدت (از نظر خوردگي).

چون حفره‌دار شدن يك نوع خوردگي موضعي و متمرکز است آزمايشات معمولي اندازمگيري تقليل وزن را نمي‌توان براي ارزيابي يا حتي مقايسه در مورد آن به کار برد چون تقليل وزن فلز خيلي کم بوده و عمق نفوذ را نشان نمي‌دهد. گرفتن عمق ميانگين نيرو روش ضعيفي مي‌باشد زيرا همواره عميق‌ترين حفره است که باعث انهدام مي‌گردد. بنابر اين مبناي اندازمگيري بايد عميق‌ترين حفره موجود باشد.

• مکانیزم خوردگی حفره‌ای

برای توضیح مکانیزم خوردگی حفره‌ای می‌توان آن را در دو بخش:

- ✓ اولیه یعنی شروع تشکیل حفره و
- ✓ بخش دوم که شامل فعالیت‌های اتوکاتالیتیک می‌باشد بررسی نمود.

بخش اولیه: پیدایش حفره INITIATION

یک قطعه فلز M عاری از هر گونه سوراخ یا حفره را در نظر بگیرید که در داخل محلول کلرورسدیم اکسیژن‌دار فرو برده شده است. اگر به هر دلیلی سرعت انحلال فلز بطور لحظه‌ای در یک نقطه خاص بالاتر باشد یون‌های کلر به این نقطه مهاجرت می‌کنند. چون یون‌های کلر انحلال فلز را تسریع می‌کنند شرایط مساعدی برای خوردگی سریع‌تر فلز در آن نقطه فراهم می‌شود. سرعت انحلال ممکن است در اثر یک خراش سطحی یا یک ناهنجاری که به سطح رسیده است یا نواقص دیگر یا غیر یکنواختی ترکیب شیمیایی محلول بطور لحظه‌ای در یک نقطه باشد. واضح است که در هر مرحله شروع و مراحل اولیه رشد یک حفره، شرایط تا حدودی ناپایدار می‌باشد. غلظت موضعی و بالایی یون‌های کلر و هیدروژن ممکن است در اثر جابجایی ناگهانی محلول از بین بروند، زیرا هنوز عمق حفره آنقدر نشده است که محلول موجود در آن ساکن شده و از جریان محلول اصلی در امان بماند.

بخش دوم: خاصیت خودتکثیر حفره‌ها SELF STIMULATING SELF PROPAGATING

این پدیده پس از تشکیل حفره با عمق مناسب که موجب ساکن بودن سیال در آن شود شروع می‌شود. برای توضیح این بخش شکل ذیل را در نظر بگیرید. فلز M به وسیله محلول نمک طعام اکسیژن‌دار AERATED در معرض حفره‌دار شدن قرار دارد. انحلال سریع فلز در داخل حفره واقع شده در حالی که احیا اکسیژن روی سطح مجاور انجام می‌شود، این واکنش خوردگی خود محرک و خود تکثیر می‌باشد. انحلال سریع فلز در داخل حفره باعث ایجاد بار مثبت اضافی در این ناحیه می‌شود که در نتیجه برای برقراری تعادل الکتریکی یون‌های کلر به داخل حفره مهاجرت می‌کند. بدین ترتیب در داخل حفره غلظت بالایی از MCL ایجاد می‌شود و در نتیجه هیدرولیز غلظت بالایی از به وجود می‌آید.

اکسیداسیون

• احیاء

یون‌های هیدروژن و کلر باعث تسریع انحلال اکثر فلزات و آلیاژها می‌گردند و شتاب و واکنش با گذشت زمان زیادتر می‌شود. چون قابلیت انحلال اکسیژن در محلول‌های غلیظ تقریباً صفر است. هیچ‌گونه احیا اکسیژن در داخل حفره صورت نمی‌گیرد. واکنش کاتدی احیا اکسیژن در داخل حفره صورت نمی‌گیرد. واکنش کاتدی احیا اکسیژن روی سطح خارجی مجاور حفره باعث محافظت آن سطوح در مقابل خوردگی می‌شود، به عبارتی حفره‌ها بقیه سطح فلز را حفاظت کاتدی می‌کنند و به همین دلیل خوردگی حفره در جهت جاذبه زمین رشد می‌کند.

❖ روش‌های جلوگیری از خوردگی حفره‌ای

- ✓ برای اتصالات به جای پرکاری یا پیچ و مهره از جوشکاری با نفوذ کامل مذاب به داخل درزها استفاده شود.
- ✓ شیرها را در محل روی هم قرار گرفتن دو فلز با جوشکاری مداوم، کالک کردن CAULKING و یا لحیم‌کاری ببوشانید.
- ✓ از تمشین شدن مواد و تجمع آن‌ها در کف تانک‌ها و مخازن جلوگیری شود.
- ✓ از ایجاد گوشه‌های تیز و نواحی مرده و ساکن در تجهیزات بپرهیزید.
- ✓ بازرسی و تمیز نمودن مرتب تجهیزات
- ✓ حذف جامدات معلق در فرآیند کارخانه‌ها
- ✓ در مرحله خوابیدن کارخانه، مواد جاذب رطوبت WET PACKING MATERIALS را حذف نمایند.
- ✓ در صورت امکان، محیط یکنواخت به وجود بیاورید مثلاً در پشت بند BACKFILL کردن یک خط لوله.
- ✓ هر جا که ممکن باشد از واشرهای جامد که جاذب رطوبت نیستند NONABSORBENT مانند تفلون استفاده نمایند.

❖ استفاده از آلیاژهایی که در برابر حفره‌دار شدن بسیار مقاوم می‌باشند.

این نوع آلیاژها عبارتند از:

- ✓ الف: فولاد زنگ نزن نوع ۳۰۴
- ✓ ب: فولاد زنگ نزن نوع ۳۱۶
- ✓ ج: هستولی F، نیونل یا دوریمت ۲۰
- ✓ د: هستولی C، یا کلریمت ۳
- ✓ ه - تیتانیوم

نکته: افزودن ممانعت‌کننده باید با دقت خاصی صورت گیرد به دلیل اینکه اگر خوردگی کاملاً متوقف نگردد، حفره‌دار شدن تشدید می‌شود.

۵- خوردگی بین دانه‌ای

در مبحث متالورژیکی در رابطه با دانه‌ها (کریستال‌ها) و مرزدانه‌ها توضیحاتی داده شد. اگر یک فلز در یک شرایط خاص ناپایدار شده و در نتیجه خورده شود، چون مرزدانه‌ها معمولاً کمی فعال‌تر از خود دانه‌ها می‌باشند، بنابراین خوردگی یکنواخت به وجود می‌آید اما تحت بعضی شرایط، مرزدانه‌ها نسبت به دانه‌ها خیلی فعال‌تر می‌شوند و خوردگی بین دانه‌ای به وجود می‌آید. خوردگی موضعی و متمرکز در مرزدانه‌ها یا نواحی نزدیک به آن‌ها در حالی که خود دانه‌ها یا اصلاً خورده نشده‌اند یا کم خورده شده‌اند خوردگی را بین دانه‌ای می‌نامند، آلیاژ پودر می‌شود (دانه‌ها یا کریستال‌ها جدا می‌شوند) و یا استحکام خود را از دست می‌دهند.

• خصوصیات خوردگی بین دانه‌ای

- ✓ خوردگی بین دانه‌ای به وسیله ناخالصی‌های موجود در مرزدانه‌ها، غنی شدن یا فقیر شدن DEPLETION مرزدانه‌ها نسبت به یک عنصر آلیاژی در این نواحی واقع می‌شود. مثلاً فقیر شدن مرزدانه‌ها نسبت به کرم باعث خوردگی بین دانه‌ای فولادهای زنگ نزن می‌گردد.
- ✓ این پدیده در حالت‌های حساس شدن SENSITIZATION فلزات به وجود می‌آیند. مثلاً فولاد زنگ نزن ۸-۱۸ در محدوده‌ی ۹۵۰ تا ۴۵۰ اگر حرارت داده شوند حساس شده و مستعد خوردگی بین دانه‌ای می‌باشند.

❖ روش‌های جلوگیری از خوردگی بین دانه‌ای

به دلیل اینکه این خوردگی بیشتر در فولادهای زنگ نزن اتفاق می‌افتد سه روش جلوگیری آن را در این مورد ذکر می‌کنیم:

- ✓ در درجه حرارت بالا فلز تحت عملیات حرارتی محلولی قرار داده شود و سپس در آب سریع سرد شود.
- ✓ اضافه کردن عناصری که تمایل شدیدی به واکنش و یکنواخت کردن آلیاژ دارند این عناصر را پایدارکننده‌ها STABILIZERS می‌نامند.
- ✓ تقلیل کربن فولاد به کمتر از ۰/۰۳ درصد تا کاربرد کافی برای به وجود آمدن خوردگی بین دانه‌ای به وجود نیاید. عملیات حرارتی محلولی در صنعت، مشتمل بر حرارت دادن در ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد تا ۱۱۵۰ و سپس سرد کردن سریع در آب می‌باشد. در این درجه حرارت‌ها کاربرد کرم حل می‌شود و در نتیجه آلیاژ همگن‌تر و یکنواخت‌تر به دست می‌آید.

۶- جدایش انتخابی SELECTIVE LEACHING

جدایش انتخابی، جدا شدن یکی از عناصر آلیاژی از آلیاژ جامد در فرآیند خوردگی می‌باشد. مانند جدا شدن روی از آلیاژهای برنج که به زدایش روی DEZINCIFICATION معروف است. برنج زرد معمولی از تقریباً ۳۰٪ درصد روی و ۷۰٪ درصد مس تشکیل یافته است. زدایش روی به سهولت با چشم غیر مسلح می‌توان تشخیص داد، زیرا آلیاژ قرمز رنگ مسی حاصل می‌شود که از رنگ زرد اصلی آلیاژ تمیز می‌باشد. دو نوع زدایش روی وجود دارد که به سهولت قابل تشخیص هستند. نوع لایه‌ای یا یکنواخت و نوع موضعی PLUG TYPE در نوع لایه‌ای یک سری لایه داخلی که تیرمتر از سایر نقاط می‌باشد مشخص می‌گردد، این همان قسمتی است که روی خود را از دست داده و لایه خارجی برنج زرد خورده نشده است. در نوع موضعی به صورت ناحی تیره سوراخ‌هایی هستند که در آن محلول‌ها روی از دست رفته است و در سطح فلز پراکنده و مشخص می‌باشند که به صورت لکه‌لکه ظاهر می‌شوند. نوع لایه‌ای بیشتر در برنج‌هایی که درصد روی آن‌ها بالاتر است و در محیط‌های اسیدی واقع می‌شود اتفاق

می‌افتد و نوع موضعی اغلب در برنج‌هایی که مقدار روی آن‌ها کم است و در شرایط خنثی، قلبی یا کمی اسیدی قرار دارند اتفاق می‌افتد. در کل مکانیزم زدایش روی را می‌توان مشتعل بر سه مرحله دانست:

انحلال برنج (بر اساس فعال بودن روی و نجیب بودن مس)، باقیماندن روی در محلول، راسب شدن مس روی سطح برنج

• گرافیت‌شدن

گاهی اوقات چدن خاکستری جدایش انتخابی از خود نشان می‌دهد مخصوصاً در محیط‌هایی که از نظر خوردگی نسبتاً متوسط می‌باشند. به نظر می‌رسد که سطح چدن گرافیت‌شده، زیرا سطح چدن ظاهر گرافیتی به خود گرفته و به سهولت می‌توان به وسیله قلم تراش آن را تراشید، به همین دلیل این پدیده را گرافیت‌شدن و گاهی خوردگی گرافیتی گویند که این نام‌گذاری غلط می‌باشد و در واقع جدایش انتخابی کربن از آلیاژ چدن می‌باشد.

❖ روش‌های جلوگیری از جدایش انتخابی

- ✓ کم کردن خوردگی محیط مثلاً حذف اکسیژن
- ✓ حفاظت کاتدی
- ✓ اضافه کردن فلزی دیگر به آلیاژ. مثلاً اضافه کردن ۱٪ درصد قلع به برنج ۳۰-۷۰
- ✓ استفاده از ممانعت‌کننده مانند افزودن مقادیر کمی آرسنیک و آنتیموان یا فسفر به آلیاژ برنج
- ✓ برای محیط‌هایی بسیار خورنده که زدایش روی در آن‌ها اتفاق می‌افتد یا برای قطعاتی که از اهمیت بالایی برخوردارند و نباید به هیچ وجه خورده شوند از کوپرونیکل‌ها استفاده می‌کنند.
- ❖ کوپرونیکل‌ها آلیاژ ۷۰٪ تا ۹۰٪ درصد مس و ۳۰٪ تا ۱۰٪ درصد نیکل می‌باشد. CUPRANICEL

۷- خوردگی سایشی

خوردگی سایشی عبارت است از سرعت یافتن یا افزایش سرعت خوردگی یا از بین رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز. معمولاً این حرکت خیلی سریع است و اثرات سایش مکانیکی و یا سائیده شدن وجود دارد. یون‌های فلزی حل شده روی سطح فلز در اثر حرکت روی سطح باقی نمی‌ماند، یا محصولات جامد حاصل از خوردگی از سطح فلز به طریق مکانیکی کنده می‌شوند. گاهی اوقات حرکت باعث تقلیل سرعت خوردگی می‌گردد. مخصوصاً موقعی که تحت شرایط ساکن خوردگی موضعی اتفاق بیافتد. اما این خوردگی سایشی نیست زیرا سرعت خوردگی افزایش نیافته است.

• خصوصیات خوردگی سایشی

خوردگی سایشی دارای ظاهری شبیه‌دار GULLIES، موجی شکل، سوراخ‌های کروی شکل و ناهموار می‌باشد که در جهت خاصی قرار گرفته‌اند.

بیشتر در فلزاتی که سختی پائینی دارند و به سهولت صدمه می‌بینند مانند مس و سرب اتفاق می‌دهد.

- ✓ کلیه تجهیزاتی که در تماس با مایعات متحرک می‌باشند در معرض خوردگی سایشی قرار دارند مانند سیستم‌های لوله‌کشی مخصوصاً زانوها ELBOW، پیچ‌ها BENS، سه راهی‌ها TESE، شیرها VALVES، پمپ‌های دمنده، دستگاه‌های گریز از مرکز، پروانه‌ها IMPELLERS، به هم‌زن‌ها AGITATORS، تانک‌های متحرک AGITATED، لوله‌های مبدل حرارتی مانند بویلرها و کندانسورها، پرده‌های توربین، افشانه‌ها، دودکش‌ها، گیوتین‌ها GUTTERS، زره‌های آسیاب PLATES WEAR و تجهیزاتی که در معرض پاشیدن (SPRAY) قرار می‌گیرند.

❖ عوامل مؤثر بر خوردگی سایشی

• پوست‌های سطحی:

ماهیت و خواص پوسته‌های محافظ سطحی که روی بعضی فلزات و آلیاژها تشکیل می‌گردد از نظر مقاومت در برابر خوردگی سایشی خیلی اهمیت دارد. برای مثال پوسته سطحی که سخت، متراکم، چسبنده و پیوسته باشد نسبت به موقعی که پوسته به سهولت سائیده و یا کنده شود حفاظت بهتری به وجود خواهد آورد. اگر پوسته ترد باشد و تحت تنش ترک بخورد و خرد بشود، دیگر محافظ نخواهد بود و محل مناسبی جهت خوردگی حفره‌ای می‌شود.

• سرعت حرکت:

سرعت حرکت در خوردگی سایشی نقش مهمی به عهده دارد. افزایش سرعت حرکت معمولاً باعث افزایش خوردگی می‌گردد. اثر سرعت ممکن است تا رسیدن به یک سرعت بحرانی صفر یا کم باشد و به مجرد رسیدن به سرعت بحرانی به شدت افزایش یابد. معمولاً افزایش سرعت از یک تا چهار فوت بر ثانیه تأثیر کمی بر سرعت خوردگی دارد اما سرعت $FT/SEC/27$ خوردگی شدیدی به وجود می‌آید که سرعت را سرعت بحرانی می‌نامند. برای مثال: برنز سیلیسیم در آب دریا با سرعت خوردگی آن $mdd1$ میلی‌گرم بر دسی مترمربع به روز می‌باشد و در سرعت به $mdd2$ و در سرعت به $mdd254$ می‌رسد. بنابراین سرعت سرعت بحرانی می‌باشد که در آن خوردگی کمترین سرعت را دارد و پس از آن به شدت خوردگی زیاد می‌شود. لازم به ذکر است ذرات معلق در سیال نقش افزاینده دارند. $Milligram Per Square Decimeter/ Day$

• تلاطم یا آشفتگی: Turbulence

آشفتگی جریان سیال در تماس با سطح فلزات، مخصوصاً در مدخل ورودی لوله‌ها، لبه‌های تیز، شیارها، رسوبات، تغییر سریع سطح مقطع به دلیل به هم زدن و تلاطم بیشتر مایع نسبت به جریان آرام باعث افزایش خوردگی سایشی می‌شود.

• برخورد: Impingement

- ✓ این پدیده اثر خود را در مواقعی بروز می‌دهد که تجهیزات بخواهند جهت حرکت سیال را تغییر بدهند برای مثال یک زانو که می‌خواهد سیال را از حالت عمودی به افقی و یا بالعکس تغییر جهت دهد برخورد شدیدی در آن ناحیه ایجاد شده و باعث خوردگی در قسمت مزبور می‌شود.
- ✓ مثال‌های دیگر پره‌های توربین بخار، جداکننده‌های تله‌های اتصالات T در لوله‌کشی‌ها، اجزای خارجی هواپیماها و غیره...

🛡️ کاربرد پوشش‌ها:

پوشش‌های سخت یا زره‌ها یا روکش‌های قابل تعویض، مشروط به اینکه از جنس مقاومی از نظر خوردگی ساخته شده باشند کاربرد مفیدی در خوردگی سایشی دارد که در ادامه به آن بطور کامل شرح داده خواهد شد

۸- خوردگی توأم با تنش

در نتیجه اعمال همزمان تنش‌های کششی و محیط خورنده روی فلز که ایجاد ترک‌های پراکنده می‌کند و در نهایت باعث خوردگی آن‌ها می‌گردد توأم با تنش یا SCC ایجاد می‌شود. بنابراین ترک‌ها و شکل ترک‌ها CRACK MORPHOLOGY نقش اساسی را در این نوع خوردگی دارند.

• انواع ترک در خوردگی توأم با تنش در SCC دو نوع ترک کلی دیده می‌شود:

۱- ترک‌های بین‌دانه‌ای INTERGRANULAR که این نوع ترک‌ها در طور مرزدانه‌ها حرکت می‌کنند مانند SCC بین دانه‌ای برنج.

۲- ترک‌های میان دانه‌ای TRANSGRANULAR

این نوع ترک‌ها از داخل دانه‌ها عبور می‌کنند مانند: SCC میان دانه‌ای در فولاد زنگ نزن. غالباً در یک آلیاژ، هر دو نوع ترک ممکن است به وجود بیایند. نوع ترک بستگی به محیط خورنده و ساختمان فلز دارد. ترک خوردن معمولاً در جهت عمود بر تنش اعمال شده اتفاق می‌افتد و بسته به ساختمان فلز و ترکیب شیمیایی محیط خورنده شکل ترک‌ها می‌تواند به صورت چند شاخه‌ای و یا شاخه شاخه باشند.

۱- فاکتورهای محیطی

در حال حاضر الگوی کلی برای محیط‌هایی که در آلیاژهای مختلف باعث ایجاد SCC می‌شوند وجود ندارد.

SCC در بعضی محیط‌های آبی، نمک‌های مذاب، فلزات مذاب، مایعت معدنی فاقد آب اتفاق می‌افتد. وجود اکسیدکننده‌ها غالباً اثر زیادی بر تمایل به ترک خوردن دارد.

۲- فاکتورهای متالورژیکی

• فاکتورهای مؤثر در SCC عبارتند از:

ترکیب شیمیایی متوسط، طرز قرار گرفتن کریستال‌ها (دانه‌ها)، ترکیب و توزیع رسوبات در داخل فلز، واکنش نایبانی‌ها با یکدیگر و میزان پیشروی حالت‌های فازی در آلیاژها. این فاکتورها به علاوه ترکیب شیمیایی محیط و تنش اعمال شده، زمان شکست را تعیین می‌کنند.

❖ روش‌های جلوگیری از SCC

- ✓ کم کردن تنش تا زیر حد مجاز مثلاً با کم کردن باروی فلز یا ضخیم‌تر کردن قطعه
- ✓ حذف اجزا و ناخالصی‌های مضر محیط مانند دگازه کردن، دهیداله کردن یا تقطیر نمودن.
- ✓ استفاده از آلیاژ مناسب مثلاً استفاده از اینکونل که دارای مقدار نیکل بیشتر می‌باشد به جای فولاد زنگ نزن

🔧 کاربرد حفاظت کاتدی

این مورد باید مواقعی به کار برده شود که مطمئن باشیم خوردگی در اثر SCC بوده است نه در اثر تردی هیدروژنی، زیرا در غیر این صورت حالت عکس دارد.

اضافه کردن ممانعت‌کننده‌ها به سیستم در صورت امکان

در محیط‌های خورنده متوسط، فسفات‌ها و ممانعت‌کننده‌های آلی و معدنی دیگر بطور موفقیت‌آمیزی SCC را کاهش می‌دهند.

ساجم‌زنی (شات بلاست کردن) مثلاً فولاد زنگ نزن ۴۱۰ در معرض محلول ۳٪ نمک طعام در دمای محیط با نوع ۳۰۴ در معرض محلول ۴۲٪ کلرور منیزیم در ۱۵۰ و آلیاژ آلومینیوم T6-۷۰۷۵ در محلول در دمای محیط

ساجم‌زنی یا شات بلاست کردن عبارت است از ایجاد یک لایه پوسته مناسب در شرایط خاص بر روی فلزات و آلیاژها و اینکونل (یکی از آلیاژهای نیکل) است.

۹- خسارت هیدروژنی

خسارت هیدروژنی یک اصطلاح کلی است که دلالت بر خسارت مکانیکی وارد شده به فلز در اثر وجود یا واکنش با هیدروژن دارد. خسارت هیدروژنی را به چهار گروه زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

۹-۱- تاول زدن هیدروژنی HYDROGEN BLISTERING

ناشی از نفوذ هیدروژن به داخل فلز که در نتیجه تغییر شکل موضعی به صورت تاول روی فلز را منجر می‌شود تاول زدن هیدروژنی گویند که در موارد خاص باعث انهدام کلی فلز می‌شود.

۹-۲- تردی هیدروژنی HYDROGEN EMBRITTLE MENT

تردی هیدروژنی نیز در اثر نفوذ هیدروژن به داخل فلز است ولی نتیجه آن از دست دادن انعطاف‌پذیری فلز و استحکام آن می‌باشد. هیدروژن اتمی تنها عنصری است که می‌تواند به درون فولاد یا فلز نفوذ کند.

۹-۳- دکربوره کردن DECARBURIZATION

دکربوره کردن یا از بین رفتن کربن فولاد، غالباً در اثر تماس هیدروژن مرطوب با فلز در درجه حرارت بالا می‌باشد در اثر دکربوره شدن استحکام کششی فولاد کم می‌شود.

۹-۴ خوردگی هیدروژنی HYDROGEN ATTACK

منظور از واکنش بین هیدروژن و یکی از عناصر آلیاژی یا اجزا تشکیل‌دهنده فلز در درجه حرارت‌های بالایی می‌باشد. مثال کلی درباره خوردگی هیدروژنی، تجزیه شدن و پوسیدن مس اکسیژن دار در حضور هیدروژن می‌باشد و یا خوردگی فولاد در اثر گاز متان ایجاد شده:

• مکانیزم تاول زدن هیدروژنی

به دلیل اینکه تاول زدن هیدروژنی بیشتر در صنایع نفت روی می‌دهد و خسارات زیادی به بار می‌آورد مکانیزم این پدیده و روش جلوگیری از آن را شرح می‌دهیم. در ذیل مقطع دیواره یک تانک که در داخل آن یک الکترولیت اسیدی و بیرون آن در معرض اتمسفر قرار دارد رسم گردیده است.

به ترتیب مراحل پیدایش تاول هیدروژنی را شرح می‌دهیم:

- ✓ آزاد شدن هیدروژن روی سطح داخلی در اثر واکنش خوردگی یا حفاظت کاتدی.
- ✓ عبور اتم‌های هیدروژن از دیواره تانک به بیرون و تشکیل ملکول هیدروژن در سطح خارجی.
- ✓ نفوذ DIFFUSION اتم هیدروژن به درون دیواره تانک و به تله افتادن در حفره‌ها (نقص متداول در فولادهای قابی (RIMMED STEEL)
- ✓ تشکیل ملکول هیدروژن درون حفره‌ها
- ✓ افزایش فشار درون حفره‌ها به دلیل خارج نشدن ملکول‌های هیدروژن و تجمع آن‌ها در حفره به دلیل اینکه فشار تعادلی هیدروژن ملکولی در تماس با هیدروژن اتمی چند صد هزار اتمسفر است باعث انهدام فلزات مهندسی می‌شود.

❖ اهمیت اکسیژن

اکسیژن شناخت شده‌ترین کاهش دهنده پلاریزاسیون (دی پلاریزر) واکنش‌های کاتدی می‌باشد. نقش اکسیژن را در افزایش خوردگی به آسانی با قرار دادن دو قطعه آهن در ۲ ظرف پر شده با آب می‌توان نشان داد. در داخل ظرف اول لوله‌هایی برای ورود اکسیژن قرار داده شده و در ظرف دوم برای حذف اکسیژن محلول آب با گاز نیتروژن اشباع می‌شود. پس از آنکه بعد از چند ساعت در دو ظرف گازهای اکسیژن و نیتروژن وارد گردید خواهیم دید که آهن قرار گرفته در آب بدون اکسیژن براق و روشن باقی می‌ماند. اما آهن قرار داده شده در آب اشباع از اکسیژن شروع به زنگ زدن می‌کند. اکسیژن موجود در هر محلول یکی از مهمترین فاکتورهای مؤثر در خوردگی آهن و مقدار زیادی از دیگر فلزات قرار می‌گیرد. حذف اکسیژن به وسیله عملیات هوازائی یک وسیله مؤثر جلوگیری می‌باشد. به عنوان مثال در مورد دیگ‌های بخار عملیات هوازائی و آب ورودی به صورت کامل انجام می‌شود.

✓ پیل‌های غلظت اکسیژن

نقش اکسیژن در واکنش‌های خوردگی، این حقیقت را نشان داده است که اکسیژن نه تنها می‌تواند به انجام شدن و تداوم یک واکنش کاتدی کمک نماید بلکه می‌توان موجب گسترش و پیشرفت این واکنش نیز گردد.

این واکنش در جایی که اختلاف در غلظت اکسیژن محلول بر روی قسمتی از سطح فلز نسبت به سایر قسمت‌ها وجود دارد رخ می‌دهد. از آنجا که این واکنش نیز تمایل دارد که به سمت تعادل پیش برود. تنها راه رسیدن به تعادل به وسیله خوردگی و با کاهش غلظت اکسیژن در جایی که بیشترین غلظت را دارد امکان‌پذیر می‌باشد. چنین واکنشی می‌تواند با مصرف اکسیژن انجام شود.

شدت خوردگی به وسیله یک پیل ناشی از اختلاف غلظت اکسیژن در داخل درزهای یا زیر رسوبات بیشتر از خارج آن می‌باشد. مشابه حالت قبلی در این مورد نیز حل‌اندها و کاتدها برخلاف پیل حاصل از اختلاف و غلظت یون‌های فلزی می‌باشد. این اختلاف بین دو نوع پیل غلظتی پیش‌بینی شدت و محل خوردگی ناشی از فعالیت آن‌ها را پیچیده می‌نماید. به صورت یک قانون کلی، آن فلزاتی که در بالای سری الکتروموتیو قرار گرفته‌اند به عنوان مثال آهن با احتمال زیادتری برای حملات شدید ناشی از پیل‌های

اختلاف غلظت اکسیژن مساعد می‌باشند. در حالی که آن دسته از فلزاتی که در سمت پائین سری فوق قرار می‌گیرند به عنوان مثال مس، در مقابل فعالیت پیل اختلاف یون فلز آسیب‌پذیرتر می‌باشند. فلزات و آلیاژهای قرار گرفته در محدوده وسط به عنوان مثال، آلیاژ مس - نیکل از اثرات مخالف دو نوع پیل بهره می‌برند. آلیاژهای ساخته شده از ترکیب فلزات نزدیک به قسمت بالایی سری الکتروموتیو به عنوان مثال آهن و کرومینیوم (فولاد ضد رنگ) که پتانسیلی خنثی‌تر از فلزات تشکیل‌دهنده دارند به دلیل اثر فیلم خنثی ناشی از واکنش با اکسیژن به طور ویژه‌ای در مقابل قابلیت دسترسی به اکسیژن حساس هستند و بنابراین در مقابل فعالیت پیل اختلاف غلظت اکسیژن آسیب‌پذیر می‌باشند.

➤ ۱۰- جریان های سرگردان :

➤ این خوردگی در خطوط لوله های گاز و نفت اتفاق می افتد که بایستی تدابیری اتخاذ کرد شرح داده خواهد شد

بدترین خوردگی که برای فلزات کار گذاشته شده در خاک بوجود می آید. در محل هایی است که جریان های الکتریکی سرگردان وجود دارد. چون مقاومت ویژه خاک ها حتی وقتی دارای آب باشند زیاد است. بنابراین جریان های الکتریکی داخل زمین از طریق فلزات کارگذاشته شده در خاک که مقاومت کمی دارند عبور خواهد کرد. جریان سرگردان زمانی می تواند موجب خوردگی لوله گردد که از یک قسمت از لوله وارد و از قسمت دیگر آن تخلیه شود و در حقیقت مدار جریان کامل گردد. نقطه ورود جریان سرگردان کاتد و نقطه خروجی، آند پیل خوردگی خواهد گردید.

وجود سیستم حفاظت کاتدی در لوله های مجاور لوله مورد تهاجم

استفاده از جریان مستقیم در عملیات حفاری

عملیات جوشکاری با استفاده از جریان مستقیم

سیستم های قطار برقی زیر زمینی و نظایر آنها و همچنین میدان مغناطیسی زمین در اطراف لوله تهاجم نیز تاثیر گذاشته و اختلال ایجاد می کند.

جریان های سرگردان در ۳ دسته طبقه بندی می شوند:

- ✓ جریان های مستقیم
- ✓ جریان های متناوب
- ✓ جریان های تلوریک (Telluric)
- ۱- خوردگی جریان های مستقیم :

به طور معمول جریان های سرگردان مستقیم، دارای ۳ منبع هستند ایستگاه های حفاظت کاتدی، سیستم های حمل و نقل و معدنی، خطوط انتقال برق فشار قوی که در این میان سهم اصلی متعلق به سیستم های حفاظت کاتدی است. مشکل اصلی در طراحی سیستم های حفاظت کاتدی، وجود تقاطع خطوط لوله و سازه های فلزی می باشد که غالبا در زمان طراحی به علت عدم آشنایی با محیط کار و یا عدم پیش بینی های لازم توسط طراح، جریان های سرگردان و تداخل در نظر گرفته نمی شوند و به همین دلیل نتایج محاسبات تلوریک و آنچه که در عمل اتفاق می افتد متفاوت بوده و همچنان معضل خوردگی در این قسمت ها وجود داشته و با تاثیر سوء، تداخل به صورت تصاعدی رشد می نماید.

بحث ایستگاه های حفاظت کاتدی با دو حالت مختلف مطرح می گردد:

۱- وجود لوله بیگانه در نزدیکی حفره آندی

۲- تقاطع با لوله و خطوط محافظت شده

درحالتی که تقاطع وجود دارد، یک لوله بیگانه از منطقه تحت تاثیر پتانسیل مثبت اطراف یک حفره آندی سیستم جریان اعمالی عبور کرده و سپس در نقطه ای دورتر با لوله محافظت شده تقاطع دارد.

پتانسیل مثبت زمین لوله بیگانه را تحت تاثیر قرار داده و در یک محدوده خاص موجب دریافت جریان توسط لوله می گردد این جریان باید به جایی رود که مدار الکتریکی کامل شده و به قطب منفی ترانس رکتیفایر بازگشت نماید. جایی که تخلیه جریان از لوله بیگانه صورت می گیرد (محل تقاطع) لوله بیگانه خورده می شود. شدت تاثیرات به میزان ولتاژ اعمالی حفره آندی و دوری

لوله بیگانه بستگی دارد. به این معنی که ولتاژ بالا و نزدیکی زیاد صدمه را بیشتر می سازد در حالتی که جریان دزدی (Pick Up) لوله بیگانه خیلی زیاد نباشد می توان با اتصال دو لوله به هم مشکل را حل کرد و این مسئله به میزان ظرفیت رکتیفایر ما که توانایی تحت حفاظت قرار دادن هر دو لوله را به طور همزمان داشته باشد، دارد. (شکل ۲)

اما در حالتی که لوله بیگانه در نزدیکی حفره آندی یک سیستم حفاظت کاتدی بوده اما با لوله حفاظت شده تقاطعی ندارد : در این حالت لوله بیگانه تحت تاثیر میدان تحت الشعاع حفره آندی با پتانسیل مثبت قرار می گیرد و جریان از هر دو سوی لوله بیگانه به صورت "از انتها" (Endwise) انتقال می یابد. این جریان سرگردان، لوله بیگانه را در نقاط بیشتر و دورتر (مانند منطقه ای که مقاومت خاک پایین است) ترک کرده و جهت کامل شدن مدار الکتریکی به سوی لوله حفاظت شده و در نهایت به رکتیفایر انتقال می یابد. در صورتیکه در حالت قبلی این جریان در نزدیکی محل تقاطع متمرکز می گردید.

راه حل درست اتصال کابل از لوله بیگانه به قطب منفی رکتیفایر می باشد تا لوله بیگانه نیز تحت حفاظت قرار گیرد تا مدار الکتریکی از طریق این کابل کامل شود. اگر حفره خیلی نزدیک به لوله بیگانه باشد جریان گرفته شده توسط لوله بیگانه بسیار زیاد خواهد بود و این راه حل مناسب نمی باشد و در صورت امکان بهتر است محل حفره را عوض نمود.

در زمین اطراف لوله تحت حفاظت کاتدی یک گرادیان پتانسیل وجود دارد که باعث القا جریان از زمین به لوله می گردد. این گرادیان بر عکس گرادیان پتانسیل یا منطقه تحت تاثیر اطراف حفره تخلیه جریان می باشد. این به آن معناست که زمین در نزدیکی لوله نسبت به زمین دورتر منفی خواهد شد. شدت میزان تحت تاثیر لوله حفاظت شده تابعی از مقدار جریان ورودی در واحد سطح به لوله می باشد. جریان بیشتر شدت بالاتری ایجاد میکند.

برای لوله ای که به خوبی پوشش شده باشد، جریان خیلی کم است و در نتیجه گرادیانت پتانسیل در اطراف لوله ناچیز است. ولی یک لوله بدون پوشش تحت حفاظت کاتدی می تواند جریان زیادی بگیرد. یک لوله مجاور یا هر ساختار فلزی مدفون در تقاطع با لوله بدون پوشش حفاظت شده از میان گرادیان پتانسیل اطراف لوله عبور کرده و ممکن است هدف صدمات خوردگی قرار گیرد. به همین دلیل لوله بیگانه بیشترین صدمه را در محل تقاطع با لوله بدون پوشش خواهد خورد.

سیستم های حمل و نقل مجهز به DC مانند قطارهای زیر زمینی نیز یکی از بزرگترین منابع جریان های سرگردان می باشد. ولی امروزه سیستم رایجی نبوده و به استثنای جاهای محدود مورد استفاده قرار نمی گیرد. سیستم های حمل و نقل DC همانگونه که در شکل ۳ دیده می شود، معمولاً با تغذیه کننده عایق شده بالاسر که به قطب مثبت ایستگاه برق متصل می شود کار می کنند. جریان اعمالی (که ممکن است تا هزاران آمپر هم برسد) با اتصال به قطب منفی ایستگاه توسط ریل بازگشت می شود. بدلیل اینکه قطار روی ریل زمینی حرکت کرده و کاملاً با زمین عایق نشده است مقداری از جریان اعمالی وارد زمین شده و هدر می رود و در مسیر زمین به ایستگاه برگشت می شود. خط لوله موجود در منطقه خط آهن مسیر مناسبی برای انتقال جریان زمین می باشد. به صورت ایده آل اگر تمامی جریان منفی بازگشتی توسط خود سیستم حمل و نقل بازگشت نماید پدیده جریان های سرگردان روی خطوط لوله عبور کرده از منطقه تاثیری ندارد. نزدیکی حالت عملی سیستم به حالت ایده آل بستگی به تعمیرات خط آهن دارد. خط آهن باید روی قطعات سنگی که دارای مقاومت دارای مقاومت نسبتاً بالایی نسبت به زمین هستند احداث می شود تا از اتلاف جریان جلوگیری شود.

اخیراً احتمال بروز خوردگی در اثر نصب خطوط لوله انتقال برق فشار قوی DC روی خطوط لوله مورد توجه متصدیان خطوط لوله زیرزمینی قرار گرفته است. انتقال برق DC برای مسافت های دور مقرون به صرفه تر می باشد. سیستم دارای دو واحد تبدیل و اتصال به زمین که در انتهای هر کدام قرار گرفته است، می باشد. مادامیکه بار دو نیمه سیستم (به طور مساوی) تقسیم شده باشد. هیچ تبادل جریانی بین دو اتصال نباید وجود داشته باشد. در غیر این صورت جریانی نامیزان بین دو محل اتصال زمین ایجاد می گردد. جهت این جریان بستگی به بالاتر بودن بار هر کدام از اتصالات دارد. اگر خطوط انتقال برق فشار قوی با اتصالات زمینی شرح داده شده احداث شود، تاثیر جریان سرگردان روی خطوط لوله گسترش می یابد موثرترین راه حل این است که حد الامکان فاصله اتصال زمین سیستم نسبت به خط لوله زیاد باشد و محل قرار گرفتن اتصال زمین در جایی باشد که کمترین مقاومت خاک را داشته باشد؛ که اختلاف پتانسیل بین اتصال زمین و زمین دورتر را به حداقل رساند.

• ۲- جریان متناوب AC :

شیکه هوایی انتقال برق متناوب (فشار قوی) برخی مشکلات را بر روی خطوط لوله ایجاد نموده است. این مشکلات در جائیکه خطوط لوله در مسیر عبور خود با خطوط هوایی انتقال برق متناوب (فشار قوی بیش از ۱۱۰ کیلو وات) تقاطع داشته یا به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته باشند ظاهر می شوند. در صورتیکه کابل زیرزمینی با ولتاژ بالا از کنار سازه عبور کند، لوله توسط نداخل AC باردار شده و همزمان با عبور جریان متناوب از کابل مقداری از جریان از طریق زمین به لوله منتقل

می شود و پس از گرفتن جریان توسط لوله در جای دیگری از لوله خارج می شود. جریان متناوب در کابل ایجاد شار مغناطیسی در هوا یا زمین می کند که این شار باعث تولید جریان و ولتاژ متناوب در خط لوله میشود. همچنین در نواحی از لوله که در محدوده میدان الکترومغناطیسی انتقال برق قرار دارند در صورتی که لوله به زمین وصل شود. بار خازنی بزرگی در لوله ایجاد می شود. به نظر می رسد اینگونه تداخل در لوله های بدون پوشش اتفاق نمی افتد.

عوامل موثر در میزان تداخل جریان در اثر برق متناوب به صورت زیر خلاصه می شود:

۱- ولتاژ خط انتقال برق فشار قوی

۲- نسبت هندسی خط لوله و کابل های هوایی

۳- فاصله بین خط لوله و سیستم برق فشار قوی

۴- مقاومت و کیفیت پوشش لوله

۵- مقاومت خاک اطراف لوله

۶- تعداد تقاطع و طول مسیر موازی خط لوله خطوط انتقال نیرو

• ۳- جریان سرگردان منتج از اختلالات مغناطیسی Telluric :

بعضی اوقات اختلالاتی در اندازه گیری پتانسیل لوله نسبت به خاک و یا جریان جاری در لوله در یک منطقه که در آنجا هیچ نوع منبع جریان که توسط انسان احداث شده باشد وجود ندارد، پدید می آید. علت آن معمولاً در ارتباط با اختلالات مغناطیسی زمین است که اصطلاحاً به "طوفان های مغناطیسی" معروف است.

در زمان فعالیت شدید لحظه ای خورشید، فعالیت اختلالات مغناطیسی شدت می یابد. جریان سرگردان منتج از این منبع Telluric نامیده می شود.

علت تاثیر روی لوله ممکن است با ایجاد و شکل گیری و سپس متلاشی شدن میدان مغناطیسی زمین در ناحیه خط لوله در ارتباط باشد. در یک ژنراتور الکتریکی با عبور رسانای عایق دار از میدان مغناطیسی ولتاژ تولید می شود. مکانیزم کار این است که رسانا خطوط میدان مغناطیسی را قطع می کند اگر چه بعضی وقت ها اثر شدید است، اما تاثیرات جریان Telluric روی لوله بندرت مدت طولانی دارد. در یک ناحیه خاص پدیده جریان گیری و تخلیه جریان در طول زمان متمرکز می گردد.

کنترل خوردگی ناشی از جریان های سرگردان :

بعضی از روش های برای کاهش یا حذف تداخل جریان های سرگردان عبارت از :

حذف یا تقلیل منبع جریان

اتصال بین خطوط مهاجم و متاثر

استفاده از آند های فدا شونده و نقاط تقاطع

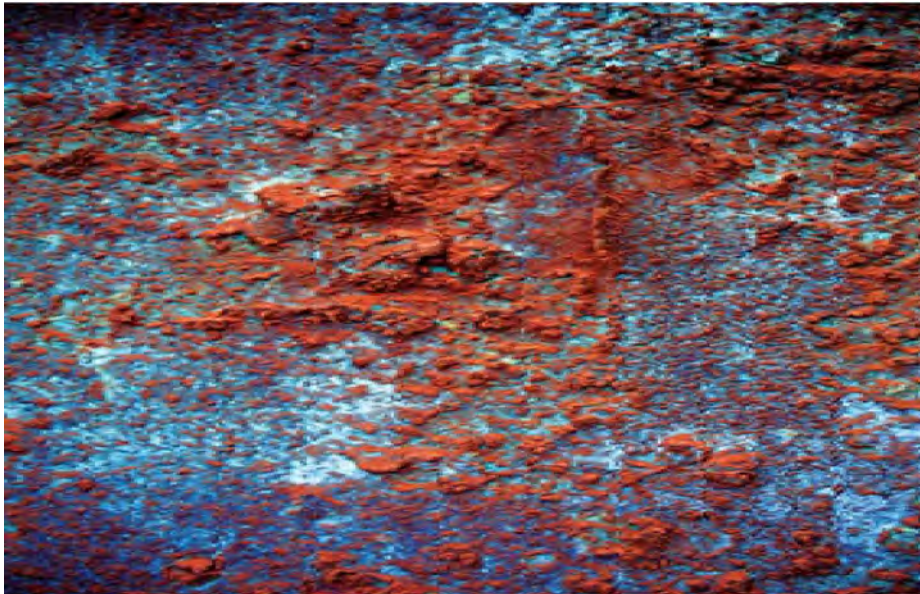
استفاده از پوشش و یا موانع الکتریکی (Electrical Shields)

روشهای کنترل خوردگی

❖ عوامل موثر بر خوردگی

➤ مهمترین عواملی که در واکنش های خوردگی دخالت موثر دارند عبارتند از :

- ✓ **درجه حرارت :** افزایش درجه حرارت موجب ازدیاد میزان و سرعت خوردگی می شود . حتی زمانیکه درجه حرارت قسمت های مختلف از قطعه معینی متفاوت باشد . عموماً آن قسمت که درجه حرارتش بیشتر باشد نسبت به سایر نقاط آندتر می شود .
- ✓ **اختلاف پتانسیل :** در حالیکه فلزات غیر همجنس و متصل به هم در محیط مشترکی قرار گرفته باشند به علت اختلاف پتانسیل موجود بین الکتروود ها (مثلاً دو فلز روی و آهن در آب نمک) فلزی که در جدول سری گالوانیکی بالاتر است آند بوده خورده خواهد شد . و در نتیجه این عمل فلز دیگر را محافظت خواهد نمود .
- ✓ **عملیات حرارتی :** در نتیجه اعمال عملیات حرارتی رفتار خوردگی اغلب فلزات و آلیاژها شدیداً متاثر خواهد شد



- ✓ **شرایط سطحی :** شروع و سرعت خوردگی در مورد سطوح صیقلی و تمیز فلزات نسبت به سطوح زبر و خشن و یا سطوحی که دارای فیلم های سطحی دیگری مویلد خارجی در آن حضور داشته باشند به شدت تغییر می کند .
- ✓ **سرعت چون فیلم های اولیه خوردگی به دلیل وجود سائیدگی از بین می رود و سطح فلز لخت و فعال مجدداً در معرض خوردگی های بعدی قرار می گیرد از این رو مورد بررسی و توجه می باشد .**
- ✓ **تشعشع :** در این زمینه تحقیقات کمتری صورت گرفته است اما آزمایشاتی که انجام گرفته روشن نموده که در محیط های حاوی تشعشعات اتمی بر روی فلزات میزان و شدت خوردگی تا حدودی افزایش می یابد .
- ✓ **ناخالصی های محیطی :** وجود ناخالصی های مختلف در محیط عامل بسیار مهمی بوده و اثرات گوناگونی بر روی خوردگی می گذارند .
- ✓ **زمان :** معمولاً پیشرفت خوردگی با زمان افزایش می یابد اما شرایطی وجود دارند که میزان خوردگی نسبت به زمان کاهش می یابد .

✓ **تنش** : مواد و قطعات در شرایطی که تحت تنش های کششی در معرض محیط های خورنده قرار می گیرند شدیدتر و سریعتر از بین می روند .

✓ **فشار** : بررسی ها و مطالعات نشان داده که فشار عامل موثری روی واکنش های شیمیایی و اکسیداسیون مواد می باشد .

خواص فلزی : توجه به خواص و مشخصات متالوژی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است . ساختمان بلوری ، مرز دانه ها ، خواص مکانیکی اختصاصی فلزات و آلیاژها روش های ریخته گری ، عملیات حرارتی و ترکیب آلیاژها از عوامل مهم و موثری هستند که مد نظر قرار می گیرند

➤ مهمترین و معمولی ترین روش های کنترل خوردگی عبارتند از :

- ✓ حفاظت کاتدی
- ✓ حفاظت آندی
- ✓ مواد کند کننده
- ✓ پوشش ها
- ✓ انتخاب مواد
- ✓ طراحی مناسب دستگاه ها

وسایل مورد نیاز در آزمایشات و کنترل خوردگی لوله :

چند نمونه از دستگاه هایی که در آزمایشات خوردگی مورد استفاده قرار می گیرند در زیر به اختصار آمده است . هر چند امروزه دستگاه های الکترونیکی جدیدتری به بازار عرضه گردیده است با وجود این کاربرد همه آن ها مشابه است

✓ **ولت متر :**

این دستگاه به منظور اندازه گیری ولتاژ بین لوله و الکترو مرجع به کار می رود جهت آزمایش وضعیت خاک ، آب دریا و پتانسیل خط لوله نسبت به زمین به کار می رود که باید با انتخاب صحیح ولت متر انجام شود .

امروزه ولت متری الکترونیکی موجود است که احتیاج به تنظیم نداشته و به منظور بررسی جریان های سرگردان می توان از آنها استفاده کرد . این ولت متری دارای مقاومت داخلی زیاد می باشند .

✓ **آمپر متر :**

این دستگاه جریان های خروجی آندهای موقت ، ترانس های دائم و آزمایشات لازم جهت میزان کارایی پوشش را اندازه گیری می کند . به منظور صرفه جویی در وقت از دستگاهی که شامل آمپر متر و ولت متر باشد استفاده می شود .

✓ **دستگاه اندازه گیری مقاومت خاک :**

که به منظور تعیین مقاومت الکتریکی خاک به هنگام طراحی بستر آندی و مسیر خط لوله مورد استفاده قرار می گیرد .

✓ **دستگاه میگر :**

که به منظور اندازه گیری مقاومت خاک مورد استفاده قرار می گیرد .

✓ **دستگاه آزمایش :**

به منظور کنترل و جلوگیری از هدر رفتن ولتاژ در انشعابات و منتهی علیه خطوط انتقال که از فلنج عایقی استفاده می گردد به کار می رود .

✓ دستگاه اندازه گیری ضخامت لوله :

این دستگاه الکترونیکی قادر به نشان دادن ضخامت لوله می باشد و توسط آن می توان مقدار خوردگی در لوله و به خصوص در خم ها را مشخص نمود .

✓ اهم متر :

برای اندازه گیری مقاومت و تعیین ضخامت قطع بودن مدارها به کار می رود .

✓ دستگاه عیب یاب پوشش :

با آن نقاط ضعف پوشش لوله که با چشم قابل رویت نیستند مشخص می شود اساس کار آن توسط اختلاف سطح الکتریکی که بر روی قطر پوشش اعمال می گردد و با گذراندن الکترودی بر سطح پوشش می باشد . در صورتیکه نقایصی وجود داشته باشد تخلیه الکتریکی شده و با علامت هشدار دهنده نقاط ضعف مشخص می شود . ولتاژ اعمالی بین ۸۰۰۰-۱۲۰۰۰ ولت می باشد .

✓ لوله یاب :

محل دقیق عبور لوله را در جایی که مسیر خط لوله مشخص نباشد مشخص می کند .

✓ پیرسون :

قادر است نقاط ضعف پوشش لوله های مدفون در خاک را از سطح زمین مشخص نماید .

✓ سی اسکن :

این دستگاه را می توان تکمیل شده پیرسون دانست . که قادر است محل لوله ، عیب پوشش ، خوردگی لوله و عمق لوله مدفون را مشخص سازد.

✓ دستگاه PCS 2000 :

دستگاه جدید دیگری که می تواند اشکالات لوله های مدفون در خاک را با دقت بیشتری نشان دهد .

➤ آزمایش پتانسیل لوله نسبت به خاک :

این امر به منظور حصول اطمینان از حفاظت کاتدی و جلوگیری از خوردگی لوله نسبت به خاک انجام می گیرد .

جهت تعیین مقادیر اندازه گیری از ولت متر با امپلانس داخلی زیاد (۱۰ مگا اهم) که بین الکتروود مرجع و کابل آزمایش که به لوله متصل می گردد استفاده می شود . الکتروود مرجع یا نیم پیل از یک میله مسی که در مرکز ظرف حاوی محلول اشباع سولفات مس تشکیل شده است . قسمت تحتانی ظرف متخلخل بوده که ضمن تماس با زمین می تواند جریان الکتریکی را به خوبی هدایت کند .

➤ واکنش کاهش یا افزایش پتانسیل در لوله تحت حفاظت کاتدی می تواند در نتیجه یکی از عوامل زیر باشد :

✓ ۱ - جریان های سرگردان

✓ ۲ - اشکال در پوشش

✓ ۳ - تخلیه جریان به یک سازه همجوار فلزی

الکتروود های دیگری نیز در شرایط مخصوص مورد استفاده قرار می گیرند که از آنجمله اند :

- ✓ ۱ - الکتروود هیدروژن که فقط در آزمایشگاه استفاده می شود .
- ✓ ۲ - الکتروود کالومل که اغلب در آب هاب تازه یا آب شور قرار می گیرد .
- ✓ ۳ - الکتروود سرب / کلرید سرب که در مطالعات خوردگی کابل های سربی به کار می رود .
- ✓ ۴ - الکتروود نقره / کلرید نقره که قابل استفاده در آب شور بوده و در اثر تماس با آب دریا فاسد نمی شود

➤ جریان های سرگردان :

یکی از بدترین نوع خوردگی بر روی فلزاتی که در خاک کار گذاشته می شوند در محل هایی است که جریان های الکتریکی سرگردان وجود دارند . منابع چنین جریان هایی ممکن است سیستم حفاظت کاتدی ، سیستم حمل و نقل برقی ، کارگاه های آبکاری الکتریکی ، وسایل الکتریکی و غیره باشد . از آنجا که مقاومت ویژه خاک ها زیاد است جریان های الکتریکی داخل زمین از طریق فلزات داخل خاک که مقاومت کمی دارند عبور خواهد کرد که نقطه ورودی جریان سرگردان کاتد و نقطه خروجی آن آند (پیل خوردگی) خواهد بود .

جریان های اعمالی به یک سیستم حفاظت کاتدی به سهولت به تاسیسات همجوار وارد می گردند به خصوص اگر بستر های آندی به تاسیسات دیگر نزدیک باشد .

در این صورت تاسیساتی که حفاظت کاتدی نمی گردند . در نقطه تخلیه جریان دچار خوردگی می شوند . بدون اغراق می توان گفت خوردگی ناشی از این جریان ها از خوردگی هایی که عوامل محیطی به بار می آورند بیشتر است .

➤ به منظور کاهش تداخل جریان روش هایی را می توان به کار برد از جمله :

- ۱ - اتصال خطوط لوله متقاطع به یکدیگر
- ۲ - استفاده از آند های فدا شونده در محل تقاطع (می توان از آهن قراضه نیز استفاده کرد)
- ۳ - کاهش دادن مقاومت الکتریکی در محل تقاطع توسط تقویت پوشش نواری
- ۴ - استفاده از موانع الکتریکی و همچنین بالا بردن مقاومت الکتریکی

➤ همجواری خطوط انتقال نیرو با خطوط لوله :

مجاورت خطوط لوله با شبکه های برق فشار قوی باعث القا ولتاژ روی خطوط لوله شده و نتیجه سو در حفاظت کاتدی بر جای خواهد گذارد . جریان برق با فرکانس ۵۰ هرتز بسیار خطرناک بوده به طوریکه اگر برق ۳۵ ولت را در نظر بگیریم جریان حاصل از آن در شرایطی که بدن خشک باشد ۳/۵ میلی آمپر خواهد بود که تاثیر فیزیکی بر روی بدن خواهد داشت اگر خطوط لوله ناچاراً با خطوط انتقال برق موازی گردد در شرایط متقاطع هر چند جریان القایی تاثیر بر پوشش نقاط تقاطع خواهد گذارد معهداً اثرات القایی آن ناچیز بوده ، به طوریکه می توان با تقویت پوشش حتی الامکان با ایجاد فاصله تا حدی جبران این نقیضه را نمود . در مورد همجواری خطوط انتقال نیرو (زیر زمینی) با خطوط لوله مسئله القا وجود دارد ولی چندان حاد نمی باشد . زیرا پوشش مسطح کابل تا ۸۰ درصد حوزه مغناطیسی را محدود می سازد که اثرات القایی خطوط زیر زمینی بر خطوط لوله ناچیز خواهد بود .

به منظور رهایی از جریان های القایی حاصل از همجواری خطوط انتقال نیرو با خطوط لوله می توان از وسیله ای استفاده نمود که در آزمایشات نتایج مطلوبی از آن به دست آمده است این وسایل همانند یک خازن عمل می کنند . با به کارگیری آن می توان جریان های القایی را حذف نمود .

➤ کند کننده ها :

این مواد که اصولاً شیمیایی هستند ، قادرند واکنش های خوردگی را کند یا متوقف سازند که به صورت آندی و یا کاتدی عمل می کند . کند کننده های آندی از حساسیت خاصی برخوردارند به طوریکه اگر به مقدار کافی به کار نروند موجب تشدید خوردگی موضعی بر روی فلز خواهند گشت . کند کننده های کاتدی هر چند تاثیر آن ها مورد رضایت کامل نیست ولی در صورت کم بودن تولید خطری برای دستگاه نخواهد کرد .

این مواد به دو دسته تقسیم می شوند :

- ۱ – دسته ای که به مایع درون لوله اضافه گشته و گازها را کنترل می کنند .
- ۲ – دسته ای که فیلمی محافظ بر روی سطح فلز ایجاد نموده و از نفوذ مواد خوردنده جلوگیری می نمایند .

به عنوان مثال سولفیت سدیم اکسیژن را جذب و به سولفات تبدیل می گردد و خطری را متوجه دستگاه نخواهد ساخت :

- گاهی به کمک مواد محلول در آب نظیر بیکربنات ها عمل ممانعت بهتر انجام می گیرد و برای بازده بهتر در پیشگیری از خوردگی به آب افزوده می شوند . البته اگر سرعت آب خیلی زیاد باشد این ممانعت کننده ها را بی اثر می کند و وقتی که سرعت آب کم باشد رسوبات ناشی از مواد جامد معلق تشکیل پیل خوردگی موضعی را داده و باعث افزایش خوردگی خواهند شد .
- مواد روغنی با آب خوردگی را کاهش می دهند مانند ضد یخ (اتیلن گلیکول) که در رادیاتور اتومبیل می ریزند . گاهی از کند کننده های اکسیدان نیز استفاده می گردد و برای جلوگیری از خوردگی در رادیاتور نیترات سدیم به میزان ۵٪ و نیتریت سدیم ۵٪ به گلیکول می افزایند .
- بعضی از کند کننده ها نظیر برآکس محیط های اسیدی را قلیایی می سازند و در سیستم های خنک کننده آب یک طرفه از موادی نظیر پلی فسفات و آمک برای کند کنندگی استفاده می شود .
 - آب خوردنده مشخصات خاصی دارد که عبارتند از :
 - ✓ ۱ – حاوی اکسیژن و گازهای محلول است .
 - ✓ ۲ – حاوی اجسام محلول یا معلق می باشد .
 - ✓ ۳ – قلیایی یا اسیدی است .
 - ✓ ۴ – دارای سرعت و حرارت است .
 - ✓ ۵ – فعالیت میکروب ها در آن صورت می گیرد .

PH آب را می توان با افزودن سود (۷/۵-۹/۵) تنظیم نمود . گاهی پلی فسفات ها و کرومات ها را می توان همراه به کار برد که نتیجه مطلوب تری خواهد داشت و خطری متوجه فلز نمی شود .

اگر آهن در آبی که محتوی نمک طعام و به میزان محاسبه شده ای کرومات سدیم باشد بتدریج در مقابل خوردگی مصون می ماند زیرا کرومات با محصولات فرو حاصل از زنگ زدن آهن ترکیب می شود ؛ کرومات سدیم را به محصولات فریک که خاصیت پوششی دارند تبدیل می کند .

مواد کند کننده ممکن است به قلیایی ، خنثی ، قابل حل ، آلی و غیر آلی تقسیم بندی شوند . موادی که با قطع جریان عواملی مانند اکسیژن و واکنش های کاتدی سطح فلز را متوقف می نمایند کند کننده کاتدی نامیده می شوند در اثر فعل و انفعالات کاتدی رسوب یک قشر هیدروکسید در نواحی کاتدی سطح فلز را در بر می گیرد .

اگر فولاد زنگ نزن دارای مقاومت زیاد است به علت ورود قشر اکسیدی است که در سطح فلز همیشه موجود است. در صورت صدمه دیدن این قشر خوردگی در آن قسمت تشدید خواهد شد.

➤ کند کننده های عمومی:

➤ که تشکیل قشر محافظ بر روی سطح تمام فلز چه آندی و چه کاتدی داده و فلز را تحت حفاظت قرار می دهند.

✘ **کرومات روی:** کند کننده خوردگی فولاد حاوی کربن زیاد در آب است. در دستگاه های آب گرم در گردش (شوفاژ مرکزی ساختمان ها) به غلظت ۰/۱ درصد به کار می رود.

✘ **سیکلو هگزیل آمین:** کند کننده خوردگی لوله های گاز طبیعی و مواد نفتی و فرآورده های مشتق آن است که در لوله های فولادی جریان دارد.

آمینو اتیلن: کند کننده خوردگی فلزات سیاه (فولاد های معمولی) در گاز طبیعی است و برای حفاظت لوله به غلظت ۰/۱ درصد بکار می رود.

✘ **بوتیل کرومات:** کند کننده خوردگی فولاد، منیزیم، مس و آلیاژهای آنهاست.

✘ **مورفولین:** در دستگاه های تقطیر آب و تولید بخار در نیروگاه های فشار قوی و جهت تنظیم PH به آب تزریق می شود و مخلوط آن با هیدرازین موثر است. همچنین برای کاستن خوردگی لوله های گاز طبیعی مصرف می گردد.

✘ **بوتیل فسفات:** کند کننده خوردگی آهن، مس، روی، در بنزین و از این قبیل با اکتان بالا به غلظت ۱-۱۲ کیلوگرم در ۱۰۰۰ لیتر بنزین استفاده می گردد.

نتیجه اینکه کند کننده ای شیمیایی با برخورد با مکانیسم خوردگی آن را کند و یا متوقف می سازند. در قسمت پیوست ممانعت کننده هایی که در بعضی سیستم ها به کار می روند آورده شده است.

➤ آلیاژها:

با استفاده از آلیاژها می توان مقاومت فلزات را تا چند برابر در محیط های خورنده و با درجه حرارت های بالا افزایش داد.

از ۸۰ نوع فلز شناخته شده تاکنون بیش از ۴۰ هزار نوع آلیاژ با خواص مختلف به دست آمده است. اگر آلیاژی را آلیاژ آهنی بنامند به معنی این است که فلز اصلی آهن است. از آلیاژهای مهم آهن، آلیاژ آهن و کروم است که ۹ - ۴ درصد آن کروم بوده و در ساخت دستگاه ها تصفیه نفت به کار می رود و با ۳۰ - ۹ درصد کروم در ساخت قطعات کوره ها و مشعل مورد استفاده قرار می گیرند. کروم مقاومت آهن را در برابر درجه حرارت زیاد می کند. یکی از مهمترین فولاد های ضد زنگ فولاد ۱۸ درصد و ۸ درصد نیکل می باشد.

مرغوبیت فولاد زنگ نزن از نوع ۳۱۶ به علت داشتن مولیبدن است.

گاهی غیر از کروم و نیکل سیلیسیم را نیز برای افزایش مقاومت در ترکیب فلز بکار می برند که سوپاپ های موتور های احتراق از آنجمله اند. هرچه مقدار کروم زیادتر شود سخت تر و مقاومت آن در برابر خوردگی بیشتر می شود اما بیش از ۱۵ درصد کروم و فولاد را شکننده تر می سازد.

ورشاب آلیاژی ایت از مس، نیکل و وری که در وسایل تزئین خانگی استفاده می شود و برنج قرمز که آلیاژی است از روی و مس که در صنعت استفاده فراوان دارد.

➤ پوشش و روش اعمال آن ها :

پوشش ها و لایه های محافظ به منظور های مختلفی انجام می گیرند که بیشترین هدف جداسازی فلز از محیط های اطراف است باید خاطر نشان ساخت که پوشش صددرد صد وجود ندارد چنانچه نقطه ای از پوشش صدمه ببیند می توان آن را مجددا پوشش داد ولی هیچگاه مرغوبیت پوشش اولیه را نخواهد داشت . قبل از پوشاندن سطح فلز تمیز کردن آن یک امر اساسی است که از کواد پاک کننده قلیایی و یا عملیات ساچمه زنی و شن پاشی یا گاهی از وسایل مانند برس سیمی نیز بدین منظور استفاده می گردد .

پوشش ها عموماً به فلزی و غیر فلزی تقسیم می گردند :

➤ پوشش های فلزی :

فلز پایه با فلزاتی چون مس ، کادیم ، قلع ، سرب و آلومنیوم و غیره پوشانده می شود .

عمل پوشش به منظور حفاظت به چند طریق صورت می گیرد :

- ✓ ۱ - با قرار دادن فلز پایه در درون فلز مذاب
- ✓ ۲ - از طریق الکترولیز (مانند سپر اتومبیل ها)
- ✓ ۳ - گردپاشی : فلز پوشاننده به صورت مذاب و به شکل گرد یا پودر بر جسم مورد نظر پاشیده می شود .
- ✓ ۴ - با حرارت دادن فلز پایه تا درجه حرارت بالا و غلظت آن بر روی فلز پوشاننده .
- ✓ ۵ - با قرار دادن فلز اصلی در مجاورت بخار پز پوشاننده

پوشش های فلزی در برابر آسیب ها مقاومند و در مقابل حرارت و نور و آب و اکسید شدن حساسیت کمتری دارند . تغییری نیز در خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی فلز به وجود نمی آورند . در هر صورت دارای خلل و فرج هایی خواهد بود که موجب خوردگی در سطح فلز خواهد شد و در صورتیکه یکبار خورده شود برخلاف پوشش های آلی قابل ترمیم نمی باشد .

➤ پوشش های مسی : فلزات که تحت تاثیر گازهای ازت و کربن باشند را می توان با مس پوشاند چرا که این

گازها بر روی مس اثر ندارند .

➤ پوشش کادیم : با توجه به شفافیت این فلز و مقاومت آن در برابر حملات جوی پوششی مناسب بر روی فلزات

می باشند . این فلز قادر است آلومنیوم و آلیاژهای آن را به طور کاتدی محافظت نماید

➤ پوشش قلع : کاربرد زیادی در صنایع غذایی دارد زیرا اسیدهای میوه روی قلع اثر نمی کنند و مواد غذایی برای مدت

بیشتری محفوظ می مانند . به این نوع آهن یا فولاد که با قلع پوشیده شده است حلبی می گویند چون موقعیت آهن در سری الکتروشیمیایی بالاتر از قلع است با پیدایش خراش روی آن با سرعت قابل ملاحظه ای زنگ می زند زیرا آهن نسبت به قلع آند است و خورده می شود .

➤ پوشش گالوانیزه : هنگامی که لایه ای از روی (یا آلومنیوم) بر سطح آهن قرار گیرد آن را آهن گالوانیزه گویند .

➤ پوشش سرب : سرب دارای خاصیت چکش خواری زیاد بوده و یکی از مقاوم ترین فلزات در برابر خوردگی به شمار

می آید ولی با توجه به سمی بودن آن توصیه به عدم استفاده از آن به عنوان ظروف غذایی می شود . استفاده از آن به منظور حفاظت لوله های فولادی زیاد بوده و گاهی جهت عمل بهتر و چسبندگی بیشتر از همبستگی آن با قلع نیز استفاده می شود .

➤ پوشش آلومنیوم : آلومنیوم از فولاد به طور کاتدی حفاظت به عمل می آورد و مقاومت آن در شرایط جوی دو برابر

روی می باشد و به عنوان پوشش مناسبی برای لوله های فولادی می باشد این فلز در محلول های الکترولیت به سرعت

کند گردیده و غیر فعال می شود زیرا یک فیلم نازک اسید آلومینیوم روی فلز را می پوشد که فقط این پوشش در ترکیب با یون کلر حساس بوده و در محیط های قلیایی نیز حل می شود .

➤ پوشش های غیر فلزی :

× ۱- پوشش سیمانی : ضریب انبساط حرارتی سیمان با فولاد تقریباً برابر است و اگر به آن ضربه مکانیکی جاصل نیاید مقاومت آن بیش از ۵۰ سال است .

× ۲- پوشش شیشه ای : شیشه را به عنوان لعابی جهت مقاومت بیشتر به کار می برند به عنوان مثال در آگروز هواپیما که خوردگی در آن در اثر حرارت زیاد و سوخت زیاد است . این پوشش به صورت مذاب بر روی فلز قرار می گیرد .

× ۳- پوشش های فسفات : که در ایران بدان کمتر توجه شده است که ایجاد پوششی بر روی سطح فولاد یا آهن توسط محلولی از اسید فسفریک رقیق و سایر مواد شیمیایی می کند . سطح فلز در اثر تماس با این مواد لایه ای محافظ از کریستال های فسفات غیر محلول تبدیل می شود .

➤ انواع پوشش های فسفات :

× ۳-۱ پوشش فسفات روی : این پوشش ها ممکن است با کریستال های درشت و یا با پوشش سبک و نازک با کریستال های ریز باشد . رنگ آن از خاکستری روشن تا تیره متغیر است که باعث پایداری رنگ یا روغن ، افزایش مقاومت در برابر سایش و رنگ زدگی می شد . نمونه آن در بدنه شمع ، مهره چرخ اتومبیل ، اشپیل (بین) پیستون دیده می شود .

× ۳-۲ پوشش فسفات آهن : امروزه به صورت کریستال های ریز و رنگ آبی یا قهوه ای مایل به آبی هستند که کاربرد اصلی آن ها پایداری رنگ می باشد .

× ۳-۳ پوشش فسفات منگنز : باعث ایجاد مقاومت در برابر سائیدگی خوردگی می گردد رنگ آن سیاه یا سیاه مایل به قهوه ای است و در محل هایی که اصطکاک وجود داشته باشد به کار می رود مانند موتورهای درون سوز .

➤ پوشش های حفاظتی خط لوله

لوله هایی که در خاک هستند معمولاً دارای پوشش هایی هستند که به نحوی تماس فلز را با خاک قطع نموده و به عنوان عایق الکتریکی عمل می کنند . یک پوشش خوب باید دارای شرایط زیر باشد :

✓ ۱ - بدن منفذ باشد و به خوبی به لوله بچسبد .

✓ ۲ - رطوبت ناپذیر باشد .

✓ ۳ - نسبت به واکنش های شیمیایی درون خاک بی اثر باشد .

✓ ۴ - نسبت به تنش های خاک مقاوم باشد .

✓ ۵ - مقاومت الکتریکی آن زیاد باشد .

➤ پوشش ها را عموماً به دو دسته تقسیم می کنند :

➤ ۱- پوشش های گرم :

پشم شیشه : این مواد از دو جسم پشم و شیشه تشکیل شده که از نظر حرارتی و الکتریکی عایق خوبی محسوب می شوند .

نمد نسوز یا پنجه کوهی: که علاوه بر عایق بودن لوله را از ضربه ها و تنش های مکانیکی مصون می سازد و گاهی با پشم شیشه و قیر ادغام می شود .

قیر ذغال سنگی (کلتار): قیری به رنگ سیاه که از قطران زغال سنگ حاصل می شود . ضخامت آن بین ۶/۵ – ۴/۵ میلیمتر می باشد . باید رطوبت را جذب نکند و عایق خوبی باشد و از نظر شیمیایی مقاوم و پایدار باشد . و در برابر باکتری های خورنده خاک و آب دریا مقاوم باشد .

یکی از روش های خوب حفاظت لوله با روش گرم Coal Tar است که از موثرترین روش ها در برابر خوردگی محسوب می گردد و هزینه حفاظت کاتدی نیز تقیلی می یابد زیرا نیاز به اعمال جریان کمتری دارد .

باید لوله کاملا تمیز و سالم باشد و پس از اعمال رنگ آستری پوشش قیری بر روی آن کشیده شود و بلافاصله توسط لفاف پشم شیشه و آزیست سطح خارجی لوله پوشیده گردد .

از انواع دیگر پوشش ها که جای پوشش های گرم را در صنایع لوله گرفته است Fision Bonded Epoxy می باشد که جهت حفاظت لوله در کارخانه آن را پوشش می دهند هنگامی که مواد پوششی گرم شوند مواد فولادی را از دست خواهند داد و تغییر خواص می دهند حتی در زمان عملیات پوشش .

➤ ۲- پوشش های سرد (پلیمری) :

پوشش های پلیمری در انواع مختلف تولید می شود و در لوله هایی با قطرهای متفاوت کاربرد دارد . روش استفاده نیز همانند پوشش های گرم می باشد که سپس عملیات آماده سازی لوله ، زنگ زدایی با شن یا با ساچمه لوله را تمیز و سپس با رنگ آستری که معمولا با نوار ساخت یک کارخانه می باشد رنگ آمیزی می گردند . معمولا نوار را باید هنگامی به کار برد که در اثر تماس انگشت به رنگ اعمال شده اثر آن روی رنگ بماند ولی رنگ به انگشت نچسبد که در این موقع نوار را بلافاصله بر روی لوله می پیچند . حتی المقدور باید سعی نمود که این اعمال در سایه انجام شود و بلافاصله لوله در خاک مدفون گردد .

پوشش ها دارای معایبی نیز هستند که از آنجمله :

- ✓ ۱ – ممکن است تحت تاثیر باکتری های بی هوازی و هوازی قرار گیرند .
- ✓ ۲ – امکان نفوذ سنگ های ریز به درون پوشش .
- ✓ ۳ – امکان نفوذ سنگ های ریز به درون پوشش .
- ✓ ۴ – چروکیدگی ناشی از انبساط و انقباض و موارد دیگری که می توان برشمرد .

➤ تاثیر پوشش در حفاظت کاتدی

یک پوشش کاملا مطلوب و نصب مناسب می تواند ۹۹ درصد از سطح لوله را از گزند خوردگی محفوظ بدارد اما علیرغم مراقبت های اولیه نمی توان صد در صد از لطمه به پوشش جلوگیری به عمل آورد . به همین منظور از سیستم های حفاظت کاتدی به عنوان پشتوانه پوشش و جلوگیری از خوردگی لوله استفاده می شود چنانچه پوشش مناسب و از حداقل ضایعات برخوردار باشد می توان ۸۰ کیلومتر از خط لوله را فقط با یک دستگاه حفاظت کاتدی تحت کنترل در آورد . حفاظت لوله های قطورتر سهل تر از لوله های با قطر کمتر است و علت ، کمی مقاومت الکتریکی آن است .

عواملی چند نیز سبب بروز خرابی در پوشش لوله علیرغم اعمال سیستم حفاظت کاتدی می شوند که این عوامل عبارتند از :

- ✓ ۱ – تنش های موجود در خاک
- ✓ ۲ – کلیه پوشش ها به مرور زمان فاسد می شوند .
- ✓ ۳ – افزایش جریان حفاظت کاتدی نه تنها حفاظت لازم را انجام نخواهد داد بلکه موجب از بین رفتن استحکام و چسبندگی پوشش و در نتیجه باعث افزایش خاصیت قلئایی محیط خواهد شد.

همانگونه که بیان گردید با اعمال حفاظت کاتدی جریانی از بستر آندی به محیط اطراف پراکنده می شود و از طریق نقاط بدون پوشش وارد لوله می گردد لازم به یادآوری است که مقداری نیز با توجه به ضریب هدایت و یا مقاومت الکتریکی پوشش از آن عبور خواهد کرد که مقدار آن در مقایسه با آنچه از قسمت های عریان می گذرد قابل مقایسه نمی باشد .

ویادر تقسیم بندی دیگر در کتبه های دیگر عوامل تاثیر گذار بر خوردگی رابدین گونه بیان میگردد:

خوردگی فلزات در محیط آبهای طبیعی (آبهای سطحی ، آب رودخانه ، دریا و چاه) بستگی زیادی به کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب دارد. از جمله پارامترهای مهم در این ارتباط، هدایت الکتریکی آب، pH، غلظت و نوع نمکها و گازهای موجود در آب و مسایل رسوب گذاری ناشی از این عوامل می باشند

۱- اثر pH: اگر چه فلزات نجیب مثل طلا و پلاتین در محلول های اسیدی و بازی پایدار می باشند، برخی از فلزات در محیط های اسیدی محلول بوده و در محیط های قلیایی نامحلول هستند. مثالی برای این دسته از فلزات نیکل، مس، کبالت، کروم، منگنز و منیزیم می باشند. برخی از فلزات که دارای اکسید آموتری هستند در pH های بالا یا پایین خوردگی زیاد دارند و یک pH بهینه برای کمترین خوردگی آنها قابل تشخیص است. مثلا این pH برای آلو مینیوم ۶/۵، سرب ۸، قلع ۸/۵ و روی برابر ۱۱/۵ می باشد.

۲- اثر نمکهای محلول

تاثیر نمک های محلول در آبهای طبیعی به نوع و غلظت آنها بستگی دارد. حضور یونهای Cl⁻ و SO₄²⁻ سبب تشدید خوردگی و یونهای نظیر کربنات، بی کربنات و کلسیم سبب تقلیل خوردگی می شوند. خواص خوردگی و یا باز دارندگی یونها علاوه بر نوع آنها به غلظت یون نیز بستگی دارد. غالبا مقدار یونهایی که خاصیت بازدارندگی دارند باید بیش از مقدار اکسیژن حل شده در محلول باشد تا سرعت واکنش کاتدی احیاء اکسیژن کاهش یابد. در واقع یونهای مهاجم سبب تخریب فیلمهای محافظ شده و یا از تشکیل آن جلوگیری می کنند. اما یونهایی مثل کربنات، قادرند با تشکیل رسوب کربنات کلسیم، سرعت خوردگی را کاهش دهند.

۳- اثر گازهای محلول در آب

از بین گازهای حل شده در آب، بیشتر اکسیژن و کربن دیاکسید مد نظر می باشد. کربن دیاکسید به دلیل ایجاد کربنیک اسید و در نتیجه کاهش pH ، سبب تشدید خوردگی می شود. اکسیژن نقش دو گانه ای دارد، از طرفی می تواند واکنش کاتدی را تسریع نموده و باعث افزایش سرعت خوردگی شود، از طرف دیگر در غلظتهای بالا و شرایط مساعد سبب ایجاد لایه روپین در سطح فلز میشود که در این حالت خوردگی کاهش محسوسی خواهد داشت. توضیح اینکه تقریبا تمام فلزات (به جز طلا) هنگام تماس با هوای خشک یا اکسیژن با یک لایه سطحی اکسید پوشش می شوند. پایداری این لایه وقتی در تماس با آب قرار می گیرد به کیفیت آب بستگی دارد. لایه اکسیدی در تعادل دینا میکی با محلول بوده و پایداری آن به ترمیم یا عدم ترمیم آن در نقاط شکسته شده بستگی دارد. وقتی مقدار اکسیژن در حد معمول باشد تعدادی از فلزات مثل فولاد زنگ نزن در آب روئین شده و اصطلاحا حفاظت آندی ایجاد می شود. اگر غلظت اکسیژن کم شده یا بیش از حد کاهش یابد (بوپژه در شیرها)، این مواد فعال شده و حل می گردند. مشابه این حالت برای آهن نیز صادق است. جالب اینکه حلالیت اکسیژن با دما کاهش یافته و در ۱۰۰ درجه سانتی گراد به صفر می رسد اما با افزایش دما، افزایش می یابد به طوری که حلالیت آن در ۲۰۰ درجه و ۲۵ درجه برابر می باشد

۴- اثر مواد معدنی

تعدادی از مواد معدنی با غلظت پایین، در آبهای طبیعی یافت می شوند که برخی از آنها خاصیت خوردگی آب را افزایش داده و برخی نیز خاصیت باز دارندگی دارند. از جمله آنها سیلیس می باشد که از خورد شدن و تجزیه سنگها و گاهها توسط میکروارگانیسمها مثل دیاتومهها به وجود آمده و در آب به صورت متا سیلیسیک اسید (HH2SIO3)n وجود دارد. این ماده از غلظتهای کم تا ۷۵ میلی گرم در لیتر موجود می باشد. سلیکاتها خواص بازدارندگی مشخصی داشته و به آبهای نرم برای کاهش میزان خوردگی افزوده می شوند .

مواد آلی موجود در آب

مواد آلی موجود در آب، حاصل از ارگانیزمهای زنده، سوخت و ساز و یازوال آنهاست. این مواد آلی غالباً به صورت کربنیک اسید، هیومیک اسید، سیتریک اسید، استیک اسید و بنزوئیک اسید یافت شده و باعث کاهش pH آب و تسریع خوردگی فلزاتی مثل آهن، سرب، و مس می شوند. ارگانیزمهای زنده شامل باکتریها، لجنها، قارچها و جلبک ها و نیز صدفهای کوچک دریایی می باشند. سولفید هیدروژن ممکن است توسط باکتریهای احیاء کننده سولفات یا سایر ارگانیزمها به وجود آید. آنها ممکن است آمینو اسیدهای خورنده نظیر سیستین اسید (Cystine acid) و یا دیآلفاآمینو پراپیونیک اسید را به وجود آورند که اثرات مخربی روی لوله های آهنی و آلیاژ های مسی ایجاد میکنند. از طرفی باکتریهای آهن گرچه مستقیماً کیفیت آب را تغییر نمی دهند و در واکنش خوردگی شرکت نمی کنند، ولی به دلیل تجمع مقادیر زیاد هیدرات فریک سبب آلودگی خیلی بیشتر از باکتریها شده و به دلیل تشکیل برآمدگی ها سبب بلوکه نمودن و افزایش اصطکاک شده و آب قرمز ایجاد می کنند. این دسته از باکتریها با افزایش کربنات سدیم برای بالا بردن pH تا ۸/۵ و یا افزایش کلر، کنترل می شوند. همچنین برای جلوگیری از رشد جلبکها می توان از افزایش کلر یا سولفات مس استفاده نمود.

۵- مساله رسوب گذاری

با افزایش pH در مورد آبی که دارای سختی بی کربنات است، مساله خوردگی تبدیل به مساله رسوبدهی می شود. اگر بتوان کنترل صحیحی اعمال کرد که این دو اثر متعادل گردند، امکان کنترل خوردگی بدون رسوب گذاری بیش از حد کربنات کلسیم مهیا می شود. البته باید توجه داشت که وجود رسوب نازک و یکنواخت کربنات کلسیم روی سطح فلز می تواند آنرا از اثرات خورنده آب ایزوله و محافظت نمایند.

❖ باز دارندگی در محیطهای خنثی (از نظر pH) و عوامل موثر بر آن :

• تعریف بازدارنده ها و طبقه بندی آنها

بازدارنده ها موادی هستند که وقتی به مقادیر کم به یک محیط خورنده اضافه گردند، باعث کاهش سرعت خوردگی می شوند. اثر یک بازدارنده بستگی زیادی به محیط اطراف و نوع فلز دارد. این مواد را به روش های مختلف طبقه بندی می کنند که تعدادی از آنها ذکر می شود.

۱- بازدارنده های خطرناک و بی خطر

هر ماده بازدارنده دارای غلظت موثر مشخص و معینی می باشد که در عمل باید با مقادیر کمی بالاتر از آن مورد استفاده قرار گیرد. بازدارنده های بی خطر آنهایی هستند که اگر کمتر از حد بحرانی افزوده شوند، خاصیت بازدارندگی اندکی نشان می دهند. اما بازدارنده های خطرناک آنهایی هستند که اگر غلظت آنها کمتر از غلظت بحرانی باشد نه تنها باعث حفاظت نمی شوند، بلکه باعث حملات شدید و خوردگی های حفرهای می گردند که مقدار آن بیش از حالتی است که اصلاً اضافه نشده باشند.

۲- بازدارنده های کاتدی و آندی

این طبقه بندی بر اساس آن که ماده کندکننده سبب افزایش قطبش واکنش آندی (کند نمودن حل شدن آهن) یا واکنش کاتدی (مثل کم شدن احیا اکسیژن در محلولهای خنثی و یا کاهش تعصید هیدروژن در محلولهای اسیدی) می شوند، بنا گردیده است.

۳- بازدارنده های اکسیدان و غیر اکسیدان.

این تقسیم بندی بر مبنای توانایی آنها در روئین سازی فلز می باشد.

۴- بازدارنده های آلی و معدنی

• تفاوت محیطهای خنثی و اسیدی

خوردگی فلزات در محیط های خنثی و اسیدی دارای دو اختلاف عمده می باشد. اول آنکه در محیط خنثی عمده ترین واکنش کاتدی، احیاء اکسیژن محلول و تولید یون هیدروکسید می باشد، در حالی که این واکنش در محیط های اسیدی احیاء بودن هیدروژن به گاز هیدروژن است. دوم آنکه در حالت خنثی سطح فلز از فیلمهای اکسیدی، هیدروکسیدها، یا نمک های کم محلول پوشیده می شود ولی در محیط های اسیدی این اکسیدها محلول می باشند. به دلیل این اختلاف مکانیسم، بازدارنده های محیطهای خنثی و اسیدی از یکدیگر متمایزند. اساس محافظت و بازدارندگی در محیطهای خنثی، ایجاد ترکیبات پایدار روی سطح فلز می باشد.

❖ عوامل موثر در باز دارندگی

۱- ماهیت سطح فلز: سطوح صاف و تمیز غالباً به باز دارنده کمتری احتیاج دارند، کثیف بودن سطح فلز سبب نرسیدن باز دارنده به سطح فلز شده و راندمان عمل کاهش می یابد. شستشوی شیمیایی، روش مناسبی جهت زدودن این آلودگی ها می باشد.

۲- ماهیت محیط: چنانچه در محیط خورنده، مواد شیمیایی دیگری نیز وجود داشته باشد، باید دقت شود که باز دارنده و آن مواد واکنشهای متقابلی روی هم نداشته باشند. مثلاً وقتی از ضد یخ نوع گلیکول استفاده میشود، نباید از کروماتها استفاده نمود. زیرا کروماتها باعث اکسایش ضد یخ شده و ضمن آن کروم شش به کروم سه تبدیل می شود که نتیجتاً از قدرت باز دارندگی آنها کاسته خواهد شد. همچنین وجود بعضی از آنیونهای خورنده مثل کلرید و سولفات می تواند قدرت باز دارنده را کاهش و میزان مصرف آنرا افزایش دهد.

۳- غلظت باز دارنده: باید توجه نمود که در اغلب موارد چنانچه غلظت باز دارنده از حد بحرانی کمتر باشد، خود باعث تشدید خوردگی می شود. از جمله این موارد باز دارنده های آنیونی می باشند. به طور کلی سرعت خوردگی در اثر افزایش غلظت باز دارنده ها کم شده و حفاظت افزایش می یابد. اگرچه به ندرت مشاهده شده است که، افزایش زیاد غلظت باز دارنده، سبب تسریع خوردگی میشود.

۴- PH سیستم: تمام باز دارنده ها در محدوده معینی از pH بیشترین راندمان را دارند و لذا pH محیطهای خنثی باید به طور مرتب کنترل شود. مثلاً نیتريت ها قدرت باز دارندگی خود را در pH کمتر از ۵/۵ از دست می دهند. این مقدار برای پلی فسفات ها ۷/۵ - ۶/۵ و برای کروماتها حدود ۸/۵ می باشد.

۵- درجه حرارت سیستم: به طور کلی سرعت خوردگی با افزایش دما زیاد میشود. معلوم شده است که خوردگی در آب به مقدار زیادی توسط نفوذ اکسیژن به منطقه کاتدی کنترل می شود. واضح است که هر عاملی که روی سرعت نفوذ اثر بگذارد، بر سرعت خوردگی نیز موثر خواهد بود. مشاهده شده است که به ازای هر ۳۰ درجه افزایش دما، سرعت خوردگی آهن دو برابر می شود. لذا با افزایش دمای سیستم، غلظت مورد نیاز باز دارنده نیز افزایش می یابد.

۶- اثر میکرو ارگانیسما: حضور میکروارگانیسما می تواند سه اثر عمده در محلولهای آبی داشته باشد:

۱- برخی از آنها می توانند مستقیماً در خوردگی فلزات شرکت کنند. مثل باکتریهای احیا کننده سولفات در محیط غیر هوازی یا باکتریهای آهن خوار در محیط های هوازی. نتیجه این فعالیت، تجمع باکتریها در یک محل و ایجاد خوردگی حفره ای می باشد.

۲- از بین رفتن و مصرف باز دارنده توسط باکتریها.

۳- ایجاد لجن ناشی از تجمع میکروارگانیسما، تقلیل جریان آب در لوله و رشد و نمو جلبکها.

بسیاری از باز دارنده ها خواص خود را در حضور یک یا چند عامل فوق از دست می دهند. در چنین حالتی ضروری است که از باکتری کشهای مناسب، استفاده نمود.

تشکیل رسوب: تشکیل رسوبات ضخیم نمکهای کلسیم و منیزیم در داخل لوله ها نه تنها باعث کاهش انتقال حرارت در رادیاتورها و برجهای خنک کننده می شود، بلکه از رسیدن باز دارنده به سطح فلز نیز ممانعت به عمل آورده و باعث کاهش راندمان باز دارنده نیز می شود. استفاده از مواد ضد رسوب مثل پلی فسفاتها و یا سیلیکاتها و همچنین کنترل pH روشهای مناسبی جهت کنترل رسوب می باشند.

اثر سرعت حرکت مایع: سرعت حرکت مایع، فقط بر آن دسته از واکنشهای خوردگی موثر است که تحت کنترل قطبش غلظتی باشند. برای فلزات و آلیاژهای آهنی اغلب سرعت انتقال اکسیژن از توده محلول به سطح فلز کنترل کننده سرعت خوردگی می باشد. در حالی که برای فلزات نجیب مثل مس و آلیاژهای آن، نفوذ یون فلزی از سطح به محلول، کنترل کننده سرعت خوردگی می باشد. به طور کلی بیشتر باز دارندهها در شرایط کمبود اکسیژن عملکرد بهتری دارند. عموماً افزایش سرعت حرکت مایع باعث افزایش نفوذ باز دارنده به سطح فلز می شود. لذا محلولهای ساکن به غلظت بیشتری از باز دارنده نیاز دارند.

- **اختلاط باز دارنده ها:** اغلب استفاده از مخلوط چند باز دارنده، نتایج مطلوبتری ارائه می دهد. مثلاً مخلوطی از باز دارندههای کاتدی نظیر نمکهای فلزاتی مثل روی، منیزیم و... و باز دارنده های آندی مثل آنیونهای کرومات، فسفات و نیتريت، باعث افزایش قابل ملاحظه ضریب باز دارندگی می شوند.

- نحوه عملکرد بازدارنده های کاتدی و آندی :

از آنجا که در محلولهای خنثی واکنش کاتدی عمدتاً احیاء اکسیژن و تولید هیدروکسید می باشد، بنابراین با کاهش انتقال اکسیژن به سطح فلز، می توان شدت خوردگی را تا حد زیادی کاهش داد. در این مورد استفاده از نمکهای فلزاتی مثل روی، منیزیم، منگنز یا نیکل باعث می شود تا یون این فلزات با یون هیدروکسید تولید شده در کاتد ترکیب شده و هیدروکسیدهای نامحلول ایجاد نماید که به صورت فیلمی نازک سطح کاتد را بپوشانند. نمک های منیزیم و کلسیم که همواره در آبهای طبیعی حضور دارند نیز ممانعت کننده کاتدی می باشند.

بازدارنده های کاتدی جزء بازدارنده های بی خطر محسوب می شوند. حضور آنیونهای کلرید و سولفات تأثیر چندانی بر آنها نداشته و فیلم تشکیل شده توسط آنها غالباً ضحیم و قابل روئت است. باید توجه نمود که هر گونه کاهش pH یا افزایش CO₂ محلول می تواند این اثر را از بین ببرد. مکانیسم عمل بازدارنده های آندی بر اساس واکنش یونهای فلزی خورده شده با بازدارنده و ایجاد فیلم محافظ (روئین) روی آند میباشد. این گروه شامل آنیونهای اکسیدان نظیر کروماتها، نیتراتها و آنیونهای غیراکسیدان مثل فسفاتها، سیلیکاتها، بنزوات ها و مو لیبداتها میباشد. این مواد در محیطهای خنثی و قلیایی به کار می روند. عواملی مثل درجه حرارت بالا، مقدار زیاد کلرید ها و یا غلظت زیاد یونهای هیدروژن، می توانند سبب ناپایداری لایه و افزایش حلالیت آن شوند. این دسته از بازدارندهها جزء بازدارندههای خطر ناک محسوب می شوند و در صورت ناکافی بودن باعث خوردگی شدید حفرهای می گردند .

- نتیجه گیری

شناخت پدیده خوردگی به ویژه در صنایع، لوله کشی آب شهری، موتور خودروها و ... و نیز روشهای مقابله با آن میتواند نقش مهم و عمدهای در جلوگیری از خسارات بسیار این پدیده ایفا نماید. این مقاله تأکید میکند که پدیده خوردگی بسیار پیچیدهتر از آن چیزی است که معمولاً در کتابهای درسی دبیرستانی بحث میشود. در واقع مطالعه عمیق این پدیده یکی از گرایشهای مهندسی شیمی در مقطع کارشناسی ارشد میباشد و آشنایی دبیران با آن میتواند باعث ایجاد انگیزههایی قوی در دانشآموزان علاقمند به علم شیمی شود.

خوردگی در تأسیسات نفت و گاز

تا اینجا خوردگی را بطور کلی بیان نمودیم و با اصول و انواع و روشهای جلوگیری از آن آشنایی پیدا کردیم. خوردگی در کلیه محیطها بسته به شرایط وجود دارد و کلیه صنایع با این مشکل روبرو میباشند. یکی از صنایع که دارای محیطهای خورنده فراوان میباشند صنعت نفت است، که دارای ویژگی های خاصی می باشد که مهمترین آن ها شرح داده می شود :

❖ ویژگیهای محیطهای خورنده در صنعت نفت و گاز

۱- خوردگی توسط گاز خورنده دی اکسید کربن

خوردگی شیرین در حضور و آب در جایی که وجود نداشته باشد اتفاق می افتد. این نوع خوردگی می تواند در خطوط لوله نفت یا گاز رخ بدهد و معمولاً حفره های عمیقی ایجاد نمی نماید. بدون آب خورنده نمی باشد. این گاز در آب حل شده و اسید کربنیک ایجاد می نماید که موجب کاهش pH آب که کاملاً بر فولاد اثر خوردگی دارد، می گردد. مقدار pH به دست آمده از محلول در آب مقایسه با مقادیر پ - هاش حاصل از محلول های اسیدی بسیار خورنده تر می باشد، این امر به آن علت است که در مورد اسیدهای قوی مقدار pH فقط غلظت یون هیدروژن واقعی که با مقدار کل اسید مطابقت می کند نشان می دهد، اما در اسید کربنیک ضعیف، فقط بخشی از یک مقدار به مراتب بزرگتر تجزیه می شود. واکنش اساسی محتمل در این رابطه به صورت زیر می باشد:

همانطور که گفته شد اسید کربنیک تشکیل شده به مقدار ناچیز در آب تجزیه پذیر است و وقتی بر آهن اثر می گذارد، محصول، خوردگی تشکیل می دهد. بی کربنات (در آب محلول) و کربنات (در آب بسیار کم محلول)، در مواردی به همان اندازه که فشار دی اکسید کربن در جریان گاز بالا می رود، مقدار خوردگی افزایش می یابد. این موضوع به دلیل کاهش pH محیط، تسهیل فرآیند

کاتدی از الکتروشیمی خوردگی اسیدکربنیک، پیشرفت دی پلاریزاسیون نیدروژن و نهایتاً افزایش حلالیت فیلم محافظ و به همان نسبت کاهش رسوب فیلم کربنات از آب می‌باشد. خوردگی معمولی سطح به وسیله معمولاً به صورت حملات موضعی شدید (pitting) و با حملات بر قسمتی از سطح (partial surface attack) رخ می‌دهد. در حملات خوردگی، قسمتی از سطح، که به دلیل اثرات سائیدگی ماسه و یا تلاطم جریان محافظت نشده باشد، دائماً در معرض محیط خورنده قرار می‌گیرد. نواحی خورده شده در بعضی از مواقع ظاهر متالیک (metallic appearance) دارد. در حالی که سطح باقیمانده می‌تواند توسط یک لایه محافظ از کربنات آهن پوشیده شده باشد در حقیقت این حالت، اغلب در جایی که توربولنی زیادی وجود داشته باشد آشکار می‌گردد.

در سیستم‌های گازی شدت خوردگی ناشی از به چند فاکتور بستگی دارد، مهمترین آن‌ها درصد، فشار، دما، سرعت گاز و ترکیبات آب می‌باشد، با افزایش دما تا ۵۳ درجه کلون فعالیت خوردگی در سیستم شیرین افزایش می‌یابد. در دمای بیشتر از آن به دلیل کاهش حلالیت در فاز آب خوردگی نیز کاهش می‌یابد. با افزایش فشار، بیشترین مقدار خوردگی در دمای بالاتر به دست می‌آید. در سیستم‌های نفتی به نظر می‌رسد، نسبت آب به نفت یک عامل مؤثر اولیه و از جمله شرایط مساعد برای بروز این نوع خوردگی می‌باشد. نسبت نفت - آب را که خوردگی ممکن است در آن شروع شود دقیقاً نمی‌توان تعریف نمود ولی تجربیات عملیاتی نشان داده است که وقتی آب بیش از ۵۰ درصد یا بیشتر باشد ممکن است خوردگی یک مشکل اساسی بشود بطوری که در این حالت نفت تولیدی نمی‌تواند یک فیلم محافظ روی سطح فلز ایجاد نماید. از طرف دیگر مواردی وجود داشته که به رغم مشاهده آب آزاد ناچیز در جداکننده‌ها و وجود امولسیون فشرده با تقریباً یک درصد آب، مقدار خوردگی اندازمگیری شده در آسیب‌های پیش آمده بیش از ۴۰۰ هزارم اینچ در سال بوده است.

۲- خوردگی توسط مایعات خورنده مخازن نفتی

خوردگی می‌تواند همچنین بدون فشار جزئی قابل توجه به وسیله تولید مایعات خورنده مخزن رخ بدهد. آب مخزن می‌تواند با انحلال مقادیر زیادی در دمای مخزن به ۲ph یا کمتر برسد همچنین اسیدهای ارگانیک از مواد خارجی مخازن و تولید شده توسط میکروارگانیسم‌های موجود در آب مخزن می‌تواند موجب حمله به سطح فولاد گردند.

۳- خوردگی توسط گاز خورنده سولفید هیدروژن

این نوع خوردگی فقط در حضور آب و سولفید هیدروژن رخ می‌دهد و بدون حضور آب شروع نخواهد شد. بیشتر در تجهیزات چاه‌ها، خطوط لوله جمع‌آوری و تجهیزات فرآیندی کارخانجات با آن مواجه می‌شویم و در خطوط اصلی انتقال گاز و تجهیزات مربوط به آن که حضور بخار آب و سولفید هیدروژن شدیداً کنترل می‌شود این نوع خوردگی دیده نمی‌شود. ضایعات ناشی از این نوع خوردگی غالباً به صورت خوردگی عمومی، خوردگی حفراهی، hsc, scc دیده می‌شود که در زیر دو نوع از این ضایعات که می‌تواند با ضایعات اخیر خوردگی خطوط لوله جریانی چاه‌ها مورد مقایسه قرار گیرد تشریح شده است.

✓ **خوردگی عمومی** این نوع خوردگی بطور یکسان در سراسر سطح فلز در معرض محیط خورنده رخ می‌دهد. در مواقعی که تولید آب کم باشد خوردگی عمومی کاملاً ملایم بوده و به آسانی توسط مواد کند کننده خوردگی کنترل می‌شود. گفته می‌شود که سولفید آهن که به صورت یک پودر سیاه یا رسوب تشکیل می‌شود از حملات بیشتر فلز را محافظت می‌نماید. به شرط اینکه فیلم سولفید تشکیل شده تداوم داشته باشد.

✓ **خوردگی از نوع حفراهی** در صورتی که فیلم سولفید آهن تشکیل شده بر روی سطح فلز ناشی از واکنش بالا، ترک بخورد یا قسمتی از آن برداشته شود، قسمت بدون حفاظت فلز به صورت ناحیه آندیک نسبت به سایر قسمت‌های دارای پوشش خواهد شد. این شرایط آندیک سطح فلز لخت را برای خوردگی شدیدی از نوع حفراهی مساعد می‌نماید.

بطور کلی خوردگی در صنعت نفت را می‌توان به سه بخش کلی تقسیم نمود:

تولید، حمل و نقل و نگهداری، عملیات پالایش

۱- تولید

میادین نفتی و گازی مقادیر عظیمی لوله، جداره فلزی داخلی چاه casings پمپ، شیرها، میله‌های مکنده فولادی و چدنی الکتروموتورها و ادوات دیگر مصرف می‌نمایند. وجود نشست باعث از بین رفتن نفت و گاز و آلودگی محیط زیست می‌شود.

جلوگیری از خوردگی چاه‌ها استفاده از ادواتی که به راحتی قابل تعویض باشند مانند tubing درون لوله‌های جداری

✓ تریق ممانعت‌کننده‌های آلی

- ✓ استفاده از فولادهای آلیاژ به جای فولادهای منگنزدار با کربن متوسط
- ✓ پوشش دادن لوله‌ها به وسیله فنولیک‌های پخته شده و رزین‌های اپوکسی

یکی دیگر از مهمترین محیط‌های خوردنده در بخش تولید صنعت نفت سکوهایی حفاری در دریا off shore drilling می‌باشند. حفاری در دریا، مسائل خوردگی قابل توجهی به بار می‌آورد. سکوهایی حفاری به وسیله ستون‌های فلزی که در کف اقیانوس فرو برده شده‌اند نگهداری می‌شوند. هر ستون به وسیله یک جداره لوله برای حفاظت در بر گرفته می‌شود. آب دریا حدود درصد نمک دارد و $pH=8$ یعنی محیط اندکی قلیائی، بنابراین الکترولیت خوبی بوده و باعث خوردگی گالوانیکی و شیباری می‌گردد.

• روش‌های جلوگیری از خوردگی سکوهایی حفاری دریا

- ✓ افزودن ممانعت‌کننده‌ها به آب دریا ساکن بین ستون‌ها و جداره لوله‌ها
- ✓ حفاظت کاتدی، با آندهای قربانی شده یا با جریان خارجی اسکلت‌های فلزی زیر آب.
- ✓ رنگ‌ها و پوشش‌های دیگر برای حفاظت آن قسمت از اسلکت فلزی که در منطقه متلاطم آب قرار دارد.
- ✓ کاربرد روکش مونل در منطقه سطح آب برای جداره خارجی چاه (این قسمت مستعدترین محل برای خوردگی است). مونل از آلیاژهای نیکل می‌باشد.

۲- حمل و نقل و نگهداری

مواد نفتی به وسیله تانکرها، خطوط لوله، تانکرهای قطار و کشتی حمل و نقل می‌شوند. قسمت‌های بیرونی تانک‌ها یا لوله‌های زیرزمینی به وسیله پوشش مناسب و حفاظت کاتدی محافظت می‌گردند. حفاظت کاتدی همچنین برای قسمت‌های داخلی تانک‌ها استفاده می‌گردد. تانکرهای حمل بنزین نسبت به تانکرهای نفتی مسائل خوردگی بیشتری دارند، زیرا بنزین سطح فلز را خیلی تمیز نگه می‌دارد. نفت یک پوسته نازک روی سطح فلز باقی می‌گذارد که تا حدودی آن را محافظت می‌کند. قسمت‌های بیرونی تانکرها و کشتی حمل و نقل برای جلوگیری از خوردگی اتمسفری پوشش داده می‌شوند.

خوردگی تانکرهای نگهداری و ذخیره، در اثر آبی است که ته‌نشین می‌گردد. لذا برای محافظت تانک از پوشش و حفاظت کاتدی استفاده می‌شود. کرومات سدیم قلیائی (یا نیترات سدیم) ممانعت‌کننده مؤثری برای مخازن نفتی خانگی است. خوردگی داخلی خطوط لوله را با پوشش و ممانعت‌کننده‌ها کنترل می‌کنند.

منابع و ماخذ:

۱- اسکالی، جان. س. - میانی خوردگی، ترجمه دکتر رضا آلانی - چاپ اول تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۵.

۲- اسکوگ. وست. - میانی شیمی تجزیه - جلد ۲ - ترجمه عبدالرضا لاجقه و دیگران ...، مرکز نشر دانشگاهی

مراجع

- ۱- کنترل خوردگی در صنایع جلد اول، تألیف دکتر سید محمد سید رضی، ناشر: انجمن خوردگی ایران، چاپ دوم ۱۳۷۶
- ۲- مهندسی خوردگی، تألیف مارس. ج. فونتانا ترجمه دکتر احمد ساعتچی ناشر جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، تابستان ۱۳۸۲
- ۳- نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع تألیف سید احمد پیشنمازی، انتشارات ارکان بهار ۱۳۷۷.
- ۴- فصلنامه کامپوزیت

فصل دوم:

سختی آب و روشهای جلوگیری آن

پیش گفتار در این فصل بعلت کامل بودن شرح جزییات درباره سختی آب پروژه این فصل رابه مقاله زیر که مربوط به سختی آب و تصفیه آن میباشد. میپردازم که منبع (سایت) رادرا انتهای همین فصل ذکر شده است.

سختی آب و روشهای جلوگیری از آن

➤ سنگینی یا سختی آب (TDS)

TDS مخفف عبارت **Total Dissolved Solid** به معنای "کل جامدات محلول" است. منظور از TDS کل مواد جامد محلول در آب است که برابر مجموع غلظت همه یونهای موجود در آب می باشد. مواد محلول در آب ممکن است از نظر ماهیت «آلی» یا «معدنی» باشند. مواد غیر آلی (معدنی) حل شده در آب شامل: مواد معدنی، فلزات و گازها می باشند. بعضی از مواد آلی به صورت ذرات کلوئیدی هستند اما بیشتر مواد آلی به صورت محلول هستند. آلاینده های آلی ممکن است باعث بو، رنگ و طعم نامطبوع آب شوند. مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی، اجزای آلی محلول در آب را تشکیل می دهند. بسیاری از مواد حل شده در آب نامطلوب هستند. مواد معدنی، گازها و مواد آلی حل شده در آب ممکن است موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطلوب شوند.

واحد سنجش TDS، میلی گرم در لیتر **Mg/l** می باشد که از آن با اصطلاح **PPM** یاد می کنند. بنابراین جامدات و ناخالصی هایی که با عبور آب از سطوح و اعماق زمین در آب حل می شوند تشکیل TDS آب را می دهند شاید بارها شنیده باشید که گفته می شود آب فلان منطقه "سنگین" است و آب منطقه ای دیگر "سبک" است. منظور از این عبارات همان تفاوت TDS آب مناطق مختلف است. باید توجه داشت که این مفهوم با مفهوم علمی "آب سنگین" که یک مفهوم در شیمی آب است متفاوت است. آب سنگین یکی از ایزوتوپ های مولکول آب است و با عبارت عامیانه "سنگینی آب" متفاوت است آنچه مسلم است هرچقدر ناخالصی های محلول (خصوصاً آن دسته از ناخالصی ها که برای بدن مضر هستند نظیر نیترات) در آب کمتر باشد آب گواراتر و سالم تر خواهد بود. از طرفی کاهش TDS ممکن است تغییر طعم آب را به دنبال داشته باشد و از آنجا که طعم و مزه آب یک پارامتر نسبی است و برای مصرف کنندگان مختلف متفاوت است، آستانه تغییر مزه نیز قابل اندازه گیری نبوده و لذا در استاندارد ذکر نشده است. می توان با کاهش TDS آب توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی، آبی به مراتب مطلوب تر و گواراتر تهیه و مصرف کرد. هر چه میزان TDS آب کمتر باشد، بر سلامت آب افزوده می شود. به وسیله تجهیزات تصفیه آب خانگی می توان میزان TDS آب را تا ۹۰ درصد کاهش داد.

➤ سختی کل (TH) سختی کل جزئی از TDS است. منظور از سختی کل مجموع غلظت کلسیم و منیزیم موجود در

آب است بنا براین سختی آب، بخشی از TDS آب است. عامل اصلی رسوب گذاری آب، کاتیون های سختی با آنیونها در داخل آب واکنش داده و یک رسوب جامد ایجاد می نمایند. در آبهای طبیعی، معمولاً غلظت کلسیم حدود دو برابر منیزیم است در حالی که در آب دریا غلظت منیزیم حدود ۵ برابر کلسیم می باشد. میزان سختی را برحسب mg/l CaCo_3 بیان می کنند

➤ اثرات منفی آب سخت

- ✓ باعث ترکیبگی دیگ های بخار (به علت رسوب جداره داخلی دیگها) می گردد.
- ✓ سبب رسوب املاح بر روی وسایل بهداشتی مانند دستشویی، وان حمام و ... می شود.

یکی از بهترین روشهای کاهش سنگینی و سختی آب روش اسمز معکوس است. این فناوری در دستگاههای تصفیه آب خانگی استفاده می شود و آب را تا ۹۰ درصد خالص تر می کند. امروزه استفاده از دستگاههای تصفیه آب خانگی جهت کاهش سنگینی و سختی آب و حذف ناخالصی های مضر حل شده در آب نظیر نیترات، تبدیل به یک ضرورت در کل دنیا شده است.

تصفیه آب

عمل تصفیه آب تغذیه دیگ بخار با توجه به نوع دیگ، فشار کاری، فرآیند کاری و نوع محصول سیستم می تواند شامل سختی گیری (دیگهای بخار فایر تیوپ فشار پایین و متوسط) و یا حذف کلیه املاح (نمک زدایی در دیگ های واتر تیوپ فشار بالا، شامل نیروگاه ها و صنایع قند و شکر و ...) باشد. با توجه به اینکه عمده مطالب این قسمت بدلیل کامل بودن در مورد دیگ های بخار فایر تیوپ می باشد، لذا کلیات روش سختی گیری به اختصار بیان می شود. کیفیت آب تغذیه دیگ بخار در هر شرایطی از دو نظر مقدار املاح مضر (رسوبات) و مقدار گازهای محلول در آب باید کنترل و در صورت لزوم بهینه سازی گردد.

گازهای محلول در آب شامل اکسیژن و دی اکسید کربن می توانند با فلز ترکیب شده و اکسید آهن نامحلول تولید کنند. که در نهایت منجر به ایجاد خوردگی بر روی فلز و از کار افتادگی قطعه تحت فشار خواهد شد. هیدروژن نیز با کربن فولاد ترکیب شده و در شرایط اسیدی باعث شکنندگی و از هم پاشیدگی فولاد (شکنندگی هیدروژنی) خواهد شد.

❖ جهت حذف این گازها می توان از دو روش ۱- تزریق مواد شیمیایی کمکی و یا ۲- هوازدایی فیزیکی (دی

اریتور)، استفاده نمود، که جهت حصول به نتایج مطمئن تر استفاده از هر دو روش به عنوان مکمل پیشنهاد می گردد.

▪ جهت حذف سختی های موقت، شامل بی کربناتهای کلسیم و منیزیم می توان از نرم کننده های آهنی استفاده کرد.

▪ جهت حذف سختی گیرهای دائم (قلیایی و غیر قلیایی ها) از نرم کننده های آهنی - کاستکی استفاده نمود. این

روش غالباً به عنوان اولین مرحله سختی گیری و قبل از سختی گیرهای تبادل یونی قابل استفاده می باشد. و جهت کاهش بار وارده بر روی رزینها قابل استفاده است.

• سختی گیرهای رزینی که بر اساس تبادل یونها کار می کنند. در حال حاضر از نظر بازده کاری و صرفه اقتصادی پرمصرف ترین نوع سختی گیر هستند.

در روش تبادل یونی، یونهای ناخالص آب از طریق انتقال آنها به یک ماده جاهد واسطه، موسوم به تبادل کننده های یونی، حذف می شوند. به این صورت که در ازای جذب آنها به میزان معال از ساختار ماده تبادل کننده یون، ذرات ذخیره شده غیر مضر نیز جدا می شوند. تبادل کننده های بنا به ساختار از ظرفیت محدودی جهت نگهداری از یونها برخوردارند. از این رو هرگاه این ظرفیت تبادل به علت اشباع توسط یونهای نامطلوب کاهش یابد، لازم است ماده تبادل کننده طی یک فرآیند شیمیایی به نحوی احیاء گردد. که یونهای مضر از روی ماده تبادل کننده شستشو شده و یونهای مفید لازم جایگزین شود.

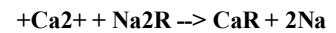
روشهای تبادل یونی، گستردگی فراوانی دارند، و حتی قادرند کلیه املاح محلول در آب را حذف نمایند (نمک

زدایی). با توجه به اینکه ناخالصی ها در آب تفکیک شده و یون های مثبت (کاتیونها)، و یونهای منفی (آنیونها)، را ایجاد می کنند

➤ تبادل کننده های یونی به طور کلی به دو دسته تبادل کننده های کاتیونی و تبادل کننده های آنیونی تقسیم می شوند.

➤ از آنجا که در دیگهای بخار لوله دودی فشار پایین و متوسط، عموماً حذف املاح کلسیم $+Ca_2$ و منیزیم $+Mg_2$ که در داخل دیگ ایجاد رسوب می کنند مدنظر می باشد، لذا بیشتر از سختی گیرهای تبادل یونی کاتیونی با چرخه سدیمی استفاده می شود.

• در این سیستم آب خام در تماس با ماده تبادل کننده، کاتیونهای خود را با سدیم موجود بر روی زئولیت (رزین) تعویض می نماید.

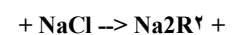


ماده تبادل کننده (رزین) دارای انتخاب پذیری وابسته به غلظت می باشد. بطوریکه در Na به $+Ca_2$ 1000ppm ترجیح دارد.

➤ تبادل یونی (رزینی) کاتیونی شامل چهار مرحله: ۱- بهره برداری، ۲- شستشوی معکوس، ۳- احیاء و ۴- شستشو، می باشد.

➤ دوره احیاء به شدت جریان آب (دبی)، سختی آب خام و میزان نمک مصرف شده برای احیاء بستگی دارد.

ظرفیت رزین به افزایش ماده احیاء کننده (آب نمک) افزایش می یابد، ولی این افزایش لزوماً متناسب برای دستیابی به تاثیر بهینه غلظت آب نمک بین ۱۰-۳۰ درصد مطلوب خواهد بود.



همانطور که گفته شد، یک سختی گیر تبادل یونی کاتیونی می تواند املاح مسبب سختی را از ۰ تا ۲۰ ppm کاهش دهد. چنانچه لازم باشد آب با خلوص بیشتری بدست آورده شود و کلیه مواد محلول از قبیل سدیم، سیلیکا، قلیانیت و یونهای معدنی $-Cl$ ، $-So_4$ ، $-NO_3$ حذف گردند و لازم است آب نمک زدایی گردد. نمک زدایی، تا تولید آب بدون املاح عبارت است از: حذف دقیق کلیه نمکهای معدنی به وسیله فرآیند تبادل یونی. در این فرآیند رزین کاتیونی (اسیدقوی) با چرخه هیدروژن، تمام نمکهای محلول در آب را به اسید مربوطه تبدیل می کند و رزین آنیونی (بازی قوی) با چرخه هیدروکسید، آنها را، حذف می کند.

• هزینه این روش در مقایسه با روش تبخیر و تقطیر کمتر می باشد. جهت نمک زدایی امروزه می توان از روش اسمز معکوس استفاده کرد

➤ نحوه رفع سختی آب:

آب سخت آبی است که حاوی نمک های معدنی از قبیل ترکیبات کربنات های هیدروژنی، کلسیم، منیزیم و ... است. سختی آب بر دو نوع است: دائمی و موقت. تغییرات سختی آب بر حسب آنکه آب در موقع نفوذ در زمین از قشرهای آهکی و منیزیمی و گچی گذشته و یا نگذشته باشد، کم یا زیاد می شود. آبهای نواحی آهکی، سختی زیادتری تا آبهای نواحی گرانیتی و یا شنی دارند. سختی آب در عرض سال هم ممکن است تغییر نماید. معمولاً سختی آبها در فصل باران کم و در فصل خشکی زیاد می شود.

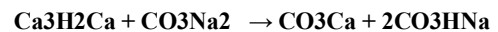
• **مضرات آب سخت:** آب سخت برای مصرف در کارخانجات مناسب نیست. از مضرات آن ایجاد قشر

آهکی بر روی جداره دیگ و خوردگی آن می شود سختی آب، عامل تشکیل رسوب در دیگهای بخار، مبدلهای حرارتی، برجهای خنک کننده و سیستمهای سرد کننده می باشد. اگر آب سخت برای شستشو به کار رود، صابون هدر می رود. در صنایع نساجی و رنگرزی کیفیت رنگ افت می کند. انحلال سود سوز آور در آب، منیزیم را به صورت هیدروکسید منیزیم رسوب می دهد. سختی بیش از حد باعث سوء هاضمه و بروز بیماریهای کلیوی می شود. جهت رفع سختی آب، تعداد زیادی مواد شیمیایی موجود است، که دارای کربنات سدیم هستند. این مواد را قبل از ورود آب، به دیگ ها اضافه می کنند. که باعث گرفتن سختی آب می شود. و یا در دیگ بر اثر افزودن این مواد، آهک و گچ را رسوب می دهند (باعث شناور شدن رسوب در آب دیگ می شود) و دیگر این رسوب، محکم به جدار دیگ نمی چسبند بطوری که می توان آنرا به آسانی پاک نمود.

البته به یاد داشته باشید جهت خروج این رسوبات معلق شده در دیگ باید طبق یک برنامه زمان بندی شده و منظم اقداماتی از جمله زیر آب زدن به صورت مداوم تکرار شود. (در صورت درخواست تمایل به آگاهی از این برنامه زمان بندی، جهت خروج این مواد معلق و همچنین تهیه این مواد و دریافت مشاوره بیشتر با شرکت بخارپویان تماس حاصل فرمایید.)

➤ **سختی زدایی**

برای برطرف کردن سختی موقت آب، با جوشاندن آن کربنات های هیدروژن محلول، به کلسیم نامحلول تبدیل شده و تشکیل رسوب می دهند. این رسوب در مناطق دارای آب سخت، درون دیگ ها دیده می شود. سختی دائمی آب را می توان با کمک نرم کننده های تبادل کننده یون، مانند پرموتیت برطرف کرد. آبی که در طبیعت وجود دارد تقریباً همیشه ناخالص می باشد. زیرا اغلب دارای گچ، آهک، نمک طعام، ترکیبات منیزیم، آهن، اکسیژن و ازت، انیدرید کربنیک، ترکیبات آلی و غیره است، مقدار این ناخالصی ها در آبهای مناطق مختلف متفاوت است. یکی از اجسام گیرنده سختی آب تری ناتریم فسفات Na_3PO می باشد، که با اسم آلبرت تری بکار می رود. یون کلسیم موجود در آب بر اثر ناتریم فسفات تبدیل به تری کلسیم فسفات PO_4Ca_3 می گردد و رسوب می نماید بر اثر پختن بی کربنات، کلسیم آب تبدیل به کربنات می شود و رسوب می نماید، $(\text{Ca} + \text{CO}_3) \rightarrow \text{Ca}_3\text{H}_2\text{Ca}$ و بی کربنات کلسیم آب، بر اثر کربنات سدیم، گچ و بی کربنات کلسیم، به کربنات کلسیم تبدیل می شود و رسوب می گردد:



اخیراً به مقدار زیاد از رزین ها که قادرند تعویض یون کنند، برای رفع سختی آب استفاده می کنند. رزین لوایتیت در آلمان و آمبرلیت و دووکس در آمریکا استعمال می گردد.

➤ **درجه سختی آب:**

- درجه سختی آب را از روی مقدار کلسیم و منیزیم موجود در آن تعیین می کنند.
- در آلمان اگر آبی ده میلی گرم CaO در یک لیتر داشته باشد می گویند درجه سختی آب یک است.

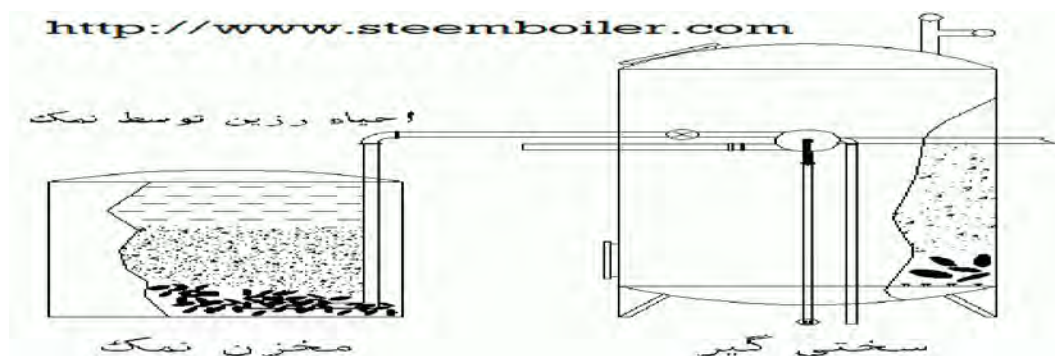
- در فرانسه اگر آبی در یک لیتر ده میلی گرم کربنات کلسیم یا همسنگ آن کربنات منیزیم داشته باشد می‌گویند که یک درجه سختی دارد.
- در انگلستان اگر آبی ده میلی گرم کربنات کلسیم و یا همسنگ آن کربنات منیزیم در ۰.۷ لیتر داشته باشد یک درجه سختی دارد. برای تعیین سریع سختی آب، کارخانه شیمیایی واقع در آلمان قرصهایی ساخته است. در یک لوله آزمایش مخصوص و مدرج، آب مورد آزمایش را تا خط نشان لوله پر می‌نمایند، و به وسیله معرفی که همراه بسته قرصهاست رنگ این آب را قرمز می‌کنند و آگاه آنقدر از این قرصها در آن می‌اندازند تا رنگ آب سبز گردد. شماره قرصهای ریخته شده در لوله آزمایش برابر درجه سختی آب می‌باشد. دقت این روش تا نیم درجه است. در ایران معمولاً از کیت های خاصی استفاده می‌شود. (جهت دریافت این کیتها با بخارپویان تماس حاصل فرمایید)

➤ سختی گیر:

سختی گیری برای جدا کردن دو عنصر کلسیم و منیزیم بکار میرود. اگر این دو عنصر از آب جدا نشوند، همان اتفاقی در دیگ بخار می‌افتد که در کتری رخ می‌دهد. در واقع رسوبات، سطح بین لوله های آتش خوار با آب را کاهش می‌دهد و انرژی بیشتری برای تولید میزان معینی فشار مصرف می‌شود. همچنین پاکسازی این لوله ها علاوه بر هزینه بر بودن خط تولید را نیز متوقف می‌کند. این بخش از دو مخزن تشکیل می‌شود، مخزن اول شامل بافت رزین سه بعدی بوده که با منیزیم ترکیب شده RMg بوجود می‌آورد در نتیجه سختی آب از بین می‌رود ولی نمی‌توان آن را به فاضلاب هدایت کرد. چون رزین از دست خواهد رفت. سپس مخزن دوم به عنوان مخزن احیا استفاده می‌شود. در این مخزن آب نمک وجود دارد. واکنشهایی به صورت زیر انجام می‌شود. (واکنش زیر، با ترکیب رزین و منیزیم انجام می‌گیرد).



اکنون آب وارد مخزن نمک شده، و RNa مجدداً با سولفات منیزیم ترکیب شده و تولید RMg می‌نماید. که با انجام چرخه‌ای این واکنش‌ها، رزین مجدداً احیا شده و از چرخه خارج می‌شود.



اکنون سختی آب گرفته شده. ولی برای وارد شدن به داخل دیگ باز مشکلاتی وجود دارد.

لازم به ذکر است همان گونه که بیان شد، دستگاه سختی گیر تنها قادر به جداسازی دو عنصر مضر کلسیم و منیزیم است. جهت جداسازی دیگر عناصرها از آب دیگ بخار و تاسیسات، تدابیر دیگری باید در نظر گرفت لازم به یادآوری می‌باشد، در زمان تولید در کارخانه و کارکرد مداوم دیگ بخار، ممکن است بیش از ظرفیت سختی گیر آب مصرفی از آنها عبور کند، که مسلماً

تمامی املاح کلسیم و فسفر به قطع فیلتر و جداسازی نمی شود. در این صورت تدبیر ثمر بخش موادی است که املاح منیزیم و کلسیمی که فیلتر نمی شوند را، در آب جوش به هنگام کار دائم دیگ بخار به صورت غیر قابل رسوب در می آورد، و مانع چسبیدن آنها به سطح فلز مخزن آب، روی لوله ها و کوره می شود. که با قیمت بسیار ارزانی در دسترس می باشند. و با اضافه نمودن آنها به آب مصرفی دیگ بخار و درین های (زیر آب زنی) مرتب طبق آزمایش های لازم آب ورودی دیگ، این املاح معلق و نجسب به هرز آب فرستاده می شود. (جهت دریافت این مواد با بخارپویان تماس حاصل فرمایید)

● شهرهای با آب سخت:

اکثر شهر های ایران و البته شهر های قم، زاهدان، دلجان، ساوه، سمنان و... از شهرهایی هستند که آب آنها از سختی بالایی برخوردار است. بدیهی است که، رفع سختی آب از وظایف بسیار مهم اپراتور در طول نگهداری روزانه و شیفیت کاری است، و به جهت جلوگیری از صدمات مخرب و گاهی غیر قابل جبران و مصیبت بار بعدی که در مدت کوتاهی به سیستم تاسیسات وارد می گردد تدبیر لازم با هزینه ای بسیار اندک در قبال تاسیساتی حرارتی که به قطع قسمتی حیاتی برای تولید مداوم و مستمر است، اتخاذ گردد. جهت کسب اطلاعات بیشتر با واحد شیمی آب برق و بخار تماس حاصل فرمایید. اما لازم است که سختی آب در تمامی کارخانه جات سراسر کشور به صورت دوره ای و تحت نظارت متخصصان این بخش کنترل گردد. تا از بروز هزینه های هنگفت در آینده ای بسیار نزدیک جلوگیری شود.

➤ دستگاه سختی گیر:

برای سختی زدایی معمولاً از دستگاه های سختی گیر استفاده می شود. دستگاه شامل یک استوانه فلزی است، که در داخل آن مواد موثر در سختی زدایی (رزین های تبادل یونی) قرار گرفته است. رزینهای مزبور، کلسیم و منیزیم را با سدیم تعویض کرده و آب سخت را به آب نرم تبدیل می کنند. رزینهای دستگاه سختی گیر پس از مدت زمان معین اشباع می شوند و کارایی خود را از دست می دهند. اگر رزین با محلول کلرو سدیم ۱۰٪ شستشو شود، خاصیت سختی گیری خود را باز می یابد. غلظتهای کمتر و یا بیشتر نمک اثر کمتری دارند. استفاده از آبهای گل آلود و دارای مواد معلق، و همچنین آبهایی که دارای املاح آهن، منگنز، مس و دیگر فلزات سنگین می باشند، رزینها را فرسوده و آبدھی دستگاه سختگیر را کم می کنند. توصیه می شود قبل از دستگاه سختی گیر، مواد معلق آب، توسط یک فیلتر شنی جدا شوند. و برای کاهش املاح فلزات سنگین تدبیر لازم گرفته شود. راه اندازی، بهره برداری و تجدید بار دستگاه سختی زدایی ممکن است دستی، یا با فرمان الکترونیکی، به طور خودکار انجام گیرد.

❖ مواد کاربرد سختی گیرها:

- ✓ کاهش سختی آب های آشامیدنی که طبق استاندارد WHO مقدار سختی را در آبهای مصرفی بر حسب CaCO_3 ، معادل ۲۵۰ میلی گرم پیشنهاد شده است.
- ✓ حذف سختی آب دیگ های بخار.
- ✓ حذف یا کاهش سختی آب در سیستم گرمایش و سرمایش.
- ✓ حذف یا کاهش سختی آب در صنایع نساجی و رنگرزی و....

➤ مشخصات فنی سختی گیر:

- ✓ مخزن دستگاه سختی گیر ساخته شده از ورق کربن استیل مطابق استاندارد با دریچه آدم رو.
- ✓ سیستم های پخش کننده و جمع آوری آب همراه با نازل های مخصوص.
- ✓ لوله کشی از جنس گالوانیزه PVC یا پلی اتیلن.

✓ يك لايه شن سيلیسی دانه بندی شده.

✓ مخزن نمک از جنس پلی اتیلن، فازی یا بتنی.

✓ کنترلر به صورت: دستی، نیمه اتوماتیک، تمام اتوماتیک.

❖ ::: مشخصات عمومی و فنی سختی گیر :::

✓ هر ستون سختی گیر شامل شیر سولووالو (نیمه اتوماتیک) ۱ اینچ، شیر ورودی و خروجی آب و شیرهای هوای گیری و گیج فشار ۶-۰ بار می باشد.

✓ بدنه ستون از ورق کربن استیل به ضخامت ۵ میلیمتر و عدسی های سر و ته به ضخامت ۶ میلیمتر ساخته خواهد شد.

✓ سطح داخلی هر ستون به طور کامل با دو دست رنگ اپوکسی، و سطح خارجی با رنگ ضدزنگ و رنگ روغن مناسب پوشش داده خواهد شد.

✓ دستگاه مجهز به استرونیید های آب پخش کن و آب جمع کن از جنس پلی اتیلن می باشد.

رزین اصل آلمان یا فرانسه به صورت آکبند، در کسبه های ۲۵ لیتری. جهت ایجاد بستر شنی مناسب، سیلیس دانه بندی ضد اسید در نظر گرفته می شود

منابع:

۲. اصول تصفیه آب تالیف دکتر محمد چالکش امیری

۳. روشهای پیشرفته در صنعت تصفیه آب تالیف مهندس محمد کرمانی

فصل سوم: انواع سوخت ها

❖ گروه اول: زغال سنگ



تعریف زغال سنگ: به سنگ ها و مواد فسیلی باقیمانده از بقایای گیاهی و جانوری، سنگ زیست یا بیولیت می گویند.

- بیولیت ها به دو گروه قابل سوختن و یا غیر قابل سوختن تقسیم می شوند.
- بیولیت های قابل سوختن را اصطلاحاً کاستو بیولیت یا سنگ های قابل اشتعال گویند. زغال سنگ در واقع از بیولیت های نوع قابل سوختن است. بیولیت ها شامل دو گروه بقایای گیاهی و جانوری هستند. اندام های گیاهی در نهایت به تورب، بیتومین و زغال سنگ و اندام های جانوری به هیدر و کربورها، نفت، گاز و شیل نفتی تبدیل می شوند.
- روش های طبقه بندی زغال سنگ ها بر اساس دو ویژگی میباشد

• ۱- طبقه بندی نوع اول

- ۱- لیگنیت زغال سنگ لیگنیت با نام زغال سنگ قهوه ای نرم نیز شناخته می شود. اصولاً لیگنیت ها درجه زغال شدگی پایینی دارند و هنوز مقداری از بقایای مواد چوبی، برگ و پوست گیاهان را در آن ها می توان یافت. رنگ زغال سنگ لیگنیت، سیاه متمایل به قهوه ای تا سیاه، متخلخل و چگالی آن حدود ۱/۵ است. بافت متخلخل لیگنیت شبیه زغال های چوب خشک است. برخی از آنها بافت سست و رشته ای و برخی دیگر نیز بافت متراکم و شبیه خاک دارند. در این نوع زغال سنگ ها مقدار متوسط کربن ۷۵-۸۰ درصد، میزان متوسط اکسیژن حدود ۱۰-۱۵ درصد و مقدار متوسط هیدرژن حدود ۵-۷ درصد است. ارزش حرارتی آنها کم و حدود ۶۰۰۰ کیلو کالری است. به این دلیل مثل زغال سنگ های نوع تورب ارزش صنعتی ندارند. رطوبت لیگنیت ها از زغال سنگ های نوع بیتومینه نیز بیشتر است و به حدود ۳۵-۷۵ درصد میرسد و به همین دلیل در هنگام سوختن دود زیاد تولید می کنند. مواد فرار آنها نسبتاً زیاد است و گاهی به حدود ۴۰-۵۵ درصد نیز می رسد.



➤ ۲- شبه بیتومینه

این نوع زغال سنگ ها حد فاصل زغال سنگ لیگنیت و بیتومینه است و به این دلیل به آنها زغال سنگ شبه بیتومینه می گویند. این زغال سنگ ها به آسانی می سوزند و دارای شعله ای روشن همراه با دود هستند و گاز زیادی تولید می کنند. بافت موجود در این زغال سنگ ها فضاهای خالی زیادی دارد که فضاهای خالی موجود در بافت آنها معمولاً از مواد ژله ای پر شده است. رنگ این زغال سنگها قهوه ای تا قهوه ای متمایل به سیاه است. این نوع زغال سنگها از نظر ظاهری دارای لایه بندی خوبی هستند. مقدار مواد چوبی آنها بسیار کم و درصد کربن آنها به حدود ۸۰ درصد می رسد. میزان مواد فرار آنها حدود ۴۳-۵۳ درصد است و به هنگام فرارگرفتن در معرض هوا خرد می شود.

➤ ۳-بیتومینه



زغال سنگهای بیتومینه از تجزیه جلبک ها و مواد آلی جانوری میکروسکوپی تشکیل شده اند که دارای حدود ۸۰ - ۸۵ درصد کربن و حدود ۵ درصد اکسیژن و هیدروژن هستند. این زغال سنگها معمولاً دارای بافت متراکم، سخت و نواری اند و شامل تناوبی از لایه های براق و مات هستند. زغال سنگ های بیتومینه از نظر مواد فرار به دو گروه تقسیم می شوند. گروه اول دارای ۳۰ - ۴۵ درصد مواد فرار است و بیشتر به عنوان سوخت در نیروگاه ها بکار میرود. گروه دوم دارای مواد فرار کمتری حدود ۳۰ - ۲۰ درصد هستند و بیشتر جهت تهیه کک کاربرد دارند. زغال سنگ بیتومینه به هنگام سوختن مقدار فایده ملاحظه ای گاز قابل اشتعال آزاد می کنند. زغال سنگ بیتومینه بیشترین نوع سوخت فسیلی در طبیعت را تشکیل می دهد و مصرف زیادی نیز دارد. این نوع زغال سنگ ها به عنوان سوخت منازل و نیروگاه ها و همچنین برای تهیه کک بکار می روند. آن ها به خوبی شعله ور می شوند و رنگ شعله ی آنها زرد است.

➤ ۴-آنتراسیت



زغال سنگ های آنتراسیت در آخرین مرحله ی فرآیند زغالی شدن تشکیل می شوند و دگرگونی بیشتری نسبت به سایر انواع زغال سنگ ها دارند. در این زغال سنگ ها مقدار کربن حدود ۹۵ درصد، مواد فرار کم، مقدار اکسیژن حدود ۳ درصد، مقدار هیدروژن حدود ۳ درصد و مقدار رطوبت حدود ۰/۵ درصد است. زغال سنگ های آنتراسیت معمولاً رنگ سیاه، حالت توده ای، سخت و شکننده و جلای نیمه فلزی با شکست صدفی دارند. دست را سیاه نمی کنند، زیرا فاقد ماسرال فوزینیت هستند. زغال سنگ آنتراسیت به عنوان یک سوخت مناسب مورد استفاده قرار می گیرد. به سختی و در دمای بالا مشتعل می شود و در صورت سوختن، شعله ی آبی رنگ و بدون دود ایجاد می کند.

• ۲- طبقه بندی نوع دوم از نظر درجه کک شونندگی

یکی دیگر از روش های طبقه بندی زغال سنگ ها بر اساس ویژگیهای کک شونندگی آنها است. این طبقه بندی بیشتر کاربرد معدن کاری دارد و در کشور ما نیز بیشتر در بین معدن کاران به کار می رود. بر اساس درجه کک شونندگی، زغال سنگ ها را به گروه های زیر طبقه بندی می کنند.

➤ ۱- زغال سنگ شعله خیز

زغال سنگ شعله خیز از گروه زغال سنگ های غیر کُک شو (غیر کک ده) تا کک شو ضعیف است. به این دلیل این زغال سنگ ها اغلب برای مصارف سوختی به کار می روند. ماسرال ویتزینیت در زغال سنگ شعله خیز کمترین درخشندگی را دارد و تیره رنگ به نظر میرسد. در زغال سنگ های شعله خیز مقدار مواد فرار حدود ۴۰ - ۴۵ درصد، میزان کربن حدود ۷۶-۸۰ درصد و ضریب انعکاس نوری در روغن غوطه ور کننده (R) کمتر از ۰/۴۶ است. در طبقه بندی های تجاری این زغال سنگ ها با مارک LF معرفی می شوند. نوع دیگری از زغال سنگ های شعله خیز وجود دارد که به زغال سنگ شعله بلند معروف است و با مارک D معرفی می شود.

➤ ۲- زغال سنگ شعله خیز گاز دار



زغال سنگ شعله خیز گاز دار با داشتن شعله بلند و تولید گاز زیاد از سایر انواع زغال سنگ ها مشخص است. این زغال سنگ ها خاصیت کک شونندگی ندارند و یا بسیار سخت و به صورت ضعیف به کک تبدیل می شوند. ماسرال های ویتزینیت آن ها کمی روشنتر از ماسرال های ویتزینیت زغال سنگ های شعله خیز معمولی هستند.

در زغال سنگ های شعله خیز گازدار مقدار مواد فرار حدود ۴۰-۳۵ درصد، میزان کربن حدود ۸۳-۸۰ درصد، ضریب انعکاس نوری در روغن غوطه ور کننده (R) 85/0 - 66/0 و ارزش حرارتی حدود ۷۵۰۰ - ۸۰۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم است. این زغال سنگ ها با مارک GL یا G معرفی می شوند.

➤ ۳- زغال سنگ گازدار

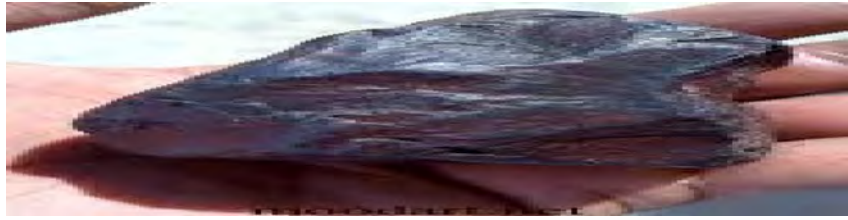
این نوع زغال سنگ ها از نوع کک شو ضعیف هستند، اما اگر زغال سنگ های گاز دار تحت تأثیر دگرگونی شدیدتری قرار گیرند، مثل زغال سنگ های نوع چرب، خاصیت کک شونندگی آن ها افزایش می یابد.

در زغال سنگ های گاز دار مقدار مواد فرار حدود ۲۸-۳۵ درصد، میزان کربن حدود ۸۳-۸۶ درصد و ضریب انعکاس نوری آنها در روغن غوطه ور کننده (R) 85/0 - 14/1 است. این زغال سنگ ها با مارک G معرفی می شوند.

➤ ۴- زغال سنگ چرب

در زغال سنگ های چرب مقدار مواد فرار حدود ۲۸-۱۹ درصد، میزان کربن حدود ۸۹-۸۶ درصد، ضریب انعکاس نوری در روغن غوطه ور کننده (R) 53/1 - 14/1 و مقدار ارزش حرارتی حدود ۸۵۰۰ - ۸۳۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم است. این زغال سنگ ها با مارک F معرفی می شوند. زغال سنگ های چرب از نظر درجه کک شونندگی بالا هستند و در صنایع متالورژی کاربرد وسیع دارند.

➤ ۵- زغال سنگ کُک شو: ادامه صفحه بعد



زغال سنگ های کک شو از نظر درجه کک شوندگی، جزء گروه زغال سنگ های کاملاً کک ده هستند. در صنایع متالورژی آنها را با زغال سنگ های کم کک شو مخلوط می کنند و سپس به کار می برند. شباهت ماسرال های اکسینیت و ویتزینیت در آنها بسیار نزدیک است، به طوری که فقط با روغن غوطه ور کننده و در زیر میکروسکوپ ($R=1/53-1/86$) میتوان آنها را از هم تشخیص داد. این زغال سنگ ها با مارک K یا C معرفی می شوند.

➤ ۶- زغال سنگ لاغر

زغال سنگ های لاغر با خاصیت کک شوندگی کم از زغال سنگ های کک شو مشخص می شوند. این زغال سنگ ها در مرز زغال سنگ آنتراسیت جزء زغال سنگ های غیر کک شو محسوب می شوند.

در زغال سنگ های لاغر مقدار مواد فرار حدود ۱۴-۱۰ درصد، میزان کربن حدود ۹۲-۹۱ درصد، ضریب انعکاس نوری در روغن غوطه ور کننده ($R=22/2-86/2$) و مقدار انرژی حرارتی حدود ۸۷۰۰-۸۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم است. این زغال سنگ ها با مارک L معرفی می شوند.

➤ ۷- زغال سنگ آنتراسیت

زغال سنگ های چرب و کک ده، بیشترین درجه ی کک شوندگی و زغال سنگ گازدار مقدار متوسط و زغال سنگ نوع لاغر و آنتراسیت، کمترین درجه ی کک شوندگی را دارند. اصولاً زغال سنگ آنتراسیت خاصیت کک دهی ندارد و در اثر حرارت حالت خمیری نمی گیرد و به صورت پودر در می آید.

در زغال سنگ های آنتراسیت مقدار مواد فرار کمتر از ۱۰ درصد، میزان کربن حدود ۹۲ تا ۹۸ درصد، ضریب انعکاس نوری در روغن غوطه ور کننده (R) بیش از ۲/۲۲ و ارزش حرارتی حدود ۸۵۰۰-۸۲۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم است. این زغال سنگ ها با مارک L معرفی می شوند

❖ گروه دوم: انواع گاز

➤ انواع گاز طبیعی

➤ الف: گاز ساختگی (SUBSTITUTE NATURAL)

گاز ساختگی را می توان مانند گاز سنتز از گازسازی زغال سنگ و یا گازرسانی مواد نفتی بدست آورد ارزش گرمایی این گاز در مقایسه با گاز سنتز بسیار بالاتر است چون مانند گاز طبیعی بخش عمده آن را گاز متان تشکیل می دهد. گاز ساختگی را می توان با روش لورگی نیز بدست آورد.

ب: گاز سنتز (SYNTHESIS GAS)

گاز سنتز گازی است بی بو ، بی رنگ و سمی که در حضور هوا و دمای ۵۷۴ درجه سانتیگراد بدون شعله می سوزد. وزن مخصوص گاز سنتز بستگی به میزان درصد هیدروژن و کربن منواکسید دارد از گاز سنتز می توان به عنوان منبع هیدروژن برای تولید آمونیاک ،متانول و هیدروژن دهی در عملیات پالایش و حتی به عنوان سوخت استفاده کرد گاز سنتز از گاز طبیعی ، نفتا، مواد سنگین و زغال سنگ بدست می آید . معمولاً برای تولید هر یک تن گاز سنتز که در آن نسبت مولی $H_2/CO=1$ باشد، به ۵۵/۰ تن متان نیاز است . در صورتی که این نسبت ۳ باشد ۰/۴۹تن متان لازم خواهد بود. تهیه گاز سنتز از منابع

هیدروکربورها امکان پذیر است که به شرح زیر خلاصه می شود :

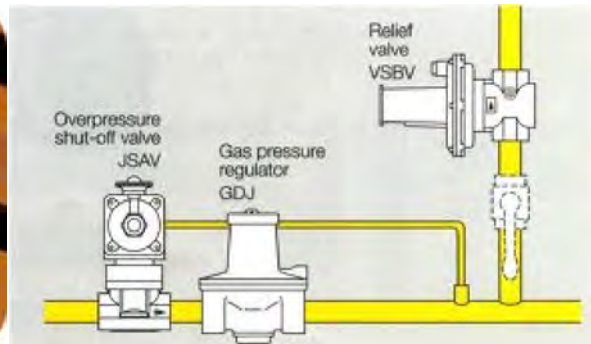
۱- تهیه گاز سنتز از زغال سنگ در فرایند تهیه گاز سنتز از زغال سنگ و یا گازی کردن زغال سنگ بخار آب و اکسیژن در دمای ۸۷۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲۷ اتمسفر با زغال سنگ ترکیب می شود محصول حاوی ۲۲.۹ درصد هیدروژن ۴۶.۲ درصد کربن منو اکسید، ۷.۸ درصد کربن دی اکسید، ۲۲.۵ درصد آب و ۰.۶ درصد کربن متان و نیتروژن است پس از جداسازی گاز کربن دی اکسید، محصول برای فروش از طریق خطوط لوله عرضه می شود. در نمودار زیر فرایند تولید گاز سنتز از زغال سنگ نشان داده شده است .

۲- تهیه گاز سنتز از مواد سنگین نفتی مواد سنگین نفتی با اکسیژن (نه هوا (در دمای ۱۳۷۰ درجه سانتیگراد و فشار ۱۰۲ اتمسفر ترکیب شده و گاز سنتز تولید می کند .

۳- تهیه گاز سنتز از نفتا نفتا با بخار آب در مجاورت کاتالیست نیکل در دمای ۸۸۵ درجه سانتیگراد و فشار ۲۵ اتمسفر ترکیب و گاز سنتز حاصل می شود .

تهیه گاز سنتز از گاز طبیعی این روش که در جهان متداول تر است در دو مرحله کراکینگ و خالص سازی ، گاز طبیعی به گاز سنتز تبدیل می گردد. در این روش از کبالت ، مولیبدیم و اکسید روی به عنوان کاتالیست استفاده می شود . محصول نهایی حاوی ۸۳.۸ درصد هیدروژن ، ۱۴.۸ درصد کربن منو اکسید ۰.۱ درصد کربن دی اکسید و مقداری متان نیتروژن و بخار آب است. فرایند تهیه گاز سنتز از زغال سنگ در شکل نشان داده شده است .

ج: گاز شهری (TOWN GAS)



اصطلاحاً به گازی گفته می شود که از طریق خط لوله از يك مجتمع تولید گاز به مصرف کنندگان تحویل می شود . گاز شهری یا از زغال سنگ و یا از نفتا تولید و در مناطقی مصرف می شود که یا گاز طبیعی در دسترس نباشد و یا زغال سنگ ارزان به وفور یافت شود ترکیب گاز شهری هیدروژن ۵۰٪، متان ۲۰٪ تا ۳۰٪، کربن منو اکسید ۷٪ تا ۱۷٪، کربن دی اکسید ۳٪، نیتروژن ۸٪، هیدروکربورها ۸٪ علاوه بر این ناخالصی های دیگری مانند بخار آب ، امونیاک ، گوگرد، اسید سیانیدریک نیز در گاز شهری وجود دارد. به گاز شهری گاز زغال سنگ و یا گاز سنتز نیز می گویند. در ایران گازی که از طریق خط لوله به مشترکین در شهرها عرضه می گردد گاز طبیعی است و ترکیب آن مشابه گاز شهری نیست.

د: گاز شیرین (SWEET GAS)

گاز شیرین گازی است که هیدروژن سولفید و کربن دی اکسید آن گرفته شده باشد .

س: گاز طبیعی (NATURAL GAS)

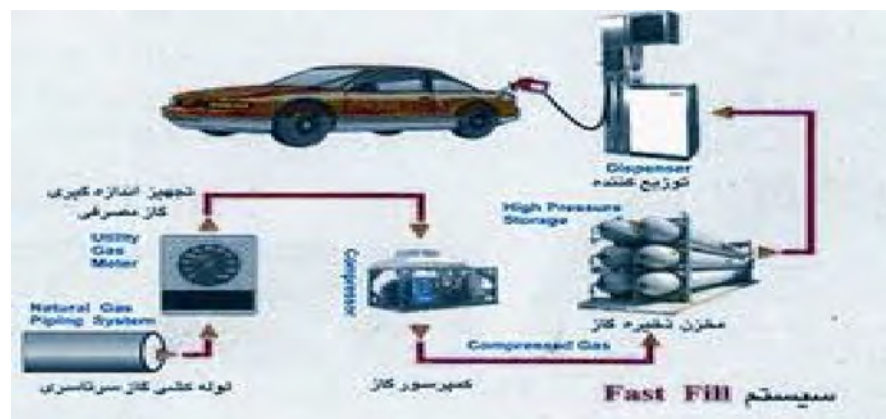
گاز طبیعی عمدتاً از هیدروکربورها همراه با گازهایی مانند کربن دی اکسید ، نیتروژن و در بعضی از مواقع هیدروژن سولفید تشکیل شده است بخش عمده هیدروکربورها را گاز متان تشکیل می دهد و هیدروکربورهای دیگر به ترتیب عبارتند از اتان ، پروپان ، بوتان ، پنتان و هیدروکربورهای سنگین تر ناخالصی های غیر هیدروکربوری نیز مانند آب ، کربن دی اکسید ، هیدروژن سولفید و نیتروژن در گاز طبیعی وجود دارد. گاز چنانچه در نفت خام حل شده باشد گاز محلول (SOLUTION GAS) نام دارد و اگر در تماس مستقیم با نفت از گاز اشباع شده باشد گاز همراه (ASSOCIATED GAS) نامیده می شود . گاز غیر همراه (NON-ASSOCIATED GAS) از ذخایری که فقط قادر به تولید گاز به صورت تجاری باشد استخراج می

شود در بعضی موارد گاز غیر همراه حاوی بنزین طبیعی و یا چکیده نفتی (CONDENSATE) استخراج می شود که حجم قابل توجهی از گاز را از هر بشکه هیدروکربور بسیار سبک آزاد می کند .

ش: گاز طبیعی فشرده (COMPRESSED NATURAL GAS)

گاز طبیعی عمدتاً از متان تشکیل شده است و در اکثر نقاط جهان یافت می شود. گاز طبیعی را می توان از طریق خط لوله و یا به صورت گاز طبیعی مایع شده (LNG) با نفتکش حمل نمود. از گاز طبیعی فشرده و یا به اختصار CNG می توان در اتومبیل های احتراقی به عنوان سوخت استفاده کرد در حال حاضر حدود یک میلیون وسیله نقلیه در جهان با گاز فشرده حرکت می کنند. در ایتالیا در مقیاس وسیعی از سی ان جی استفاده می شود و در زلاندنو و آمریکای شمالی نیز استفاده از گاز طبیعی فشرده رواج دارد .

ترکیبات گاز طبیعی متفاوت است و بستگی به نوع میدان گازی دارد که از آن بدست آمده است ناخالصی ها شامل هیدروکربورهای سنگین ، نیتروژن ، دی اکسید، اکسیژن و هیدروژن سولفید می باشد. در اتومبیل گاز طبیعی فشرده باید در مخزن سنگین و بزرگ و در فشاری برابر ۲۲۰ اتمسفر ذخیره گردد. البته از لحاظ میزان ذخیره و ارزش حرارتی سی ان جی که حدود ۸/۸ هزار ژول /لیتر است (در مقایسه بنزین حدود ۳۲ هزار ژول می باشد مسافتی که اتومبیل می پیماید محدود خواهد بود. علاوه بر این به علت محدودیت تعداد ایستگاه ای سوخت گیری اتومبیل باید به نحوی طراحی شود که علاوه بر سی ان جی بتواند از بنزین هم استفاده نماید .



➤ ارزش حرارتی گاز طبیعی

هر متر مکعب گاز طبیعی بصورت متوسط ده هزار کیلو کالری ارزش حرارتی دارد، اما این مقدار اسمی است و ارزش حرارتی دقیق گاز طبیعی هر میدان گازی، تابع ترکیبات آن بوده و بطور کلی هر چه درصد متان در گاز طبیعی بیشتر باشد ارزش حرارتی آن پائین تر است .

ارزش یک متر مکعب گاز طبیعی در شرایط استاندارد تقریباً به اندازه یک لیتر بنزین می باشد. مصرف یک بخاری گازی در هر ساعت از نیم تا یک و نیم متر مکعب گاز طبیعی می باشد. گازی که در منازل، محل های کسب و کار و بخش های صنعتی استفاده می شود در واقع متان خالص است که گازی بی رنگ و بی بو و با شعله های کمرنگ و به نسبت روشن می باشد

مزایای CNG به شرح زیر است :

- ۱- موتور در هوای سرد به راحتی روشن می شود .
- ۲- سی ان جی اکتان بسیار بالایی دارد .
- ۳- تمیز می سوزد و ته نشین کمتری در موتور ایجاد می کند .
- ۴- هزینه تعمیراتی موتور کمتر است .
- ۵- مواد آلاینده ناچیزی از آگروز خارج می گردد.

معایب CNG به شرح زیر است :

- ۱- چون به صورت گاز وارد موتور می شود هوای بیشتری در مقایسه با بنزین جایگزین می کند و در نتیجه کارایی حجمی پایین تری دارد .
- ۲- مسافت کوتاه تری در مقایسه با اتومبیل های بنزین طی می کند مگر آنکه موتور بتواند علاوه بر گاز از بنزین هم استفاده نماید .
- ۳- قدرت موتور اتومبیل های گاز سوز رو بهم رفته ۱۵ درصد کمتر از اتومبیل های بنزین سوز است .
- ۴- سایدگی نشیمنگاه شیر که بستگی به میزان رانندگی دارد بیشتر است .
- ۵- خطر بیشتر آتش سوزی در هنگام تصادف در مقایسه با اتومبیل های بنزینی (البته تاکنون در سوابق ایمنی خطر بیشتر ثابت نشده است) .

الف: مایعات گاز طبیعی (NATURAL GAS LIQUIDS)

مایعات گاز طبیعی معمولاً همراه با تولید گاز طبیعی حاصل می شود. مایعات گازی (Gas liquids) نیز مترادف مایعات گاز طبیعی می باشد. مایعات گاز طبیعی را نباید با گاز طبیعی مایع و یا ال ان جی اشتباه کرد. مواد متشکله در مایعات گاز طبیعی عبارت است از اتان، گاز مایع (پروپان و بوتان) و بنزین طبیعی (natural gasoline) و یا کاندنسیت (condensate) که درصد هر کدام بستگی به نوع گاز طبیعی و امکانات بهره برداری دارد . در سال ۱۹۹۶ کل تولید مایعات گاز طبیعی در جهان بالغ بر روزانه ۵.۷ میلیون بشکه بوده که از این مقدار تولید اوپک در حدود ۲.۶ میلیون بشکه در روز گزارش شده است .

ب: گاز طبیعی مایع (Liquefied natural gas LNG)

گاز طبیعی عمدتاً از متان تشکیل شده است و چنانچه تا منهای ۱۶۱ درجه سانتیگراد در فشار اتمسفر سرد شود به مایع تبدیل می شود و حجم آن به یک ششصدم حجم گاز اولیه کاهش می یابد در نتیجه حمل آن در کشتی های ویژه به مراکز مصرف امکان پذیر می شود برای مایع کردن گاز متان می توان آن را تا ۲/۵ درجه سانتیگراد زیر صفر خنک نمود و تحت زیر صفر خنک نمود و تحت فشار ۴۵ اتمسفر به مایع تبدیل کرد این روش از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است ولی از طرف دیگر حمل آن تحت فشار زیاد احتیاج به مخازن بسیار سنگین با جدار ضخیم دارد که امکان پذیر نیست و از نظر ایمنی توصیه نمی شود در نتیجه در فرایند تولید گاز طبیعی مایع، فشار آن رابه اندکی بیش از یک اتمسفر کاهش می دهند تا حمل آن آسان باشد .

اولین محموله گاز طبیعی مایع یا به اختصار ال ان جی به صورت تجاری در سال ۱۹۶۴ از الجزایر به بریتانیا حمل شد و از آن هنگام تجارت گاز کردن امکانات بندری و ذخیره سازی در بنادر بارگیری و تخلیه و همچنین ساخت کشتی های ویژه حمل ال ان جی احتیاج به سرمایه گذاری هنگفتی دارد در حالی که قیمت فروش گاز طبیعی مایع در حال حاضر در سطح نازلی است لذا فروشنده و خریدار باید قبلاً نسبت به انعقاد یک قرارداد طولانی ۱۵ الی ۲۰ ساله نحوه قیمت گذاری و سایر شرایط توافق لازم را به عمل آورند.

در تولید گاز مایع چهار مرحله عمده وجود دارد:

- ۱- جداسازی ناخالصی ها که عمدتاً از کربن دی اکسید و در برخی از موارد ترکیبات گوگردی تشکیل شده است .
- ۲- جداسازی آب توسط جاذبهاکه اگر در سیستم وجود داشته باشد به کریستالهای یخ تبدیل شده و موجب انسداد لوله ها می گردد .
- ۳- تمام هیدروکربور های سنگین جدا شده و تنها متان و اتان باقی می ماند .
- ۴- گاز باقی مانده تا ۱۶۰- درجه سانتیگراد سرد شده و به حالت مایع در فشار اتمسفر تبدیل می شود. گاز طبیعی مایع در مخازن ویژه عایق کاری شده نگهداری و سپس برای حمل به کشور مقصد تحویل کشتی های ویژه سرمایه (CRYOGENIC TANKERS) می گردد. در حین حمل معمولاً بخشی از گاز تبخیر شده به مصرف سوخت موتور کشتی می رسد. در بندر مقصد گاز طبیعی مایع تخلیه می گردد تا هنگام نیاز به مصرف برسد قبل از مصرف گاز طبیعی مایع مجدداً به گاز تبدیل می شود. در فرایند تبدیل مجدد به گاز سرمایه زیادی آزاد می شود که می توان از این سرما مثلاً برای انجماد مواد غذایی و یا مصارف دیگر تجاری استفاده کرد .

ج: گاز غیر همراه (NON-ASSOCIATED GAS)



گاز غیر همراه از میدانی که تنها تولید گاز از آنها به صورت اقتصادی امکان دارد استخراج می شود به گاز استخراج شده از میدانی نفت میانی که درصد گاز حاصله از هر بشکه هیدروکربورهای مایع سبکه خیلی زیاد است نیز گاز غیر همراه می گویند .

ج: کلاهک (CAG CAP)

(حجمی از لایه مخزن در اعماق زمین را کلاهک گاز و یا گنبد گاز (GAS DOME) نامیده اند که در آن گاز در بالای نفت جمع شود. معمولاً مرتفع ترین ، یا یکی از مرتفع ترین مناطق لایه مخزن محسوب می گردد .

د: گاز کلاهک گاز (GAS CAP GAS)

گاز کلاهک به گازی گفته می شود که در کلاهک گاز محبوس شده باشد .

د: گاز مایع (LPG)



مایع و یا به اختصار ال پی جی از پروپان و بوتان تشکیل شده است گازی که در سیلندر نگهداری می شود و در منازل مورد استفاده قرار می گیرد همان گاز مایع و یا مخلوط پروپان و بوتان است. گاز مایع را می توان از سه منبع بدست آورد :

1- گاز طبیعی غیر همراه گاز ترو ترش از میدان گاز طبیعی را پس از خشک کردن و گوگردزدایی می توان تفکیک کرد و پروپان و بوتان را بدست آورد .

2- گاز طبیعی همراه پس از تفکیک و پالایش گاز طبیعی همراه با نفت خام نیز می توان پروپان و بوتان آن را جدا نمود .

3- نفت خام بخشی از پروپان و بوتان در نفت خام باقی می ماند که می توان آن را با پالایش نفت خام بدست آورد همچنین در فرایند شکستن ملکولی و یا فرایند افزایش اکتان بنزین نیز ، پروپان و بوتان به صورت محصول جانبی حاصل می شود . در آمیزه گاز مایع درصد پروپان و بوتان بسیار مهم است در تابستانها که هوا گرم است درصد بوتان را اضافه می کنند ولی در زمستان با افزایش میزان پروپان در حقیقت به تبخیر بهتر آن کمک می نمایند معمولاً درصد پروپان در گاز مایع بین

۱۰ الی ۵۰ درصد متغیر است .

در جهان روزانه بیش از ۵ میلیون بشکه گاز مایع مصرف می شود مصارف گاز مایع در کشورهای مختلف متفاوت است متوسط درصد مصرف آن طی دهه ۱۹۹۰ در جهان در بخش های مختلف به شرح زیر است :

تجاری و خانگی ۶۰٪، صنایع شیمیایی ۱۵٪، صنعتی ۱۵٪، خدماتی ۵٪، تولید بنزین ۵٪ هر تن متر یک پروپان معادل ۱۲.۸ بشکه و بوتان برابر ۱۱.۱ بشکه است .گاز مایع را با کامیون های مخصوص خط لوله و یا کشتی های ویژه ای که برای همین منظور ساخته شده است حمل می نمایند.

• مصارف خانگی و صنایع کوچک

اکثر مردم به ال پی جی گاز مایع می گویند که در سیلندرها قابل حمل ۵۰ کیلویی ، ۱۱ کیلویی و ۲ کیلویی (پیکنیک) در ایران به فروش می رسد. (قبل از این که شهرها لوله کشی گاز طبیعی شوند عمده مصرف خانه ها برای اجاق ها و در زمان بی برقی برای روشنایی، گاز مایع سیلندری بود که بعد از لوله کشی شبکه گاز طبیعی برای هر خانه، دیگر کمتر در خانه ها استفاده می شود.)

• مصارف صنعتی

برای مصارف صنعتی از ال پی جی (LPG) در مخازن بزرگتری که در محل تولیدی صنعتی نصب شده است استفاده می شود. این مخازن به وسیله ماشین های حمل گاز مایع (گاز کش) مستقیم از پالایشگاه و یا شرکت های توزیع گاز مایع پُر می شوند.

- ظرفیت های استاندارد مخازن گاز مایع صنعتی

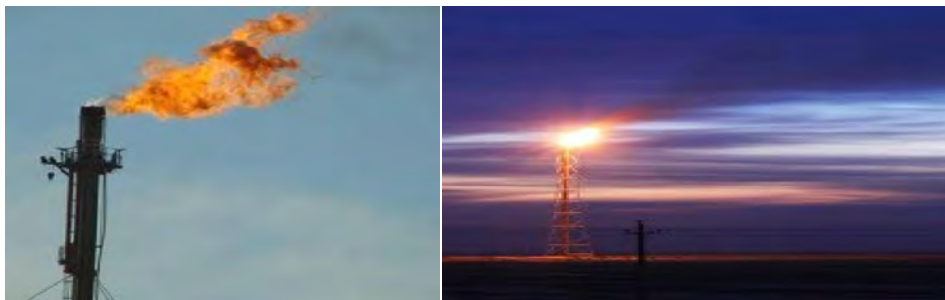
مخازن بر اساس اندازه ظرفیت آبی آن (مقدار آبی که در آن جای می گیرد) به صورت استاندارد به ظرفیت های زیر تقسیم می شود ۱۲۵ گالن، ۲۵۰ گالن، ۵۰۰ گالن، ۱۰۰۰ گالن، ۱۵۰۰ گالن، ۲۰۰۰ گالن، ۳۰۰۰ گالن، ۶۵۶۵ گالن، ۹۸۰۰ گالن، ۱۲۰۰۰ گالن، ۲۰۰۰۰ گالن، ۳۰۰۰۰ گالن این مخازن بغیر از ۱۲۵ و ۲۵۰ گالن آن همگی به صورت استوانه ای بوده و همگی شامل بدنه مخزن و دو عدسی برای کلگی آن می باشد. و در مخازن ۹۸۰۰ گالن به بالا دریچه ای آدم رو (MANHOLE) برای آن در نظر گرفته شده است.

• موارد استفاده ال پی جی

این گاز به دلیل این که به سادگی قابل حمل و نقل است در بسیاری از مکانهایی که استفاده از منابع دیگر سوخت امکان پذیر نیست استفاده می گردد.

- ✓ خانه ها جهت اجاق گازها و وسایل گرمایشی
- ✓ کارخانه ها جهت سوخت کوره ها و مشعل ها (و در بعضی از آنها جهت سوخت دوم)
- ✓ آشپزخانه های صنعتی و تجاری
- ✓ سیستم جرقه زن (IGNITION) توربین های گازی در نیروگاه های سیکل ترکیبی
- ✓ اسپری پرنکی ها (از نوع بی بو) جهت فشار دار کردن اسپری ها (که شامل اسپری های : آرایشی و بهداشتی، رنگ ها، عطرها و خوش بو کننده ها، حشره کش ها، فوم ها و ...)
- ✓ سوخت دوم برای خودروها

الف: گاز مشعل (FLARE GAS)



✓

هیدروکربورهای سبک ممکن است به صورت گاز از شیرهای ایمنی در دستگاه های بهره برداری ، پالایشگاه ها و یا مجتمع های پتروشیمی ، گذشته و از طریق مشعل سوزانده شود چنانچه یکی از واحدهای پالایشگاه به علت بروز اشکالاتی در سیستم برق یا آب سرد کننده از کار بیفتد لازم است که مقادیر خوراک مجتمع و یا محصولات پالایشگاه از طریق دودکش به مشعل هدایت و سوزانده شود تا از خطرات احتمالی جلوگیری شود. در مجتمع های بزرگتر و مجهزتر معمولاً دستگاه های بازیاب نصب شده که می توان در مواقع اضطراری بخشی از مایعات و یا گازها را به آنجا هدایت کرد و از سوختن آنها جلوگیری نمود .

ب: گاز همراه (ASSOCIATED GAS)

گاز همراه یا به صورت محلول در نفت خام است که در مراحل بهره برداری از نفت خام جدا می شود و یا به صورت جداگانه از نفت خام اشباع شده حاصل می شود

❖ گروه سوم: سوخت مایع

• الف: نفت چراغ (Kerosene)

نفت چراغ یا نفت سفید، که در زبان گفتاری به طور خلاصه نفت نامیده می شود، یکی از ترکیبات نفتی و مواد سوختی است. نفت سفید در گذشته کاربرد گسترده ای به عنوان سوخت وسایل گرمایشی و پخت و پز داشت که امروزه در بسیاری از نقاط با گاز شهری و گاز مایع جایگزین شده است.

نفت چراغ بیشتر به عنوان سوخت هواپیماهای دارای موتور جت (سوخت جت) و برخی راکت ها بکار می رود اما در مواردی به عنوان سوخت گرمایشی نیز از آن استفاده می شود..

✓ ویژگی ها

نفت چراغ ماده ای با چگالی ۰.۷۸ تا ۰.۸۱ g/cm^3 ، سبک و شفاف است که بوسیله هیدروکربن ها شکل می گیرد. این ماده با روش تقطیر ذره به ذره نفت در درجه ۱۵۰ تا ۲۷۵ درجه سانتیگراد بدست می آید و در نتیجه این کار زنجیره های کربنی با یکدیگر ترکیب می گردند که در هر مولکول ۶ تا ۱۶ اتم کربن موجود است.

نقطه اشتعال نفت چراغ میان ۳۷ تا ۶۵ درجه سانتیگراد (۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه فارنهایت) و دمای اشتعال خودکار آن ۲۲۰ درجه سانتیگراد (۴۲۸ درجه فارنهایت) می باشد

• **ب: نفت کوره (مازوت):** یکی از هیدروکربن های نفتی که در تصفیه خام پس از اتر و بنزین و نفت چراغ بدست می آید و چون سیاه رنگ است به نام نفت سیاه نیز موسوم است. این ماده ارزان ترین ماده سوختنی برای دیگ های بخار و تور و کوره ها و موتورهای دیزل می باشد. ASTM مشخصاتی را برای خواص نفت کوره تعیین کرده که آنرا به انواع مختلف تقسیم می کند. درجه ۱ سبک برای مشعلهای تبخیری و - درجه ۲ کمی سنگین تر به نوع قبلی و اساساً در مشعلهای اتمیزه کننده فشاری پاشنده بکار میرود. درجه های ۴ سوخت متوسط است با چگالی بالاتر نسبت به قبلی و ۵ در دو نوع سبک با چگالی متوسط و سنگین با چگالی سنگین تر و در نوع ۶ با چگالی زیاد نسبت به نوعهای قبلی که برای احتراق بهتر سوخت نیاز به پیش گرمایش می باشد که از نفت کوره های پسمانداند. مشخصات این درجه بر اساس استاندارد ANSI برای نفت کوره مورد استفاده در مشعل های مختلف هستند. مشخصه های استاندارد ANSI برای نفت کوره استاندارد ASTM D396-86 است.

• ج: سوخت دیزل

نفت گاز یا گازوئیل به عنوان سوخت موتورهای دیزلی و تاسیسات حرارتی بکار می رود. محدوده هیدروکربن های آن بین C14- C20 و حتی C25 با دامنه نقطه جوش ۲۵۰-۳۸۵ درجه سانتیگراد می باشد. نفت گاز عمدتاً از سه گروه پارافینیک ، نفتنیک و آروماتیک تشکیل شده ، دارای حداقل نقطه اشتعال ۵۴ °C و ماکزیم نقطه ریزش ۰ °C می باشد.

دانشیته آن در دمای 15.6°C برابر با $820-860\text{ kg/m}^3$ می باشد. مهمترین مشخصه آن عدد ستان است که باید بیشتر از ۵۰ باشد تا موتور نرم و بی صدا کار کند. سوخت دیزل به هر گونه سوخت مایع گفته می شود که در موتورهای دیزلی بکار رود. این سوخت بیشتر از روش ویژه‌ای در تقطیر جز به جز نفت مازوت بدست می آید اما روش‌های دیگری نیز برای فراوری سوخت دیزل بدون بهره‌گیری نفت وجود دارد که از جمله آنها می توان به زیست دیزل، زیست توده به مایع (BTL) و گاز به مایع (GTL) اشاره داشت که بهره‌گیری جهانی از آنها با سرعت در حال افزایش است. برای ابهام زدایی میان گونه بدست آمده از نفت و دیگر گونه‌ها، گونه نفتی را نفت دیزل یا پترو دیزل نامیده می شود. دیزل بسیار کم گوگرد گونه استاندارد برای تعریف دیزل می باشد که دارای گوگرد بسیار کم است. مطابق آمار سال ۲۰۰۷، نزدیک به همه سوخت دیزل بکار رونده در آمریکا و اروپا، از گونه بسیار کم گوگرد است.

جدول مقایسه ارزش حرارتی سوخت ها

جدول مقایسه ارزش حرارتی سوخت ها

سوخت	بنزین معمولی	نفت سفید	گاز ویل	نفت کوره (مازوت)	گاز مایع	گاز طبیعی	برق
وزن مخصوص	814/0	79/0	839/0	92/0	56/0	56/0	-
ارزش حرارتی BTU	16878 پاند	18557 پاند	18165 پاند	16980 پاند	19600 پاند	32251 مترمکعب	3413 کیلووات ساعت
ارزش حرارتی Kcal	7633 هرل پتر	8143 هرل پتر	8458 هرل پتر	8676 هرل پتر	10886 هرک یلو	8124 مترمکعب	860 هرکیلووات ساعت
1 مترمکعب CNG برابر با	064/1 لیتر	998/0 لیتر	96/0 لیتر	936/0 لیتر	75/0 کیلوگرم	1 مترمکعب	45/9 کیلووات ساعت

مشخصات ویژه سوخت ها :


● جگالی و حجم ویژه سوخت ها:

حجم ویژه		جگالی		سوخت
FT ³ /1TON	M ³ /1000KG	LB/FT ³	KG/M ³	
36	1.1	58	930	سوخت نفتی فسیلی
42-50	1.2-1.4	45-53	720-850	زغال سنگ خشک
90-115	2.5-3.2	19.5-400	310-400	زغال سنگ نارس
-	-	-	0.7-0.9	گاز طبیعی
47	1.3	49	790	نفت سفید
43	1.2	52	835	گاز ویل
-	-	-	2.5	بوتان
72-95	2.0-2.7	23.5-31	375-500	کک

● ظرفیت گرمایی ویژه سوخت ها:

ظرفیت گرمایی ویژه		سوخت
BTU/LB.°F	KJ/KG.K	
0.54	2.3	سوخت نفتی سبک ۳۰۰ درجه فارنهایت
0.43	1.8	سوخت نفتی سبک ۶۰ درجه فارنهایت
0.55	2.3	بوتان ۳۲ درجه فارنهایت
0.5	2.09	سوخت نفتی سنگین
0.51	2.13	نفت خام
0.48	2.01	نفت سفید
0.53	2.22	گاز ویل

<http://fa.wikipedia.org>

<p>نان زمینی زینتی</p>  <p>مگفا مؤسسه تخصصی خدمات مهندسی</p>	<p>نام پروژه: مطالعات امکان سنجی - جذابیت پیل سوختی و تدوین استراتژی توسعه تکنولوژی پیل سوختی در کشور فصل دوم: مطالعه و بررسی مزایا و معایب نسبی انواع سوخت</p>	<p>دفتر انرژی‌های نو وزارت نیرو</p>
<p>صفحه ۸۷</p>	<p>کد پروژه: ۱۷۵۸۱۰۷۱۰</p>	<p>کد: ۰۱-۰۳-DE</p>

بررسی مزایا و معایب نسبی انواع سوخت

۱-۲- مقایسه حالت‌های مختلف سوخت**۱-۱-۲- مزایای سوخت‌های گازی نسبت به سایر سوخت‌ها**

- سوخت گازی را می‌توان در مرکزی ذخیره کرد و گاز تمیز را به نقاط متعدد و مراکز دیردست فرستاد.
- اشکالات ناشی از ایجاد دو فاکتور به مقدار زیادی کاهش یافته و باین ترتیب محیط زیست سالمتر می‌ماند.
- کنترل زیادتری روی میزان ته‌ضای، شرایط احتراق، طبیعت شعله و محیط گرم کننده می‌توان اعمال نمود.
- از نظر اقتصادی، مصرف سوخت‌های گازی صبیعی نسبت به سایر سوخت‌ها با صرفه‌تر می‌باشد.
- استفاده از سوخت گازی با ارزش حرارتی کم، مصرف سیر مواد سوختنی را که می‌توان بعنوان ماده اولیه در صنایع بکار برده شود محدود می‌کند

۲-۱-۲- مزایای سوخت‌های جامد نسبت به سایر سوخت‌ها

- محزن خاصی برای ذخیره‌سازی آن از قبیل تانک لازم نبوده و در واقع هر سطح صاف کفایت می‌کند
- بعلا وجود نیدروژن کمتر در آن نسبت به نفت، ارزش حرارتی خالص آن بیشتر است؛ نفت می‌باشد.
- گوگرد موجود در زغال سنگ بطور متوسط کمتر از میزان گوگرد در سوخت مایع سنگین بوده و لذا آلودگی هوا و اثرات ناشی از خوردگی حاصل از احتراق آن کمتر می‌باشد.
- خاکستر زغال سنگ بصورت کلی غاری از ترکیبات وادیم می‌باشد این عنصر باعث خوردگی در قسمت‌های گرم می‌شود.
- زغال سنگ را می‌توان به اندازه دلخواه درآورد که نتایج مثبوتی از لحاظ ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

۳-۱-۲- مزایای سوخت‌های مایع نسبت به سوخت‌های جامد

- محارج حمل و نقل و انتقال آن به مراکز مصرف کمتر می‌باشد.
- سوخت‌های مایع از خود خاکستر بجا نمی‌گذارند.
- به کم و زیاد کردن جریان سوخت در هر حظه می‌توان سرعت عمل را به سهولت کنترل نمود.
- سوخت‌های مایع وزنشان ۳۰ درصد و حجمشان ۵۰ درصد کمتر از سوخت‌های جامد با همان ارزش حرارتی است.
- سوخت‌های مایع را می‌توان در محوطه‌های دور از محل مصرف و به اشکال مختلف انبار کرد.
- سوخت‌های مایع خودبخود آتش نمی‌گیرند و چنانچه فرار نداشتند در اثر ماندن فاسد نمی‌شوند.

۲-۲- سوخت‌های فسیلی

سوخت‌های فسیلی سوخت‌هایی هستند که از فرآیند فسیلی شدن بافت‌های زنده طی میلیون‌ها سال حاصل می‌گردند زغال سنگ و نفت خام مهمترین منابع سوخت‌های فسیلی به حساب می‌آیند زغال سنگ به چندین

صورت مختلف وجود دارد: anthracite, tuminousbi, lignite, peat از زغال سنگ پدیدمی آید. دو نوع اول زغال سنگ برای ایجاد میزان کمی از انرژی دارای بازده کمی هستند. lignite بصورت گاز درآمده و به گاز طبیعی تبدیل می گردد که خود یک سوخت تازه به حساب می آید. همچنین lignite به صورت مایع درآمده و یک جزء از نفت مایع را به خود اختصاص می دهد اما فرایندهای مایع شدن و گاز شدن بسیار هزینه بر بوده مقرون به صرفه نیستند.

۲-۲-۱- نفت خام

نفت خام مخلوطی پیچیده از انواع هیدروکربنهاست. که گازهای مختلفی نیز در آن حل شده اند. برخی از مواد جامد و مایع در نفت خام وجود دارند. قبل از استفاده از نفت خام باید یک سری فرایندها را روی آن انجام داد تا قابل استفاده گردد. این فرایندها شامل تقطیر جزء به جزء هستند که اجزایی را چون گاز طبیعی، گازوئیل، نفت سفید، بنزین، دیزل، روغنهای سبک (ویسکوزیته پائین) روغنهای سنگین (ویسکوزیته بالا) و واکس (هیدروکربنهای جامد) را نتیجه می دهد. سایر فرایندها مربوط به بهبود راندمان سوخت (octan rating) فرایند شکست کاتالیستی، پلیمریزاسیون و غیره انجام می پذیرند.

مزایا

نفت خام در مقایسه با زغال سنگ دارای یک سری مزایاست: اول اینکه مایعی است که دارای گاز محلول و ذرات جامد معلق می باشد، چون به صورت فاز مایع وجود دارد می توان آن را به کمک فشار به سطح زمین پمپ کرد. در سطح زمین نیز با خطوط لوله قابل حمل است پس از نظر مسائل حفاری و انتقال نسبت به زغال سنگ ترجیح دارد.

معایب

اجزای نفت خام به نوبه خود دارای یک سری معایب نیز هستند. بعنوان مثال سوخت بنزینی و دیزلی محصولات سمی تولید می کنند که از آگروز خارج می گردد. برخی از این گازهای سمی با کمک میلههای کاتالیستی تبدیل به گازهای غیر سمی می گردند. این دستگاهها اکسیدهای نیتروژن را که محصولات واکنش ازت و اکسیژن در دمای بالا هستند را تجزیه می نمایند این ترکیبات در اثر عدم انجام این واکنش بسیار سمی هستند. معایب دیگر سوختهای مایع مربوط به مواد افزودنی مانند ترا اتیل سرب است که این ترکیب باعث می گردد. که بنزین با راندمان بیشتری بسوزد و عدد اکتان را از ۱۰ به ۲۰ می رساند. اما وجود دمای بالا در محفظه احتراق باعث تجزیه افزودنی های سرب و ورود سرب به هوای آزاد می شود و سرب ماده ای سمی است. در زیر به بررسی برخی از سوختهای فسیلی مورد استفاده در خودرو اشاره می شود.

۲-۲-۲- بنزین

مزایا

- دسترسی آسان به پمپ بنزین
- قابلیت حمل و نقل هم از طریق خطوط لوله و هم از طریق شبکه
- انرژی بالا در مقایسه با وزن ماده اولیه
- قابلیت استفاده در اکثر ژنراتورها
- ارزان بودن

معایب

- انجماد در هوای سرد
- نیز به پازرسی مکرر از انبارهای نگهداری

۲-۲-۳- گاز (عمدتاً پروپان)

مزایا

- گزینه‌ای عالی برای تغذیه نیروگاه (البته به شرط دسترسی به امکانات حمل و نقل)
- مشکل انجماد در اثر هوای سرد وجود ندارد
- قابلیت استفاده خانگی

معایب

- انرژی تولیدی آنها ۱۰٪ از بنزین کمتر است
- حمل و نقل آنها باید در تانکرهای تحت فشار باشد
- قیمت بالاتر در مقایسه با بنزین

۲-۲-۴- سوخت دیزل

مزایا

- بازدهی بالا یعنی توان خروجی بیشتر به ازای مصرف کمتر
- عدم وجود مشکل نگهداری
- امکان خریداری از اکثر پمپ بنزینها
- دسترسی به صورت شبکه

معایب

- ژنراتورهای پرسر صدا
- قیمت بالاتر نسبت به دو مورد قبلی

- ایجاد دود و بوی زیاد (آلودگی بیشتر)

- احتمال بروز مشکل در هوای سرد.

۲-۲-۵- زغال سنگ

استفاده از زغال سنگ دارای یکسری معیوب است: اول اینکه استخراج زغالسنگ از درون زمین بسیار هزینه‌بر است، اکثر رسوبات زغال سنگ زیر پوسته زمین قرار گرفته‌اند که استخراج آنها مستلزم حفاری و ایجاد شفت‌های مخصوص است علاوه بر این خطر انفجار در معدن در اثر تشکیل گاز طبیعی و یا یودرهای نرم متشکل از زغال وجود دارد. و تنفس غارهای زغالسنگ توسط معدنچیان منجر به عارضه‌ای به نام blank lung (سیاه ریه) می‌شود که بری رفع موانع نامبرده هزینه زیادی صرف می‌گردد. وقتی که زغال سنگ به سطح زمین آورده می‌شود، بایستی توسط خطوط راه‌آهن یا کشتیهای مخصوص حمل و نقل گردد قبل از شروع به استفاده از زغال سنگ باید از استخراج کامل بقیای رسوبات گوگردی و سایر اجزای اضافی از درون زغال سنگ اطمینان حاصل نمود، که خود این کار منجر به افزایش هزینه می‌گردد. اگر این کار انجام نپذیرد وقوع برخی پدیده‌ها محتمل است که در قسمت آلودگی محیطی سوختهای فسیلی بدان اشاره می‌شود

۲-۲-۶- مزایای کلی سوختهای فسیلی

بعنوان مثال با استفاده از زغالسنگ مقدار بسیار زیادی ز انرژی الکتریکی در یک مکان و با صرف هزینه‌های کم تولید می‌شود.

انتقال نفت و گاز به نیروگاه مشکل نیست.

نیروگاه‌های تازه راندمان بسیار بالایی دارند.

تاسیس یک نیروگاه، بر مبنای سوختهای فسیلی تقریباً در هر کجا امکان پذیر است به شرطی که امکان فراهم آوردن سوخت لازم برای مصرف میسر باشد

۲-۲-۷- معایب سوخت های فسیلی

امروزه مشکلات متعددی از مصرف بی رویه سوخت‌های فسیلی در جهان به وجود آمده است که برای روشن شدن تمامی موضوع باید پیرامون هر یک از مشکلات بحث و بررسی صورت گیرد. از موضوعات بسیار مهم در این خصوص، بررسی آلودگی‌های محیطی سوخت‌های فسیلی و اثرات جبران‌ناپذیر آنها بر زندگی بشر می‌باشد.

مهمترین عیب سوخت‌های فسیلی آلودگی محیطی است که در ادامه به تفصیل بیان خواهد شد

حفری معادن زغالسنگ علاوه بر درد سر ساز بودن و خطر جانی بری کارگرن باعث از بین رفتن مناطقی از سطح کره زمین می‌گردد



امروزه آلودگی‌های بدون مرز، جهان را فرا گرفته است. گرمایش زمین، نزول باران‌های اسیدی، آلودگی اقیانوس‌ها، تغییرات آب و هوایی، از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری، بیابان‌زایی و تخریب جنگل‌ها از جمله آنها می‌باشد. بنابراین باید جهانی فکر کرد و جهانی عمل نمود. مصرف سوخت‌های فسیلی از علل اصلی آلودگی زیست محیطی در مقیاس جهانی است. اولین مشکل سوخت‌های فسیلی این است که مصرف آنها توسط انسان، بسیار بیشتر از سرعت تولید و تشکیل آنها در طبیعت است.

بنابراین برای مسأله آلودگی محیطی سوخت‌های فسیلی و تنها از نقطه نظر تامین منابع انرژی نیز، بشر ملزم به کنترل مصارف انرژی و همچنین مجبور به بهینه‌سازی مصرف سوخت در فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل مصارف خانگی و سایر زمینه‌های مصرف انرژی می‌باشد. شاید کمتر اندیشیده باشیم که منشأ اصلی تمام این مشکلات افزایش CO_2 در جو زمین می‌باشد. اما واقعیت این است که تقریباً همه معضلات زیست محیطی مذکور، کم و بیش ریشه در افزایش CO_2 در جو زمین دارد:

- اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای و سبب گرمایش زمین از دیواره CO_2 در جو است.
- آب شدن کوه‌های یخی ناشی از افزایش CO_2 و گرم شدن جو زمین است.
- باران‌های اسیدی حاصل ترکیب CO_2 موجود در جو با قطرات باران می‌باشد.
- یکی از گازهای اصلی مخرب لایه اوزون است و در کنار CFCها و گاز متان منشأ تخریب این لایه حیاتی است که در رشد اکوسیستم‌های طبیعی و زندگی بشر مؤثر است.
- از علل تخریب جنگل‌ها، ایجاد بیابان‌زایی و باران‌های اسیدی، آتش‌سوزی‌های طبیعی است که گرمایش کره زمین بر آن مؤثر است.
- آلودگی آب‌ها و دریا عمدتاً ناشی از ورود پساب‌های صنعتی و هیدروکربورها به آن می‌باشد، اما به صورت غیرمستقیم تحت تاثیر افزایش CO_2 در جو قرار می‌گیرد.

- تغییر چرخه های طبیعی در فصول مختلف سال، ناشی از عوامل متعددی نظیر گرمایش زمین، تخریب لایه اوزون، افزایش الودگی های و آتروس در جو و تغییر سطح آب دریاها ناشی از آب شدن کوه های بخی می باشد که باز هم ناشی از افزایش CO₂ جو می باشد.

در فرایند احتراق سوخت های فسیلی، CO₂ تولید می شود. مقدار CO₂ حاصل از احتراق در کل جهان حدود ۹ میلیارد تن تخمین زده می شود.

به منظور کاهش گازهای گلخانه ای، قراردادی در کیوتو بین کشورهای مختلف جهان منعقد گردید. بر اساس پیمان کیوتو، مقرر شد کشورهای صنعتی جهان تا حد فاصل سال های ۲۰۱۲-۲۰۰۸ میزان CO₂ تولیدی خودی را بین ۵ تا ۱۲ درصد (بر حسب کشور) بر مبنای سال ۱۹۹۰ کاهش دهند.

آمریکا در حالیکه نزدیک به یک چهارم کل CO₂ جهان را تولید می کند (با داشتن یک بیست و چهارم جمعیت دنیا)، قصد خروج از این پیمان زیست محیطی را دارد.

از دیگر عوامل آلاینده هوا، آتروسها، گرما، دی اکسید گوگرد، ترکیبات ازن، ذرات معلق، منواکسید کربن و هیدرو کربوره می باشند. عمده این مواد همراه با احتراق سوخته و در کتر CO₂ تولید و وارد جو می شود که اجمالاً به آنها اشاره می شود

۱- آتروسها

آتروسها، هم در زمین و دریا و هم از منابع طبیعی و مصنوعی تولید می شوند:

الف) طوفان، گرد و غبر صحرائی با ذراتی به شعاع بیش از ۰.۳ میکرون

ب) فوران آتشفشانها که از آتروسها و گاز خارج می شود

ج) تبخیر و اسپری نمک اقیانوسها که ذراتی با شعاع بیش از ۰.۳ میکرون به جای می گذارند.

د) ذرات جامدی که در اثر احتراق تولید می شوند. (مانند دود)

ه) و کنش های فتوشیمیایی بین اکسیدهای ازن و هیدرو کربوره (باکنش مه دود) که تولید ذرات کوچکی با شعاع کمتر از ۰.۲ میکرون می نماید، مقدار این ذرات در سال ۱۰^{۱۰} تن تخمین زده می شود.

برخلاف CO₂، اثر خالص افزایش ذرات آتروسها، سرد شدن سطح زمین است. زیرا ۱۰٪ تشعشع خورشیدی را در جهت معکوس به بالای جو منعکس می کنند

۲- گرما

انرژی حاصل از فعالیت های صنعتی، هم به صورت تبخیر بخار آب در برج های خنک کننده، و هم به صورت گرم کردن مستقیم هوا آزاد می شود.

تولید انرژی به صورت مصنوعی در مناطق صنعتی به ۱۰۰۰ وات در متر مربع می رسد، در حالیکه جذب انرژی به وسیله جو ۲۵ وات در متر مربع است. هر گیلو زغال سنگ حدود ۲۸۶۰۰ بی تی یو، هر گیلو گاز طبیعی ۴۸۶۰۰ بی تی یو و هر گیلو نفت ۴۱۹۰۰ بی تی یو انرژی تولید می کنند. این وضعیت اثرات اجتناب نپذیری بر تخریب آب و هوا، اکوسیستم ها خواهد داشت.

۳- متواکسید کربن

وسایل نقلیه بنزین سوز، بزرگترین سهم را در تولید CO در ایران هستند. غلظت آن در حیابان‌های شهرهای بزرگ به $51-100$ ppm و حتی در ساعت شلوغ به بالاتر از آن نیز می‌رسد. میل ترکیبی CO با هموگلوبین خون انسان، تقریباً ۲۰۰ برابر بیشتر از اکسیژن است. بنابراین به آسانی اکسیژن را از مولکول‌های هموگلوبین جدا کرده و جنشین آنها می‌شود. در تماس ۸ ساعت با محیط آلوده در یک شهر بزرگ غلظت کربوکسی تا ۲.۵ درصد افزایش می‌یابد.

۴- دی اکسید گوگرد



معمولاً هر چه سوخت‌های فسیلی سنگین‌تر باشند، SO₂ بیشتری را احترق آنها تولید می‌شود. به عنوان مثال سوختن هر تن زغال سنگ با ۲ درصد گوگرد، ۳۸ کیلوگرم SO₂ تولید می‌کند. بزرگترین مشکل SO₂ ایجاد باران‌های سیدی و مسائل تنفسی می‌باشد.

۵- اکسیدهای ازت

دو منبع اولیه تولید اکسیدهای ازت (NO_x)، وسایل نقلیه و نیروگاه‌ها هستند. حتی گاز طبیعی با تولید مقدار کم CO₂، HC، SO₂ مقدار زیادی ترکیبات ازت تولید می‌کند.

۶- هیدروکربورها

وسایل نقلیه موتوری، مهم‌ترین منابع انتشار هیدروکربن‌ها محسوب می‌شوند. هیدروکربورها از جراثیم مهم و اصلی تشکیل‌دهنده سماگ فتوشیمیایی هستند. (مأخذ: رضا قاسم زاده، ۱۳۷۰)

۲-۲-۸- مزیت‌های استفاده از LNG بجای CNG به عنوان سوخت

استفاده از گاز فشرده طبیعی (CNG) در خودروهای سبک و نیمه‌سبک موضوعی است که هم‌گین در برنامه وزارت نفت قرار دارد. از صرفی تحقیقات جدید در دنیا به مزیت‌های استفاده از گاز طبیعی مایع (LNG) نیز اشارات قابل ملاحظه‌ای دارد. مطلبی که در ادامه مطالعه می‌کنید، تحقیقات انجام شده در مورد مزیت‌های استفاده از LNG به عنوان سوخت خودرو اشاره دارد که می‌تواند در برنامه تصمیم‌گیران و مدیران مورد توجه باشد.



گاز طبیعی مایع و با به‌طور اختصار LNG همان گاز طبیعی معمولی است که تا دمای تقریباً منفی ۲۶۰ درجه فارهایت سرد شده و سپس به مای تبدیل شده است. LNG عمدتاً از متان تشکیل شده است و در آن مقادیر کمی اتان، پروپان و سایر هیدروکربن‌های سنگین‌تر نیز وجود دارد. آب‌دی‌اکسید کربن، متروژن، اکسیژن و ترکیبات سولفور، از جمله اجزای تشکیل دهنده گاز طبیعی هستند. طی مرحله تبدیل گاز طبیعی به مایع، اکسیژن، دی‌اکسید کربن، آب و ترکیبات سولفور از آن جدا می‌شوند و مقدار متان موجود در LNG تقریباً به ۱۰۰ درصد می‌رسد.

LNG حدود یک ششم حجم گاز طبیعی فضا اشغال می‌کند. این سوخت غیر سمی، بی‌رنگ و بی‌بو است و فقط زمانی قابلیت انفجار پیدا می‌کند که با هو مخلوط و یا بخیر شده و غلظت آن در هوا به ۵ الی ۱۵ درصد برسد. LNG چه در حالت مایع و چه در زمانی که تبخیر شده، باشد قابلیت انفجار در فضاهای بزرگ ندارد. LNG در مقایسه با گاز طبیعی فشرده شده (CNG) دارای مزیت‌هایی است. عندا اکتان بالاتر، یکنوختی، ثبات، کیفیت و سرعت سوختگیری بالاتر (حدود ۱۰ الی ۴۰ ثان در هر دقیقه) مزیت‌های آن به حساب می‌آید.

LNG از لحاظ چگالی حجمی انرژی و سایر خصوصیات، مشابه گازوییل است و در خودروهای سنگین می‌توان از آن عیناً سوخت استفاده نمود. این نوع خودروها برعکس خودروهای سوری با محدودیت فضا جهت ذخیره‌سازی LNG مواجه نیستند از سویی دیگر به سبب تقف‌های طولانی در خودوهای سوری، سوخت LNG مناسب این نوع خودروها نیست زیرا به مرور زمان تبخیر می‌شود.

البته باید توجه داشت که هم سرعت تبخیر و هم میزان تبخیر، بستگی مستقیم به مقدار و سرعت نشستی LNG دارد. ابتدا و نوع محیطی که در آن LNG تبخیر می‌شود و نیز شرایط جوی و میزان فشار LNG بر سرعت و میزان تبخیر تا حدی تاثیرگذار است. مقادیر کم LNG که از خوردگی ناشی می‌گردد، به محض تماس با سطح زمین بخار می‌شود.

در دمای منفی ۱۶۰ درجه فارنهایت، بخار LNG در هوا شناور می‌شود و به سرعت در فضای محیط، منتشر می‌شود هرگونه نشستی عمده که باعث ایجاد بخار متراکمی از LNG شود، بر اثر حرارت زمین به سرعت در فضا منتشر می‌شود که در این بین باد نیز در انتشار بخار حاصل از تبخیر LNG مؤثر است.

برای خودروهایی که عمر مفید آنها حدود ۳ سال است و یا مصرف سالیانه سوخت آنها تقریباً ۱۲۰۰ گالن می‌باشد (خودروهای سوری و سبک)، سوخت CNG مناسب‌تر است. البته باید توجه داشت که این امر باعث نمی‌شود تا از اهمیت LNG کاسته شود. بدین ترتیب که CNG مورد نیاز را می‌توان از تبخیر LNG و با هزینه‌ای بسیار پایین به دست آورد. بنابراین خودروهایی با سوخت LNG و همچنین خودروهایی که سوخت CNG مصرف می‌کنند، می‌توانند از یک جایگاه توزیع سوخت برای سوخت‌گیری استفاده کنند.



ویژگی‌های LNG

- ۱- چگالی بالا: از آنجایی که LNG بصورت مایع می‌باشد، می‌توان مقدار زیادی از این سوخت را در فضای کوچکی ذخیره نمود. در خودروها عواملی چون حداقل وزن سوخت و بیشترین مسافت پیموده شده در هر گالن از مزیت‌های یک سوخت به حساب می‌آیند و در انتخاب نوع سوخت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند.
- ۲- سرعت سوخت‌گیری: زمان سوخت‌گیری کامیون‌های بزرگ با سوخت LNG حدود ۴ الی ۶ دقیقه است. اخیراً میزان خلوص متان در LNG تولید شده، بیش از ۹۹ درصد رسیده است. این خلوص بالا در سوخت LNG، باعث عملکرد منظم و صحیح سیستم سوخت‌رسانی و موتور خودروها می‌شود، در نتیجه میزان مصرف و نیز آلاینده‌های خودروها به نحو چشمگیر کاهش می‌یابد.

۳- قبل حمل بودن و دسترسی آسان: سوخت LNG را می‌توان در مخازنی به ظرفیت پانزده هزار و پانصد گالن، روی تریلرها، واگن‌های قطار و یا روی کامیون‌های کوچکتر و نیز در مخازن ۳۰میلیون گالنی در کشتی‌های مخصوص حمل LNG از جایی به جای دیگر منتقل نمود. برای انتقال LNG به جایگاه‌های توزیع سوخت بیشتر از تریلرهای مخصوص این کار استفاده می‌شود.

۴- تاسیسات توزیع سوخت کم هزینه‌تر: برای بدست آمدن LNG، غالباً گاز طبیعی را به صورت مایع در آورده سپس بوسیله کامیون آنرا حمل می‌کنند. بدین ترتیب با کمترین هزینه از تاسیسات موجود نظیر خطوط لوله انتقال گاز طبیعی و منابع تامین گاز ارزان قیمت، می‌توان حداکثر استفاده را نمود



۵- مخازن ذخیره‌سازی سبک‌تر

۶- عدم کاهش کارایی موتورها با سوخت LNG

۷- شباهت به سوخت‌های فعلی: جدای از مسائل اقتصادی، انگیزه و مشوق اصلی صاحبان و مدیران ناوگان حمل و نقل جاده‌ای برای تبدیل سوخت خودروهای خود به LNG، شباهت LNG به سوخت‌های متعارف فعلی و شفافیت عملکرد خودروها با این نوع سوخت است. لذا دیگر نیازی به بازسازی و تجهیز جایگاه‌های سوخت‌رسانی نیست و لازم نیست در مسیر رفت و آمد خودروها تغییرات اساسی صورت گیرد. در ضمن نیروی انسانی نیز با

گذراندن دوره‌های کوتاه مدت، آمادگی و مهارت لازم جهت کار کردن با جایگاه‌های سوخت‌رسانی LNG را به دست می‌آورند.

عوامل عدم پذیرش LNG به عنوان سوخت خودروها

- ۱- دمای بسیار پایین: یکی از عواملی که باعث شده است تا LNG کمتر از سوخت‌های گازی مورد استقبال قرار گیرد، دمای بسیار پایین آن است. از آنجایی که هنوز مردم کار کردن با چنین سوخت‌هایی که دارای دمای بسیار پایین هستند را فراموش کرده‌اند آموزش زیادی لازم است تا آنها بتوانند به راحتی از این نوع سوخت استفاده کنند.
- ۲- سوختگیری: رانندگان و صاحبان شرکتهای حمل و نقل خواهان سوختی هستند که مراحل سوختگیری آن طولانی‌تر و پیچیده‌تر از گازپیل و خزین نباشد. حال آنکه به دلیل رعیت نکات ایمنی در ارتباط با LNG که



تحت دمای بسیار پایین نگهداری می‌شود، حمل و نقل این سوخت از محلی به محل دیگر با مشکلاتی روبه‌رو است. بعنوان مثال، در اکثر مواقع لوله‌ها، شیرها، تجهیزات ندرزگیری و شلنگ‌های سوختگیری که مخزن ذخیره‌سازی LNG را به خودرو متصل می‌کنند قبل از شروع عملیات سوخت‌گیری باید خنک شوند، این عمل باعث تبخیر بخشی از سوخت می‌شود. استفاده از سایر روش‌ها با استفاده از پمپ، یا فشار باعث به حداقل رسیدن میزان تبخیر LNG می‌شود.

۳- حداکثر میزان سوختگیری: یک مخزن ذخیره‌سازی سوخت که تحت دمای بسیار پایین است را نمی‌توان کاملاً پر نمود، باید فضایی را برای گازهای تبخیر شده خالی نگاه داشت. هرگز نباید مخزن ذخیره‌سازی LNG را پر نمود، زیرا این امر باعث افزایش بیش از حد فشار داخل مخزن می‌شود. امروزه، سیستم‌های سوخت‌گیری LNG طوری طراحی شده‌اند که هنگام پر شدن حجم معینی از مخزن بطور خودکار، عمل سوخت‌گیری را متوقف می‌کنند.

۴- ذخیره‌سازی سوخت در خودرو: اگرچه LNG بصورت مایع در خودرو ذخیره می‌شود اما قبل از ورود به موتور باید مجدداً به گاز تبدیل شود. در حالت مطلوب، عمل تبخیر LNG می‌بایست در پایین‌ترین درجه ممکن صورت گیرد. این امر سبب خواهد شد تا چگالی با سوخت وارد شده به موتور و در نتیجه شدت موتور افزایش یابد.

جمع‌بندی

در مجموع می‌توان گفت که LNG می‌تواند جایگزین خوبی برای سوخت‌های متعارف و متداول امروزی باشد. قیمت LNG در کشورهای مختلف جهان از قیمت بنزین و گازوییل پایین‌تر است. هزینه‌های تعمیر و نگهداری خودروهای با سوخت LNG نیز به دلیل مرغوبیت این سوخت کمتر از سایر خودروهاست. احتراق عاری از دود و آلاینده‌های LNG، باعث افزایش طول عمر شمع‌ها، کاهش تعداد دفعات تعویض روغن و میزان فرسودگی قطعات موتور می‌شود. با در نظر گرفتن این عوامل، هزینه‌های مربوط به خودروهای با سوخت LNG بسیار پایین‌تر از خودروهای بنزینی و گازوییلی خواهد شد.

۲-۳- انرژی‌های تجدیدپذیر

مهمترین نکته در مورد انرژی‌های جایگزین (نوین) مساله همیشگی بودن و تجدیدپذیر بودن انرژی و کاهش میزان آلودگی مربوط می‌شود. مهمترین مانع در راه کارگیری انرژی‌های نو صرف هزینه بالا و در نتیجه قیمت بالای آنها مهم‌ترین مانع محسوب می‌شود. در واقع استفاده از این نوع انرژی‌ها مستلزم هزینه‌های اولیه گزاف و زمان بزرگست سرمایه طولانی است.

بررسی مزایا و معایب انواع انرژی‌های نو

برخی از ویژگی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (نوین):

- این انرژی‌ها بطور وسیع توزیع شده و نسبتاً پرکنده هستند.
- از نظر تجاری هنوز بطور جزئی توسعه یافته‌اند. مصرف کنندگان چنین انرژی‌هایی با شرایط متفاوتی روبرو هستند.
- این منابع اساساً نامحدود هستند لکن با درک موجود گران و غیر قابل اعتماد تلفی می‌شوند.
- اغلب آنها از نظر زیست محیطی بی‌خطر بوده یا می‌توانند بی‌خطر باشند.

۲-۳-۱- انرژی خورشیدی

مزایا

- همیشگی بودن
- عدم وجود آلودگی

معایب

- بازده بسیار کم (۵ تا ۱۵٪)
- هزینه اولیه فوق‌العاده بالا
- کمبود مواد ذخیره‌کننده (باتری)
- هزینه زیاد بر دوش مصرف‌کننده

۲-۳-۲- انرژی باد

مزایا

- عده نیاز به مقیاس های خیلی بالا
- فراهم آوردن باد در مناطق بادخیز

معایب

- منابع بسیار دستخوش تغییر هستند
- بزرگه نه چندان بالا (۲۰٪) نیروی زیادی در مقایسه با وقتی که باد می وزد لازم است
- نیاز به منابعی برای ذخیره وجود دارد.

۲-۳-۲- انرژی زمین گرمایی

مزایا

- بزرگه خیلی بالا
- هزینه اولیه کم به شرط وجود بخار

معایب

- غیر قابل تجدید (بیشتر گرفته می شود تا به صیغعت نده شود)
- نیاز به منابع محلی زیادی می باشد.

۲-۳-۲- انرژی بیوماس

مزایا

- زائدات Biomass (محصولات چوبی، خاک اره، کاغذ و غیره) محصولات جانبی و طبیعی است
- استفاده مجدد از این مواد بعنوان منابع انرژی ایده ی بسیار خوب است
- مکان تولید همزمان
- برای نیروگاههای محلی گزینه مناسبی است.

معایب

- ایجاد و کودگی در اثر سبخت این مواد
- مشکل حمل و نقل به علت وجود رطوبت
- عده کافی بودن انرژی تولید شده به این روش
- نیاز به تجهیزات و تسهیلات زیاد

۲-۳-۵- انرژی حاصل از هیدروژن

مزایا

- مزیت اصلی استانه، از هیدروژن به عنوان سوخت آن است که پس از احتراق به هوا محصول تولید شده به حل آب و کسید نیترژن است که این دومی را می‌توان به وسیله شرایط احتراق کنترل نمود دیگر مزایای آن عبارتند از:
- میزان حرارت تولید شده در اثر احتراق در واحد وزن بیشتر از هر سوخت مورد استفاده دیگر می‌باشد
- می‌توان به راحتی آن را بوسیله خط لوله نقل داد و جابجا کرد.
- یک سوخت عمومی به شمار می‌رود زیرا میزان اختلاط آن با هوا را برای محترق شدن در یک باند وسیع می‌توان تغییر داد.
- بقیمانده آن در یک محیط بسته را می‌توان با سرعت به وسیله جریان هوا خارج کرد و کمتر از سایر سوخت‌ها سمی است.

معایب

- از طرف دیگر سوخت هیدروژن دارای معایبی نیز می‌باشد که عبارتند از:
- در دمی محیط به سرعت از حالت مایع به حالت گاز درمی‌آید.
- برای ذخیره آن در یک اجزا احتیاج به فشار زیاد در حالت مایع دارد
- برای مایع کردن باید دمای آن را تا ۲۷۳- درجه سانتی‌گراد پایین آورد و در این حالت داسینه آن بسیار پایین می‌باشد
- نفوذپذیری زیاد هیدروژن در تجهیزات و دستگاه‌های مکانیکی که در تماس با آن هستند
- قابلیت ترکیب شدن سریع با اکسیژن.
- انرژی حرارتی هیدروژن ۲۴ درصد رزش حرارتی گاز متان یا حدود ۲۰۲۰ کیلو کالری در هر مترمکعب است.

۲-۴- تعاریف اولیه خواص سوخت‌های مورد استفاده در وسایل نقلیه

- Autoignition Temperature: (دمای خود اشنعلی): کمترین دمای که یک ماده در آن دما احتراق خودبخودی را شروع می‌کند بدون استفاده از هر منبع آتش زننده.
- Boiling Temperature: (دمای جوش) دمی که انتقال از فاز مایع به فاز بخار در فشار ۱۴.۷ psi (فشار اتمسفر در سطح دریا) اتفاق می‌افتد
- سوخت‌هایی که دارای یک جزء خاص هستند مانند متانول دارای یک نقطه جوش می‌باشند و سوخت‌هایی که از چندین جزء ساخته شده‌اند دارای چندین نقطه جوش می‌باشند.

Cetan Number کیفیت سوختن یک سوخت دیزلی که با استفاده از آزمایش شماره - ASTM

D۶۱۳ اندازه گیری می‌شود

Density (چگالی): جزء بر واحد حجم را بیان می‌کند بر حسب $\frac{kg}{L}$ یا $\frac{lb}{gal}$.

جدول ۲-۱. مقایسه خواص سوخت‌های مورد استفاده در وسایط نقلیه

عدد سوخت	نوع سوخت	CH	M/BTE	لتر/لی	کالری	کالری	کالری	کالری	کالری
H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	(CH ₃) ₂ CO	CH ₃ OH	CH ₃ OH	C ₁₂ H ₂₂	C ₁₂ H ₂₂		فرمول شیمیایی
۷۰-۲	۸۷-۲	۱۱۸	۸۸۷۵	۱۶۰۷	۱۲۱۲	-۲۰۰	۷۰-۷۰.۵		وزن مولکولی
-	۷۵	۸۲	۶۶۸	۵۲۲	۲۷۵	۸۲-۸۷	۸۵-۸۸		درصد وزنی کربن
۲۰	۱۵	۸	۷۷۷	۷۲۸	۱۶۶	۷۸-۸۳	۷۲-۷۵		درصد وزنی هیدروژن
-	-	-	۸۰۲	۲۴۷	۲۶۸	-	-		درصد وزنی اکسیژن
۴-۷	-۲۴۴	-۱۵۸	-۷۴۴	۲۷۱۶	-۷۱۶	۴۸۱-۴۸۱	-۴۷۸		وزن مخصوص ۲۰-۲۷ ۲۰-۲۷
-	۷۸	۲۴۲	۶۱۸	۶۶۸	۶۱۲	۶۶۸-۷۱۲	۶-۶۱۵		چگالی (Lb/gal) ۲۰-۲۷
-۲۴۲	-۲۵۱	-۲۲	۷۲	۸۲	۷۲	۲۷-۶۵۰	۸-۲۲۷		دمای جوش (F)
-	۲۴۰	۲-۸	۷۸	۲۲	۲۶	-۲	۸-۱۵		ضخامت بخار (Btu d) psi
									سدانگن
۷۰	-	۷۲	۷۶	۶۸	۷۷	-	۶۰-۶۰		عدد اکتان نظری (R)
	-	۲۷	۶۱	۹۲	۹۲	-	۸۱-۶۰		عدد اکتان موتور (M)
-	۷۲	۶۲	۶۸	۱۰۰	۱۰۰	NA	۸۶-۲۲		(R+M)/۲
-	-	-	-	-	-	۲-۵۵	۵-۲۰		عدد اکتان
									حلالیت در آب در ۲۰-۲۷
-	-	-	۲۲	۱۰۰	۱۰۰	قابل صرفه نظر	قابل صرفه نظر		درصد جرمی سوخت در آب
-	-	-	۷۲	۱۰۰	۱۰۰	قابل صرفه نظر	قابل صرفه نظر		درصد جرمی آب در سوخت
-۲۲۵	-۲۱۶	-۲-۵۸	-۷۲	-۷۲/۲	-۷۲/۵	-۲۰-۲۰	-۲۰		نقطه منجمد شدن
-	-	-	-۲۵	۷۱۸	۴۶۱	۲۶۶-۲۸۱	-۲۲۲		درصد کوزینه استاتیوی پران در ۲۰-۲۷
-	-۲۰۰	-۶۰-۱۵	-۷۲	۵۵	۵۲	۷۵	-۲۵		نقطه اشتعال ۲۰-۲۷
-۱-۸-۱۵	۶-۲	۸۵-۱۵	۸۱۵	۷۱۲	۸۵۷	۶۰۰	۲۱۵		دمای اشتعال ۲۰-۲۷
									محدوده اشتعال نظری (درصد جرمی)
۲/۱	۵/۲	۲/۲	۷۶	۲/۲	۷۲	۱	۷۲		پایین‌تر
۷۲	۱۵	۶/۵	۸/۲	۱۱	۶۶	۴	۷۶		بالا‌تر
-	-	-	-	-	-	-	-		گرمای نهان بخار
-	-	۷۷۵	۸۶۲	۲۲۷۸	۲۲۲۰	۷۰۰	۶۰۰		۲۰-۲۷ در ۱۰۰۰ Btu/l
۸۲-۱	۱۶۱	۸۲/۱	۷۸	۲۱۶	۵۰۶	۶۰	۱۵۰		۲۰-۲۷ در ۱۰۰۰ Btu/l
-	-	-	۸۸	۲۲	۷۸/۲	۸	۶		عدد سوخت
									در مخلوط استوکیومتری در ۲۰-۲۷ Btu/l
									آرزوی حرارتی

احتراق

➤ احتراق :

یکی از شناخته شده ترین واکنشهای شیمیایی، احتراق سوختهای هیدرو کربنی است. فرمول عمومی سوختهای هیدرو کربنی به شکل $C_nH_mO_x$ می باشد. فرآیند احتراق دربرگیرنده اکسیدشدن اجزایی از سوخت است که توسط معادله زیر بیان میشود:



همان طور که مشخص است در فرآیند احتراق سه عامل حیاتی دارد: سوخت، گرما، اکسیژن



عوامل دیگر زمان، دما و تلاطم نقش مهمی در تشکیل يك احتراق مناسب دارد.

➤ شرایط احتراق مطلوب سوختهای مختلف :

- ✓ مخلوط سوخت و هوا باید سریعاً قابل اشتعال باشند.
 - ✓ شعله حاصله باید تحت تمامی شرایط دیگ پایدار باشد.
 - ✓ شعله باید کاملاً در محدوده داخلی کوره باشد.
 - ✓ احتراق کامل با حداقل هوای اضافی صورت گیرد.
 - ✓ محدوده مشخصی جهت انتشار گازها و ذرات سوخته مشخص گردد.
- سوخت : هر ماده ای که در ترکیب با اکسیژن و گرما ایجاد نور و حرارت کند، سوخت نامیده می شود.

سوخت ها ترکیباتی از هیدروژن (H)، کربن (C) و مقدار کمی گوگرد (S) می باشند که وقتی محترق می شوند هیدروژن سریعتر و با دمای کمتری از کربن می سوزد. هیدروژن با رنگ آبی می سوزد و رنگ زرد شعله مربوط به سوختن کربن می باشد. علت سوختن سریع هیدروژن نسبت به کربن ترکیب سریع آن با اکسیژن هواست. ذرات نیمه جامد کربن در حالی کامل می سوزند که مقدار اکسیژن لازم را از محیط اطراف جذب نمایند. چنانچه سوخت کامل بسوزد مواد حاصله از احتراق نسبتاً بی زیان بوده و عبارتست از دی اکسید کربن و بخار آب.

➤ گرما: برای اینکه سوختن انجام پذیرد باید ماده سوختنی به دمای اشتعال خود رسیده باشد. گرما باید دمای سوخت را به بالاتر از نقطه اشتعال برساند.

- ✓ دمای اشتعال (سانتیگراد)
- ✓ ماده سوختنی
- ✓ دمای اشتعال (سانتیگراد)
- ✓ ماده سوختنی

دمای احتراق:

ماده سوختنی	دمای اشتعال (سانتیگراد)	ماده سوختنی	دمای اشتعال (سانتیگراد)
چوب	۳۰۰	گازکک و شهری	۵۰۰
کک	۶۰۰	گاز طبیعی	۶۵۰
نفت سیاه	۳۷۰	گازمایع	۵۰۰

➤ اکسیژن :

عمل احتراق به اکسیژن نیاز دارد که این اکسیژن را می توان از هوای اطراف به صورت طبیعی یا بصورت مصنوعی فراهم نمود. هر ماده سوختنی برای سوختن به مقدار معینی هوانیاز دارد که این مقدار را هوای مورد نیاز می گویند.

تعیین هوای احتراق نیاز تنوری برای انواع سوخت ها:

ماده سوختنی	هوای مورد نیاز تنوری m ³ /kg	ماده سوختنی	هوای مورد نیاز تنوری m ³ /kg
چوب	۴/۲	گاز شهری وکک	۳/۷
کک	۷/۵	گاز طبیعی low	۸/۸
گاز وییل	۱۰/۸	گاز طبیعی high	۱۰/۶
نفت سیاه	۱۰/۴	بوتان	۳۱
مازوت	۱۰/۲	پروپان	۲۳/۸

برای اینکه عمل سوختن در هر حال کامل انجام شود باید هوای بیشتری به آن داده شود این مقدار در احتراق ۱۰ تا ۴۰ درصد می باشد. این هوای اضافه که با n نمایش داده می شود.

$$\text{هوای اضافی} = \text{هوای مورد نیاز تنوری} / \text{هوای مورد نیاز واقعی}$$

به طور مثال در صورتیکه برای سوختن گاز وییل به طور واقعی ۱۳/۵ مترمکعب هوا به هر کیلو گرم ماده سوختنی داده شود ، با استفاده از جدول بالا مقدار n برابر است با ۱.۲۵ . یعنی ۲۵در صد هوای اضافی علاوه بر هوای مورد نیاز تنوری برای سوختن گاز وییل مورد نیاز است.

روابط:

✓ تعیین هوای احتراق برای سیستم گازسوز:

$$\text{CFM} = 0.265 \times \text{FT}^3 / \text{H} \quad (\text{این رابطه برای } 30\% \text{ هوای اضافی در دمای } 70 \text{ درجه فارنهایت صادق است}) \quad (\text{مصرف گاز})$$

تعیین هوای احتراق دیگ گازسوز بر حسب توان دیگ:

8CFM به ازای از اسب توان دیگ	هوای احتراق برای دیگ گاز سوز
2CFM به ازای از اسب توان دیگ	هوای تهویه برای دیگ گاز سوز
10CFM به ازای از اسب توان دیگ	کل هوای تهویه و احتراق

✓ تعیین هوای احتراق برای سیستم با سوخت نفتی:

$$\text{CFM} = 35 \times \text{GPH} \quad (\text{این رابطه برای } 30\% \text{ هوای اضافی در دمای } 70 \text{ درجه فارنهایت صادق است}) \quad (\text{مصرف سوخت نفتی})$$

➤ احتراق کامل و ناقص :

سوختها عمدتاً از هیدروکربنها تشکیل شده اند که شامل دو عنصر هیدروژن و کربن می باشد. هنگام سوختن هیدروژن با اکسیژن هوا تولید آب کرده و کربن با اکسیژن در احتراق کامل تولید دی اکسید کربن می نماید. وقتی که اکسیژن به مقدار کافی برای احتراق فراهم نگردد احتراق ناقص صورت می گیرد. که موارد حاصل از این نوع احتراق دی اکسید کربن ، بخار آب و مونوکسید کربن و پاره ای مواد سمی و بدبو خواهد بود. بنابراین احتراق ناقص از دو جهت زیان آور خواهد بود . یکی عدم استفاده کامل از انرژی سوخت و دیگری تولید گازهای خطرناک که تنفس آنها زیان آور است. با تغییر میزان هوای ورودی به مشعل میزان مونوکسید کربن و دی اکسید کربن موجود در دود خروجی تغییر می کند . اگر مقدار هوا کمتر از حد لازم باشد مونوکسید کربن زیاد شده و دود تا حد زیادی تیره به نظر می رسد. اگر مقدار هوا زیاد باشد مونوکسید کربن کم شده و دی اکسید کربن بالا رفته و از حد

مجاز ۱۱ تا ۱۲ در صد بیشتر می شود. بنابراین با تنظیم هوای ورودی به مشعل باید به حد مطلوب دی اکسید و مونوکسید کربن دست یافت تا احتراق از آلودگی کمتر و راندمان بهتری برخوردار شود. میزان خروجیهای حاصل از هر احتراق توسط دستگاههای آنالیز گازهای حاصل از احتراق مشخص می گردد.

➤ افزایش راندمان احتراق بویلر

برای اینکه راندمان یک بویلر حداکثر گردد، دو عامل از اهمیت خاصی برخوردار خواهند بود. یکی نسبت سوخت به هوا و دیگری دما و فشار بویلر است. در واقع باید بادر نظر گرفتن محدودیتهای طراحی و نیازهای حرارتی، نسبت سوخت به هوا در یک مقدار مینیمم نگاه داشته شود تا از سوختن کامل سوخت در یک راندمان مناسب اطمینان حاصل شود. از طرف دیگر باید فشار و دمای بویلر در هر لحظه توسط سیستم کنترل سوخت مانیتور شود تا با تنظیم نسبت سوخت به هوای مناسب، فشار و دما در مقدار مورد نظر ثابت نگه داشته

بازده احتراق در برخی تجهیزات:

شومینه	10 - 40 %
بخاری	50 - 80 %
دیگ گاز سوز	70 - 80 %
کوره هوای گرم با مشعل اتمسفریک	70 - 80 %
مشعل گازوئیل سوز	70 - 85 %
کوره گازسوز یا گازوئیل سوز با بازده بالا	85 - 95 %

مقدار ترکیب هوا با سوخت:

حجم گاز محصول احتراق در شرایط متعارفی		حجم هوا برای احتراق در شرایط متعارفی		سوخت
FT ³ /LB	M ³ /KG	FT ³ /LB	M ³ /KG	
135	8.4	134	8.4	کک
M ³ GAS	M ³ GAS	M ³ AIR	M ³ AIR	گاز شهری
FT ³ FUFE	M ³ FUFE	FT ³ FUFE	M ³ FUFE	
3.8	3.8	4	4	
8.5	8.5	935	9.5	گاز طبیعی
27	27	31	31	بوتان
M ³ GAS	M ³ GAS	M ³ AIR	M ³ AIR	نفت سفید
GAL FUFE	LITRE FUFE	GAL FUFE	LITRE FUFE	
1670	10.4	1570	9.8	
1860	11.6	1730	10.8	گازوئیل

SOURCE: HVAC ENGINEER, HANDBOOK (ELEVENTH) -F.PORGES

فصل چهارم:

انواع لوله ها

الف: انواع لوله فلزی

مقدمه:- انواع لوله فولادها

- **کربن استیل:** فولادی که عناصر آلیاژی آن کمتر از ۱٪ و ماکزیم مقدار کربن آن ۰.۲۵٪ باشد را فولاد کربن استیل می نامند. در این میان نیز عددی بنام «کربن معادل» تعریف می شود که روشی جهت تمییز فولادهاست و به صورت زیر تعریف می شود:

$$CE = \%C + \%Mn/6 + (\%Ni + \%Cu)/15 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5$$

و بر طبق این مشخصه، کربن معادل فولاد کربن استیل نباید بیشتر از ۰.۴۳ باشد. فولاد کربن استیل بر اساس عملیات حرارتی که روی آن انجام می گیرد (ریخته گری، شکل دهی و...) به انواع مختلف تقسیم می گردد. این جنس لوله بطور متداول مورد استفاده قرار می گیرد و بر طبق استاندارد ASTM با دو کد A53, A106 مشخص می شود. ترکیب شیمیایی این دو، همسان بوده ولی نوع عملیات حرارتی که روی آن انجام می گیرد متفاوت است و هر یک، در دو گرید A, B تولید می شوند که نوع B دارای استحکام بیشتری است، ولی نرمی آن کمتر است. به همین دلیل گرید A برای خمش سرد و کویل‌های بسته توصیه می شود. ترکیب شیمیایی کربن استیل بر اساس کد آن در استاندارد ASTM و جداول مربوطه مشخص می شود. بطور مثال:

A106 Gr.B SMLS

حرف A نمایانگر فولاد است، عدد ۱۰۶ نوع آن را نمایش می دهد که مقدار عناصر آلیاژی در جدولی توسط ASTM تهیه شده است. گرید B نیز همانطور که توضیح داده شد نوع عملیات حرارتی انجام یافته روی آن است. در جدول استاندارد می توان برای این فولاد مشخصات زیر را پیدا نمود:

Property	psi	MPa
Min. Tensile Strength	60,000	415
Min. Yield Strength	35,000	240

فولاد Killed Carbon: نوعی کربن استیل است که روی آن عملیات اکسیژن زدائی صورت گرفته و اصطلاحاً آرام شده است. این عمل باعث افزایش مقاومت در دماهای پایین می شود.

- **فولاد Low Alloy:** نوعی فولاد آلیاژی است که درصد عناصر آلیاژی آن پائین است. اصولاً این عناصر باعث تقویت خواص فولاد، از قبیل: کاهش ضریب انبساط، مقاومت در فشارهای بالا، افزایش مقاومت در برابر خوردگی و... می گردند. دو نمونه از این نوع فولادها در زیر آمده است:

A335 Gr. P11 : %1.25 Cr & %0.5 Mo

A335 Gr. P22 : %2.25 Cr & %1 Mo

برای دو گرید فوق، مقادیر مقاومت تنش به صورت زیر معین شده است:

TENSILE REQUIREMENTS			
Minimum tensile strength		Minimum yield strength	
ksi	MPa	ksi	MPa
60.0	415	30.0	205

- **فولاد آلیاژی :** اگر درصد عناصر آلیاژی در فولاد از یک حد خاصی بالا باشد، آنرا فولاد آلیاژی می نامند. افزودن نیکل باعث تغییر ساختمان کریستالی شده و شکل پذیری، چقرمگی و قابلیت جوشکاری فولاد را افزایش می دهد. همچنین باعث افزایش مقاومت در برابر خوردگی محیطی می گردد. مولیبدن (Mo) باعث افزایش مقاومت در برابر خوردگی های حفره ای و شکافی (Crevice & Pitting) می شود. کربن و نیتروژن نیز مقاومت فولاد را افزایش می دهند.

نمونه ای از این فولاد در زیر آمده است :

A312 Gr. TP304

- **استنلس استیل Stainless Steel :** نوعی فولاد آلیاژی است که درصد عناصر نیکل و کروم آن نسبت به بقیه عناصر آلیاژی بالاست. بطور کلی اگر میزان کروم فولاد از ۱۱ درصد بیشتر باشد، آنرا Stainless Steel می نامند. این مقدار کروم باعث می شود که هنگام خوردگی، لایه نازکی روی فولاد تشکیل شود و همین لایه باعث جلوگیری از خوردگی های بعدی می شود و عملاً باعث ترمیم خوردگی می شود. همچنین S.S در برابر حرارت نیز مقاومتر است.

بیش از ۲۰۰ گرید مختلف برای استنلس تعریف شده است که مقاومت در برابر حرارت و خوردگی و مشخصات مکانیکی متفاوتی دارند و در ۵ دسته طبقه بندی شده اند که از شرح آنها صرف نظر می کنیم

- **فولاد گالوانیزه :** فولادی است که روی آن را با روکشی از «روی» پوشش می دهند که آنرا در برابر عوامل محیطی همچون زنگ زدگی محافظت می کند. در سایت اوره و آمونیاک، اکثر ساپورت ها روکش گالوانیزه دارند. همچنین جهت انتقال آب آشامیدنی، هوای ابزار دقیق از لوله های گالوانیزه استفاده می شود.

A53 GR.B / GALV - این نوع لوله برای فشارهای پائین و دماهای نسبتاً پائین مناسب است. در مورد نام گذاری نیز، فلز پایه کربن استیل A53 گرید B است و GALV هم نمایانگر روکش گالوانیزه آن.

بطور کلی از مواد مختلفی بعنوان روکش برای لوله ها استفاده می شود. این روکش ها به دو قسمت عمده تقسیم می شوند: یکی روکش هایی هستند که سطح لوله را بصورت شیمیایی تغییر نمی دهند و دیگری روکش هایی که تاثیر شیمیایی روی لوله دارند. روکش های نوع اول خود به چند دسته مختلف تقسیم می شوند که از آن جمله می توان به روکش های فلزی و غیر فلزی اشاره نمود. روکش های نوع دوم نیز به دو دسته تقسیم می شوند: روکش های با تغییر شیمیایی و روکش های با تغییر فیزیو-شیمیایی. در زیر چند نمونه از روکش ها آمده است :

رنگ کاری ، قـیرانود کردن ، رنگ زدن با اسـپری های تقویت شده با فلزهای گوناگون ، روکش اتیل سیلیکات ،
Phosphating ، Chromizing ، Sherardizing

لوله های فلزی ای که در سیستم تاسیسات مورد استفاده قرار می گیرند به شرح ذیل می باشد .

- ✓ الف :لوله های فولادی گالوانیزه
- ✓ ب :لوله های آهنی گالوانیزه
- ✓ ج:لوله های فولادی سیاه
- ✓ د: لوله های چدنی
- ✓ ذ:لوله های مسی



لوله های گالوانیزه خود به دو دسته تقسیم می شوند : لوله های فولادی گالوانیزه و لوله های آهنی گالوانیزه این دو نوع در بازار به لوله های آهنی سفید معروفند و عموماً بین این دو فرقی گذاشته نمی شود ، در صورتیکه لوله های فولادی گالوانیزه در مقایسه با نوع آهنی آن سبک تر و براق تر هستند .

۱- لوله های فولادی گالوانیزه :

این نوع لوله ها گاهی برای تخلیه فاضلاب لوازم بهداشتی کوچک به کار برده می شود ولی مورد استفاده اصلی آنها برای تهویه است . جنس این لوله ها از فولاد نرمی است که در ساختن آن ورقه فولاد را با فشار داخل قالب عبور داده درز آن را جوش می دهند و سپس آنها را جهت افزایش مقاومت در برابر اسیدها و زنگ زدگیها در بک وان آبکاری روی اندود (گالوانیزه) می کنند . این نوع لوله ها نسبت به نوع آهنی در برابر اسیدها مقاومت کمتری دارند و کلیه اسیدهایی که برای چدن مضر می باشند فولاد گالوانیزه را هم خراب می کنند .

۲- لوله های آهنی گالوانیزه :

- جنس این لوله ها از آهن سفید نورد شده است که درز آن توسط دستگاه های درز جوش بهم جوش داده می شود و سپس لوله را در فلز روی مذاب فرو می برند . به همین علت آنها را لوله های با درز نیز می گویند . این نوع لوله ها از رنگ تیره و خاکستریشان شناخته می شوند . و عموماً به دو صورت سبک و متوسط تولید می شوند .
- کلیه لوله های فولادی و آهنی گالوانیزه در شاخه های ۶ متری و دو سر دنده با قطر $\frac{1}{4}$ اینچ تا ۸ اینچ تولید می گردند . قر این لوله ها معمولاً قطر اسمی است که بزرگتر از قطر داخلی و کوچکتر از قطر خارجی است .
- همچنین در بازار این لوله ها را بر اساس نمره می شناسند . لوله های گالوانیزه نیز به وسیله دنده پیچی به یکدیگر وصل و توسط مواد مناسب آب بندی می شوند .

نکته : از اتصال این لوله ها به روش جوشکاری باید پرهیز نمود زیرا بر اثر حرارت ناشی از جوشکاری و سوختن روکش گالوانیزه (آلیاژ روی) دود غلیظ و سفیدی تولید می شود که محیط کار را آلوده می نماید و تنفس آن ایجاد مسمومیت کرده و موجب آسیب دیدن دستگاه تنفسی می شود .

مشخصات لوله های گالوانیزه

نمره لوله	قطر اسمی (in)	قطر خارجی برحسب میلیمتر		ضخامت برحسب میلی متر	وزن لوله ۶ متری بر حسب کیلوگرم
		حداقل	حداکثر		
۲	$\frac{1}{2}$	۲۱/۴	۲۱/۰۰	۲/۰۰	۶/۵۱۰
۲/۵	$\frac{3}{4}$	۲۶/۹	۲۶/۴	۲/۳۵	۹/۲۱۰
۳	۱	۳۳/۸	۳۳/۲	۲/۶۵	۱۳/۰۲۰
۴	$1\frac{1}{4}$	۴۲/۵	۴۱/۹	۲/۶۵	۱۶/۵۰۰
۵	$1\frac{1}{2}$	۴۸/۴	۴۷/۸	۲/۹۰	۲۰/۷۰۰
۶	۲	۶۰/۲	۵۹/۶	۲/۹۰	۲۷/۰۰۰
۷	$2\frac{1}{2}$	۷۶	۷۵/۲	۲/۹۰	۳۳/۹۰۰
۸	۳	۸۸/۷	۸۷/۹	۳/۲۵	۴۴/۷۰۰
۹	$3\frac{1}{2}$	۱۰۱/۲	۱۰۰/۳	۳/۶۵	-
۱۰	۴	۱۱۳/۹	۱۱۳/۰۰	۳/۶۵	۶۵/۷۰۰
۱۲	۵	۱۴۰/۶	۱۳۹/۷	۴/۸۵	۱۰۲/۵۱۰
۱۵	۶	۱۶۶/۱	۱۶۵/۱	۴/۸۵	۱۲۵/۰۱۰

مطابقت قطر اسمی و نمره لوله ها

قطر لوله (in)	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	4	5	6	8
نمره لوله	2	2/5	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18

۳-لوله های فولادی سیاه: این لوله هافقطا گالوانیزه نمیباشند و دگونه بدون درزیامانیسمان برای مصارف لوله کشی گاز و بخار و درزدار برای مصارف لوله کشی صنعتی (غیر آشامیدنی) مثل لوله کشی سرمایش و گرمایش و سوخت و... در کلاس های فشاری متفاوت تولید می گردند..

۴-لوله های چدنی :

: ترکیبی از آهن و کربن که درصد کربن آن بالای ۲.۲% است . عمده ترین نوع چدن ، چدن خاکستری است. از مزیت های آن می توان به پائین بودن نقطه ذوب و ریخته گری آسان اشاره نمود.

جنس بدنه اکثر شیرآلات از چدن است جنس این لوله ها از چدن ریخته گری است و بر حسب نوع کاربرد آنها انواع و مقادیر آلیاژ ، شکل و طول لوله ، نوع اتصالات آنها با هم متفاوت هستند و اغلب در سیستم لوله کشی فاضلاب استفاده می شوند .

لوله های چدنی که در سیستم لوله کشی فاضلاب به کار می رود :

✓ الف) سرتوپی (بک سرتوپی - دو سرتوپی)

✓ ب) دو سر تخت

نکته : لوله های چدنی با سرتوپی و سر تخت به ترتیب لوله های بوشن دار و بدون بوشن نیز نامیده می شوند .

مزایای لوله های چدنی :

- ۱- در برابر فشار وارده به جداره های خارجی دارای مقاومت و استحکام خوبی هستند .
- ۲- فرسودگی این لوله ها کمتر از لوله های فلزی است .
- ۳- می توان بر راحتی از دستگاه تراکم هوا جهت باز کردن و رفع گرفتگی لوله استفاده نمود .
- ۴- قیمت لوله های چدنی نسبت به لوله های آهنی ارزانتر است .

معایب لوله های چدنی :

- ۱- نصب لوله های چدنی نسبت به لوله های آهنی کندتر انجام می شود .
 - ۲- لوله های چدنی به علت تاثیر مواد شیمیایی موجود در فاضلاب زنگ می زنند و جلوگیری از زنگ زدگی آنها میسر نمی باشد .
 - ۳- داشتن وزن زیاد قطعات و کثرت اتصالات و در نتیجه زیاد پیوند از معایب دیگر لوله های چدنی می باشد .
- مقایسه لوله چدنی توپی دار و سر تخت :**

- ۱- قابلیت تحمل فشار لوله های سرتخت بیشتر است .
- ۲- لوله های سرتخت به دلیل نداشتن مادگی و لبه های قیطانی و وزن و ضخامت کمتر و نوع پیوند کاربرد بیشتری دارند .
- ۳- لوله های سرتخت به دلیل خاصیت الاستیکی نوع پیوند آن تغییر حرارت بیشتری را نسبت به لوله های دیگر تحمل می کند .

وزن لوله های چدنی توپی دار فاضلاب (استاندارد ASTM)

قطر لوله		لوله های يك سرتوپی		لوله های دو سرتوپی	
mm	ln	وزن يك متر لوله kg	وزن يك فوت lb	وزن يك متر لوله kg	وزن يك فوت lb
۵۰	۲	۱۲/۱۴۰	۵/۵	۱۲/۱۴۰	۵/۵
۷۵	۳	۲۱/۰۰۰	۹/۵	۲۱/۰۰۰	۹/۵
۱۰۰	۴	۲۸/۷۰۰	۱۳	۲۸/۷۰۰	۱۳
۱۲۱۵	۵	۳۷/۵۰۰	۱۷	۳۷/۵۰۰	۱۷
۱۵۰	۶	۴۴/۱۵۰	۲۰	۴۴/۱۵۰	۲۰

نکته: بر اتصالات چدنی دو نوع تبدیل کاهنده و تبدیل افزایشنده در اندازه های تبدیلی متنوع وجود دارد که بر حسب جهت توپی سر وصاله، اگر قطر توپی بزرگتر از لوله باشد تبدیل افزایشنده و در غیر این صورت کاهنده خواهد بود .

۵-لوله های مسی



- لوله های مس از مس خالص ساخته شده طبق مشخصات استاندارد ASTM B 42 برای لوله های بدون درز مس، اندازه های استاندارد است. ممکن است از هر یک از پنج آلیاژهای مس (C10200، C10300، C10800، C12000، C12200) ساخته شده که همه به ترکیب شیمیایی مورد نیاز از آلیاژهای حاوی حداقل ۹۹.۹٪ مس (مس) و حداکثر ۰.۰۴٪ باشد فسفر (P). اندازه در دسترس هستند ۸/۱ تا ۱۲" قطر در ضخامت دیواره منظم و ۸/۱ تا ۱۰" در ضخامت دیوار فوق العاده قوی است. طول استاندارد برای لوله های مس ۱۲ فوت است. لوله مس مناسب برای لوله کشی، خط خوراک دیگ بخار، سردخانه و برای مقاصد مشابه است.

❖ لوله برنجی قرمز بدون درز

مشخصات استاندارد برای لوله های بدون درز برنج قرمز، اندازه های استاندارد - (قرمز) لوله برنج آلیاژی از مس ساخته شده به الزامات ASTM B 43 است. از آلیاژ C23000 است که از حدود مس٪ ۸۵ (مس) با سرب بیشتر از ۰.۰۵٪ (سرب) و ۰.۰۵٪ آهن (آهن) و باقی مانده زینک (روی) شامل تولید شده باشد. اندازه در دسترس هستند ۸/۱ تا ۱۲" قطر در ضخامت دیواره قوی هر دو به طور منظم و اضافی است. طول استاندارد برای لوله های برنجی قرمز ۱۲ فوت است.

لوله برنجی متوسط و مقاوم در برابر راه حل های بسیاری خورنده است و اغلب برای تامین و توزیع آب استفاده شده است. مفاصل در لوله برنجی قرمز می تواند به نخ کشیده، *flanged* یا *brazed* اتصالات از پیکربندی مناسب مشترک است. لوازم و اتصالات در اندازه های کوچکتر، به طور معمول کسانی که زیر ۲" قطر، پیچ ریخته گری آلیاژ مس و یا *brazed* فنجان ریخته گری آلیاژ مس است. لوازم و اتصالات بالای ۲" قطر به طور معمول به نخ کشیده، *brazed flanged* یا در برخی موارد *grooved* مکانیکی لوازم و اتصالات اتصال مشترک به کار است.

❖ لوله بدون درز مس، هادی روشن

مشخصات استاندارد برای لوله بدون درز مس لوله از مقبول مسی نرم شده تقریباً خالص لوله مس تولید شده به الزامات *ASTM B 68* است. ممکن است از هر یک از آلیاژهای زیر ساخته شده: *C10200*، *C10300*، *C10800*، *C12000*، یا *C12200* مگر آن که خلاف این موضوع در قرارداد اصلی یا سفارش خرید مشخص شده است. *ASTM* لوله *B68* مناسب برای استفاده در سردخانه، نفت سوخت، بنزین، و با خطوط نفت که در آن سطح داخلی لوله است که اساساً عاری از هر مقیاس یا آلودگی است و به طور خاص به عنوان *ASTM B68* مشخص شده است.

❖ لوله بدون درز مسی (آب)

لوله مسی برای آب: از مواد خالص طبق الزامات *ASTM B 88* ساخته شده - مشخصات استاندارد برای لوله مسی بدون درز، از سه تیپ ضخامت اولیه دیواره تعیین شده به عنوان نوع *K*، *L*، نوع *K* ضخیم است و نوع *M* باریکتر با نوع *L* با ضخامت متوسط است. هر سه نوع لوله از آلیاژ *C12200* مس با داشتن یک ترکیب شیمیایی از حداقل ۹۹.۹ درصد مس (*Cu*) و نقره (*Ag*) ترکیب شده و یک محدوده مجاز حداکثر فسفر (*P*) از ۰.۰۱۵٪ - ۰.۰۴۰٪ - تولید شده باشد.

این نوار رنگ سبز نوع *K*، آبی برای نوع *L* و قرمز برای نوع *M*.

لوله برنجی بدون درز

لوله برنجی بدون درز طبق الزامات *ASTM B 135* تولید می شود - مشخصات استاندارد برای لوله بدون درز برنجی ممکن است گرد یا مربع، یا مستطیل شکل باشد و مناسب برای کاربردهای مهندسی به طور کلی است. ممکن است از بصورت یکی از آلیاژهای زیر ساخته شده: *C22000*، *C23000*، *C26000*، *C27000*، *C27200*، *C27400*، *C28000*، *C33000*، *C33200*، *C37000*، یا *C44300* و این آلیاژهای حاوی مس (مس) غلظت بین ۶۰٪ و ۹۰٪ با درصد های مختلف از روی (*Zn*)، سرب (*Pb*) و قلع (*Sn*) و بسته به نوع آلیاژ تولید می کنند.

لوله های AC/R (تهویه مطبوع و تبرید)

لوله مس به طور گسترده ای در تهویه هوا و سیستم های تبرید با توجه به هدایت حرارتی بالایی حدود ۸ برابر بیشتر از لوله آلومینیومی دارد استفاده می شود. مس، مورد ویژگی های ماندگار و نگهداری طولانی آن در محیط آزاد مس پیشرو انتخاب برای لوله کشی، سیستم گرمایش، خنک کننده و سیستم های مکانیک شده. مشخصات استاندارد برای لوله بدون درز مس برای تهویه مطبوع و تبرید زمینه - لوله مس مورد استفاده برای برنامه های تهویه مطبوع و تبرید در این زمینه (گاهی اوقات به نام "ارجاع" و یا "لوله" *ACR*) مواد خالص مس دیدار با الزامات استاندارد *ASTM B 280* خدمات. ۰.۰۴۰٪ - آن را از مس و آلیاژ *C12200* داشتن یک ترکیب شیمیایی از حداقل ۹۹.۹ درصد مس (*Cu*) و نقره (*Ag*) ترکیب شده و یک محدوده مجاز حداکثر فسفر (*P*) از ۰.۰۱۵٪ ساخته شده است. نام یا علامت تجاری سازنده و *ACR* باید به طور دائم بر روی هر لوله حکاکی ¼" و یا بزرگتر در فواصل بیشتر از ۱ و نیم فوت طول مستقیم دارد: نام یا علامت تجاری سازنده و علامت نشان می دهد هر دو *ACR L* باید در فواصل بیشتر از ۱ و نیم فوت طول لوله نمی حکاکی شده است. سخت طول مستقیم بیشتر باید با یک نوار آبی رنگ که حاوی نام کارخانه سازنده یا علامت تجاری، کشور مبدأ، در خارج از قطر و *ACR* تکرار در فواصل زمانی بیشتر از ۳ فوت مشخص *ASTM B 280 Copper Tube - AC*

➤ مقایسه لوله های AC/R با لوله های مسی

- لوله های AC/R با لوله های مسی استاندارد یکسان نیست بلکه توسط نیتروژن خشک تقویت و در انتها ابندی شده اند.
- لوله های AC/R با استفاده از قطر خارجی آن طبقه بندی و در حالی که لوله های مسی مورد استفاده در لوله کسی برابر اساقطر داخلی طبقه بندی میکنند
- لوله های مسی AC/R در انواع نرم سخت تولید میشوند. لوله های نرم در سایزهای 50ft و لوله های سخت در اندازه های 20ft تولید و عرضه میشوند و قابل شکل دهی نیستند مگر اینکه مورد تابکاری قرار گیرند

لوله های سخت با استفاده از اتصالات مورد استفاده قرار میگیرند

The table below shows all available K, L and M sizes to 2 inches. Sizes 2½, 3, 3½ and 4 are also made.

Size	Actual outer diameter, inches	Type		
		K	L	M
		Actual inner diameter, inches		
3/8	1/2	0.402	0.430	0.450
1/2	5/8	0.528	0.545	0.569
5/8	3/4	0.652	0.668	0.690
3/4	7/8	0.745	0.785	0.811
1	1 1/8	0.995	1.025	1.055
1¼	1 3/8	1.245	1.265	1.291
1½	1 5/8	1.481	1.505	1.527
2	2 1/8	1.959	1.985	2.009
available in these forms	drawn temper	20-foot lengths	20-foot lengths	20-foot lengths
	annealed temper	60-foot, 100-foot, and 200-foot coils	60-foot, 100-foot, and 200-foot coils	not made

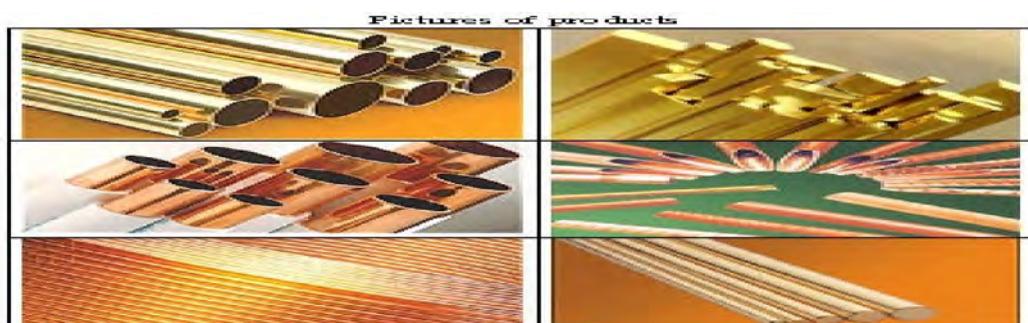
❖ لوله گاز سوخت

لوله مسی بدون درز برای تاسیسات گاز سوخت گاز طبیعی یا نفت مایع (LP) ...، استفاده و از لوله ساخته شده طبق الزامات ASTM B 837 تولید میشود. مشخصات استاندارد برای لوله مسی بدون درز برای گاز طبیعی و مایع نفت (LP) و سوخت گاز سیستم های توزیع از آلیاژ C12200 است که ۹۹.۹٪ مس (Cu) و نقره (Ag) در ترکیب تولید و فسفر (P) محتوای بین ۰.۰۱۵٪ تا ۰.۰۴۰٪ آن را مواد خالص مس است.

❖ لوله گاز پزشکی

استانداردهای ایمنی برای گازهای طبی مثل اکسیژن نیاز به فشار مثبت و استفاده از نوع لوله مسی تیپ K, L (ASTM B 819). تولید می شود. لوله گاز پزشکی ممکن است در یکی از دو نوع، نوع K یا نوع L ارائه شده (سخت شده) H58. (هر دو از این نوع در استاندارد ASTM B88 می باشد بیان شده). آلیاژ C12200 که تنها آلیاژ مجاز برای استفاده در لوله گاز پزشکی است و حداقل ۹۹.۹٪ مس خالص (Cu) و نقره (Ag) با بیش از ۰.۰۴۰٪ در ترکیب فسفر

اشکال مختلف لوله های مسی:



لوله های مسی کلاف

لوله های مسی صاف بصورت کویل



لوله‌های شاخه‌ای



لوله‌های داخل شیاردار



<http://www.copper.org>

ب: انواع لوله های پلیمری

در اینجا ما به معرفی انواعی از لوله های پلیمری که کاربرد زیاد تری در انتقال آب و سایر سیالات دارند می پردازیم .

لوله های پلیمری را میتوان از نظر نوع پلیمر بکار رفته در آن به صورت زیر فهرست نمود :

- ❖ ۱- لوله پلی اتیلن سنگین (سخت) تک لایه
- ❖ ۲- لوله پلی اتیلن سنگین (سخت) کاروگیت
- ❖ ۳- لوله پلی اتیلن سبک (نرم)
- ❖ ۴- لوله پلی اتیلن شبکه ای
- ❖ ۵- لوله های تلفیقی
- ❖ ۶- لوله پلی پروپیلن
- ❖ ۷- لوله پی وی سی
- ❖ ۸- لوله پلی بوتیلن
- ❖ ۹- لوله ABS
- ❖ ۱۰- لوله های تقویت شده با الیاف
- ❖ ۱۱- سایر لوله های پلیمری با شرایط خاص

➤ قبل از بررسی به انواع لوله به مزایای لوله های PE می پردازیم

- ✓ نوع اول - داشتن چگالی ، مقاومت حرارتی پایین و قابلیت انعطاف خوب از مزایای این نوع می باشد .
- ✓ نوع دوم - دارای چگالی متوسط و اندکی سخت تر از نوع اول هستند و در دمای بالا مقاومتشان بیشتر بوده و قابلیت انبساط بهتری دارند . که در اینجابه علت شباهت ان با سایر نوع ها به آن نمی پردازیم
- ✓ نوع سوم - بسیار سنگین تر از نوع قبلی و چگالی بیشتری دارند و برترین خواص فیزیکی از نظر مقاومت - قابلیت انبساط- درجه سختی - ضریب زبری را دارا هستند و از این رو کاربرد وسیعی در گازرسانی و آبرسانی دارند .

- ✓ نکته ۱ : اتصال لوله های PE به روشهای مختلف دنده ای - فلنچی - بستنی - اورینگی و نر و مادگی با روش اتصال جوش حرارتی و جوش سر به سر انجام می شود .
- ✓ نکته ۲ : اتصال دنده ای در مورد کلیه لوله های پلاستیکی سنگین و ۴ اینچ به پایین قابل اجرا است .

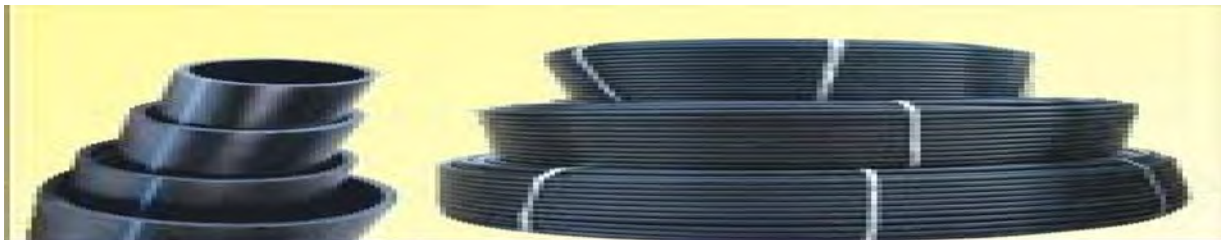
❖ ۱-لوله پلی اتیلن سبک (نرم)



کاربردها:

- آبیاری قطره ای
- هیدرو فلوم
- آبیاری نواری

❖ ۲-لوله های پلی اتیلن سنگین (سخت) تک لایه



جزء پر مصرفترین لوله ها در انتقال آب و سایر سیالات بوده و دارای کاربردهای زیر میباشد :

- شبکه های زهکشی
- شبکه های آبرسانی شهری
- شبکه های فاضلاب شهری و روستایی
- شبکه های آب روستایی
- سیستمهای مایعات و فاضلاب صنعتی
- شبکه های آبیاری تحت فشار اعم از قطره ای و بارانی
- شبکه های گاز رسانی شهری
- شبکه زهکشی ساختمانها
- پوشش کابلها ی مخابراتی و فیبر نوری

- سیستم مخصوص مایعات بسیار ساینده
- سیستم آبیاری متحرک
- شبکه های آب آشامیدنی

❖ ۳- لوله های پلی اتیلن سنگین (سخت) دو جداره



➤ نیز جزء پر مصرفترین لوله ها در انتقال آب و سایر سیالات بوده و دارای کاربردهای زیر میباشد :

- انتقال فاضلاب شهری ، روستایی و صنعتی
- بعنوان جدار داخلی لوله های بتنی
- انتقال هوا
- انتقال ثقیل آب ، سیالات صنعتی
- نمک زدایی و زهکشی و جمع آوری آب های سطحی در شهر ها و مناطق صنعتی
- جهت انتقال آب از زیر جاده ، پل و.....
- پل جاده های اصلی و فرعی و راه آهن
- آب نما
- سیلوی مواد و مایعات
- ارتباط بین ساختمان ها
- کانال تاسیسات در کارخانجات
- قالب دائم پل هایی که ستون های دایره شکل دارند
- آدم رو
- ستون های تبلیغاتی موقت در شهر ها
- استفاده در پارک ها و منازل به عنوان گلدان
- مخزن تصفیه بی هوازی فاضلاب
- مقسم آب
- سیفون انتقال آب زیر جاده ها و رودخانه ها و مسیل ها

۴- لوله پلی اتیلن شبکه ای

این محصول کامپوزیت و نانوکامپوزیت پلی اتیلن با قابلیت شبکه ای شدن توسط سیلان، مناسب برای تولید مخازن نگهداری آب و سوخت، لوله های انتقال آب گرم، پوشش انواع کابل های فشار کم و متوسط کاربرد دارد مواد تشکیل دهنده این محصول عبارتند از: پلی اتیلن سنگین ، پروکسید، سیلان، دوده

- ✓ • سیستم گرمایش کف
- ✓ • ذوب برفها

۵- پلی اتیلن مشبك يا PEX

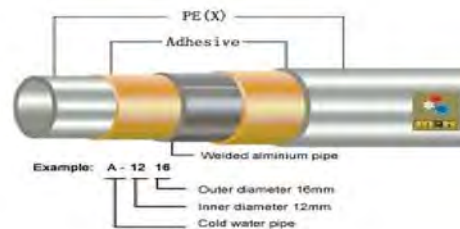
✓ ۵-۲ لوله PEX تک لایه



استفاده از مواد PEX (پلی اتیلن کراسلینک شده- شبکه ای شده-) در تولید این لوله ها باعث افزایش مقاومت حرارتی و شیمیایی محصول می گردد. فرآیند شبکه ای کردن پلی اتیلن معمولاً توسط یکی از سه روش زیر صورت می گیرد:

- ✓ استفاده از سیلانها
- ✓ استفاده از پراکسیدها
- ✓ استفاده از تابش

✓ ۵-۲ لوله های تلفیقی PEX-AL-PEX



در این گونه لوله ها که به لوله های پنج لایه نیز مشهور می باشند، دو لایه از مواد PEX در داخل و خارج لوله و یک لایه ورق آلومینیم با ضخامت 200-700 micron با استفاده از دو لایه چسب به لایه های PEX متصل می گردد. آلومینیوم است. پلی اتیلن مشبک با PEX نخستین پلیمر مورد استفاده در تولید لوله های تلفیقی است. و در واقع همان مواد پلی اتیلن میباشد که ساختار مولکولی طولی آن ، با روشهای شیمیایی (یا توسط تشعشع) به ساختار شبکه ای تبدیل شده و در نتیجه پلیمر قدرت تحمل حرارت و فشار بیشتری را پیدا میکند. پلیمر PERT نخستین پلیمری است که اختصاصاً برای تولید لوله طراحی و عرضه شده است . استفاده از PERT در لوله های تلفیقی برای نخستین بار در سال ۱۹۹۷ با شعار « یک لوله برای همه ی کاربردها » آغاز گردید . این پلیمر پیشرفته، کوپلیمری از اکتن و اتیلن است و وجود زنجیره های هشت گانه ی کربن در ساختار آن باعث میشود که ضمن دستیابی به مزایای بیشتر ، نیاز به مشبک کردن برای افزایش مقاومت در مقابل فشار و حرارت از بین برود. خصوصیت مواد پلیمری PEX تحمل حرارت تا ۹۵ درجه سانتیگراد می باشد در حالی که پلیمر PERT صیقلی تر می باشد و چسبندگی بیشتری نسبت به لایه AL دارد ولی از نظر تحمل حرارت آب گرم تا ۸۰ درجه سانتیگراد توصیه می شود مزایای وجود لایه آلومینیوم AL. هر چند لوله های پلیمری مانند پلی اتیلن، پلی پروپیلن ، پلی بوتیلن و پلی اتیلن شبکه ای شده، دارای مزایای نسبت به لوله های فلزی میباشند. ولی دارای دو محدودیت مهم زیر نیز هستند:

➤ ضریب انبساط حرارتی زیاد

لایه چسب

همانطوری که در ساختمان پکس شرح داده شده بین لایه آلومینیوم و لایه های داخلی و خارجی پلیمر از دو لایه چسب استفاده شده است. قابل توجه است که چسبندگی پلیمر به آلومینیوم، ضعیف می باشد و استفاده از چسب الزامی است.

چسب مورد استفاده بایستی دارای خواص زیر باشد:

- ✓ استحکام چسبندگی بالا به سطح آلومینیوم و پلیمر.
- ✓ مقاومت حرارتی بالا بطوریکه تا دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد در زمان طولانی مقاوم باشد.
- ✓ قابلیت فرآیند در خط تولید لوله.
- **برخی از مزایای لوله های چند لایه پکس**
 - انبساط طولی ناچیز
 - تحمل فشار و دمای بیشتر نسبت به سایر لوله های پلیمری
 - عدم نفوذ اکسیژن
 - عدم رسوب گذاری
 - افت فشار ناچیز
 - مقاومت شیمیایی
 - نیاز به عایق کاری کمتر
 - انعطاف پذیری و استفاده از اتصالات کمتر
 - مقاومت بیشتر از سایر لوله ها در برابر زلزله
 - مقاومت در برابر ضربه قوچ (water hammer)
 - عدم رسوب گذاری
 - **تحمل فشار و دمای بیشتر نسبت به سایر لوله های پلیمری** تولید بر اساس استاندارد ۱۵ اتمسفر تحمل فشار و ۹۵ درجه سانتیگراد موجب گردیده است نسبت به سایر لوله ها دمای بیشتری را در طول زمان تحمل نماید.
 - **انبساط طولی ناچیز** یا توجه به ضریب انبساط حرارتی بالایی مواد پلیمری در مقایسه با مواد فلزی، طول لوله های پلیمری در معرض دمای بالا افزایش زیادی خواهد داشت. به عنوان مثال اگر ۵۰ متر لوله پلی پروپیلن از دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به دمای ۷۰ درجه سانتیگراد برسد حدود ۴۵۰ میلیمتر افزایش طول خواهد داشت. این افزایش طول سبب میشود که:
 - ✓ در لوله تنشهای حرارتی ایجاد شود.
 - ✓ لوله ها خمیده شده و در صورت صحیح نبودن نصب به سیستم لوله کشی آسیب وارد شود.
 - ✓ در هنگام لوله کشی مساله افزایش طول در نظر گرفته شود.
 - ✓ برخلاف لوله های پلیمری که دارای مشکلات فوق میباشند. لوله های پکس به جهت دارا بودن لایه فلزی دارای ضریب انبساط حرارتی پایین میباشند.
 - **عدم نفوذ اکسیژن** مواد پلیمری مانند پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی بوتیلن و ... سد خوبی در برابر عبور اکسیژن نمیباشند. نفوذ اکسیژن به داخل آب سبب تشدید خوردگی در اجزای فلزی شبکه های آبرسانی میشود. این مساله بخصوص در سیستمهای حرارتی سبب تخریب اجزای شواژ و مبدلهای حرارتی میشود.
 - **عدم رسوب گذاری** علاوه بر مواردی که اشاره شد سطح داخلی لوله های ۵ لایه در مقایسه با لوله های فلزی دارای سطح بسیار صیقلی میباشند که این ویژگی علاوه بر کاهش رسوب گذاری سبب کاهش افت فشار در شبکه آبرسانی شده و امکان استفاده از لوله هایی با سایز کمتر جهت کاهش هزینه را فراهم مینماید.
 - **افت فشار ناچیز** بواسطه داشتن سطح داخلی صاف و صیقلی (به گونه ای که میتوان گفت بستر آن همانند شیشه است) کمترین افت فشار را در لوله کشی ایجاد میشود. افت فشار در یک مسیر آب، برابر با مجموع افت فشار در طول لوله و افت فشار در اتصالات و تغییر مسیر میباشد. افت فشار در لوله حامل جریان معمولاً از دو عامل نشأت میگیرد.
 - ✓ الف) زبری سطح داخلی لوله (افت فشار استاتیک ایجاد میکند).
 - ✓ ب) تغییر سرعت یا تغییر جهت جریان (افت فشار سرعت یا اصطکاکی ایجاد می کند) حال مختصراً به بررسی موارد افت فوق میپردازیم:
 - **افت فشار استاتیک یا اصطکاکی his or hif** این افت فشار معمولاً در سیستمهای انتقال سیال با رابطه: $f = f(L/D).V^2/2g$ بیان میشود. هر قدر زبری سطح داخلی لوله (ε) زیاد باشد نسبت زبری به قطر لوله (ε/D) افزایش مییابد و مقدار f (ضریب اصطکاک) نیز افزایش یافته و در نهایت مقدار افت فشار

استاتیک (his) بیشتر میشود. لوله پکس دارای زبری بسیار ناچیز میباشد. $(\epsilon = 0.007\text{mm})$ یعنی نسبت D) (ϵ) لوله پکس بسیار کوچک است که این مسئله، کوچک شدن f و در نهایت کوچک شدن افت فشار استاتیک (his) را بدنبال دارد که یکی از مهمترین اهداف طراحی سیستم های انتقال سیال میباشد.

● **افت فشار سرعته** این افت فشار تابع سرعت جریان سیال است مهمترین عواملی که این افت فشار را بوجود میآورد عبارتست از: تغییر جهت جریان ناشی از بکار بردن اتصالات زیاد و در نهایت آشفتگی در مسیر جریان سیال.

● **مقاومت شیمیایی** وقتی بحث مقاومت شیمیایی پیش میآید عموماً اطلاعات مورد نیاز به صورت جداول در اختیار قرار میگیرد تا کاربر با مراجعه به این جداول به درستی قضاوت نماید. در این قبیل جداول عموماً اثر غلظت و دماهای متفاوت لحاظ میگردد. نمونه ای از اینگونه جداول در ذیل آورده شده است. با توجه به مقاومت شیمیایی پلیمر در مقایسه با فلزات، لوله های پلی اتیلن و پلی پروپیلن دارای کاربرد بسیار وسیعی در صنایع شیمیایی می باشد.

● **نیاز به عایق کاری کمتر** ضریب هدایت حرارتی لوله پکس پایین میباشد $(K=0.43 \text{ W/m.k})$. یعنی این مقدار حدود 0.02 لوله های فلزی میباشد (به معنای اتلاف انرژی ناچیز). با داشتن این خاصیت، لوله سان پکس به خصوص در فصلهای زمستان و تابستان نیاز به عایق بندی کمتری دارند. (دیده میشود که لوله های فلزی را که بصورت روکار نصب میشوند با پشم شیشه یا ماده دیگری عایق بندی می کنند تا در فصل زمستان از یخ زدگی و در فصل تابستان از گرم شدن بی رویه آب داخل لوله بواسطه سرما یا گرمای محیط جلوگیری شود) در حالیکه اگر لوله سان پکس بصورت روکار نصب شود. علاوه بر داشتن زیبایی، احتیاجی به هیچ گونه عایق بندی ندارد زیرا لوله مذکور دارای ضریب هدایت حرارتی پایینی در حدود مواد عایق میباشد.

● **انعطاف پذیری و استفاده از اتصالات کمتر** نسبت مناسب بین آلومینیوم و ماده پلیمری باعث خم شدن آسان لوله حتی با دست میشود و لوله دقیقاً شکل داده شده را به خود میگیرد. این لوله با وجود اینکه محکم است اما سبک میباشد و حمل و نقل آن آسان میباشد. همچنین در مقابل فساد مقاوم است. با توجه به آنکه لوله های فلزی قابلیت استحکام و لوله های پلیمری قابلیت انعطاف پذیری خوبی دارند انتظار میرود که لوله های ترکیبی هر یک از این خواص را تا حدود زیادی داشته باشند. آزمونهایی انجام شده بر روی لوله های ترکیبی نشان میدهد که این لوله ها در مقابل ضربات و تنشهای وارده انعطاف پذیری و مقاومت بالایی داشته و بر خلاف انواع لوله های حداقل شعاع انحنای ۵ برابر قطر خارجی لوله میباشد.

● **مقاومت بیشتر از سایر لوله ها در برابر زلزله** مقاومت بسیار خوبی در برابر زلزله از خود نشان میدهد و در سیستم های لوله کشی با طراحی مناسب، تنشهای بوجود آمده ناشی از شکست گسلها را بهنگام وقوع زلزله محو میکند.

● **مقاومت در برابر ضربه قوچ WATER HAMMER** لوله های چند لایه بواسطه مسلح بودن به لایه آلومینیوم مقاومت قابل توجهی در برابر نیروهای اضافی ناشی از جریان سیال از خود نشان میدهد. پدیده مهمی که برخی مواقع در جریان سیالات و به خصوص در زمان اغتشاش جریان اتفاق میافتد پدیده ضربه قوچ میباشد. این پدیده در اثر تغییر ناگهانی سرعت جریان آب در لوله و یا انسداد پدیرپی مسیر جریان آب (مثلاً که شیر آب را بطور ناگهانی باز میکنیم و یا میندیم) بوجود میآید بطوریکه فشار زیادی در آب ایجاد میشود که بصورت موج در امتداد لوله و خلاف جهت جریان حرکت نموده، پس از برخورد به مانع باز میگردد و با عمل رفت و برگشت موج فشار تا زمان استهلاک کامل آن ادامه مییابد. این فرآیند بعضی اوقات باعث شکستن لوله های غیر مسلح و معمولی میشود و با صدای زیادی توام است. لوله پکس در برابر پدیده ضربه قوچ مقاومت بسیار خوبی از خود نشان میدهد و این پدیده هیچگاه نمیتواند این نوع لوله را تخریب کند.

● **عدم رسوب گذاری در داخل لوله** جدار داخلی لوله های پکس نسبت به جدار داخلی لوله های فلزی رایج، بسیار صیقلی هستند. این امر امکان رسوبگذاری معدنی را منقعی مینماید از طرفی بدلیل عدم رسوب گذاری افت فشار در داخل لوله ها بسیار ناچیز خواهد بود و بنابراین انتخاب لوله هایی با قطر کمتر فراهم میشود.

➤ کاربرد لوله های چند لایه

- ✓ آب آشامیدنی
- ✓ لوله کشی گاز
- ✓ کاربرد در صنعت و پزشکی
- ✓ کاربرد در سیستم های حرارتی و برودتی
- ✓ سیستم گرمایش کفی

نفوذ اکسیژن

نفوذ اکسیژن به داخل آب بخصوص در سیستم های حرارتی مثل شوفاژ تخریب اجزای فلزی را به شدت افزایش میدهد. استفاده از لایه آلومینیوم موجب حل دو مشکل فوق میشود. مشخصات آلومینیوم مصرفی در این لوله ها بر اساس استاندارد ASTM به صورت زیر می باشد:

استحکام کششی: حداقل (Psi 14600) (Mpa 100)

درصد افزایش طول در نقطه پارگی : ۲۰٪

ضخامت : بین ۰/۳-۰/۲ میلی متر (بسته به قطر لوله)

استفاده از آلومینیوم های آلیاژی که دارای استحکام بالا میباشد دارای دو مزیت است:

استحکام بالایی لوله

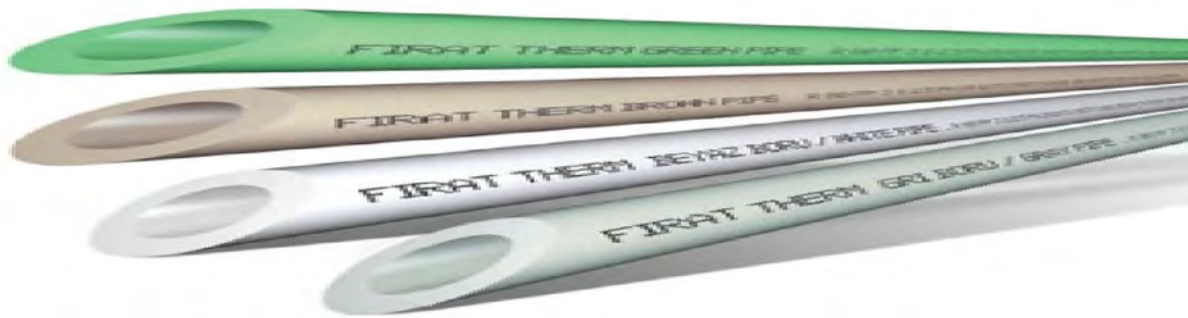
قابلیت جوش بهتر

رنج ابعادی لوله های PEX-AL-PEX در محدوده ۶۳-۱۶ میلی متر و رده فشاری آن ۱۰ بار می باشد.

❖ جدول مقایسه ای پنج لایه : در صفحه بعد

PEX	پلیمری	فلزی	
خیر	خیر	بلی	خورندگی از داخل یا خارج
خیر	خیر	بلی	رسوب پذیری
بلی	خیر	بلی	تحمل دما و فشار بالا
کم	زیاد	کم	فریب انبساط طوری
خیر	بلی	خیر	نفوذ اکسیژن
خوب	کم	خوب	مقاومت مکانیکی
بلی	خیر	بلی	شکل پذیری
سبک	سبک	سنگین	وزن
زیاد	زیاد	کم	سرعت نصب

❖ ۶- لوله پلی پروپیلن



لوله ها و اتصالات PP-R فیرات که در تاسیسات آب گرم و سرد داخلی استفاده می شود، از ماده خام PP-R Type-3 (پلی پروپیلن رندوم کوپلیمر) ساخته می شود. مهمترین ویژگی این ماده خام، مقاومت بالایی آن در برابر تأثیرات گرما و مواد شیمیایی می باشد. در سایه این مقاومت، لوله و اتصالات PP-R فیرات با موفقیت در تاسیسات آب سرد و گرم قابل استفاده می باشد. به علت رندومی زنجیره ای بودن ساختار مونومر ماده خام PP-R لوله های ساخته شده از این مواد مانع از وجود هر نوع ماده زیستی (بیولوژیکی) در خود می شوند. بنابراین محصولاتی با مشخصات فوق دارای خواص ممتازی هستند که عبارتند از: عدم زنگ زدن، عدم طعم و بوی نامطلوب.

➤ مشخصات کلی و فواید لوله و اتصالات PP-R

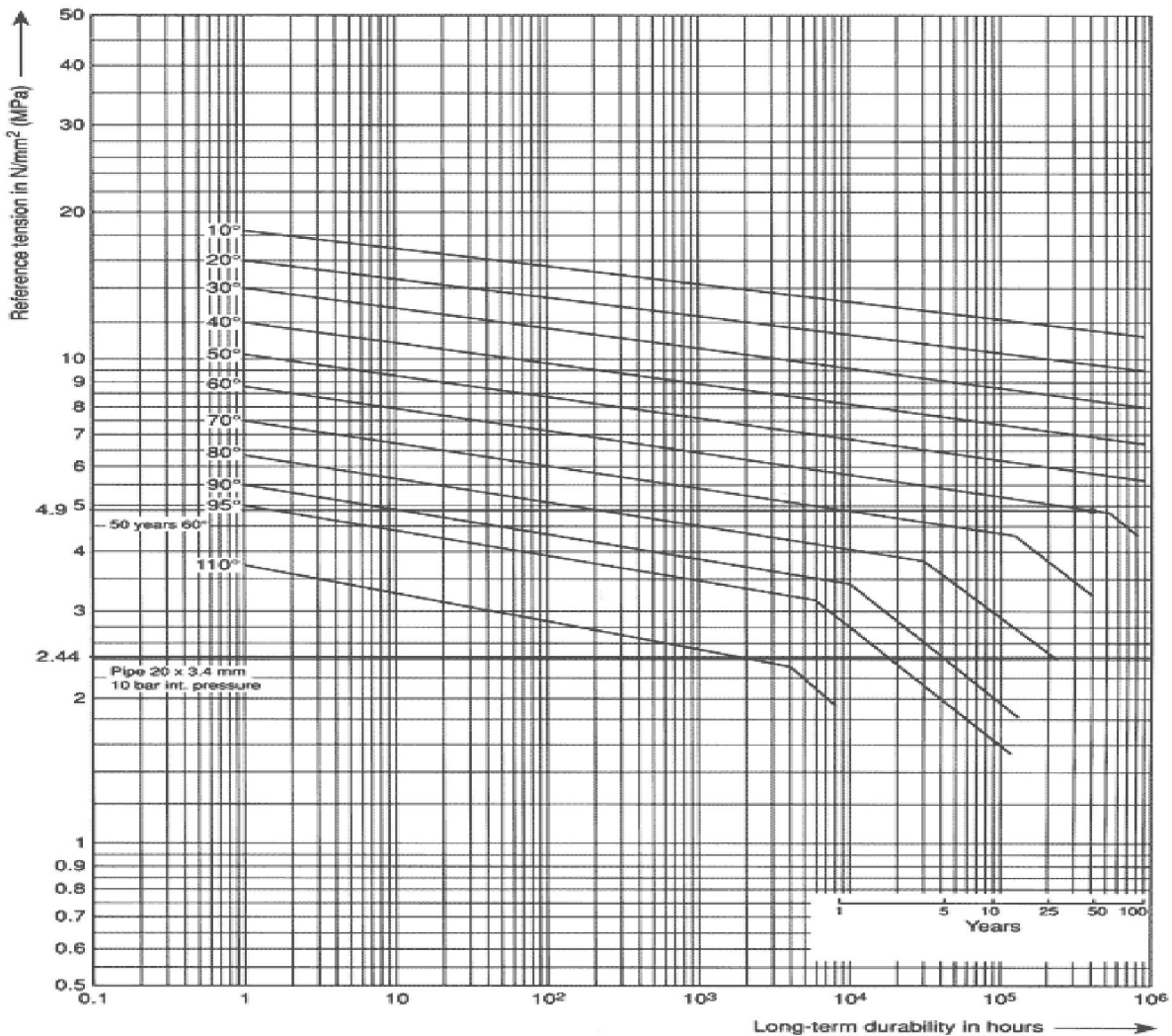
- تا زمانی که در دمای 20°C با فشار ۲۵ اتمسفر مورد استفاده قرار گیرند، طول عمری برابر با ۵۰ سال را دارا هستند.
- قابل استفاده در $21 - 95^{\circ}\text{C}$ الی 95°C درجه سانتیگراد می باشد. (با در نظر گرفتن درجه حرارت انجماد مایعی که در داخل لوله جریان می یابد باید عایقکاری انجام شود).
- در برابر مواد شیمیایی مقاومت بالایی دارند.
- در برابر ضربه مقاومت بالایی دارند.
- در مقابل پوسیدگی مقاوم هستند. با آهک ترکیب نمی شوند و زنگ نمی زنند.
- به علت جلوگیری از نفوذ اشعه های ماوراء بنفش، جلبک و باکتری در درون آنها اجازه رشد نخواهد داشت.
- رنگ، بو و طعم آب را تغییر نمی دهند.
- دارای سطح داخلی صاف و صیقلی هستند.
- در برابر گرما و صدا عایق هستند.
- دارای ۷۰٪ صرفه جویی زمانی در نصب و بدون پرت و ضایعات
- سیستم آب گرم و سرد
- سیستم انتقال هوای فشرده
- سیستم فاضلاب خانگی (جدید)

در جدول زیر ابعاد لوله های پلی پروپیلن از سایز ۱۶ الی ۱۱۰ مطابق استاندارد ISO 15874 و ISIRI 6314-2 مشخص شده است

110	90	75	63	50	40	32	25	20	قطر لوله (mm)
18.3	15	12.5	10.5	8.3	6.7	5.4	4.2	3.4	ضخامت (mm)

➤ طول عمر لوله های پلی پروپیلن در دما و تنش های مختلف: همانگونه که می دانیم پلیمرها در مقابل حرارت و فشار در مدت طولانی دچار فرسایش و پیرشدگی می شوند از اینرو برای محاسبه طول عمر لوله در استاندارد DIN ۸۰۷۸ شاخصی بنام هوپ استرس تعریف گردیده است که بیان کننده رابطه زمان، تنش وارده به جداره لوله و دما در لوله های پلی پروپیلن می باشد.

Behaviour under long term stress of PPRC Type 3 pipes



❖ ۷- (PVC – مخفف پلی و نیل کلراید)

➤ مزایای لوله های PVC

- ✓ اتصال لوله و قطعات آن بسیار آسانتر و سریعتر از سایر لوله ها انجام می شود .
- در نصب روکار احتیاجی به رنگ آمیزی ندارند .
- ✓ دارای وزن سبک هستند و به راحتی در بین سقف کاذب و مکانهایی که دسترسی بدان مشکل است نصب می شود .
- ✓ در مقایسه با لوله های دیگر قطر خارجی کمتری داشته و به راحتی در داخل دیوار جاسازی و اجرا می شود .
- ✓ در برابر مواد شیمیایی از مقاومت بالایی برخوردار هستند .

➤ معایب لوله های PVC

- ✓ لوله های پی وی سی خشک در برابر سرما بسیار حساس و شکننده می باشند .
- لوله های پی وی سی در برابر حرارت زیاد نرم و استحکام خود را از دست می دهند .
- ✓ به علت قدرت مقاومت کم جداره این نوع لوله ها بایستی از فنر لوله بازکنی برای گرفتگی مجرای لوله ها استفاده نمود .
- ✓ در برابر نیروهای خارجی دارای مقاومت کمتری هستند . نکته : لوله های فاضلاب PVC از نوع خشک در دو نوع فشار ضعیف به رنگ خاکستری و متمایل به آبی و فشار قوی به رنگ خاکستری روشن تولید می شوند . کاربرد لوله های PVC فشار ضعیف در لوله کشی تهویه آب باران و اتصال برای آب باران بالکنها و لوله های اتصالی توالتها است اما کاربرد لوله های PVC فشار قوی در سیستمهای فاضلاب ساختمان به عنوان لوله های عمودی و جمع آوری کننده و لوله تخلیه اصلی فاضلاب است .

نکته: لوله های فاضلاب PVC از نوع خشک در دو نوع فشار ضعیف به رنگ خاکستری و متمایل به آبی و فشار قوی به رنگ خاکستری روشن تولید می شوند. کاربرد لوله های PVC فشار ضعیف در لوله کشی تهویه آب باران و اتصال برای آب باران بالکنها و لوله های اتصالی توالتها است اما کاربرد لوله های PVC فشار قوی در سیستمهای فاضلاب ساختمان به عنوان لوله های عمودی و جمع آوری کننده و لوله تخلیه اصلی فاضلاب است.

مشخصات لوله های PVC فشار ضعیف

قطر اسمی mm	۴۰	۵۰	۷۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۲۰۰
ضخامت جدار لوله mm	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۲/۲	۲/۵	۳/۲	۴

مشخصات لوله های PVC فشار قوی

قطر اسمی mm	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۲۰۰
ضخامت جدار لوله mm	۳	۳	۳/۶	۴/۵

نکته ۱: اتصال لوله های PVC بر حسب نوع لوله و اتصالات به روشهای مختلف انجام می شود که نوع اتصال چسبی متداولتر است.

نکته ۲: اتصال حداقل به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به هیچ وجه نبایستی حرکت داده شود تا سفت گردد.

کاربرد:

- سیستم فاضلاب خانگی
- محافظ کابلهای برق و مخابرات
- سیستم انتقال آب تحت فشار

➤ ۱-۷- لوله های UPVC



لوله های UPVC با سابقه ای بالغ بر ۷۰ سال بعنوان پر مصرف ترین نوع لوله پلاستیکی در جهان مطرح می گردد . استحکام بالا ، صیقلی بودن سطح ، عمر طولانی و خاصیت خود خاموش کنندگی در برابر شعله از جمله خواص ممتاز این نوع لوله ها می باشد.

بر خلاف بسیاری از انواع لوله های پلاستیکی دیگر ، لوله های UPVC از ترکیب چندین نوع مواد مختلف شامل رزین PVC ، استابلازرها ، حرارتی و نوری ، فیلر های معدنی مانند کربنات کلسیم ، روان کننده های داخلی و خارجی همچون اسید استتاریک و پارافین واکس ، مواد کمک فرایند و... در محل کارخانه تولید می شوند .

بسته به نوع ، فرمولاسیون و ضخامت لوله و بر اساس استاندارد های مربوطه ،

لوله های UPVC در کاربردهای زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- الف : آبرسانی شهری ، کشاورزی ، صنعتی (بدون فشار و تحت فشار)
- ب : فاضلاب شهری ، خانگی (بدون فشار و تحت فشار)
- ج : انتقال سیالات شیمیایی و صنعتی
- د: گازرسانی
- ه : زهکشی و جمع آوری آب های سطحی
- و: حفاظت عبور کابل برق و مخابرات

۷-۲ لوله OPVC

Oriented Polyvinyl Chloride (PVCO) Pressure Pipe. از آنجا که زنجیره های پلیمر - پی وی سی - به صورت راندم و در هم قرار دارند این پلیمر بعنوان یک پلیمر آمورف شناخته می شود ، نتیجتاً خواص نهایی آن نیز بصورت ایزوتروپیک در تمامی جهات به یک میزان میباشد. با استفاده از تکنولوژی جدید و قرار دادن زنجیره های پلیمر در شرایط دقیق تنش و دما و سرعت می توان این زنجیره ها را در جهتی خاص آرایش داده که نتیجه آن رسیدن به - OPVC می باشد. با توجه به میزان آرایش یافتگی، خواص نهایی در جهت آرایش یافتگی افزایش قابل ملاحظه ای پیدا میکند.

۷-۳ لوله های CPVC

لوله های ساخته شده توسط این تکنیک دارای خواص فیزیکی ، مکانیکی و طول عمر بالاتری نسبت به لوله های معمول - UPVC هستند . مصرف عمده این محصول در حال حاضر برای انتقال آب تحت فشار می باشد.

از مواد اولیه Chlorinated PVC به جهت افزایش مقاومت حرارتی ، آتش پذیری و شیمیایی لوله های UPVC ، طراحی و ساخته شده اند

در ساختار زنجیره های پلیمر PVC در هر تکپار ، یک اتم کلر وجود دارد در حالیکه در ساختار زنجیره ای پلیمر CPVC ، تقریباً در هر تکپار ۲ اتم کلر قرار داده شده است . از این لوله ها عمدتاً برای انتقال آب آشامیدنی سرد و گرم ، انتقال سیالات شیمیایی و سیستم آتش نشانی ساختمان استفاده میشود .

❖ 8- لوله پلی بوتیلن مزایای لوله های PB

لوله پلی بوتیلن در برابر خوردگی ، بیخ زدگی ، زنگ زدگی ، خاکهای اسیدی و رسوب گرفتگی مقاوم است . این لوله هنگام انجماد ترک نمی خورد و در دمای ۸۲ درجه سانتی گراد فشار ۵/۶ اتمسفر را تحمل می کند . نکته : به سبب انعطاف پذیری این لوله های در شبکه لوله کشی ضربه قوچ اتفاق نمی افتد .

- شبکه آبیاری و آبرسانی سرد و گرم
- انتقال آب شهری و بین شهری
- سیستمهای گرمایشی و سرمایشی
- انتقال مواد شیمیایی در دمای بالا

❖ ۹- لوله ABS (آکریلونیتریل ، بوتادین ، استایرن)

پلیمرهای چقرمه شده استایرینک مثل ABS (آکریلونیتریل – بوتادین – استایرن) نسبت به اکسایش حساسیت زیادی دارند. علت اصلی وجود پیوند دوگانه کربن – کربن (C=C) در پلی بوتادین است که خود موجب رفتار الاستومری ماده می شود. این پیوند با جذب پرتو فرابنفش اکسید شده و شکسته می شود. این تخریب در سطح ماده آغاز شده و باعث افت شدید ویژگیهای مکانیکی مثل ازدیاد طول نهایی، چقرمگی و استحکام ضربه ای می شود. برای جلوگیری از تخریب ABS می توان با افزودن دوده در فرمول پلاستیک، آن را نسبت به پرتو فرابنفش مقاوم نمود. دوده از معمول ترین پایدارکننده های فرابنفش می باشد که در آمیزه محصولاتی که در فضای باز به کار می روند، استفاده می شود.

- ✓ شبکه آبیاری و آبرسانی سرد و گرم
- ✓ سیستمهای گرمایشی و سرمایشی
- ✓ سیستم دفع فضلاب
- ✓ مقاومت عالی در مقابل مواد شیمیایی
- ✓ امکان استفاده از اتصالات چسبی و رزوه ای

❖ ۱۰- لوله های تقویت شده با الیاف (کامپوزیت)

خوردگی عامل اصلی تخریب فلزات است که هزینه های هنگفتی را به دنبال دارد. مطلب زیر که در شماره ۲ مجله کامپوزیت انتشار یافته است، به روش ارزیابی برای مقابله با این پدیده در خطوط لوله انتقال گاز با استفاده از صفحات کامپوزیتی، اشاره دارد. در بعضی از شرایط لازم است، خطوط لازم برای انتقال گاز از مناطق شوره زار با خاصیت اسیدی بالا و یا مناطق مرطوب و خورنده نیز عبور کنند. این شرایط باعث خوردگی و فساد تدریجی لوله می شود. برای دور نگه داشتن لوله از محیط و شرایط خورنده، راه هایی چون حفاظت کاتدی و عایق بندی سطح لوله های فولادی را می توان به کار برد. ولی با وجود این تدابیر، گاه پیش می آید که لوله به قدری خورده شود که ضخامت آن از ضخامت مطمئن طراحی پایینتر بیاید. در این زمان بر اساس روش سنتی رایج، بخش خورده شده را از خط خارج کرده و با لوله ای سالم جایگزین میکنند که این راه مستلزم قطع گاز در لوله، بریدن بخش خورده شده و جوشکاری پس از جایگزینی است. به این ترتیب مقداری سوخت به هدر رفته و در محیط کاری باقی میماند و گاهی سبب انفجار در مرحله جوشکاری خواهد شد.

با توجه به مسائل و مشکلات مطرح شده استفاده از یک روش بهتر، لازم به نظر میرسد. روش تقویت لوله های انتقال با مواد کامپوزیت، راهی مطمئن و ارزان (جدول ۱) است

تقویت با لایه های کامپوزیتی:

در این روش از لایه های کامپوزیت با الیاف شیشه استفاده می شود. زاویه های الیاف و تعداد لایه ها با توجه به فشار، استانداردهای طراحی و مقدار و وسعت خوردگی در لوله محاسبه می شود. رزین مناسب نیز با توجه به شرایط شیمیایی و حرارتی محل برگزیده شده و به کار برده می شود.

لایه های کامپوزیت به صورت پارچه هایی تهیه شده، در محل با رزین آغشته شده و به وسیله کارگران متخصص با زاویه های استاندارد، به روش پیچش روی لوله ای که سطح آن از پیش آماده شده پیچیده می شود

مزایا:

- ❖ در این روش، هزینه های مربوط به جوشکاری و قطع گاز در لوله حذف می شود.
- ❖ این روش قابلیت بازگرداندن لوله های خورده شده به وضعیت اولیه طراحی را دارا است و همچنین از خوردگی آنها در آینده جلوگیری می کند.
- ❖ خطوط لوله به هنگام تعمیر میتوانند در شرایط و فشار کاری معمولی خود، کار کنند و نیازی به قطع گاز نیست. هم چنین در این روش گاز به هدر نخواهد رفت.
- ❖ به علت وزن کم مواد کامپوزیت، نصب آن بسیار راحت است و تعمیر به وسیله دو نفر بدون نیاز به لوازم و دستگاه های ویژه انجام می شود.
- ❖ چون در این روش نیازی به قطع گاز، تکه تکه کردن لوله و جوشکاری نیست در زمان هم صرفه جویی خواهد شد.

❖ جدول (۱) مقایسه این دو روش را نشان می دهد. اعداد و ارقام ارایه شده بر اساس هزینه های مصرف شده پس از جایگزینی ۱۶ کیلومتر لوله به روش سنتی و تعمیر همین مقدار لوله با روش ارایه شده است. این پروژه توسط موسسه کامپوزیت ایران انجام شده است.

جدول (۱)

مقایسه تعمیر لوله های گاز با روش سنتی و استفاده از لایه های کامپوزیت

تعمیر به روش سنتی	تقویت با لایه های کامپوزیت	اجایگزینی ۱۶ کیلومتر لوله
۵۰۰۰ دلار	۵۰۰۰ دلار	بهای مواد اولیه
۱۲۰۰۰ دلار	۵۰۰۰ دلار	هزینه کارگر
۱۹۰۰۰ دلار	۰ دلار	گاز به هدر رفته
۲۰۰۰۰ دلار	۷۰۰۰ دلار	هزینه های جانبی
۵۱۵۰۰ دلار	۱۲۵۰۰ دلار	مجموع هزینه های تعمیر
	۳۵۸۰۰ دلار	میزان صرفه جویی در روش استفاده از لایه های کامپوزیت
	۸۰۰ Psig	فشار کاری نسبی لوله

➤ کاربرهای لوله کامپوزیت

- ✓ انتقال سیالات توسط نیروی ثقلی و فشاری
- ✓ تحمل فشارهای بسیار زیاد در صنایع نفتی
- ✓ دارا بودن ویژگی الکتریکی مناسب
- ✓ ابرسانی ، انتقال فاضلاب ، ضایعات خورنده
- ✓ انتقال نفت خام ، آب شور ، گاز طبیعی با فشار بالا

ج: انواع لوله بامصالح



۱- لوله بتنی:

از این نوع لوله ها امروزه در فاضلاب شهری و کانالها و لوله انتقال آب و نیز چاه ها بکاربرده میشود و همانطور که از نام شان پیداست از موادسیمان شن و ماسه و مشتقات دیگری بسته بکاربرد آن درمثل موادجلوگیری کننده ای که برای از بین نرفتن لوله بدان می افزایند و گاهی دراندازه های بزرگ بعلت افزایش قطر لوله آن رابالوله های فولادی مسلح میکنند تا مقاومت آنها به هر تنش فشاری محفوظ گردد و مانع آسیب دیدن لوله گردد.



۲- لوله آزیستی

این نوع لوله ها از الیاف ازبست و سایر مواد ضد خوردنده و سیمانی تولید شده و امروزه از این لوله ها بعلت سرطان زا بودن الیاف ازبست کم تولید میشود تنها کاربرد آن در لوله های دودکش موتور خانه ها که در اندازه های مشخص و محدود بصورت مستطیلی شکل تولید میشود. واز

● ۳- لوله سفالی: از این لوله های بیشتر در زهکشها کاربرد برده میشود

جنس انواع کانال

کانال کشی؛ مجرای عبور و انتقال هوا میباشد و معمولاً از ورق فلزی گالوانیزه و یا فایبرگلاس با ضخامتهای متفاوت ساخته میشود. ضخامت ورق فلزی با GAGE بیان میشود. GAGE ورق فلزی کانال هوا معمولاً ۲۲ تا ۲۶ است و هرچه این عدد بزرگتر باشد، ورق فلزی نازکتر است. برحسب نوع کاربرد؛ جنس کانال ممکن است از انواع زیر باشد

- ورق فلزی گالوانیزه پوشیده شده با عایق برای کاهش تبادل گرما.
- ورق فلزی گالوانیزه از داخل عایق شده برای کاهش تبادل گرما و کاهش سر و صدا.
- پشم شیشه (Fiberglass) یا فایبربورد (Fiberboard) برای کاهش تبادل گرما و کاهش سر و صدا.
- فولاد ضدزنگ.
- آهن سیاه.
- آلومینیوم.
- آلومینیوم قابل انحاء (Aluminium flex).
- پلاستیک پوشیده شده با عایق با مفتول قابل انحاء.
- پیویسی.
- پلاستیک.
- رزین.

در جدولی که در صفحه بعدی همین فصل خواهد آمد افت فشار کانالهای گالوانیزه داده شده است. در صورتی که کانال از مصالحی غیر از گالوانیزه ساخته شده باشد، ابتدا باید مقدار افت فشار را از همان جدول به دست آورده و سپس در ضریب تصحیح که از جدول زیر بدست میآید ضرب نماییم

ضریب تصحیح	مصالح
1	کانال گالوانیزه
35/1	کانال فایبرگلاس
42/1-08/1	کانال عایق از داخل
85/1	کانال پلاستیک قابل انحاء کاملاً کشیده (extended)
65/3	کانال پلاستیک قابل انحاء، ده درصد فشرده شده

فصل پنجم:

روغن ها (روانکارها)

➤ تعاریف اولیه روانکاری

- روانکاری یعنی چه؟
 - روانکاری یا "Tribology" به عنوان علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس با یکدیگر تعریف شده است. روانکاری یعنی کاهش اصطکاک بین دو سطح با استفاده از یک ماده روانکار.
- ۲- روانکار چیست؟
 - ماده ای جامد، نیمه جامد، مایع و یا گاز است که برای کاهش اصطکاک بین دو سطح در بین آنها قرار می گیرد و مهمتريت مثال آن روغنهای روانکار است.
- ۳- روغنهای روانکار چه نوع روغنی هستند و چه مشخصاتی دارند؟
 - ✓ روغن های روانساز به طور عمده داراي منشاء نفتی هستند و عمده ترین روانکار مورد استفاده در صنایع هستند.
 - ✓ ویژگی های مورد انتظار از روغن های مناسب برای روانکاری به شرح زیر هستند:
 - ✓ داراي گرانشی مناسب و ضریب اصطکاک بسیار کم باشند.
 - ✓ در مقابل حرارت مقاوم باشند و اکسیده نشوند.
 - ✓ خاصیت پاککنندگی مناسب داشته باشند و پس از کار مداوم، تحت تاثیر حرارت زیاد، تشکیل مواد لجنی و رسوبات در لابه لای قطعات ندهند.
 - ✓ داراي شاخص گرانشی بالا باشند.
 - ✓ با ایجاد لایه نازکی از روغن بر روی سطوح متحرکی که با یکدیگر در تماس هستند، از ساییدگی و فرسودگی آنها جلوگیری نمایند.
 - ✓ در حین عملیات ایجاد کف ننمایند.
 - ✓ زنگزدگی و خوردگی بر روی قطعات فلزی ایجاد نکنند.
 - ✓ با قطعات لاستیکی و پلاستیکی سازگاری کامل داشته باشند.
- ۴- تفاوت بین روغن های معدنی و سینتتیک در چیست؟

روغن های پایه معدنی (یا نفتی) از پالایش برش روغنی (Lub cut) در پالایشگاه روغن به دست می آیند و در ساخت قسمت عمده روغن های موتور و صنعتی به کار می روند. ولی روغن های سینتتیک محصول فرایند پتروشیمی هستند و معمولاً دارای شاخص گرانشی بالاتری نسبت به روغن های معدنی هستند، همچنین این روغن ها مقاومت اکسیداسیون بالاتری نسبت به روغن های معدنی داشته و به این دلیل زمان کارکرد طولانی تری نسبت به روغن های معدنی دارند. در ضمن این روغن ها به دلیل شاخص گرانشی بالایی که دارند می توانند در محدوده دمایی وسیعتری مورد استفاده قرار گیرند.

نکته: با وجود اینکه روغن های سینتتیک قیمت بالاتری نسبت به روغن های معدنی دارند ولی در عمل به دلیل زمان کارکرد بسیار طولانی تر این روغن ها، از نظر اقتصادی نیز سود آور هستند.

• ۵- گرانشی (Viscosity) یعنی چه؟

مقاومتی که روغن نسبت به جاری شدن به علت اصطکاک داخلی مولکول های آن از خود نشان می دهد، گرانشی (ویسکوزیته) نامیده می شود. گرانشی روغن با تغییر دمای روغن، تغییر می کند و هرچه روغن گرمتر شود، گرانشی آن کمتر می گردد. از این رو همواره باید گرانشی روغن همراه با دمایی که گرانشی در آن اندازه گیری شده، قید گردد. گرانشی روغن معمولاً در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد اندازه گیری می شود.

• ۶- آیا شاخص گرانشی (Viscosity Index) بیانگر کیفیت روغن است؟

شاخص گرانشی (VI) نشانگر میزان تغییرات گرانشی نسبت به تغییرات دما است. هرچه رقم شاخص گرانشی روغنی بزرگتر باشد، در اثر تغییر دما گرانشی روغن کمتر تغییر می کند و برعکس. با توجه به مطلوب بودن محدودیت تغییرات گرانشی در عموم سیستمها می توان گفت این مشخصه می تواند بیانگر کیفیت روغن باشد.

• ۷- نقطه ریزش (Pour Point) یعنی چه؟

پائین ترین دمایی که روغن در آن دما هنوز می تواند جاری شود را نقطه ریزش نامند.

• ۸- نقطه اشتعال (Flash Point) یعنی چه؟

نقطه اشتعال، پائین ترین دمایی است که در آن، روغن به اندازه کافی به بخار تبدیل می شود و با هوا یک مخلوط قابل اشتعال می سازد، به طوری که با نزدیک کردن شعله آتش، روغن در یک لحظه مشتعل و سپس خاموش گردد. این آزمون برای اندازه گیری میزان آتش گیری و فرار بودن روغن صورت می گیرد.

• ۹- چرا به روغن مواد افزودنی اضافه می کنیم؟

چون روغن پایه که از پالایش نفت خام بدست می آید، هنوز ویژگی های لازم برای استفاده در موتور خودروهایی مدرن و ماشین آلات صنعتی را به طور کامل دارا نیست، موادی به آن افزوده می شود تا در روغن مقاومت لازم برای شرایط سنگین کار، حرارت و فشار زیاد موتور، به طور بهینه ایجاد شود

➤ مهم ترین موادی که به منظور تامین ویژگی های مناسب به روغن پایه افزوده می شوند، عبارتند از:

- ✓ پاک کننده ها و معلق کننده ها Dispersants & Detergents
- ✓ بهبود دهنده شاخص گرانیوی VI-Improvers
- ✓ مواد ضد اکسیداسیون Anti-Oxidants
- ✓ مواد ضد سائیدگی Anti-Wear
- ✓ مواد ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی Anti Rust & Oxidation
- ✓ مواد پایین آورنده نقطه ریزش Pour Point Depressants

دسته بندی انواع روغنها:

❖ اول: روغن کمپرسورهای تبریدی

هدف از روغن کاری خوب محافظت از قطعات متحرک و گازبندی قطعات می باشد و برای رسیدن به این منظور روغن مورد استفاده باید با میرد و اجزای سیستم از نظر شیمیایی سازگاری داشته و به خوبی به آن مخلوط شود و کمترین میزان حلالیت را داشته باشد. در داخل سیلندر یک کمپرسور رفت برگشتی لایه روغن در قسمت های مکش تحت تاثیر درجه حرارت پایین و در قسمت های نزدیک سرسیلندر تحت تاثیر درجه حرارت های تقریباً بالا قرار دارد. از آنجایی که گرانیوی روغن با تغییر درجه حرارت تغییر می کند، در نتیجه در نزدیکی های قسمت مکش روغن دارای گرانیوی بیشتری نسبت به قسمت نزدیک سرسیلندر می باشد. در هر حال روی کلیه سطوحی که کار می کنند باید یک لایه نازک روغن پاشیده شود. این عمل به وسیله ی رینگ های پیستون صورت می گیرد در کمپرسورهایی که فاقد رینگ هستند این عمل به وسیله پیستون صورت می گیرد. روغن باید سریعاً در تمام قسمت ها پخش شود. برای این منظور گرانیوی روغن نباید خیلی زیاد باشد و از طرف دیگر اگر گرانیوی خیلی پایین باشد نمی تواند لایه مناسبی را روی قطعات مختلف تشکیل دهد در نتیجه نمی تواند سطوح قطعات را در برابر سایش حفاظت کند

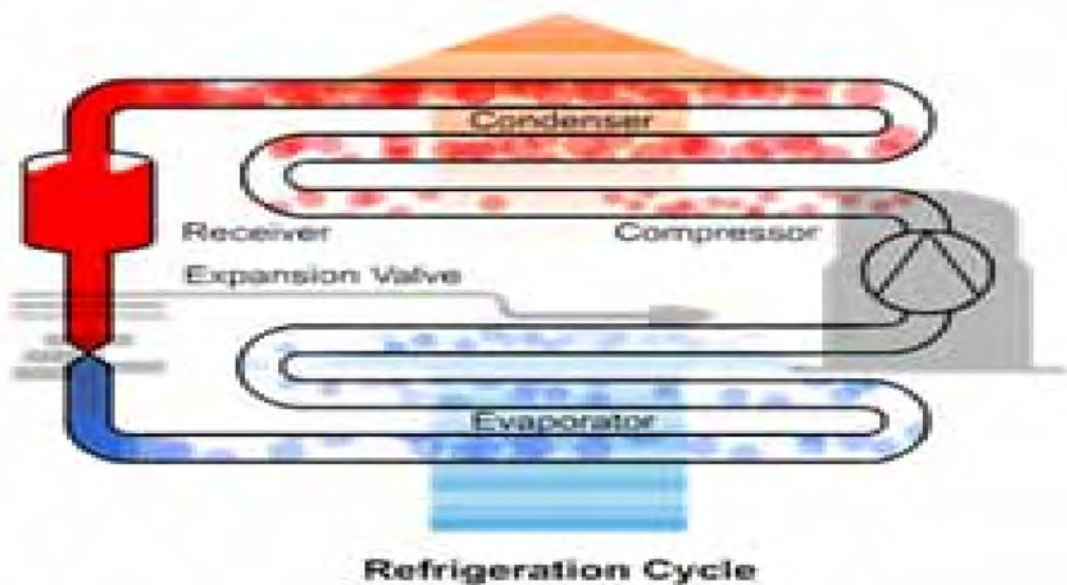
پرسش: آیا دمای نقطه ریزش در یک روغن کمپرسور تبریدی باید از دمایی که کمپرسور ایجاد می کند کمتر باشد؟

در روغن های کمپرسور خصوصیتی به نام نقطه توده شدن (Floc Point) اهمیت بسیار مهمی دارد. این نقطه بالاترین دمایی است که در مجاورت سیال تبریدی در روغن مواد مومی موجود در آن به حالت جامد در می آید و ظاهر روغن را راکد می کنند. پایین بودن نقطه توده شدن مشخصه مطلوبی برای روانکارهای سیستم برودتی است. این مشخصه با نقطه ریزش (Pour Point) (پائین ترین دمایی که در آن روغن هنوز جاری است) متفاوت است. در واقع نقطه توده شدن از نقطه ریزش بالاتر است.

حال با دانستن مفهوم این دو مشخصه می توانیم در انتخاب روغن کمپرسور تبریدی دقت کنیم.

در انتخاب روغن کمپرسور باید دقت شود که نقطه توده شدن روغن از دمایی که توسط کمپرسور ایجاد می شود کمتر باشد، تا در حین کار به دلیل اختلاط روغن با سیال تبریدی، مواد مومی بصورت جامد در نیایند. چرا که این اتفاق باعث وارد شدن خسارت به

کمپرسور و توقف کار می شود. نتیجه دمای نقطه ریزش در یک روغن کمپرسور از دمایی که کمپرسور ایجاد می کند کمتر است.



➤ روغن کمپرسور

کمپرسور وسیله ای است که انرژی مکانیکی را به تراکمی برای تامین گاز یا هوای فشرده تبدیل میکند.

❖ کمپرسورها بطور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

- کمپرسورهای دوار Rotating
- کمپرسورهای رفت و برگشتی

این دو دسته نیز خود به انواع گوناگون تقسیم بندی می شوند که در این مقاله به آنها پرداخته نمی شود.

❖ نوع دیگری از تقسیم بندی کمپرسورها بر اساس گاز مورد تراکم است که آنها را به سه دسته زیر تقسیم بندی می کند:

- کمپرسورهای هوا
- کمپرسورهای گاز
- کمپرسورهای سرد

کمپرسورها در صنایع مختلف بخصوص صنایع پتروشیمی و گاز بطور گسترده ای کاربرد دارند. در واقع کمپرسورها در این صنایع جریان اصلی خط تولید را بطور مداوم حفظ می کنند و اهمیت بسیار بالایی برای این صنایع دارند. از این رو نگهداری این تجهیزات در شرایط مطلوب و کارایی مناسب در درجه اهمیت بالایی قرار دارند.

یکی از موارد بسیار مهم در کمپرسورها استفاده از روغن کمپرسور مناسب در آنها است. روغن کمپرسور نیز مانند روغن های دیگر از دو بخش اصلی روغن پایه و مواد افزودنی تشکیل شده است که روانکاری، خنک کاری، آب بندی و جلوگیری از خوردگی و سایش از مهمترین وظایف عمومی این روغن ها به شمار می روند.

با توجه به تنوع زیاد کمپرسورها، تعریف سطوح کیفیت روغن برای تمامی آنها در یک استاندارد امکان پذیر نیست ولی معروف ترین سطح کیفیت تعریف شده برای کمپرسورهای رفت و برگشتی بر اساس استاندارد DIN 51506 به شکل زیر است

VB , VBL , VC , VCL , VDL

خصوصیات این سطوح کیفیت با طراحی روغن های کمپرسور جدید به ترتیب از چپ به راست بهبود پیدا کرده اند.

❖ این سه خصوصیت عبارتند از:

✓ مقدار مواد ضد اکسیداسیون.

- ✓ تمایل به تولید کک و مواد صمغی.
- ✓ کیفیت روغن پایه

برای انتخاب روغن مناسبی که بتواند این وظایف را در یک کمپرسور انجام دهد به چند عامل باید توجه کرد.

۱- نوع کمپرسور: انواع مختلف کمپرسور شرایط کارکرد متفاوتی با هم دارند در نتیجه تاثیر آنها بر خواص روغن نیز یکسان نخواهد بود.

۲- نوع عملکرد کمپرسور: به شرایط کاری کمپرسور بستگی دارد.

۳- نوع گاز مورد تراکم: گازهای مختلف می توانند بر روی روغن تاثیر گذار باشند. از اینرو انتخاب روغن سازگار با گاز مورد استفاده در کمپرسور اهمیت بسیار بالایی دارند و در صورتیکه این نکته رعایت نشود امکان بروز مشکلات بسیار جدی برای روغن و کمپرسور و در نتیجه خسارت سنگین به کاخانه وجود دارد. این موضوع بطور ویژه در کمپرسورهای تبریدی که با گازهای سرد کننده مختلفی کار میکنند مورد توجه قرار می گیرد.

۴- توصیه سازنده:

این موضوع در انتخاب روغن یکی از مهمترین مسایل به شمار می رود.

بطور کلی در صنعت ، برای کمپرسورها از روغن هایی با تنوع بسیار بالا استفاده می شود، که می توان از روغن های کمپرسور ، موتور ، توربین و روغن های کمپرسور تبریدی نام برد. روغن های نامبرده هرکدام بنا به ویژگی های خاصی که دارند می توانند در برخی از انواع کمپرسورها کارایی داشته باشند و نیازهای روانکاری آنها را تامین کنند.

روغن های مربوط به کمپرسورهای سرد کننده به دلیل نوع خاص کاربرد و ویژگی گازهای سرد کننده در دمای کارکرد آنها ، با روغن های کمپرسورهای دیگر اختلاف قابل توجهی دارند. که در فرستی دیگر به آنها خواهیم پرداخت.

➤ در طبقه بندی روغنها ما دو نوع روغن داریم:

- ۱- روغن معدنی ۲-روغن مصنوعی (پلی استر) مهمترین روغنهایی که در بازار موجود است GS & 4GS ، از نوع روغنهای معدنی می باشند. روغنهای مصنوعی شدیداً "جاذب رطوبت هستند و گازهای سازگار با آنها R134-R407 میباشد. روغنهای مصنوعی بدلیل دارا بودن الکل قابلیت شستشو دارند و در هنگام کار با آنها حتماً به این نکته توجه داشته باشید که این روغنها زیاد نباید در مجاورت هوا قرار گیرند زیرا خاصیت و حالت خود را از دست میدهند.

روغن کمپرسور در سیستم های تبرید - روغن سری GS

TYPICAL DATA			
SUNISO 5GS	SUNISO 4GS	SUNISO 3GS	Property
0.921	0.915	0.909	g/cm ³ 15°C Density
L1.0	L1.0	L0.5	ASTM Color
94.6	54.9	29.5	mm ² /s 40°C Viscosity
7.78	5.97	4.31	mm ² /s 100°C Viscosity
208	188	178	C° COC Flash Point
27.5-	35-	40-	C° Pour Point
0.01	0.01	0.01	mgKOH/g Total Acid No.
80.4	79.8	75.4	C° Aniline Point
20	20	20	ppm Water
35-	46-	53-	C° Floc Point

For the after-market and service field, Suniso GS Oils are available in 200L Drum and 20L Pail Can. Special package of Carton Case (4L Can x 6) is also available.

.Suniso is a trademark of Sonneborn Inc

روغن های GS- 4GS-5GS³ روغن هایی هستند که جهت میردهای خانواده HCFC مانند R12- R22 و ... کاربرد دارند و از نوع روغن های معدنی می باشند. همانگونه که در جدول فوق مشخص می باشد تفاوت عمده در ویسکوزیته این روغن های می باشد. روغن مناسب چیلرهای تهویه مطبوع GS³ می باشد.

➤ **خواص روغنهای تبرید**

- -روغن خیلی رقیق بین سطوح لغزنده باقی نمانده و فیلم روغن تشکیل نشده و سبب سایش قطعات می شود.
- نقطه ی ریزش آن پایین باشد تا در تمام قسمت های سیستم جریان یابد.
- روغن با اغلب میردها مخلوط شده و رقیق می شود و می تواند به سادگی به همراه روغن سیکل تبرید را طی کرده و به البته روغن با بعضی از میردها مانند آمونیاک مخلوط نمی شود و حتی در خروج از کمپرسور رقیق. کمپرسور برگردد نیست و به راحتی نمی تواند همراه میرد سیکل را طی کرده و به کمپرسور بازگردد و لذا در خروج از کمپرسور به منظور برگرداندن روغن به کمپرسور تله ی روغن نصب می شود.
- در دمای پایین موم کمتر از خود باقی بگذارد و تا حد امکان در هنگام تماس با سطوح سرد تولید موم نکند.
- حد امکان در هنگام تماس با سطوح داغ تولید کربن نکند. زیرا روغن های معدنی به وسیله ی گرما تجزیه می شوند و یک لایه کربن نرم و سبک باقی می گذارند و اگر چه اثر تخریبی ندارند ولی یک نوع آلودگی به حساب می آید که مطلوب نمی باشد.
- روغن تبرید رطوبت نداشته باشد زیرا تماس رطوبت و روغن با سطح قسمت پر فشار کمپرسور سبب ایجاد لجن و اسید می شود. که لجن می تواند مجرای روغن در کمپرسور را مسدود کند و اسید سطوح داخلی را سایید و در کمپرسور بسته به سیم پیچ موتور آسیب برساند.
- لیتری ۲۰، لیتری و بشکه ای نگهداری می شود و در 4 لازم به یادآوری است که روغن تبرید در ظروف سربسته ی مخزن روغن میرد هیچ وقت باز نماند تا با جذب رطوبت هوا غیر قابل استفاده در سیستم نشود.
-
-
-
- **تشخیص روغن سالم شامل موارد و توضیحات زیر می شود:**

- **1-بوی روغن**
- اگر از روغن داخل سیستم برودتی به هنگام باز شدن بوی نامطبوع به مشام برسد باید روغن تعویض گردد.
- **2-رنگ روغن**
- ✓ نمونه ای از روغن داخل سیستم را در ظرف شیشه ای بی رنگ ریخته اگر رنگ روغن روشن متمایل به قهوه ای باشد روغن سالم و اگر رنگ آن تیره باشد روغن باید تعویض گردد.
- ✓ **روغن کمپرسورهای تبرید**

پرسش: آیا دمای نقطه ریزش در یک روغن کمپرسور تبریدی باید از دمایی که کمپرسور ایجاد می کند کمتر باشد؟

اهمیت بسیار مهمی دارد. این نقطه بالاترین (Floc Point) در روغن های کمپرسور خصوصیتی به نام نقطه توده شدن دمایی است که در مجاورت سیال تبریدی در روغن مواد مومی موجود در آن به حالت جامد در می آیند و ظاهر روغن را راکد می کنند. پایین بودن نقطه توده شدن مشخصه مطلوبی برای روانکارهای سیستم برودتی است. این مشخصه با نقطه پایین ترین دمایی که در آن روغن هنوز جاری است) متفاوت است. در واقع نقطه توده شدن از نقطه (Pour Point) ریزش ریزش بالاتر است حال با دانستن مفهوم این دو مشخصه می توانیم در انتخاب روغن کمپرسور تبریدی دقت کنیم.

در انتخاب روغن کمپرسور باید دقت شود که نقطه توده شدن روغن از دمایی که توسط کمپرسور ایجاد می شود کمتر باشد، تا در حین کار به دلیل اختلاط روغن با سیال تبریدی، مواد مومی بصورت جامد در نیایند. چرا که این اتفاق باعث وارد شدن خسارت به کمپرسور و توقف کار می شود نتیجه دمای نقطه ریزش در یک روغن کمپرسور از دمایی که کمپرسور ایجاد می کند کمتر است

➤ روانکارهای رایج:

۱- روغن های معدنی (برای انواع HCFC, CFC)

۲- الکیل بنزنها (انواع HCFC)

۳- پلی استرها/ (برای انواع HCFC, HFC و مبردهای مخاوط PLAN)

برای میردهای هالوکربنی از روانکارهای معدنی چه از نوع نفتی و چه پارافینی و روانکارهای سنتتیک و استروگلیکول استفاده میشود. برای بهبودخواص روانکاری یا ایجادخواص جدید در آن موادی اضافه میشود. این افزودنی همامم توانند ترکیبات قطبی پلیمرها یا ترکیبات حاوی عناصر فعال مانند گورد و فسفر باشند. روانکارهای سنتتیک مانند پلی الکیلن گلیکول (PAG) معمولاً در سیستمهای R-134a (مثل خودرو) استفاده میشود. پلی الفاولیفن ها (PAO) اغلب بعنوان روغن غیر قابل اختلاط در سیستمهای امونیک استفاده میشوند نقطه ریزش پایین برای این روغن الزامی است پائین ترین دمایی که روغن در آن دما هنوز می تواند جاری شود را نقطه ریزش نامند. پلی استرها (POE) در میردهای HFC در تمام انواع کمپرسور ها بکار برده میشود

❖ شاخصه های سنجش روغن تبرید

- ✓ **گرانروی** : گرانروی یا لزجت سیال در واقع مقاومتی است که سیال در مقابل جریان یافتن از خود نشان می دهد. روغن تبرید به واسطه جریان یافتن در کل چرخه تبرید و مواجه شدن با شرایط متغییر دما و فشار موجود در سیکل ، دامنه تغییرات گرانروی هم افزایش خواهد یافت.
- ✓ **توان دی الکتریک** : شاخصی از مقاومت روغن در مقابل عبور جریان الکتریسیته است که بر حسب کیلو ولت مشخص می گردد. توان دی الکتریک روغن با نسبت ناخالصی های آن نظیر ذرات ریز فلزی ، رسوبات جامانده از فعل و انفعالات شیمیایی و ... نسبت عکس دارد. هر چه مقدار ناخالصی های موجود در روغن بیشتر باشد ، توان دی الکتریک آن کاهش می یابد.
- ✓ **کربن دار شدن** : در کمپرسور های تبرید ، سوپاپ های تخلیه کمپرسور دارای بیشترین دما می باشد . در این قسمت به دلیل دمای بالا بیشترین احتمال تجزیه شدن کربن وجود دارد . خواص کربنی شدن یک میرد را می توان به وسیله اندازه گیری مقدار کربن کنرادسون تعیین کرد. هر چه مقدار کربن کنرادون کمتر باشد باقیمانده کربن هم کمتر خواهد بود. در صورت تشکیل لایه های کربنی بر روی سوپاپ های خروجی کمپرسور ، آب بندی آن از بین رفته و همیشه مقداری میرد متراکم شده به زیر سوپاپ ها نشت خواهد کرد.
- ✓ **نقطه سیلان** : درجه حرارتی که در آن روغن از جریان باز می ایستد را نقطه سیلان می گویند . نقطه سیلان یک روغن با توجه به دمای کارکرد او اپراتور سیستم انتخاب می گردد.
- ✓ **نقطه اشتعال** ، نقطه شعله موقت : نقطه شعله موقت درجه حرارتی است که در آن دما ، روغن تبخیر شده و بخارهای حاصل از این تبخیر باعث درخشش شعله بالای ظرف روپاز می شود. درجه حرارتی که روغن شروع به احتراق کند را نقطه اشتعال می گویند. نقطه اشتعال و یا نقطه شعله موقت با تغییر گرانروی تغییر می کنند . روغنهایی که دارای گرانروی بالایی هستند ، نقطه اشتعال و نقطه شعله موقت بالایی دارند. نقطه اشتعال و نقطه شعله موقت کمی بالاتر از بالاترین درجه حرارت موجود سیکل تبرید انتخاب شود.

منبع : روغنهای تبرید صنعتی ، تألیف حسن رضایی ، انتشارات مهزبان

تعویض روغن کمپرسور های برودتی

جهت تعویض روغن باید به تابلو کمپرسور دقت کرد که روغن مخصوص به آن کمپرسور استفاده شود ولی در کل روغن کمپرسور های بیتزر 4gs و کمپرسور های کولپند 3gs می باشد.

روغن کمپرسور های برودتی هر چند وقت یکبار بدلیل کثیفی یا آلوده شدن باید عوض شود جهت این کار باید مراحل زیر را به ترتیب انجام داد:

- ۱ - ابتدا شیر مکش و رانش کمپرسور را بسته و گاز داخل کمپرسور را تخلیه می کنیم.
- ۲ - برق هیتر گرم کن روغن را قطع کرده تا هنگام تخلیه روغن ، هیتر نسوزد.
- ۳ - پس از تخلیه کامل گاز، درب تخلیه روغن را که در پایین ترین قسمت کمپرسور قرار دارد باز کرده و روغن معیوب را در یک ظرف تخلیه می کنیم.
- ۴ - در مقابل درب تخلیه روغن یک فنر و یک فیلتر توری فلزی وجود دارد که باید حتما با یک محلول مثل نفت شستشو شده و کملا خشک شوند . در صورت کثیف بودن این فیلتر فشار روغن افت می کند و روغن کاری کمپرسور به خوبی انجام نمی شود.
- ۵ - توری فلزی ، فنر و درب تخلیه را به ترتیب همان گونه که باز کردیم می بندیم و پیچی که مخصوصه تزریق روغن می باشد را باز می کنیم.
- ۶ - روغن را توسط قیف مخصوص تا اندازه استاندارد که دو سوم شیشه نمایشگر است می ریزیم. (معمولا یک برچسب که اندازه روغن را مشخص می کند کنار این شیشه متصل شده)
- ۷ - حال باید تمام مغزی هایی که باز کردیم را بسته و کمپرسور را وکیوم کنیم اما اگر وکیوم در دسترس نبود می توان قبل از بستن مغزی ورودی روغن، کمی شیر مکش کمپرسور را باز کرده تا کمی گاز از قسمت ورودی روغن خارج شود که هوایی در محفظه کمپرسور باقی نماند.
- ۸ - درب پوش را بسته شیر های کمپرسور را باز می کنیم و پس از تست درب پوش هایی که باز کردیم سیستم آماده روشن شدن می باشد.

❖ دوم: معرفی انواع روغن هیدرولیک



➤ -دسته بندی روغن هیدرولیک

روغن هیدرولیک همچون روغن های دیگر از اختلاط "روغن پایه" و مواد افزودنی تولید می شود. که می تواند با توجه به نوع روغن پایه و مواد افزودنی ، کاربرد های مختلفی در سیستم های گوناگون داشته باشد. روغن هیدرولیک را می توان بر مصرف ترین روغن صنعتی نامید، و از اینرو با توجه به مصرف بالا و کاربردهای متنوع و شرایط کاری گوناگون ، این روغن نیز از تنوع بالایی برخوردار است. در واقع روغن هیدرولیک در یک سیستم نقش انتقال دهنده انرژی را بازی می کند و در صورتی که این روغن دچار مشکل شود ، این وظیفه بخوبی انجام نشده و سیستم با اختلال یا توقف در کارکرد روبرو می گردد.

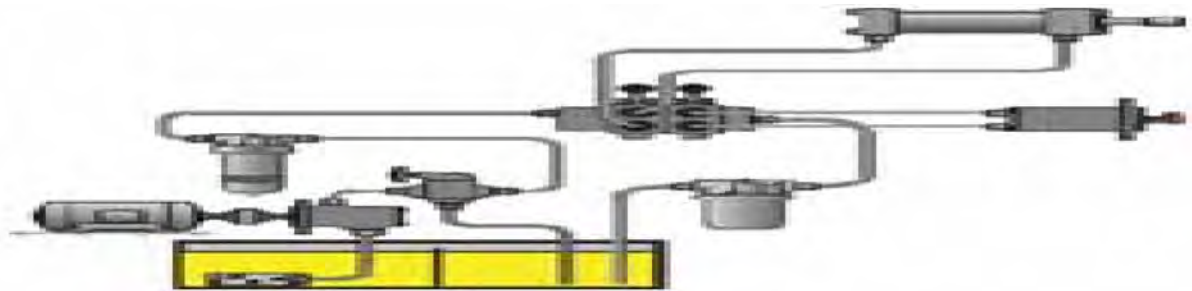
➤ بطور کلی روغن های هیدرولیک بر اساس استاندارد ISO 6743 به سطوح کیفیت زیر تقسیم بندی می شوند:

- HH: روغن پایه معدنی بدون مواد افزودنی. این اولین نسل از روغن های هیدرولیک بود.
- HL: با اضافه کردن مواد افزودنی ضدزنگ و ضد اکسیداسیون نسل جدیدی از این روغن ها بوجود آمد که به این گروه روغن های گردش نیز گفته می شود.
- HM: با اضافه کردن مواد افزودنی ضد سایش به روغن های HL روغن های هیدرولیک جدید تولید شد که در حال حاضر بر مصرف ترین روغن های هیدرولیک هستند.
- HV: با بالا بردن شاخص گرانروی روغن های هیدرولیک HM ، این سطح کیفیت بدست آمد، که برای کارکرد در محدوده دمایی وسیع مناسبند.
- HG: این روغن ها که به روغن هیدرولیک ماشین ابزار معروفند، با خاصیت چسبندگی که دارد ، در سیستم های کشویی رفت و برگشتی از سیستم به بیرون پرتاب نمی شوند.

این تقسیم بندی سطوح کیفیت یکی از معروف ترین طبقه بندی روغن های هیدرولیک است . ولی استانداردهای دیگر نیز در روغن های هیدرولیک تعریف شده اند که می توان استانداردهای زیر را نام برد:

... ,DIN 51524, Cetop RP 91 H, Afnor NFE, Cincinati Milacron

کلی وظایفی که از یک روغن هیدرولیک انتظار می رود ، روانکاری، انتقال نیرو، کاهش اصطکاک و سایش، محافظت از زنگ زدگی اجزاء سیستم و سازگاری با تمام اجزاء سیستم است



دسته دیگر از روغن های هیدرولیک هستند که به روغن سیالات هیدرولیک ضد آتش معروف هستند. البته این بدین معنی نیست که این سیالات در مجاورت با آتش شعله ور نمی شوند، بلکه آنها در مجاورت با آتش دیرتر شعله ور شده و در برابر انتشار شعله مقاومت می کنند. این دسته از روغن ها معمولاً در مکان هایی که احتمال آتش سوزی زیاد است (مانند درب کوره های ذوب فلزات) مورد استفاده قرار می گیرند.

این روغن ها نیز به چهار دسته اصلی تقسیم می شوند:

- HFA : امولسیون های روغن در آب
- HFB: امولسیون آب در روغن
- HFC: سیالات آب گلیکول
- HFD: مایعات سینتتیک

نکته آنچه در کار کردن با روغن های هیدرولیک باید در نظر داشت این است که روغن های هیدرولیک مانند "روغن های توربین" به شدت به آلودگی هایی که وارد آنها می شوند حساس هستند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها در اثر آلودگی و ایجاد شرایط سخت کاری برای روغن دچار مشکل خواهد شد. همچنین در هنگام انتخاب روغن برای سیستم هیدرولیک، با استفاده از مشاوره کارشناسان روانکاری، روغن مناسبی را انتخاب کنید و با رعایت موارد و نکات کاربردی برای مصرف، تعویض، سرریز و از همه مهمتر مراقبت وضعیت (CM) روغن، به افزایش عمر آن و سلامت تجهیزات کمک کنید و در نهایت بتوانیم به نتیجه مطلوب کاهش هزینه های روانکاری دست پیدا کنید.

❖ سوم- روغن توربین چیست؟

روغن توربین یک روانکار از دسته روغن های گردش است که باید دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ویژه ای برای انجام وظایف مورد نظر در توربین باشد. این وظایف عبارتند از:

- ✓ روانکاری یاتاقان ها، چرخ دنده ها و کوپلینگ ها.
- ✓ انتقال حرارت و خنک کاری در یاتاقان ها.
- ✓ عملکرد مناسب هیدرولیکی.
- ✓ محافظت از زنگ زدگی و سایش.

برای انجام این وظایف در توربین، روغن توربین باید دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه ای باشد تا بتواند برای مدت طولانی در شرایط مناسب در توربین کار کند. این خصوصیات عبارتند از:

- ✓ جلوگیری از اکسیداسیون.
- ✓ جلوگیری از خوردگی و سایش.
- ✓ جدابیری از آب و هوا.
- ✓ جلوگیری از کف کردن.

برای تامین این خصوصیات سازندگان روغن با استفاده از روغن پایه مناسب و مواد افزودنی ویژه روغن توربین را تولید می کنند.

در ترکیب روغن توربین، حداکثر ۳٪ از مواد افزودنی استفاده می شود، این امر نشان می دهد که تامین بخش عمده ای از خصوصیات این روغن بر عهده روغن پایه است و مواد افزودنی تقویت کننده خصوصیات روغن پایه هستند. به همین منظور سازندگان روغن برای انتخاب روغن پایه مورد استفاده در روغن توربین دقت زیادی به عمل می آورند.

حال ببینیم زمان کارکرد روغن توربین چقدر است؟

آنچه در مقاله زمان کارکرد روغن هیدرولیک چقدر است؟ گفته شد در مورد روغن های توربین نیز صدق می کند. ولی در توربین ها به دلیل اهمیت و حساسیت کار، دقت بیشتری از طرف سازندگان توربین به مسایل مربوط به روغن و شرایط نگهداری آن شده است.

سازندگان توربین بر اساس نوع توربین (گاز، بخار، آب) شرایط خاصی را برای نگهداری روغن توربین در نظر می گیرند، برای مثال در روغن مورد استفاده در توربین های بخار و آب خاصیت جدابیری از آب در درجه اهمیت بالایی قرار دارد، در حالی که در توربین های گاز این خاصیت در اولویت قرار ندارد. ولی خصوصیتی مانند عدد اسیدی در تمام توربین ها اهمیت دارند و سازندگان برای توربین های تولیدی خود حدود مشخصی را برای این مشخصه تعریف می کنند.

در هر صورت بهترین کار برای نگهداری از روغن توربین استفاده از توصیه سازندگان توربین و مشاوره متخصصین روانکاری در برنامه CM است.

نکته بسیار مهم در کارکرد با روغن توربین رعایت مواردی است که متخصصین روانکاری برای جلوگیری از آلودگی روغن توربین به مصرف کننده ارایه می دهند. چرا که بارها دیده شده که به دلیل عدم رعایت این موارد علاوه بر از بین رفتن روغن، آسیب های جدی نیز به یاتاقان های توربین وارد شده که برطرف کردن آن نیاز به وقت و هزینه زیادی داشته است

❖ چهارم: روغن موتور



کار روغن موتور چیست:

وظایف اصلی روغن موتور؛ روان سازی قسمتهای متحرک موتور، به حداقل رساندن اصطکاک و فرسایش، کمک به کاهش حرارت و به خود گرفتن کثافات، ذرات معلق و رسوبات لجنی حاصل از احتراق می باشد. بدلیل اینکه روغن موتور باید این چند کار پیچیده را به طور همزمان انجام دهد، یک فرمولاسیون شیمیایی پیچیده را می طلبد، اما شما برای آنکه بدانید روغن موتور چگونه عمل می کند، چگونه رده بندی می شود و چگونه باید نوع صحیح آنرا برای خودرویتان برگزینید، نیاز به شیمیدان و یا مهندس شیمی بودن، ندارید. کافی است با انواع مختلف روغن موتور، رده بندیهای آن و علائم و اختصاراتی که برای آن استفاده می شود، آشنا باشید.

انواع روغنهای موتور خودروها به ۳ نوع کلی تقسیم می شوند:

- ✓ الف: مینرال (ارگانیک)
- ✓ ب: سنتتیک
- ✓ ج: نیمه سنتتیک (Premium)

الف مینرال:

روغنی است که بر پایه نفت خام ساخته می شود و همان روغنی است که سالهاست در خودروها بکار برده می شود و همه ما با آن آشنایی داریم.

ب - سنتتیک:

روغنی است که از ترکیبات شیمیایی یا پولیمراسیون هیدروکربنها (Olefins) تولید می شود و نه با تصفیه نفت خام، این نوع روغن، اولین بار برای موتورهای جت بکار گرفته شد که بدلیل مزایایی که این نوع روغن نسبت به نوع مینرال داراست در سالیان اخیر مصرف آن در خودروها نیز فزونی یافته است. روغنهای سنتتیک انواع مختلف با مواد تشکیل دهنده متفاوتی دارند که این امر آنها را از لحاظ کیفیت و نوع مصرف نیز با یکدیگر متمایز می سازد، از بین صدها نوع روغن سنتتیک با فرمولاسیون های مختلف که هر یک محاسن و معایبی را نیز دارا هستند، نوعی که بر پایه Polyalphaolefins یا به اختصار (PAO) ساخته می شود و مقادیر کمی هم Ester در خود دارد، دارای کارایی و مقبولیت بیشتری است.

➤ از مزیت های اکثر روغن های سنتتیک می توان موارد زیر را ذکر کرد:

- ✓ کاهش مصرف روغن بدلیل عمر بیشتر روغن
- ✓ غیر خوردنده و غیر سمی بودن
- ✓ تبخیر شوندگی پایین
- ✓ دمای سوختن بالا
- ✓ مقاومت در برابر اکسیداسیون بالا
- ✓ دارا بودن شاخص ویسکوزیته بالا به صورت طبیعی (عکس العمل سریع در مقابل تغییرات دما)
- ✓ کاهش مصرف سوخت تا ۲/۴ درصد
- ✓ نقطه روان شدن پایین
- ✓ قابلیت استفاده از روغنهای با گستره ویسکوزیته زیاد بدون نگرانی از شکست پلیمرها (در ادامه توضیح داده خواهد شد)

عیب این نوع روغن‌ها نیز : قیمت بالای آنها و عدم تطابق کامل با موتورهای با تکنولوژی قدیمی است.

ج - نیمه سنتتیک :

مخلوطی است از روغن سنتتیک و مینرال (ارگانیک) ، این نوع روغن کیفیت روغنهای سنتتیک را ندارد اما در شرایط سخت ؛ نظیر دماهای بالا و یا بار زیاد عملکرد بهتری نسبت به نوع مینرال دار است و بیشتر برای وانتها و SUV ها مصرف می شود و قیمت آن نیز کمی بیشتر از مینرالهاست.

برای آگاهی از اینکه کدامیک از روغنهای فوق برای خودروی شما مناسب است ، بهترین منبع و مأخذ دفترچه راهنمای خودرو یا برجسبهای داخل محفظه موتور می باشد (در صورتیکه نوع روغن مشخص نشده ، معنای آن استفاده از همان نوع قدیمی مینرال است). استفاده از روغن مینرال یا نیمه سنتتیک برای موتوری که تنها استفاده از روغن سنتتیک در آن توصیه شده ، می تواند برای موتور خطر آفرین باشد ، اما در مقابل استفاده از روغنهای سنتتیک یا نیمه سنتتیک برای موتورهایی که برای استفاده از نوع مینرال طراحی شده اند (موتورهای قدیمی) با تمهیدات خاصی ، از نظر تولید کنندگان روغنهای سنتتیک بلا مانع است. اما بسیاری از متخصصین بدلائل زیر این کار را نیز اشتباه و مضر می دانند :

۱- هر یک از انواع مختلف روغنهای سنتتیک با توجه به فرمول شیمیایی ، قابلیت تطابق با برخی انواع لاستیکها و الاستومرها را نداشته و در نتیجه اگر از روغن سنتتیکی با فرمول خاصی برای موتوری با واشرها و درزبندهایی که با آن فرمول روغن سازگار نباشد ، استفاده شود باعث نشستی روغن و مسائلی از این قبیل خواهد شد (روغنهای مینرال باعث تورم واشرها و جلوگیری از نشستی آنها می شوند ، اما روغنهای سنتتیک در مورد برخی انواع واشرها دارای این خاصیت نیستند و حتی برخی از آنها ، باعث خورده شدن برخی انواع واشرها ، می شوند) در این راستا حتی استفاده از روغن سنتتیک با مواد تشکیل دهنده ای متفاوت از آنچه در دفترچه راهنمای خودرو درج شده ، برای خودروهایی که با این نوع روغن کار می کنند نیز می تواند خطر ساز باشد ، چه رسد به استفاده از این نوع روغن در موتورهایی که بر پایه استفاده از روغن مینرال طراحی شده اند ، بعنوان مثال روغن سنتتیک بر پایه Polyglycol با پلی استرها ، پلی کربنیکها ، ABS ، پلی ونیل کلرینها ، Polyphenylene Oxide (همگی پلاستیک هستند) و Buna S ، بوتیل ، Neoprene و لاستیک طبیعی (همگی الاستومر هستند) سازگاری خوبی ندارد و یا روغن سنتتیک بر پایه PAO نیز که اکثر روغنهای سنتتیک موجود در بازار بر این پایه هستند (بدلیل شباهت زیاد به خواص روغنهای مینرال) با لاستیک طبیعی ، EPDM ، بوتیل و Buna S که همگی الاستومر هستند ، سازگاری ضعیفی دارد ، لیست برخی از انواع روغنهای سنتتیک و قابلیت تطابقشان با انواع الاستومرها و لاستیکها ، همچنین حلالیت هر کدام در افزودنیها و لجن موتور به همراه خواص و عدد VI (در ادامه بررسی خواهد شد)

۲- روغنهای سنتتیک در مقایسه با روغنهای مینرال با لایه نازک تری بر روی قطعات موتور می نشینند (به همین خاطر فاصله قطعات ثابت و متحرک موتور هایی که با روغن سنتتیک کار می کنند کمتر می باشد) از اینرو استفاده از این نوع روغن برای موتورهایی که با تکنولوژی قدیمی مینرال طراحی شده اند ، باعث نشستی پیستون خواهد شد. البته این مورد از طرف سازندگان روغنهای سنتتیک با دلایل قابل قبولی رد می شود ، اما در عمل این مشکل ، در باره خودروهای قدیمی دیده شده.

به هر روی در صورتی که سالهاست از روغن مینرال استفاده می کنید و خودرویتان دارای تکنولوژی قدیمی است ، از استفاده از این نوع روغنها بپرهیزید ، اما در صورتیکه دارای خودرویی با تکنولوژی نسبتاً جدید هستید و از بی خطر بودن تعویض روغن از مینرال به سنتتیک یا نیمه سنتتیک اطمینان دارید ، از نوعی که بر پایه PAO ساخته شده استفاده نموده و این موضوع را نیز از یاد نبرید که با تعویض روغن از مینرال به سنتتیک باعث می شوید رسوبات پخته شده روغنهای مینرال از روی قطعات موتور کنده شده و در موتور غوطه ور گشته و پس از مدتی موتور را از کار بیندازد ، به همین خاطر قبل از این تعویض باید موتور را یا به طور کامل رسوب زدایی نموده و یا اینکه از روغنهای فلاشینگ (Flush Oil) استفاده نمایید (این نوع روغن فقط مخصوص تمیز کردن موتور می باشد) به این ترتیب که روغن مینرال را بدون تعویض فیلتر تخلیه کرده و روغن فلاشینگ را جایگزین نموده و اجازه دهید موتور به مدت ۲۰ دقیقه درجا کار کند ، پس از آن میتوانید روغن فلاشینگ را تخلیه کرده ، فیلتر را تعویض نموده و روغن سنتتیک یا نیمه سنتتیک را جایگزین نمایید.

چند نکته : • روغنهای نیمه سنتتیک ، همانگونه که ذکر شد مخلوطی هستند از روغن مینرال و سنتتیک و می توانند همان مشکلات روغن سنتتیک را برای موتورهای ساخته شده برای روغنهای مینرال پدید آورند.

• در خودروهایی که استفاده از روغن سنتتیک در آنها توصیه شده ، حتماً از نوع مشخص شده استفاده نمایید و در صورتیکه به جهت قرارداد شرکت تولید کننده با شرکت نفتی خاصی ، تنها نام روغن مربوطه در دفترچه راهنما ذکر شده و از توضیح بیشتر

در مورد آن خودداری شده ، و بر روی ظرف آن روغن هم توضیحی درباره نوع مواد تشکیل دهنده ، داده نشده ، تنها از همان نوع روغن استفاده نمایند.

• در صورتی که به تعویض نوع روغن از مینرال به سنتتیک در خودروی خود اصرار دارید ، نوعی که اکثر روغنهای سنتتیک موجود در بازار را شامل می شود ، یعنی PAO را ، انتخاب نمایید ، چرا که بیش از دیگر انواع روغنهای سنتتیک به نوع مینرال شبیه است. /

➤ ویسکوزیته روغنها:

ویسکوزیته یا گرانیروی روغنها با ویسکوزیته های مختلف برای شرایط آب و هوایی مختلف تولید می شوند ، استفاده از روغن با ویسکوزیته بالا در زمستان ؛ روانکاری موتور را تا زمان گرم شدن به تاخیر انداخته و در این مدت روغن به تمامی قسمتهای موتور نخواهد رسید ، همچنین استفاده از روغن با ویسکوزیته پایین در تابستان نیز باعث سایش قطعات موتور می گردد. پس انتخاب ویسکوزیته مناسب برای روغن موتور یک خودرو ، کاملاً تابع شرایط آب و هوایی است ، که البته اخیراً وجود روغنهای چهار فصل (Multi Grade) یا همان چند ویسکوزیته ، نیاز به تغییر روغن ، به نسبت تغییر فصل یا شرایط آب و هوایی را تا حدودی بر طرف نموده است ، اما استفاده از تنها یک نوع روغن چهار فصل از نوع مینرال برای تمامی فصول نیز با توجه به دلایلی که در ادامه توضیح داده خواهد شد ، پیشنهاد نمی شود

انجمن مهندسیین خودرو (SAE) برای راحتی کار ، میزان ویسکوزیته روغنها را بوسیله یکسری اعداد ، طبقه بندی نموده. این طبقه بندی برای روغن موتور بین ۰ تا ۶۰ می باشد. روغن های تابستانی که در دماهای بالا از غلظت کافی برخوردار هستند ، اعداد ویسکوزیته ای در حد ۳۰ تا ۶۰ داشته (هر چه هوا گرمتر باشد ، باید از روغن با عدد ویسکوزیته بالاتر استفاده شود) و روغن موتور های زمستانی که در دماهای پایین برآحتی جریان می یابند ، اعداد ویسکوزیته ای ما بین ۰ تا ۲۵ را دارا هستند (هر چه هوا سردتر باشد ، باید از روغن با عدد ویسکوزیته پایین تر استفاده شود). برای تشخیص راحت تر عامه بعد از عدد ویسکوزیته روغنهای زمستانی حرف W درج می گردد که مخفف Winter می باشد ، همچنین بدلیل آنکه این طبقه بندی توسط Society of Automotive Engineers ابداع شده ، همیشه قبل از درج عدد ویسکوزیته مخفف نام این انجمن (SAE) نیز نوشته میشود.

روغنهایی که تنها دارای یک ویسکوزیته می باشند ، تک ویسکوزیته نام دارند ، اما روغنهایی که در سالهای اخیر با کمک علم شیمی و با افزودن پلیمر به روغن پایه تولید می شوند ، توانایی داشتن ویسکوزیته های مختلف در دماهای مختلف را دارا هستند ، این امر باعث می شود روغن در تمامی شرایط آب و هوایی از غلظت لازم برخوردار باشد ، که این امر علاوه بر افزایش عمر موتور ، تا حدی باعث کاهش مصرف سوخت نیز خواهد شد ، از همین رو روغنهای تک ویسکوزیته در حال از رده خارج شدن می باشند و تنها کاربرد این نوع روغنها در مورد خودروهای سواری ، برای موتور خودروهای Race می باشد که دارای Heater یا گرم کن روغن می باشند.

کد SAE در روغنهای چهار فصل به صورت دو جزئی است ، که عدد اول که به همراه حرف W می باشد ، مربوط به پایین ترین ویسکوزیته آن روغن و عدد دوم معرف بالاترین ویسکوزیته آن روغن است.

اما همانطور که ذکر شد ، روغنهای چند ویسکوزیته بواسطه افزودن پلیمر به روغن ساخته می شوند ، این پلیمرها به روغن اجازه می دهند تا در دماهای مختلف ویسکوزیته های مختلفی داشته باشد ، در هوای سرد پلیمرها در خود جمع شده و باعث جریان یافتن راحت تر روغن می گردند و در گرما نیز پلیمرها شروع به باز شدن به صورت زنجیره های بلند نموده و روغن غلیظ می گردد ، اما این افزایش و کاهش ویسکوزیته تنها تا حد مشخص شده برای همان روغن است ، مثلاً یک روغن W-30۱۰ روغنی است با ویسکوزیته ۱۰ که در زمان گرم شدن ویسکوزتر از ۳۰ خواهد شد ؛ یعنی اگر مثلاً این روغن در دمای ۱۰۰ درجه به ویسکوزیته ۳۰ برسد ، در دماهای بالاتر نیز ویسکوزیته ای بیش از ۳۰ پیدا نخواهد کرد ، که این امر بواسطه مقدار پلیمر افزوده شده برای دستیابی به عدد حداکثر ۳۰ برای روغن W-30۱۰ می باشد.

آنچه که باید در استفاده از این نوع روغنها بخصوص در مناطق سردسیر مد نظر قرار گیرد ، انتخاب روغن با کمترین فاصله ویسکوزیته است ؛ بدین معنا که در زمستان با توجه به کمترین دمای منطقه سکونتتان و در تابستان با توجه به گرمترین دما ، روغن مطلوب را انتخاب نمایید و از استفاده از روغنهایی که از دماهای بسیار بالا تا دماهای بسیار پایین را ساپورت می کنند ، بپرهیزید ، چرا که پلیمرهای موجود در این نوع روغنها بسیار زیاد می باشند و این پلیمرها پس از مدتی شکسته شده و با رسوبات موجود در روغن ترکیب می شوند ، که این امر می تواند باعث چسبیدن رینگ و یا مشکلاتی از این قبیل شود (ضرر استفاده از این روغنها در موتورهای دیزلی بیشتر است) ، روغنهای ۵ W-50 ، 5W-40 ، 5W-30 و W-40۱۰ با گستره ۲۵ تا ۴۵ تایی

از این قبیل روغنها هستند (روغنهاي سنتتیک و نیمه سنتتیک از این قاعده مستثني هستند). شاید بگویید روغن W-50۲۰ نیز روغنی است با گستره ۳۰ تایی ، مشابه W-40۱۰ ، اما چنین نیست ، چرا که W-50۲۰ از پایه سنگین تر ۲۰ شروع می شود و برای ویسکوز شدن و رسیدن به عدد ۵۰ نیاز به پلیمر بسیار کمتری دارد تا روغن W-40۱۰ که دارای پایه ۱۰ می باشد و باید توانایی رسیدن به عدد ۴۰ را دارا باشد. از اینرو ، روغنهاي W-40۱۰ مینرال توسط کمتر خودروسازی توصیه می شود و حتی برخی کارخانجات استفاده از آنها مساوي با خارج شدن خودرو از گارانتی می دانند. پس تا آنجا که ممکن است در مورد روغنهاي مینرال سعی کنید به نسبت شرایط آب و هوایی محل سکونتتان ، فاصله کمتری را بین دو عدد SAE انتخاب نموده و این را بدانید که هر چه ویسکوزیته زمستانی عدد کمتری باشد ، برای ویسکوز شدن و رسیدن به اعداد ویسکوزیته بالاتر نیاز به پلیمر بیشتری داشته و پلیمر زیاد نیز برای موتور خودروی شما مضر است. با توجه به شرایط آب و هوایی اکثر نقاط ایران ، در بین روغنهاي موجود در کشور (از نظر ویسکوزیته) روغنهاي W-50۲۰ برای دماهاي بین ۱۰- تا ۴۰+ و W-50۲۵ برای دماهاي بین ۵- تا ۴۰+ دارای عملکرد مناسبی می باشند. (روغنهاي W-50۲۵ و W-50۲۰ در گرمای تابستان دارای شرایط یکسانی هستند و فقط در شرایط سرد ، بین ۱۰- و حدود ۵- ، W-50۲۰ بهتر جریان می یابد اما W-50۲۵ دارای پلیمر کمتری است). البته بنا به دلایل بالا روغن W-40۲۰ برای زمستان انتخاب مناسب تری است ، اما متأسفانه این نوع روغن در کشورمان کمتر یافت می شود.

همچنین در صورتیکه در نقاط سردسیر کشور ، مانند آذربایجان یا چهار محال و بختیاری زندگی می کنید (دماهاي زیر ۱۰- درجه سانتیگراد) و ناچار به استفاده از روغنهاي با پایه زمستانی ۱۰ یا ۵ هستید ، حتما سعی کنید از روغنهاي چند ویسکوزیته ای استفاده نمایید که عدد دومشان بیشتر از ۳۰ نباشد.

مواد ضدکف Anti-Foam بطور کلی روغن ها از دو جزء اصلی تشکیل می شوند:

۱- روغن پایه-۲- ماده افزودنی

➤ روغن پایه:

○ روغن پایه ماده ای است که از پالایش نفت خام بدست می آید. در زیر مراحل تولید روغن پایه را شرح می دهم.

پس از پالایش نفت خام طی مراحل زیر:

۱- تقطیر اتمسفریک-۲- تقطیر در خلاء-۳- برج روغن

➤ بطور کلی دسته بندی روغن های پایه به شرح زیر است:

Group	Viscosity Index	Saturates , wt%	Sulfur , wt%
Group I	۱۱۹ - ۸۰	۹۰ >	۰.۰۳ <
Group II	۱۱۹ - ۸۰	۹۰ ≤	۰.۰۳ ≥
Group III	min ۱۲۰	۹۰ ≤	۰.۰۳ ≥
Group IV			ALL POLY ALPHA OLEFIN PAO
Group V			ALL Base Stocks Not Included in Group I to IV

ترتیب افزایش کیفیت : API Group IV > Group III > Group II > Group I

➤ بخش دوم ماده افزودنی است: روغن پایه ای که از پالایش نفت خام بدست آمده ، ویژگی های لازم برای استفاده

در صنعت و یا خودرو را بطور کامل ندارد، از اینرو موادی به آن افزوده می شود تا بتوان ویژگی های مورد نیاز برای استفاده های خاص در صنعت و موتور را دارا شود به این منظور به روغن های پایه مواد افزودنی اضافه می شود که بهبود دهنده مشخصات مختلف روغن ها برای کاربردهای مورد نظر باشند. برخی از این مواد به قرار زیرند:

✓ ۱- بهبود دهنده شاخص گرانروی- ۲- ضد اکسیداسیون- ۳- ضد سایش- ۴- پایین آورنده نقطه ریزش- ۵- ضد خوردگی و ضد زنگ زدگی- ۶- ضد کف- ۷- پاک کننده و معلق کنند

منبع : <http://lubrication.blogfa.com>

فصل ششم:

مبردها

ماده مبرد در واقع همان سیال عامل مورد استفاده در سیستم های تهویه مطبوع، سیستم های تبرید و پمپ های حرارتی است که به واسطه فرآیند هایی مانند تبخیر یا تقطیر، گرما را از منطقه ای مانند فضای داخل ساختمان دریافت و آن را به منطقه ای دیگر مانند فضای خارج ساختمان منتقل می کنند. در هر دو نوع سیستم های تبرید جذبی و سیستم های تبرید تراکمی، ماده مبرد دچار تغییر فاز می شود. اما در سیستم هایی که با استفاده از سیالاتی مانند هوا و بر مبنای چرخه گازی کار می کنند، اساساً با تغییر فاز مبرد سروکار نخواهیم داشت.

❖ ۱-مبردهای اصلی

تعریف: تبرید، تحول دفع حرارت از اجسام یا فضاست و سیالهایی که در سیستم تبرید برای دفع حرارت و تولید سرما مورد استفاده قرار می گیرند مبرد نامیده می شوند. مبردهای اصلی، آنهایی هستند که به وسیله ی جذب دمایی نهفته، عمل تبرید را انجام می دهند. به طور مثال، فریون ۱۱، ۱۲، و ۲۲ و یا آمونیاک که جزو مبردهای اصلی به شمار می آیند. این مبردها، دما را از طریق عمل تبخیر در دما و فشار پائین جذب کرده و توسط عمل تقطیر در دما و فشار بالاتر دفع می کنند.

• خواص مبردهای اصلی

برای اینکه یک مبرد؛ مؤثر و کارآمد باشد، می بایستی دارای خواص زیر باشد؛

الف - خواص ترمودینامیکی

- ✓ ۱- **حرارت نهفته ی تبخیر:** حرارت نهفته ی تبخیر مبرد می بایستی تا حد امکان بالا باشد زیرا بالا بودن حرارت نهفته ی تبخیر باعث می شود که مقدار کمی از مبرد، مقدار زیادی از حرارت را جذب کند و به همین دلیل از لحاظ اقتصادی بصره می باشد.
- ✓ ۲- **دما و فشار بحرانی:** هر گاز یا بخار، دمایی حداکثری دارد که در آن دما، تقطیر به مایع می شود و در بالای این دما، بدون توجه به فشاری که بر آن وارد می آید، به صورت گاز باقی می ماند. بر همین اساس، دمایی بحرانی یک مبرد می بایستی بیشتر از دمایی تقطیر آن باشد. هنگامی که دمایی بحرانی پائین باشد، اتلاف بازده به دلیل داغ کردن بخار مبرد در تراکم و انبساط مایع در مرحله ی انبساط، زیادتیر خواهد بود. اگر فشار بحرانی یک مبرد پائین باشد، امکان تقطیر بخار در کندانسور وجود ندارد. بر همین اساس، مبرد می بایستی از فشار بحرانی نسبتاً بالایی برخوردار باشد.
- ✓ ۳- **دمای جوش:** مهمترین خاصیت ترمودینامیکی یک مبرد، دمایی جوش طبیعی آن است که در واقع، اکثر دیگر خصوصیت های ترمودینامیکی، به آن بستگی دارند. دمایی جوش مبرد می بایستی در فشار اتمسفر پائین باشد تا نیازی به ایجاد خلاء یا فشار کمتر از فشار اتمسفر نباشد.
- ✓ ۴- **دمای انجماد:** روشن است که مبرد می بایستی دارای دمایی انجمادی زیر دمایی کارکرد در سیستم باشد. این خاصیت ترمودینامیکی از نقطه نظر کارکرد در دمایی پائین مورد نظر می باشد. نقطه ی انجماد اکثر مبردها (به جز آب) نسبتاً پائین است. آب، فقط در سیستمی که در بالای صفر درجه ی سانتیگراد کار می کند، مورد استفاده قرار می گیرد.
- ✓ ۵- **گرمایی ویژه مبرد مایع:** این گرما می بایستی تا حد امکان پائین باشد تا مقدار بخاری که در مرحله ی انبساط درون شیر انبساط به وجود می آید، حداقل باشد و به این وسیله قدرت تبرید مبرد بیشتر و ظرفیت تبرید آن بهتر شود.
- ✓ ۶- **فشار کندانسور و تبخیرکننده:** به منظور جلوگیری از نشر هوا و رطوبت از خارج، فشار کندانسور و تبخیرکننده می بایستی بالای فشار اتمسفر باشد. البته این دو فشار نمی بایستی زیاد بالا باشد زیرا این امر باعث نیاز به کمپرسور، کندانسور و تبخیرکننده ی بزرگتر و سنگین می شود که در نتیجه، قیمت اولیه ی سیستم را افزایش خواهند داد. اختلاف فشار کندانسور و تبخیرکننده باید تا حد امکان حداقل باشد تا از نشر مبرد در اتصالات لوله جلوگیری شود. همچنین، ضریب تراکم (نسبت فشار در کندانسور به فشار در تبخیرکننده) می بایستی کم باشد تا از نشر مبرد در

پیستون کمپرسور جلوگیری شود. نشر خلاء، افزایش هزینه ی عملکرد سیستم را به همراه دارد و رطوبت در بیشتر میردها و نیز روغن تأثیرات ضایع کننده ای در اجزاء سیستم تبرید دارد.

✓ ۷ - **حجم میرد بخار مکش در هر تن تبرید:** حجم میرد بخار مکش در هر تن تبرید تعیین کننده ی نوع کمپرسور مورد نیاز برای سیستم تبرید بوده و مقدار آن نشان دهنده ی اندازه ی کمپرسور است. این مقدار، عموماً می بایستی تا حد امکان کم باشد تا اندازه ی کمپرسور نیز کوچک باشد.

✓ ۸ - **ضریب عملکرد:** شاید بتوان گفت این ضریب از مهمترین عوامل در تعیین میردها بشمار می آید و کارایی يك ماشین تبرید را نمایان می سازد که خود در واقع اثر تبرید (سرمای مفید) بر کار انجام شده است. ضریب عملکرد، نشان دهنده ی هزینه ی کارکرد يك سیستم تبرید بوده و هرچه مقدار آن بالاتر باشد، هزینه ی کارکرد کمتر خواهد بود، البته حداکثر مقدار آن برای میردها، مقدار چرخه ی کارنو (که ایده آل است) محدود می باشد.

ب - خواص فیزیکی

مهمترین خواص فیزیکی يك میرد خوب عبارتند از:

✓ ۱ - خصوصیات انتقال حرارت يك میرد تأثیر عمده ای بر ضریب هدایت حرارت و ویسکوسیته آن دارد. بر همین اساس، میرد خوب می بایستی لز ضریب هدایت حرارت بالایی برخوردار باشد تا انتقال حرارت در تبخیرکننده و کندانسور سرعت انجام گیرد و در نتیجه، طول لوله ها کوتاهتر و اقتصادی شود. همچنین ویسکوسیته میرد می بایستی تا حد امکان کم باشد تا افت فشار کم شده و اصطکاک و مقاومت نیز به هنگام حرکت میرد کمتر باشد.

✓ ۲ - قابلیت نشر میرد می بایستی بسیار اندک بوده و در صورت نشر، تشخیص محل آن ساده باشد. به طور مثال، نشر آمونیاک به سادگی از بوی آن تشخیص داده می شود در صورتی که این مسئله در مورد فریونها به دلیل بی بو بودن آن صدق نمی کند.

✓ ۳ - شدت مقاومت الکتریکی از دیگر عوامل مهم فیزیکی به شمار می آید. این عامل به ویژه در کمپرسورهای بسته یا هرمیتیک که موتور الکتریکی در معرض میرد بخار در تبخیرکننده می باشد، بسیار مهم است. میرد نباید تأثیری در عایق داشته باشد و همچنین شدت مقاومت الکتریکی نیز نمی بایستی تعدیل یابد.

پ : خواص شیمیایی و ایمنی

مهمترین خواص شیمیایی و ایمنی يك میرد کارساز، عبارتند از:

✓ ۱ - میرد می بایستی چه در حالت خالص و چه در حالت ترکیب با خلاء، سمی نباشد.

✓ ۲ - میرد می بایستی غیر قابل اشتعال و انفجار باشد. آمونیاک، در ترکیبی با هوا قابل انفجار است اما فریونها فاقد قابلیت اشتعال و انفجار می باشد.

✓ ۳ - میرد می بایستی فاقد قابلیت ترکیب با مواد سازنده ی اجزاء سیستم تبرید باشد. به طور مثال میرد آمونیاک قابل ترکیب با مس بوده و به همین علت در ساخت سیستم تبرید آمونیاکی از آهن استفاده می شود.

✓ ۴ - میرد نباید تأثیرات منفی بر مواد غذایی داشته باشد. به طور مثال میرد آمونیاک مزه ی بعضی از مواد غذایی دارای رطوبت را از بین برده و ممکن است آنها را سمی کند.

✓ ۵ - قابلیت حل میرد در روغن که منجر به تغییر درجه ی غلظت روغن می شود، اهمیت ویژه ای دارد زیرا مشخص کننده ی مراحل است که می بایستی روغن کاری انجام گیرد. میردهایی مانند آمونیاک یا انیدرید کربنیک که قابل حل در روغن نیست، مشکلی ایجاد نمی کنند، زیرا روغن در خط خروجی کمپرسور، با نصب يك جداساز روغن از میرد جدا شده و به کمپرسور بازگشت داده می شود. مانند فریون ۱۱، ۱۲، و ۱۳ که کاملاً در روغن حل می شوند نیز پس از تبخیر در تبخیرکننده، به کمپرسور بازگشت داده می شود و روغنی که از میرد جدا شده است به وسیله نیروی ثقل و طراحی مناسب قطر لوله ی مکش، با کمک سرعت میرد به کمپرسور بازگردانیده می شود. در مورد برخی از میردها که تا اندازه ای در روغن حل می شوند، بازگشت روغن به کمپرسور با اشکال رو به رو خواهد بود. به طور مثال فریون ۵۰۲، ۲۲، و ۱۱۴، در دمای پائین که به غلظت و جنس روغن بستگی دارد، دو فاز مایع از روغن و میرد ایجاد می کنند که برگشت روغن به کمپرسور را با اشکالاتی رو به رو می سازد. برای رفع این اشکالات، از يك جداساز روغن کارآمد و یا روغنهای ترکیبی که قابلیت حل در میرد تا ۸۰- درجه ی سانتیگراد را دارند، استفاده می شود. در مورد فریون ۵۰۲ و ۲۲، می توان از تبخیرکننده های کوئل انبساط مستقیم استفاده کرد که در آن، مخلوط میرد و روغن به وسیله ی سرعت بخار مکش، به کمپرسور بازگردانده می شود. اگر از تبخیرکننده های مرطوب استفاده می شود، چون سرعت بخار مکش کم می باشد، روغن به خودی خود نمی تواند به کمپرسور بازگردانده شود. در چنین حالتی، روغن که در بالای بخار جمع شده است، به وسیله يك رابط از تبخیرکننده به کمپرسور انتقال داده می شود. در مورد آمونیاک و

فریون ۱۲، چون روغن سنگین تر از میرد می باشد، در پائین تبخیر کننده انباشته شده و می توان از آنجا به خارج کشیده شود.

- ✓ ۶ - میرد می بایستی از لحاظ شیمیایی ثابت بوده و در دمای کارکرد تجزیه نشود.
- ✓ ۷ - نفوذ رطوبت در سیستم های تیرید به ویژه آنهایی که زیر صفر کار می کنند، مسئله ای بسیار پر اهمیت است که به کلی می بایستی از بروز آن جلوگیری شود زیرا وجود رطوبت، باعث یخ زدن و انسداد شیر انبساط و لوله ی موئین شده و از حرکت میرد جلوگیری می کند همچنین وجود رطوبت باعث زنگ زدگی لوله ها، شیرها و دیگر ادوات شده و کیفیت روغن را نیز ضایع می کند.

ت : اقتصادی

به غیر از خواصی که برشمردیم، میردها می بایستی از لحاظ اقتصادی نیز به صرفه باشند. به طور مثال، میردهایی مانند هوا و آب، از لحاظ اقتصادی کاملاً به صرفه بوده، اما دارای محدودیتهایی دیگر می باشند. فراوانی میرد و امکانات دسترسی و تهیه ی آن نیز می بایستی در نظر گرفته شود. همچنین ذخیره سازی و حمل و نقل میرد نیز اهمیت ویژه ای دارد زیرا حمل و نقل میردهای قابل اشتعال، نیازمند احتیاط فوق العاده است. به طور کلی، عامل قیمت فقط به تغذیه اولیه میرد مربوط می شود که درمقایسه با قیمت کل سیستم و هزینه ی نصب آن، بسیار ناچیز است. بهای مقدار نثر میرد اهمیت خاصی ندارد. در واحدهای تبرید کوچک که تغذیه اولیه میرد ناچیز می باشد، قیمت این عامل اهمیتی ندارد.

❖ ۲- میردهای فرعی

در برخی موارد کاربردی تبرید، به دلیل مسائل ایمنی و کاهش در مقدار میرد اصلی که در بهای تمام شده ی سیستم تأثیر خواهد داشت، از میردهای فرعی استفاده می شود. بطور مثال، میردهایی که اثرات سمی دارند، در تهویه ی مطبوع قابل استفاده نیستند. در سردخانه های بسیار بزرگ نیز که می بایستی مقدار زیادی میرد اصلی بکار رود و در نتیجه، کار با آنها ممکن است که اقتصادی نباشد، از میردهای فرعی برای سرمایه گذاری غیرمستقیم استفاده می شود.

➤ آب: به عنوان میرد فرعی، در تهویه ی مطبوع قابل استفاده بوده و برای موارد کاربردی دمایی پایین، از محلولهای آب نمک هایی مانند کلرور سدیم (NaCl)، کلرور کلسیم (CaCl₂)، کلرور منیزیم (MgCl₂)، استفاده میکنند که در انتها به آن می پردازیم.

🔧 مواد سرمازا و محیط زیست :

اُزن شکلی خاص از اکسیژن است که مولکولهای آن شامل ۳ اتم اکسیژن است (O₃) و مولکول اکسیژن که ما تنفس می کنیم دو اتم اکسیژن دارد. گاز اُزن در لایه های بالای جو زمین و در ۱۳ تا ۱۴ کیلومتری بالای سطح زمین قرار دارد که این لایه از رسیدن پرتوهای ماوراء بنفش خورشید به سطح زمین جلوگیری می کند. نور خورشید مولکول اُزن را شکسته و آن را به مولکول اکسیژن و یک اکسیژن آزاد تبدیل می کند. در همان زمان از طریق فتوسنتز و ترکیب مولکول اکسیژن با یک اکسیژن آزاد دیگر اُزن بیشتری تولید می شود، اُزن به طور دائمی ساخته شده و در لایه فوقانی جو تخریب می شود و این موازنه میلیون ها سال است که ادامه دارد. در بیست سال گذشته ترکیبات شیمیایی کلردار ساخت بشر این روند دقیق را از موازنه خارج کرده است. یک مولکول کلردار می تواند تعداد زیادی مولکول اُزن را از بین برده و باعث شود اشعه ماوراء بنفش بیشتری به زمین برسد و این شعه برای انسان ها، حیوانات و گیاهان خطرناک است و سبب افزایش سرطان پوست، افزایش آب مروراید در انسان ها و حیوانات، ضعف سیستم ایمنی انسان و کاهش زندگی گیاهی و دریایی می شود.

بر اساس توافقنامه مونترال کانادا، مواد شیمیایی دارای کلر و برم و حلالها (مانند مواد دمش فوم، حشره کشهای خاص، مواد اطفا حریق) طبق برنامه زمانبندی خاصی از رده ی مصرف خارج می شوند.

- ✓ پتانسیل افزایش گرمای زمین (GWP) قابل توجه است که تعدادی از میردها باعث افزایش دمای کره زمین می شوند که به آن ها گازهای گلخانه ای گفته می شود.
- ✓ ضریب ODP :

این ضریب توانایی میرد در تخریب اُزن را مشخص می کند و میردهای R-۱۱ و R-۱۲ با داشتن بالاترین اثر تخریبی لایه اُزن دارای ODP واحد بوده و سایر میردها نسبت به آن سنجیده می شوند و تمامی میردهایی که دارای ODP غیر صفر می باشد به تدریج باید از بازار مصرف خارج شوند.

مواد سرمازا :

اغلب مواد سرمازا، از دو مولکول متان و اتان ساخته شده اند. این دو مولکول شامل هیدروژن و کربن می باشند و به آن ها هیدروکربن خالص می گویند.

یک نمونه از گازهای خنک کننده که از متان یا اتان ساخته نشده است آمونیاک (NH_3) به شماره میرد R-717 است و شامل نیتروژن و هیدروژن بوده و مخرب لایه ازن نمی باشد.

هرگاه تعدادی از اتم های هیدروژن از ساختار مولکولی اتان یا متان برداشته شوند و کلر یا فلور یا هر دو جایگزین آن ها شوند مولکول های جدید ایجاد می شوند که به آن ها مواد سرمازای هالوکربنی گویند.

➤ در حال حاضر برای ایجاد سرما این مواد بیشترین مصرف را دارند، مواد سرمازای هالوکربنی به سه گروه تقسیم می شوند

۱- کلروفلوروکربن ها یا CFCها:

در آن ها به جای تمام اتم های هیدروژن کلر، با فلور یا هر دو جایگزین می شوند. مثل فریون ۱۱ و ۱۲..

۲- هیدروکلروفلوروکربن ها یا HCFCها:

به جای تعداد زیادی از اتم های هیدروژن کلر، فلور یا هر دو جایگزین می شوند. مثل فریون ۲۲

۳- هیدروفلوروکربن ها یا HFCها:

به جای تعدادی از اتم های هیدروژن فلور جایگزین می شوند. مثل فریون r-134a

➤ کلروفلوروکربن ها (CFC) :

شامل کلر، فلوروکربن می باشد این گازها وقتی به لایه فوقانی جو می رسند مولکول های آن ها تخریب نشده و در برخورد با جو پایدارند و توسط بادهای اتمسفری به لایه فوقانی جو می روند و در مقابل مولکول های ازن واکنش نشان داده و باعث تخریب آن می شوند.

هم چنین CFCها در گرمای کره زمین نقش دارند و از سال ۱۹۹۵ تولید آن منع شده است و در جدول زیر مواردی از آن ها آمده است.

فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	میرد شماره
CCl3F	تری کلروفلورومتان	R-۱۱
CCl2F2	دی کلرودی فلورومتان	R-۱۲
CCl2FCClF2	تری کلروتتری فلورواتان	R-۱۳
CClF2CClF2	دی کلروتترا فلورواتان	R-۱۴
CClF2CF3	کلروپنتا فلورواتان	R-۱۵

۱۱-R دی کلروفلورومتان (CCL3F) :

در فشار جو با دمای 23.9 سانتیگراد می جوشد در بعضی از خنک کننده های گریز از مرکز (کاربرد دارد) و هم چنین به عنوان حلال صنعتی برای تمیز کردن دستگاه ها استفاده می شد و چون در هر مولکول آن ۳ اتم کلر وجود دارد و لایه ازن را خیلی شدید تخریب می کند از مدت ها قبل استفاده از آن ممنوع شده است.

۱۲-R دی کلرودی فلورومتان (CCL2F2) :

در سال ۱۹۲۶ اولین بار مورد استفاده قرار گرفت. در فشار جو با دمای 30 سانتیگراد - به جوش می آید. ماده ای است بی رنگ، تقریباً بی بو، غیر سمی و غیر قابل اشتعال و خورنده نیست و رنگ کپسول آن سفید است. مقدار کمی آب در آن حل می شود. در تماس با شعله مستقیم تجزیه شده و بسیار سمی خواهد شد و در هر مولکول آن دو اتم کلر وجود دارد. اگرچه کمتر از R-۱۱ به لایه ازن صدمه می زند ولی باز هم تخریب آن زیاد بوده و مقدار و تولید آن متوقف شده است و مبرد R-134a جایگزین مناسبی برای آن می باشد. مقدار ODP آن بالای ۶۰ درصد میباشد

➤ هیدروکلروفلوروکربن ها (HCFC) :

مقدار کمی کلر دارند و به همین دلیل در اتمسفر ثبات کمتری داشته و قدرت تخریب ازن کمترین نسبت به CFC دارند و تعدادی از آن ها در جدول زیر آمده است.

فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	مبرد شماره
CHCLF2	کلرودی فلورومتان	R-۲۲
CHCl2CF3	دی کلروتری فلورواتان	R-۱۲۳
CHClFCF3	کلروتترا فلورواتان	R-۱۲۴
CH3CClF2	کلرودی فلورواتان	b142-R

۲۲-R منوکلرودی فلورومتان (CHCLF2) :

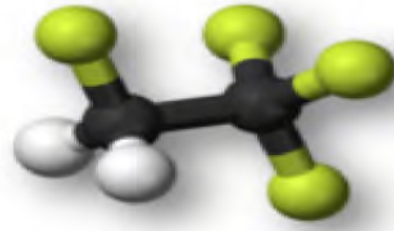
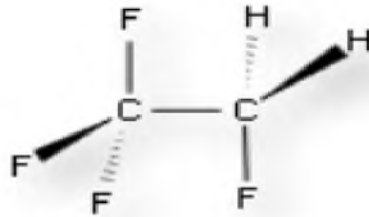
- ✓ ماده سمی است که پایدار، غیر سمی، بدون اثر اکسید کنندگی و غیر قابل اشتعال است.
- ✓ برای رسیدن به دمای پایین نیازی به کار کردن در فشار کمتر از جو نیست.
- ✓ حلالیت آن در آب ۳ برابر R-۱۲ می باشد و ضرورت استفاده از رطوبت گیر افزایش می یابد.
- ✓ نقطه جوش آن در فشار ۴۰ سانتیگراد/8 است و در دستگا های تونل های انجماد سریع قابل استفاده است.
- ✓ در دستگاه های تهویه مطبوع و در یخچال های خانگی استفاده می شود. رنگ کپسول آن سبز است.
- ✓ ظرفیت برودتی آن ۶۰٪ بیشتر از R-۱۲ است. پس کمپرسور کوچک تری مورد نیاز است.
- ✓ در دمای حدود 23 سانتیگراد - در روغن حل می شود. بنابراین در دمای پایین باید از جدا کننده روغن استفاده شود.
- ✓ اگرچه کمتر از R-۱۲ به لایه ازن آسیب می رساند مقدار ODP ۵ درصد میباشد اما خدمات پس از فروش آن رو به کاهش است و تا سال ۲۰۲۰ متوقف می شود.

در کمپرسورهای پیچی (screw) در دستگاه های با ظرفیت بیش از ۱۵۰ تن سرمایی از R-134a به جای R-۲۲ استفاده می شود. ضمناً R-134a برای سیستم های کوچکتر و در سیستم های تیرید منازل تا جایگزینی مبرد مناسب و مقرون به صرفه به جای R-۲۲ مورد استفاده قرار می گیرد. مبرد R-140A نیز جایگزین مناسبی برای R-۲۲ است.

➤ هیدروفلوروکربن ها (HFC) :

گروه سوم از گازها HFCها می باشد اتم کلر نداشته شامل هیدروژن، فلور و اتم های گاز می باشد. لایه ازن را تخریب نکرده و در افزایش دمای کره زمین نقش کمتری دارد و جانشین مناسبی برای CFC ها و HCFCها می باشد و تعدادی از آن در جدول زیر آمده است.

فرمول شیمیایی	نام شیمیایی	مبرد شماره
CHF2CF3	پنتا فلورو اتان	R-۱۲۵
CH2FCF3	تترا فلورو اتان	R- 134 a
CHF3	تری فلورومتان	R-۲۳
CH2F2	دی فلورومتان	R-۳۲
CH3CF3	تری فلورو اتان	R- 143 a
CH3CHF2	دی فلورو اتان	R-152 a -

مبرد R-134a تترافلورواتان :

با توجه به اثر تخریبی CFC ها و HCFC ها بر لایه ازن مبرد a134-R جانشین مناسبی تشخیص داده شد.

R-134 a به عنوان یک مبرد از خواص جانبی برخوردار است. زیرا قابلیت تخریب لایه ازن ODP در آن صفر بوده و هم چنین قابلیت گرم نمودن جو زمین GWP به شکل مستقیم در این ماده بسیار پایین است. یکی از شاخص هایی که استفاده از R-134 a محدود ساخته است این است که روغن های معمولی، با این ماده قابل اختلاط نیستند. اما روان کننده های جدیدی طراحی شده اند که به سیستم a134-R امکان می دهند تا با عمری طولانی و مؤثر کار کنند. دمای جوش مبرد R-134a سانتیگراد 26.15- است. بنابراین در دمای بالاتر آن فشار اوپراتور و کندانسور مثبت خواهد بود. این مبرد جانشین خوبی برای مبرد R-12 می باشد. ماده ای بی رنگ و بی بو است، در سیلندر ۱۳/۶ کیلوگرمی، ۲۲/۷ کیلوگرمی، ۵۷ کیلوگرمی و ... در دسترس می باشد.

: R-۴۰۷

یک مبرد ترکیبی است و مخلوطی از ۵۲ درصد R-134a و ۲۵ درصد R-125 و ۲۳ درصد R-32 می باشد. دارای نقطه جوش 5.46- سانتیگراد می باشد. اثر تخریبی بر لایه ازن ندارد و ضریب ODP آن صفر می باشد. جانشین مناسبی برای مبرد ۲۲ شناخته شده است.

(R۷۱۷- NH۳) آمونیاک:

در سال ۱۸۷۳ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت. تنها ماده ی سرمزایی است که از گروه هیدروکربن ها نمی باشد و در دستگاه های صنعتی، کارخانجات یخ سازی و بسته بندی به کار برده می شود و از ترکیب هیدروژن و ازت به دست می آید.

- گازی است بی رنگ تا اندازه ای قابل اشتعال.
- سمی است ولی نشت آن به علت بوی کاملاً مشخص و دود سفیدی که در مجاورت شمع گوگردی یا پودر گوگرد تولید می کند و به راحتی قابل تشخیص است.
- در مجاورت رطوبت مس و برنز را فاسد کرده و خورنده می باشد ولی روی فولاد تأثیر ندارد.
- به لایه ازن آسیبی وارد نمی سازد.
- نقطه جوش آن در فشار اتمسفر C33- می باشد.
- دارای دمای رانش بالایی است (حدود C100) و خنک کاری سر سیلندر با آب را مطلوب می سازد.

روش شماره گذاری مواد سرمازا :



روش جدید مشخص کردن مواد سرمازا در صنایع تبرید، شماره گذاری این مواد است. پیش حرف R که مخفف کلمه REFRIGERANT به معنای سرمازا است نوشته می شود. روش مشخص نمودن شماره ای توسط انجمن مهندسين تهويه، تبريد و حرارت مرکزی آمریکا متداول شده است عدد نشان دهنده ی میردیک عدد سه رقمی به صورت abc بعد از R (Refrigerant) می باشد و

❖ در مورد میرد پایه ی کربنی به روش زیر می توان از فرمود میرد استخراج نمود.

- a تعداد کربن ها در فرمول منهای یک $a = c - 1$
- b تعداد هیدروژن در فرمول به علاوه یک $b = Hc + 1$
- $c = F$

مثال : الف - شماره میرد CH₂F چه عددی است؟

H

H C H

H

$$c = a - 1 = 1 - 1 = 0$$

$$H = b + 1 = 4 + 1 = 5$$

$$F = c = 0 \quad \text{در نتیجه} \quad R - 50$$

ب - شماره میرد Cl₂CHF₂ را بنویسید.

F

F C H

Cl

$$c = a - 1 = 1 - 1 = 0$$

$$H = b + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$F = c = 2 \quad \text{در نتیجه} \quad R - 22$$

ج - کد میرد Cl₂CCl₂F₂ را بنویسید.

Cl

F C Cl

F

$$c = a - 1 = 1 - 1 = 0$$

$$H = b + 1 = 0 + 1 = 1 \dots\dots\dots$$

$$F = c = 2 \quad \text{بنابراین} \quad R - 12$$

د - شماره شناسایی میرد CH ، FCF را بنویسید.

$$c = a - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$H = b + 1 = 2 + 1 = 3$$

$$F = c = 4 \quad \text{بنابراین } 134 - R \quad \text{در نتیجه } a134 - R$$

❖ شماره گذاری میردهای پایه ی معدنی مانند آب، آمونیاک
 • شماره میرد یک عدد سه رقمی است که رقم اول آن ۷ و دو رقم بعدی جرم مولکولی آن هاست.

مثال : الف - شماره میرد (NH_3) آمونیاک را بنویسید.

$$1 = \text{جرم اتمی } H, 14 = \text{جرم اتمی } N$$

$$R = 717 \quad \text{در نتیجه } 17 = 14 + 3$$

ب) شماره میرد آب (O_2H) را بنویسید.

$$18 = 16 + 2 = \text{جرم مولکولی } O_2H$$

$$118 - R = 16 \quad 2 = 2 \quad 1 = 1 \quad \text{جرم مولکولی } O_2H$$

ج) شماره میرد انیدرید سولفورو (SO_2) را بنویسید.

$$32 = 16 \times 2 = \text{جرم مولکولی } SO_2, 32 = \text{جرم اتمی } S$$

$$\text{در نتیجه } 64 = 32 + 32 = \text{جرم مولکولی } SO_2$$

$$\text{در نتیجه } R = 647$$

مشخصات مواد سرمازا :

ها پایداری مولکولی آن ها می باشد که همین خاصیت نقطه ی HCFC ها و CFC یکی از مشخصات مثبت ضعف آن ها در جو می باشد. مولکول های این دو دسته از میردها پس از رها شدن در جو به دلیل پایداری به سختی با سایر مواد واکنش نشان می دهد که این امر موجب عمر طولانی آن ها در جو شده و اجازه صعود این مواد به لایه های فوقانی جو را داده و در آن جا بر اثر تابش امواج ساختار آن ها شکسته شده و کلر آزاد می شود، مولکول ازن هم بسیار فعال بوده و در مجاورت اتم کلر شکسته می شود. بنابراین یک اتم کلر می تواند منجر به نابودی هزاران مولکول ازن شود. این امر موجب رقیق شدن لایه ی ازن می شود.

سیالی که به عنوان ماده سرمازا مورد استفاده قرار می گیرد باید دارای کیفیات زیر باشد:

- 1-سمی نباشد.
- 2-قابل انفجار نباشد.
- 3-اکسید کننده نباشد.
- 4-قابل اشتعال نباشد.
- 5-در صورت نشست به سهولت قابل تشخیص باشد
- 6-محل نشست آن قابل تعیین باشد.

- 7- قادر به عمل کردن در فشار کم باشد (نقطه جوش پایین).
 - 8- از نوع گازهای پایدار باشد.
 - 9- قسمت هایی که در داخل مایع حرکت می کند به سهولت قابل روغنکاری باشند.
 - 10- تنفس کردن آن مضر نباشد.
 - 11- دارای گرمای نهان متعادلی برای مقدار تبخیر در واحد زمان باشد.
 - 12- جابجایی نسبی آن برای ایجاد مقدار معینی برودت کم باشد.
 - 13- دارای کمترین اختلاف بین فشار تبخیر و تقطیر باشد.
- ماده سرمازا نباید خورنده باشد (ایجاد زنگ زدگی کند) تا ساختن تمام قطعات سیستم از فلزات معمولی با عمر خدمتی طولانی تر عملی گردد.
- مبنای مقایسه مواد سرمازای به کار رفته در صنعت سردکنندگی، بر اساس حرارت تبخیر ۵ درجه فارنهایت و حرارت تقطیر ۶۸ درجه فارنهایت است.

خواص مبردها

مهمترین خواص فیزیکی یک مبرد خوب عبارتند از:

- ۱- خصوصیات انتقال حرارت یک مبرد تأثیر عمده ای بر ضریب هدایت حرارت و ویسکوسیته آن دارد. بر همین اساس، مبرد خوب می بایستی لز ضریب هدایت حرارت بالایی برخوردار باشد تا انتقال حرارت در تبخیرکننده و کندانسور بسرعت انجام گیرد و در نتیجه، طول لوله ها کوتاهتر و اقتصادی شود. همچنین ویسکوسیته مبرد می بایستی تا حد امکان کم باشد تا افت فشار کم شده و اصطکاک و مقاومت نیز به هنگام حرکت مبرد کمتر باشد.
- ۲- قابلیت نشر مبرد می بایستی بسیار اندک بوده و در صورت نشر، تشخیص محل آن ساده باشد. به طور مثال، نشر آمونیاک به سادگی از بوی آن تشخیص داده می شود در صورتی که این مسئله در مورد فریونها به دلیل بی بو بودن آن صدق نمی کند.
- ۳- شدت مقاومت الکتریکی از دیگر عوامل مهم فیزیکی به شمار می آید. این عامل به ویژه در کمپرسورهای بسته یا هرمتیک که موتور الکتریکی در معرض مبرد بخار در تبخیرکننده می باشد، بسیار مهم است. مبرد نباید تأثیری در عایق داشته باشد و همچنین شدت مقاومت الکتریکی نیز نمی بایستی تعدیل یابد.

مهمترین خواص شیمیایی و ایمنی یک مبرد کارساز، عبارتند از:

- ۱- مبرد می بایستی چه در حالت خالص و چه در حالت ترکیب با خلاء، سمی نباشد.
- ۲- مبرد می بایستی غیر قابل اشتعال و انفجار باشد. آمونیاک، در ترکیبی با هوا قابل انفجار است اما فریونها فاقد قابلیت اشتعال و انفجار می باشد.
- ۳- مبرد می بایستی فاقد قابلیت ترکیب با مواد سازنده ی اجزاء سیستم تبرید باشد. به طور مثال مبرد آمونیاک قابل ترکیب با مس بوده و به همین علت در ساخت سیستم تبرید آمونیاکی از آهن استفاده می شود.
- ۴- مبرد نباید تأثیرات منفی بر مواد غذایی داشته باشد. به طور مثال مبرد آمونیاک مزه ی بعضی از مواد غذایی دارای رطوبت را از بین برده و ممکن است آنها را سمی کند.
- ۵- قابلیت حل مبرد در روغن که منجر به تغییر درجه ی غلظت روغن می شود، اهمیت ویژه ای دارد زیرا مشخص کننده ی مرادلی است که می بایستی روغن کاری انجام گیرد. مبردهایی مانند آمونیاک یا انیدرید کربنیک که قابل حل در روغن نیست، مشکلی ایجاد نمی کنند، زیرا روغن در خط خروجی کمپرسور، با نصب یک جداساز روغن از مبرد جدا شده و به کمپرسور و ۱۳ که کاملاً در روغن حل می شوند نیز پس از تبخیر در تبخیرکننده، به کمپرسور ۱۲، ۱۱ بازگشت داده می شود. مانند فریون بازگشت داده می شود و روغنی که از مبرد جدا شده است به وسیله نیروی ثقل و طراحی مناسب قطر لوله ی مکش، با کمک سرعت مبرد به کمپرسور بازگردانیده می شود. در مورد برخی از مبردها که تا اندازه ای در روغن حل می شوند، بازگشت روغن به کمپرسور با اشکال رو به رو خواهد بود. به طور مثال فریون ۲۲، ۵۰۲ و ۱۱۴، در دمای پائین که به غلظت و جنس روغن بستگی دارد، دو فاز مایع از روغن و مبرد ایجاد می کنند که برگشت روغن به کمپرسور را با اشکالاتی رو به رو می سازد. برای رفع این اشکالات، از یک جداساز روغن کارآمد و یا روغنهای ترکیبی که قابلیت درجه ی سانتیگراد را دارند، استفاده -حل در مبرد تا ۸۰

می شود. در مورد فریون ۵۰۲ و ۲۲؛ می توان از تبخیرکننده های کویل انبساط مستقیم استفاده کرد که در آن، مخلوط میرد و روغن به وسیله ی سرعت بخار مکش، به کمپرسور بازگردانده می شود. اگر از تبخیرکننده های مرطوب استفاده می شود، چون سرعت بخار مکش کم می باشد، روغن به خودی خود نمی تواند به کمپرسور بازگردانده شود. در چنین حالتی، روغن که در بالای بخار جمع شده است؛ به وسیله یک رابط از تبخیرکننده به کمپرسور انتقال داده می شود. در مورد آمونیاک و فریون ۱۲، چون روغن سنگین تر از میرد می باشد، در پائین تبخیرکننده انباشته شده و می توان از آنجا به خارج کشیده شود.

6- میرد می بایستی از لحاظ شیمیایی ثابت بوده و در دمایی کارکرد تجزیه نشود

7- نفوذ رطوبت در سیستم های تبرید به ویژه آنهایی که زیر صفر کار می کنند، مسئله ای بسیار پر اهمیت است که به کلی می بایستی از بروز آن جلوگیری شود زیرا وجود رطوبت، باعث یخ زدن و انسداد شیر انبساط و لوله ی موئین شده و از حرکت میرد جلوگیری می کند همچنین وجود رطوبت باعث زنگ زدگی لوله ها، شیرها و دیگر ادوات شده و کیفیت روغن را نیز ضایع می کند.

خواص ترمو دینامیکی

- **حرارت نهفته ی تبخیر:** حرارت نهفته ی تبخیر میرد می بایستی تا حد امکان بالا باشد زیرا بالا بودن حرارت نهفته ی تبخیر باعث می شود که مقدار کمی از میرد، مقدار زیادی از حرارت را جذب کند و به همین دلیل از لحاظ اقتصادی بصرفه می باشد.

- **دما و فشار بحرانی:** هر گاز یا بخار، دمایی حداکثری دارد که در آن دما، تقطیر به مایع می شود و در بالای این دما، بدون توجه به فشاری که بر آن وارد می آید، به صورت گاز باقی می ماند. بر همین اساس، دمایی بحرانی یک میرد می بایستی بیشتر از دمایی تقطیر آن باشد. هنگامی که دمایی بحرانی پائین باشد، اتلاف بازده به دلیل داغ کردن بخار میرد در تراکم و انبساط مایع در مرحله ی انبساط، زیادتر خواهد بود. اگر فشار بحرانی یک میرد پائین باشد، امکان تقطیر بخار در کندانسور وجود ندارد. بر همین اساس، میرد می بایستی از فشار بحرانی نسبتاً بالایی برخوردار باشد.

- **دمای جوش:** مهمترین خاصیت ترمودینامیکی یک میرد، دمایی جوش طبیعی آن است که در واقع، اکثر دیگر خصوصیت‌های ترمودینامیکی، به آن بستگی دارند. دمای جوش میرد می بایستی در فشار اتمسفر پائین باشد تا نیازی به ایجاد خلاء یا فشار کمتر از فشار اتمسفر نباشد.

- **دمای انجماد:** روشن است که میرد می بایستی دارای دمایی انجمادی زیر دمایی کارکرد در سیستم باشد. این خاصیت ترمودینامیکی از نقطه نظر کارکرد در دمایی پائین مورد نظر می باشد. نقطه ی انجماد اکثر میردها (به جز آب) نسبتاً پائین است. آب، فقط در سیستمی که در بالای صفر درجه ی سانتیگراد کار می کند، مورد استفاده قرار می گیرد.

- **گرمایی ویژه میرد مایع:** این گرما می بایستی تا حد امکان پائین باشد تا مقدار بخاری که در مرحله ی انبساط درون شیر انبساط به وجود می آید، حداقل باشد و به این وسیله قدرت تبرید میرد بیشتر و ظرفیت تبرید آن بهتر شود.

- **فشار کندانسور و تبخیرکننده:** به منظور جلوگیری از نشر هوا و رطوبت از خارج، فشار کندانسور و تبخیرکننده می بایستی بالایی فشار اتمسفر باشد. البته این دو فشار

نمی بایستی زیاد بالا باشد زیرا این امر باعث نیاز به کمپرسور، کندانسور و تبخیرکننده ی بزرگتر و سنگین می شود که در نتیجه، قیمت اولیه ی سیستم را افزایش خواهند داد. اختلاف فشار کندانسور و تبخیرکننده باید تا حد امکان حداقل باشد تا از نشر میرد در اتصالات لوله جلوگیری شود. همچنین، ضریب تراکم (نسبت فشار در کندانسور به فشار در تبخیرکننده) می بایستی کم باشد تا از نشر میرد در پیستون کمپرسور جلوگیری شود. نشر خلاء، افزایش هزینه ی عملکرد سیستم را به همراه دارد و رطوبت در بیشتر میردها و نیز روغن تأثیرات ضایع کننده ای در اجزاء سیستم تبرید دارد.

- **حجم میرد بخار مکش در هر تن تبرید:** حجم میرد بخار مکش در هر تن تبرید تعیین کننده ی نوع کمپرسور مورد نیاز برای سیستم تبرید بوده و مقدار آن نشان دهنده ی اندازه ی کمپرسور است. این مقدار، عموماً می بایستی تا حد امکان کم باشد تا اندازه ی کمپرسور نیز کوچک باشد.

- **ضریب عملکرد:** شاید بتوان گفت این ضریب از مهمترین عوامل در تعیین میردها بشمار می آید و کارایی یک ماشین تبرید را نمایان می سازد که خود در واقع اثر تبرید (سرما می مفید) بر کار انجام شده است. ضریب عملکرد، نشان دهنده ی هزینه ی کارکرد یک سیستم تبرید بوده و هرچه مقدار آن بالاتر باشد، هزینه ی کارکرد کمتر خواهد بود، البته حداکثر مقدار آن برای میردها، مقدار چرخه ی کارنو (که ایده آل است) محدود می باشد.

منبع: کتاب نگرشی بر مهندسی تبرید

طبقه بندی و مقایسه میردها

طبقه بندی نوع اول میردها: میردهای اصلی را بر حسب ترکیبات شیمیایی آنها، می توان به هفت گروه زیر تقسیم کرد

1- ترکیبات هالوکربنها : دارای اتمهای کلر ، فلور ، بروم و ید

R-12(CCl₂F₂) , R-10(CI₄), R-11(CCI₃F)

R-13(CBrF₃),R-21(CHCI₂F),R-22(CHCI₂F)

R-30(CH₂CI₂),R-40(CH₃CI),R-41(CH₃F)

R-100(C₂H₅CI),R-113(C₂F₃CI₃),R-114(C₂F₄CI₂)

R-142(C₂H₂F₂CI),R-152(C₂H₆F₂),R-216(C₃F₆CI₂)

2- ترکیبات هیدروکربن ها **Organic** مثل اتان و بوتان و پروپان و

R-50(CH₄),R-170(C₂H₆),R-290(C₃H₈)

R-600(C₄H₁₀),R-651(CH(CH₃)₃)

3 - ترکیبات اکسیژن R-610(C₂H₅OC₂H₆),R-611(C₂H₄O₂)

4- ترکیبات نیتروژن R-630(CH₃NH₂),R-631(C₂H₅NH₂)

5- ترکیبات معدنی(Inorganic) هوا R-729, R-717(NH₃),R-744(CO₂)

مثل هوا و دی اکسید کربن. آمونیاک و دی اکسید سولفور و آب

R-718(H₂O),R-764(SO₂)

R-718(H₂O),R-764(SO₂)

R-1120(C₂H₄CI₃),R-1130(C₂H₄CI₂)

6 - ترکیبات آلی اشباع نشده R-1150(C₂H₄),R-1270(C₃H₆)

7- ترکیبات مخلوط R-500(73/8% R-12,26/2% R-152)

R-501(75% R-22,25% R-12)

R-502(48/8% R-22, 51/2% R-115)

R-503(40/1% R-23, 59,9% R-13)

R-504(48/2% R-32, 51/8% R-115)

- ایزوتروپ Azeotropes : مخلوط دو یا چند میرد که بعد از اختلاط یک ماده واحد را تشکیل می دهند و خواص ماده جدید با هر کدام از مواد تشکیل دهنده آن متفاوت است . درصدهای مواد تشکیل دهنده این میرد در حالت های گاز و مایع مساوی است R 507 .

9- زیوتروپ (Zeotropes) : مخلوط دو یا چند میرد که در فشار و دمای معین درصد های تشکیل دهنده مواد در حالت گاز و مایع برابر نیستند R407 .

طبقه بندی نوع دوم:

این مواد بوسیله دو سازمان ملی آمریکایی به نام های:

The national refrigeration safety code

The national board of fire underwriters

طبقه بندی شده اند.

سازمان اول تمام مایعات سرمازا به سه گروه زیر تقسیم بندی می کند:

گروه اول - بی خطر ترین مواد که شامل R-12, R-13, R-22, R-13BL, R-502, R-744, R-14, R-13, R-500 می باشد.

گروه دوم - مواد سمی و تا حدی قابل اشتعال که شامل R-611, R-160, R-1130, R-40, R-717, R-764 می باشد.

گروه سوم - مواد قابل اشتعال که شامل R-290, R-170, R-1150, R-50 می باشد.

می باشد.

موسسه NBFU نیز مواد سرمازا را نسبت به درجه سمی بودن آن ها طبقه بندی کرده است که شامل شش گروه است که بی خطر ترین آن ها گروه یک است

GROUP		GROUP		GROUP	CLASS
		R-717	Ammonia		
R-600	Butane	R-1130	Dichloroethylene	R-744	Carbon Dioxide
R-170	Ethane	R-160	Ethyl Chloride	R-12	
R-601	Iso Butane	R-40	Methyl Chloride	R-13B1	Kulene-131
R-290	Propane	R-611	Methyl Formate	R-21	
		R-764	Sulphur Dioxide	R-114	
				R-30	Carrene No. 1
				R-11	
				R-22	
				R-113	
				R-500	
				R-502	
				R-503	
				R-504	
				R-40	Methylene Chloride

❖ رنگ سیلندر مبردها :

برای تشخیص کپسول های مواد سرمازا آن ها را با رنگ های مختلف مشخص می کنند. این عمل از به کار بردن اشتباهی یک ماده به جای ماده دیگر در سیستم جلوگیری می کند و چون مواد سرمازا بر روی فلزات اثر می گذارند هر ۵ سال یکبار باید کپسول مواد سرمازا آزمایش شود و این مدت برای گازهای بی اثر ۱۰ سال است. شماره های ماده ی سرمازا و رنگ آن در جدول زیر آمده است

رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا	رنگ کپسول	شماره ماده سرمازا
رنگ گلی	A410-R	ارغوانی	R-۵۰۲	نقره ای	R-۷۱۷	زرد کرمی	VB40-R
نارنجی	A404-R	شکلاتی	C407-R	آبی روشن	a134-R	نارنجی	R-۱۱
		خاکستری روشن	R-۱۲۳	آبی تیره	R-۱۱۴	سفید	R-۱۲
		زرد خردلی	B401-R	قهوه ای مایل به زرد	A409-R	سبز	R-۲۲
		قهوه ای روشن	A402-R	زرشکی	R-۱۱۳	زرد	R-۵۰۰

انواع بسته بندی



پایان

. مقایسه مبردها:

گزینش میردی ایده آل برای يك سیستم، امری غیر ممکن بوده و هیچ میردی را نمی توان یافت که واجد تمام خصوصیات بهینه باشد، چراکه مبردها در شرایط مختلف کارکرد، خصوصیات متفاوتی دارند. بر همین

اساس، انواع میردها را با یکدیگر مقایسه کرده، مهمترین عوامل را با توجه به نوع سیستم مورد نظر در نظر می گیرند و میرد بهینه را برمی گزینند.

بر اساس جدول ashrea به جز آب که دمای انجماد آن صفر می باشد، بقیه ی میردها دارای دمای انجماد پائینی می باشند. به همین دلیل، آب را فقط در سیستمهای بالایی صفر بکار می برند. بر اساس این جدول، به غیر از انیدرید کربنیک که دمای بحرانی پائینی دارد، بقیه ی میردها دمای بحرانی بالا (بسیار بالاتر از دمای تقطیر) دارد. در نتیجه، اگر از انیدرید کربنیک به عنوان یک میرد در سیستم تبرید استفاده شود، درجه ی فشار در آخر مرحله ی تراکم، بسیار بالا خواهد بود. این امر باعث می شود که طراحی سیستم بر مبنای فشار بالا صورت گرفته و دستگاه لازم بزرگ و سنگین شود که خود باعث افزایش قیمت های اولیه ی ساخت آن خواهد شد. همچنین، به دلیل پائین بودن دمای بحرانی انیدرید کربنیک، می توان از آن در کندانسورهای آبی استفاده کرد. اگرچه هنوز این میرد در دستگاههای قدیمی به کار می رود، اما به دلیل دسترسی به فریونها، موارد استعمال آن منسوخ شده و بیشتر برای ساختن یخ خشک (انیدرید کربنیک جامد) بکار می رود و عموماً به همین دلیل، بازده ی آن در مقایسه با بقیه ی میردها اندک است.

گفتیم که دمای جوش و انجماد میرد می بایستی تا حد امکان پائین باشد. فریون 12، با درجه*ی جوش $29/8^{\circ}\text{C}$ - درجه ی سانتیگراد قابلیت استفاده در دماهای پائین، بالا و متوسط دارد و اغلب در واحدهای کوچک با کمپرسورهای متقارن مورد استفاده قرار می گیرد.

➤ **فریون 11**، با درجه ی جوش $23/7^{\circ}\text{C}$ درجه ی سانتیگراد، میردی فشار پائین بشمار می آید که در فشار پائین اتمسفر کار می کند و به همین دلیل دارای حجم بخار مکش بزرگی در هر درجه ی تبخیرکننده بوده و عموماً در واحدهای بزرگ کمپرسورهای گریز از مرکز، در تاسیسات تهویه مطبوع مرکزی به کار می رود

➤ **فریون 12 (R-12) (F₂CCL₂)** شاید پر استفاده ترین میرد مورد استفاده در حال حاضر است. این میرد کاملاً بی خطر، غیر سمی، غیر قابل اشتعال و غیر قابل انفجار می باشد که بسیار پایدار است و حتی در شرایط خیلی بد تجزیه نمی شود. این میرد در صورت تماس مستقیم با شعله یا المنت الکتریکی به محصولاتی تجزیه می شود که خیلی سمی هستند. بی خطر بودن آن به همراه این واقعیت که فریون 12 در شرایط اتمسفریک نرمال در فشارهای متوسط تقطیر می شود و در دمای $29/8^{\circ}\text{C}$ - به جوش می آید، این میرد را برای استفاده در تاسیسات تبرید بزرگ و متوسط و با دمای پایین با هر سه نوع کمپرسور مناسب می سازد. هنگامی که از این میرد با کمپرسورهای گریز از مرکز چند طبقه استفاده شود می توان از آن برای سرد کردن آب نمک تا دماهای پائینی تا 80°C - استفاده نمود.

قابلیت امتزاج فریون 12 با روغن در تمام شرایط کاری، نه تنها مسأله برگشت روغن را تسهیل می کند بلکه با عمل حلالیت خود با عاری نگهداشتن نسبی سطوح لوله های اواپراتور و کندانسور از فیلم روغن که موجب کاهش ظرفیت انتقال حرارت آنها می شود، راندمان و ظرفیت سیستم را افزایش می دهد. هر چند اثر تبرید واحد جرم فریون 12 در مقایسه با سایر میردهای متداول نسبتاً کم است ولی این مورد نمی تواند یک عیب به شمار آید زیرا زیاد بودن جرم میرد جریانی در سیستم های کوچک از این نظر که کنترل دقیق میزان مایع را ممکن می سازد یک مزیت به حساب می آید. در سیستم های بزرگتر عیب پایین بودن حرارت نهان، تا اندازه ای با دانسیته زیاد بخار جبران می شود و بنابراین جابه جایی لازم کمپرسور بازای واحد ظرفیت تبرید، خیلی بیشتر از جابه جایی کمپرسور با سایر میردهای متداول نخواهد بود. در صورت استفاده از فریون 12 توان لازم بازای واحد ظرفیت تبرید با توان لازم به وسیله سایر میردهای متداول تقریباً برابری می نماید. برای تشخیص نشستی این میرد باید از مشعل هالیدی استفاده نمود.

➤ **فریون 13 (R-13): (CCLF₂)** برای کاربردهای با دمای خیلی پائین تهیه شده و معمولاً در طبقه پائین سیستم های تراکمی چند مرحله ای (دو یا سه طبقه) مورد استفاده قرار می گیرد. نقطه جوش فریون 13 در فشار اتمسفریک $81/4^{\circ}\text{C}$ - است و در صورت استفاده از آن امکان دسترسی به دماهای اواپراتور پائین تا 100°C - وجود دارد. دمای بحرانی این میرد $28/9^{\circ}\text{C}$ می باشد. چون با این میرد فشار تقطیر و حجم جابه جایی لازم برای کمپرسور متوسط هستند استفاده از هر سه نوع کمپرسور با میرد 13 مناسب است. فریون 13 میردی بی خطر و غیر قابل امتزاج با روغن می باشد و برای تشخیص نشستی آن باید از مشعل هالیدی استفاده نمود

➤ **فریون 22 (R-22) (CHCLF₂)** دارای نقطه جوش برابر با $40/8^{\circ}\text{C}$ - در فشار اتمسفریک می باشد و در اصل به عنوان میرد دمانی پائین تهیه شده است و به طور وسیعی در فریزرهای خانگی و سیستم

های تجاری و صنعتی با دمای پایین تا دمای اواپراتور $C^{\circ} 87$ - مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده عمده این مبرد امروزه در دستگاههای تهویه مطبوع می باشد که در آنها به دلیل محدودیت فضا، استفاده از کمپرسورهای با جابه جایی کم، مزیت به شمار می آید. فشار کار و دمای آدیاباتیک تخلیه فریون ۲۲ بیشتر از فریون ۱۲ می باشد ولی توان لازم آن تقریباً با فریون ۱۲ برابر است.

به دلیل بالا بودن دمای تخلیه فریون ۲۲ به ویژه در موتور کمپرسورهای بسته باید سوپر هیت شدن آن در حداقل نگه داشته شود. در کاربردهای دما پایین که نسبتهای تراکم احتمالاً هستند برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد کمپرسور، توصیه می شود سیلندر و سر سیلندر کمپرسور با آب خنک شود. در صورتی که در سیستم های فریون ۲۲ از کندانسورهای هوایی استفاده شده باشد بایستی اندازه شان بزرگ باشد. گر چه این مبرد در دماهای تقطیر با روغن مخلوط می گردد اغلب در اواپراتور از آن جدا می شود. دمای جدا شدن مبرد از روغن به طور قابل ملاحظه ای به نوع و میزان روغن مخلوط شده با آن بستگی دارد. ولی در صورتی که طراحی لوله مکش صحیح و مناسب باشد و از اواپراتور مارپیچی که به طور صحیح طراحی شده است استفاده گردد مشکلی از نظر برگشت روغن از اواپراتور وجود نخواهد داشت. در صورتی که از اواپراتورهای تر استفاده شده باشد باید از جدا کنه های روغن استفاده نمود و تسهیلات ویژه ای برای اطمینان از برگشت روغن از اواپراتور انجام شود. در کاربردهای دما پایین همواره باید از جداکنه های روغن استفاده نمود.

مزیت اصلی فریون ۲۲ بر فریون ۱۲ جابه جایی کم کمپرسور می باشد که تقریباً ۶۰٪ فریون ۱۲ است. بنابراین برای حجم جابه جایی معین کمپرسور، ظرفیت سرمایی سیستم فریون ۲۲ تقریباً ۶۰٪ بیشتر از سیستم فریون ۱۲ بوده و قطر لوله مبرد آن معمولاً کمتر از سیستم فریون ۱۲ می باشد بنابراین در آنها مشکل یخ زدگی کنترل کننده ماده مبرد کمتر خواهد بود. گر چه عده ای این امر را یک مزیت می شمارند، لکن این مزیت سوال برانگیز است زیرا وجود هر مقداری از رطوبت در سیستم های تیرید نامطلوب می باشد.

فریون ۲۲ به دلیل اینکه از گروه فلوروکربنهاست مبردی بدون خطر می باشد و برای تشخیص نشت آن از مشعل هالیدی استفاده می شود.

➤ **کلرید میتیل R-40** : با درجه ی جوش $23/74$ - درجه ی سانتیگراد، در گذشته موارد استعمال زیادی داشته، اما کاربرد آن به دلیل سمیت (و بی بویی) در صورت نشر خطرناک و کشنده بوده و با این که خواص ترمودینامیکی مناسبی دارد، منسوخ شده است فریون 502 که مخلوطی از $48/8$ درصد وزنی فریون ۲۲ و $51/2$ درصد وزنی فریون ۱۱۵ می باشد، در $45/6$ - درجه ی سانتیگراد به جوش می آید.

خصوصیات ترمودینامیکی فریون ۱۱۵ با درجه جوش 38 - سانتیگراد مشابه فریون ۲۲ بوده و مخلوط این دو در فریون 502 ، نسبت فشار پائین تری در مقایسه با فریون ۲۲ دارد. به همین دلیل از آن برای تقطیر درجه بالا و تبخیر درجه پائین، مانند انجماد مواد غذایی در سردخانه های زیر صفر درجه، استفاده می شود. همچنین از فریون 502 برای پمپ حرارتی نیز استفاده می شود.

مبرد 500 که ترکیبی از $73/8$ درصد فریون ۱۲ و $26/2$ درصد دی فلورواتان (R-152) است، درجه ی جوشی برابر با $33/3$ - درجه ی سانتیگراد (پائین تر از فریون ۱۲) دارد و اثر تبرید آن در واحد حجم جابجایی کمپرسور، تقریباً 18 درصد بیشتر از فریون ۱۲ کمتر از فریون ۲۲ می باشد.

➤ **مبرد های فریون ۱۱۳ و 114** : با درجه های جوش $47/68$ و $3/5$ درجه ی سانتیگراد، مبردهایی با درجه ی جوش بالا به شمار می آیند. مبردی ۱۱۳ عموماً در کمپرسورهای گریز از مرکز در تهویه مطبوع به کار می رود. درجه جوش آن بالاتر از مبرد ۱۱ بوده و فشار پائین تر و حجم بخار مکش بزرگتری در مقایسه با مبرد ۱۱ دارد و به همین دلیل در کمپرسورهای گریز از مرکز استفاده می شود. از این مبرد برای تبرید آب و نیز سرمای دمایی پائین نیز استفاده می شود از مبرد ۱۱۴، اغلب در کمپرسورهای گریز از مرکز با دمایی پائین و کمپرسورهای چرخشی استفاده می شود و موارد استعمال آن بیشتر برای تهویه مطبوع و سردکردن آب و تبرید در دمایی پائین است. انیدرید سولفوریک، با درجه ی جوش 10 - درجه ی سانتیگراد و فشار کم، تا پیش از سال 1930 ، مصارف خانگی و تجاری داشت اما کاربرد آن با آمدن فریونها منسوخ شده است.

➤ **مبرد R407** : همانطور که قبلاً گفته شد مخلوط زئوتروپیک از $134a$ ، 125 و $HFC-32$ می باشد. از نظر خواص ترمودینامیکی بسیار نزدیک به R22 بوده با این تفاوت که در هنگام تغییر فاز حدود 8 درجه فارهائیت تغییر دما می دهد. این مبرد مناسبترین گزینه برای جایگزینی R22 در سیستمهای در حال کار موجود است.

در سیستم‌های جدید نیز به طور محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. بالا بودن مقدار تغییر دما در هنگام تغییر فاز استفاده از آن را به سیستم‌های DX و بعضی چیلرها محدود کرده است.

➤ **R410A:** نظیر R407C مخلوطی زئوتروپیک از ۱۲۵ و HFC-32 می‌باشد. مقدار تغییر دما در هنگام تغییر فاز آن حدود ۱ درجه فارنهایت بوده و دبی حجمی بسیار کم (CFM/TON5/1) دارد. از این میرد نمی‌توان در سیستم‌های موجود در حال کار استفاده کرد چرا که فشار کار آن حدود ۶۰ درصد و ظرفیت آن حدود ۴۰ درصد از سیستم مشابه با R22 بیشتر است. به دلیل بالا بودن فشار کار استفاده از آن در مناطق بسیار گرم محدود است. همچنین برای استفاده از آن باید ادوات تبریدینظیر شیرآلات فیلتر درایر، سایت گلاس و غیره برای کار در این فشار ساخته شده باشند فریونها نبوده و به دلیل ویژگی قابل انفجار و اشتعال بودن آن، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

➤ **(R-500):** فریون ۵۰۰ مخلوط ایزوتروپیک فریون ۱۲ (۸/۷۳٪ جرمی) و (26٪ جرمی فریون R-152 است) است و نقطه جوش آن در فشار اتمسفریک نرمال 33°C می‌باشد. فشارهای اواپراتور و کندانسور این میرد در شرایط استاندارد به ترتیب $11/2\text{ bar}$ و $71/8\text{ bar}$ هستند. هر چند توان لازم فریون ۵۰۰ تقریباً برابر توان لازم فریون ۱۲ و ۲۲ می‌باشد جا به جایی کمپرسور آن از فریون ۲۲ بیشتر و از فریون ۱۲ قدری کمتر است. مزیت اصلی فریون ۵۰۰ این است که در صورت جایگزینی آن به جای فریون ۱۲ موجب ۱۸٪ افزایش در ظرفیت کمپرسور می‌شود. این امر استفاده از همان کمپرسور کوپلاژ مستقیم (مثلاً موتور کمپرسورهای بسته) مورد استفاده در سیستم فریون ۱۲ را با فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز با تغییر جزیی در ظرفیت تبرید یا در توان لازم امکان پذیر می‌سازد.

همان طور که خواهید دید سرعت موتورهای جریان متناوب با نسبت مستقیم با فرکانس تغییر می‌کند. بنابراین یک موتور الکتریکی در فرکانس ۵۰ هرتز تنها ۶/۵ سرعت خود را در فرکانس ۶۰ هرتز خواهد داشت. به همین دلیل با کاهش فرکانس یک کمپرسور با کوپلاژ مستقیم از ۶۰ به ۵۰ هرتز حجم جابه جایی آن تقریباً ۱۸٪ کاهش خواهد یافت. چون افزایش ظرفیت منبعث از استفاده از فریون ۵۰۰ به جای فریون ۱۲ دقیقاً برابر کاهش حجم ناشی از تغییر فرکانس از ۶۰ هرتز به ۵۰ هرتز می‌باشد همان موتور کمپرسور تنها با تعویض نوع میرد، برای استفاده با هر دو فرکانس مناسب می‌باشد.

➤ **فریون ۵۰۲ (R-502):** فریون ۵۰۲ مخلوطی ایزوتروپ از $48/8\%$ فریون ۲۲ و $51/2\%$ فریون ۱۱۵ از نظر جرمی می‌باشد. این میرد بعنوان میردی کم دما برای جایگزینی با R-22 در بعضی کاربردهای با دمان کم و نسبت تراکم زیاد تهیه شده است و به طور وسیعی در محدوده دماهای انجماد و سردخانه ها و بعضی کاربردهای تبرید و به ویژه در پمپهای حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت ویژه فریون ۵۰۲ دمای تخلیه آدیاباتیک پایین آن ($37/2^{\circ}\text{C}$) در مقایسه با $53/3^{\circ}\text{C}$ برای فریون ۲۲ در شرایط استاندارد می‌باشد. ولی حجم جابه جایی کمپرسور و توان آن و فشارهای کار سیستم فریون ۵۰۲ تا اندازه ای بیشتر از سیستم فریون ۲۲ است. ولی فشارهای کاری هنوز هم در حد معتدلی است. نقطه جوش فریون ۵۰۲ در فشار بارومتريک نرمال $45/4^{\circ}\text{C}$ و نقطه بحرانی آن $82/16^{\circ}\text{C}$ است. این میرد غیر قابل اشتعال و غیر سمی است و قابلیت کمی برای اختلاط با روغن دارد. برای تشخیص نشی این میرد می‌توان از یک مشعل هالیدی استفاده نمود.

➤ **فریون ۵۰۳ (R-503):** فریون ۵۰۳ مخلوطی ایزوتروپ از $40/1\%$ فریون ۲۳ و $59/9\%$ فریون ۱۳ از نظر جرمی است و دمای جوش آن در فشار بارومتريک استاندارد $88/7^{\circ}\text{C}$ و دمای بحرانی آن $19/5^{\circ}\text{C}$ است. فریون ۵۰۳ میرد نسبتاً تازه ای است که در محدوده های دمایی $73/3^{\circ}\text{C}$ تا 101°C به طور روزافزون جایگزین فریون ۱۳ می‌شود. در دمای اواپراتور $84/4^{\circ}\text{C}$ و دمای تقطیر $6/67^{\circ}\text{C}$ بازای ظرفیت تبرید برابر، حجم جابه جایی کمپرسور فریون ۵۰۳ تقریباً 64% کمپرسور فریون ۱۳ است.

فشار تقطیر فریون ۵۰۳ برابر $22/5\text{ bar}$ می‌باشد که در مقایسه با $35/16\text{ bar}$ ، برای فریون ۱۳ قدری بیشتر است. ($R-503$) با کمپرسورهای رفت برگشتی و در طبقه پایین سیستم های تراکمی چند مرحله ای که در طبقه بالا از ($R-12$) یا ($R-22$) استفاده شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

❖ مبردهای طبیعی

➤ **مبرد ۷۱۷ یا آمونیاک (NH₃):** با درجه ی جوش ۳۳/۳۵- درجه ی سانتیگراد به دلیل خواص ترمودینامیکی خوبی که دارد در یخسازي و سردخانه ها مورد استفاده بسیاری دارد و چون حجم مخصوص آن کم است، ظرفیت سرمائی نسبتاً زیادی با تغییر مکان کم پیستون ایجاد می کند



- ✓ از تبخیر هر کیلوگرم آمونیاک در اوپراتور یک چیلر ۳۰۰ کیلوکالری سرما تولید می شود و این در حالی است که بهترین مبردهای فریونی مانند R22 در این شرایط ۵۰ کیلوکالری سرما ایجاد می کنند. یعنی یک ششم! به همین دلیل است که سرمائی تولید شده توسط آمونیاک نیاز به صرف انرژی کمتری دارد.
- ✓ تمامی مبردهای فریونی اثر مخرب بر محیط زیست دارند، یا بر لایه اوزون اثر تخریبی دارند و یا باعث گرم شدن کره زمین (بر اثر تأثیر گلخانه ای این گازها بر اتمسفر و جو زمین) خواهند شد. در واقع این گازها با احاطه کردن کره زمین در بالاترین لایه های اتمسفر مانند پتویی کره زمین را احاطه کرده و از خروج گرما از کره زمین مانع می نمایند و لذا دمای کره زمین به تدریج افزایش می یابد که این پدیده تأثیرات بسیار مخربی بر آب و هوای کره زمین، ذوب شدن یخ های قطب جنوب و شمال و تغییرات غیرمتعارف آب و هوایی و طوفان و سیل های بسیار مهلك و مخرب خواهد شد.
- ✓ هنگامی که در یک چیلر هوا خنک فریون R22 شارژ می شود، فشار رانش و مکش آن در یک هوای گرم تابستانی معادل (۲۰ psig) 300 bar در فشار رانش و (۳.۵ psig) 50 bar در فشار مکش خواهد بود. در یک چیلر جذبی آمونیاکی نیز تقریباً همین فشارها حاکم است و لذا از این حیث تفاوت چشمگیری ما بین این دو سیستم وجود ندارد و چیلرهای جذبی گازسوز آمونیاکی در خلاء کار نمی کنند و مشکلات چیلرهای جذبی لیتیوم برومایدی در مورد شرایط کارکرد در خلاء را ندارد. **اما آمونیاک** در تمام حالات تمایل شدیدی به انحلال در آب دارد. تمایل انحلال آمونیاک در آب با هیچ ماده دیگری قابل مقایسه نیست. اگر در یک بطری آب به ظرفیت یک لیتر (معادل یک کیلوگرم) در دمای متعارف، گاز آمونیاک وارد کنید. تمامی مولکول های آمونیاک جذب آب خواهند شد و تقریباً هیچ گاز آمونیاکی در محیط پخش نخواهد شد. به عبارت دیگر تمایل آمونیاک به انحلال در آب به مراتب بیشتر از تمایل آمونیاک به پراکنده شدن در هوا است. به همین دلیل در برخی از محلول های ضد عفونی یا سفید کننده معمولی که در اغلب منازل یافت می شود، محلول آمونیاک و آب بدون ایجاد هیچ مزاحمتی مورد استفاده و نگهداری قرار می گیرد.

● خطر آمونیاک

آمونیاک گازی سمی است و تنفس آن به مدت چند دقیقه موجب مسمومیت و در صورت تمدید این شرایط موجب مرگ انسان می گردد. به همین جهت کار با این ماده نیازمند مهارت و استفاده از لوازم ایمنی مناسب می باشد. اما هنگامی که در یک دستگاه چیلر جذبی مقدار ۸ kg آمونیاک در مقدار ۱۱ kg آب حل شود، در صورت نشت آمونیاک حداکثر ۱ kg دفعاتاً از دستگاه چیلر گاز آمونیاک خارج می شود و این در حالی است که :

- دستگاه چیلر گازسوز در فضایی باز مثلاً بام ساختمان نصب شده است و این مقدار آمونیاک خارج شده از دستگاه به راحتی در هوا حل شده و از بام ساختمان دور می شود و به دلیل رقیق شدن در هوا هیچ خطری برای هیچ موجود زنده ای ندارد.
- مدار بسته چیلرگازسوز در فشار ۷۰ bar مورد تست فشار واقع می شود و این در حالی است که حداکثر فشار کاری دستگاه در گرم ترین هوای محیط (۵۰ °C) معادل ۲۵ bar یعنی یک سوم فشار تست است و احتمال بروز نشتی در حد صفر کاهش یافته است.
- تاکنون هیچ موردی از نشت آمونیاک منجر به مسمومیت یا فوت در این دستگاه ها طی ۵۰ سال تولید و نصب در سرتاسر جهان ثبت یا گزارش نشده است.

- عمده ترین مراکز فروش و نصب این دستگاه ها، کشورهای ایالات متحده، استرالیا و اروپای غربی است و لذا در صورت وجود خطر نشت آمونیاک با توجه به قوانین بسیار سخت گیرانه در این کشورها، این دستگاه ها قابل نصب و بهره برداری نبودند. در حالی که طی مدت ۵۰ سال قریب به ۱.۰۰۰.۰۰۰ دستگاه در حال کار در این کشورها وجود دارد

هوا R۷۲۹:

هوا نیز می تواند در سیکل گاز جهت ایجاد سرمایش به کار رود، سیستمی که عموماً مفهوم «سیکل هوا» را مطرح نموده و به شکلی گسترده در سرمایش کابین هواپیما مورد استفاده قرار می گیرد. متأسفانه، سیکلی هوا دارای بازدهی بسیار پایینی بوده و مصرف انرژی را در مقایسه با سیستم های معمولی تراکم بخار که از HCFC ها یا HFC ها استفاده می کنند، افزایش خواهد داد. اما مطالعات انجام شده توسط BRE و دانشگاه بریستول، منجر به پیدایش یک سیستم سیکل هوا برای گرمایش و سرمایش همزمان در ساختمان شده است که بازدهی انرژی آن کمی بالاتر از بسیاری از سیستم های معمولی است. سیستم هایی با سیکل هوا که در محدوده ی تجاری قابل دسترس باشند هنوز به بازار عرضه نشده اند و نیاز به این دارند که تولید کننده ای برای تولید انبوه این دستگاه ها، سرمایه گذاری کرده و هزینه ی سیستم های سیکل هوا را تا جایی پایین بیاورد که با سیستم های معمولی تراکم بخار قابل رقابت باشند .

دی اکسید کربن (R-۷۴۴)

میردی طبیعی است که استفاده بسیار محدودی دارد. تحقیقات اخیر راه را برای بعضی استفاده های خاص از این میرد باز کرده است. از دی اکسید کربن در سیکل های تراکمی - تبخیری و یا کمپرسورهای رفت و برگشتی استفاده می شود. نکته منفی سیکل های تبریدی که از این ماده استفاده می کنند، فشار بالا (حدود ۹۰۰ Psig) و راندمان پایین سیکل است. کاربرد دی اکسید کربن در سیکل های تبرید سری می تواند مفید باشد .

از نقطه نظر زیست محیطی و ایمنی، دی اکسید کربن (CO₂) یک میرد عالی به شمار می آید. این ماده غیرقابل اشتعال، بدون بو و غیرسمی است (البته غلظت های بسیار بالای آن می تواند باعث بروز خفگی گردد) و همچنین ODP آن صفر بوده و GWP آن نیز پایین است. موانع اصلی که بر سر راه استفاده از این ماده قرار دارند، این است که این ماده به دلیل پایین بودن دمای بحرانی آن (حدود ۳۱C) عموماً بازدهی انرژی پایینی دارد. در کاربردهای خاصی، این مشکل را می توان با طراحی مبدل های حرارتی خاص، کاهش داد. دی اکسید کربن همچنین در فشارهای بسیار بالا (حدود ۱۰۰ بار) عمل نموده و دارای ظرفیت حجمی بسیار بالاتری نسبت به میردهای دیگر است و به همین دلیل طراحی تجهیزات موجود مانند کمپرسورها، برای این میرد مناسب نیستند. پیشرفت های قابل توجهی در زمینه استفاده از این میرد در سیستم های تبرید کوچک، مانند تهویه مطبوع خودرو و سیستم های تبرید متوالی در ذخیره ی مواد غذایی در دمای پایین و تاسیسات انجماد صورت گرفته اند .

CO₂ یکی از میردهای طبیعی است که در سیستم های تبرید مورد استفاده قرار می گیرد . با نگاهی به جدول خواص اشباع میرد CO₂ متوجه خواهید شد که در یک دمای معین این میرد دارای فشار بسیار بالاتری نسبت به دیگر میردها است. به عنوان مثال در دمای اشباع ۱۰ درجه سانتی گراد میرد آمونیاک دارای فشار ۰.۶ مگاپاسکال و در همین دما میرد CO₂ دارای فشار ۴.۵ مگاپاسکال است که تقریباً ۷.۵ برابر آمونیاک می شود. حالا فرض کنیم بخواهیم این میرد را در دمای محیط با کندانسور تقطیر کنیم که اگر کندانسور تبخیری استفاده شود و بخواهیم دمای تقطیر را ۳۵ درجه در نظر بگیریم فشار اشباع میرد در این حالت بیش از ۸۰ بار می شود در حالیکه در سیستم تبرید با آمونیاک ، فشار تقطیر بین ۱۲ تا ۱۴ بار است. به همین دلیل باید فشار تقطیر را پایین بیاوریم یعنی تقطیر در کندانسور باید در دمای پایین تری انجام شود

Temp. °F	Pressure (psia)		Temp. °C	Pressure (bar A)	
	CO2 (R-744) Carbon Dioxide	NH3 (R-717) Ammonia		CO2 (R-744) Carbon Dioxide	NH3 (R-717) Ammonia
-65	84.2	4.7	-53.9	5.8	0.3
-60	94.6	5.5	-51.1	6.5	0.4
-55	105.8	6.5	-48.3	7.3	0.5
-50	118.1	7.7	-45.6	8.1	0.5
-45	131.3	8.9	-42.8	9.1	0.6
-40	145.7	10.4	-40.0	10.0	0.7
-35	161.2	12.0	-37.2	11.1	0.8
-30	177.8	13.9	-34.4	12.3	1.0
-25	195.7	16.0	-31.7	13.5	1.1
-20	214.9	18.3	-28.9	14.8	1.3
-15	235.5	20.9	-26.1	16.2	1.4
-10	257.4	23.7	-23.3	17.7	1.6
-5	280.8	26.9	-20.6	19.4	1.9
0	305.7	30.4	-17.8	21.1	2.1
5	332.2	34.3	-15.0	22.9	2.4
10	360.4	38.5	-12.2	24.8	2.7
15	390.3	43.1	-9.4	26.9	3.0
20	421.9	48.2	-6.7	29.1	3.3
25	455.4	53.7	-3.9	31.4	3.7
30	490.8	59.8	-1.1	33.8	4.1
35	528.1	66.3	1.7	36.4	4.6
40	567.6	73.4	4.4	39.1	5.1
45	609.2	81.0	7.2	42.0	5.6
50	653.0	89.2	10.0	45.0	6.2
55	699.2	98.1	12.8	48.2	6.8
60	747.8	107.7	15.6	51.6	7.4
65	799.0	117.9	18.3	55.1	8.1
70	852.8	128.9	21.1	58.8	8.9
75	909.6	140.6	23.9	62.7	9.7
80	969.6	153.2	26.7	66.9	10.6

هیدروکربنها (HC)

پروپان (R-۲۹۰) و ایزوبوتان (R-۶۰۰a) در کنار بعضی دیگر از هیدروکربنها می توانند در سیکلهای تراکمی - تبخیری استفاده شوند. در اروپای شمالی حدود ۳۵ درصد یخچالها با مبردهای هیدروکربنی کار می کنند. از جمله خواص این مبردها راندمان زیاد و در عین حال اشتعال پذیری بسیار بالا می باشد. در ایالات متحده استفاده از این نوع مبردها به دلیل استانداردهای ایمنی بسیار محدود است .

این مواد، دارای خواص تبریدی عالی بوده و اثرات نامطلوب زیست محیطی بسیار جزئی دارند. به همین دلیل، این مواد برای کاربرد در یخچال های خانگی و سیستم های تبرید تجاری کوچک و همچنین سیستم های تهویه مطبوع از عمومیت زیادی برخوردار شده اند. اما، اشتعال پذیری بالای این مواد، مستلزم این است که موارد ایمنی مربوط به دقت رعایت شوند. یکی از خطراتی که از اهمیت زیادی هم برخوردار است، این است که چون هیدروکربن ها هیچ بویی ندارند، وجود و غلظت بالای آن ها در محل سرویس و نگهداری که بسیار هم خطرناک است، قابل تشخیص نخواهد بود. راهنمایی های کامل در مورد استفاده از هیدروکربن ها توسط «شورای صنعت تهویه مطبوع و تبرید ACRIB» انستیتو تبرید و استاندارد BS EN ۳۷۸ توصیف شده اند .

تأثیر رطوبت بر روی مبردها



این مسأله ثابت شده است که رطوبت با بیشتر مبردهای رایج ، ترکیب و باعث تشکیل ترکیبات خورنده ای (معمولاً اسید) می شود که با روغن روانکاری و سایر مواد سیستم از جمله فلزات ترکیب می شود. این واکنش شیمیایی اغلب موجب خوردگی و وارد شدن خسارات دیگری به سوپاپها ، واشرهای آببندی ، یاتاقانها، دیواره های سیلندر و سایر سطوح صیقلی می شود و ممکن است باعث فاسد شدن روغن و تشکیل لجنهای فلزی و در نتیجه موجب انسداد مجرای سوپاپها و مسیر روغن شود ، سطوح یاتاقانها را مخدوش نماید و عمر تجهیزات را کاهش دهد. خوردگی ناشی از رطوبت همچنین به خرابی سوپاپهای کمپرسور کمک کرده و در کمپرسورهای بسته اغلب باعث خراب شدن عایق سیم

پیچی ها و اتصال کوتاه یا اتصال بدنه آنها می شود. هر چند سیستم تبرید کاملاً عاری از رطوبت، وجود نخواهد داشت لکن سیستم تبرید خوب ایجاب می کند مقدار رطوبت موجود در سیستم پایین تر از حدی باشد که بتواند اثرات زیان باری بر روی سیستم بگذارد. حداقل مقدار رطوبتی که می تواند در سیستم تبرید اثرات مضر ایجاد کند کاملاً مشخص نیست و بسته به نوع مبرد، کیفیت روغن روانکاری، درجه حرارت کار سیستم و بویژه درجه حرارت تخلیه کمپرسور به طور قابل ملاحظه ای تغییر می کند.

رطوبت موجود در سیستم تبرید ممکن است به صورت آب خالص بوده و یا در مبرد محلول باشد. در صورتی که رطوبت موجود در سیستم به صورت آب خالص باشد، به دلیل کمتر بودن دمای اواپراتور از نقطه انجماد آب، رطوبت در کنترل کننده مبرد و یا در اواپراتور به یخ تبدیل می شود. طبعاً تشکیل یخ در روزنه کنترل کننده مبرد از جریان مبرد از آن ممانعت می نماید و تا زمانی که یخ ذوب شده و از کنترل کننده خارج شود سیستم را از کار خواهد انداخت. در چنین مواردی معمولاً به دلیل ذوب و انجماد یخ در روزنه کنترل کننده و قطع و وصل شدن جریان مبرد ایجاد سرما به صورت تناوبی خواهد بود.

چون آب خالص تنها موقعی در سیستم وجود خواهد داشت که مقدار رطوبت از حداقل حل در مبرد تجاوز کند، انجماد آب تقریباً همواره نشانگر این است که میزان رطوبت موجود در سیستم بیشتر از حداقل مقدار لازم برای ایجاد خوردگی است. ولی عدم وجود انجماد در مبرد به تنهایی نمی تواند بدین معنی باشد که میزان رطوبت موجود در سیستم الزاماً کمتر از مقداری است که بتواند خوردگی به وجود آورد، زیرا در برخی از میردها خوردگی می تواند با میزان رطوبتی به مراتب کمتر از حدی که بتواند در سیستم آب خالص ایجاد نماید، اتفاق افتد. همچنین در سیستم های تهویه مطبوع یا سیستم های با دمای اواپراتور بالاتر از نقطه انجماد آب، انجماد رخ نخواهد داد. به همین دلیل سیستم های با دمای بالاتر بیشتر از سیستم های با دمای اواپراتور پایین تر خوردگی مفرار دارند زیرا در این سیستم های مقادیر زیادی رطوبت برای مدتی نسبتاً طولانی می تواند وجود داشته باشد بدون اینکه متوجه وجود آن باشیم.

توانایی میردها برای حل کردن آب، با کاهش دما کاهش می یابد. در سیستم های با دمای پایین برای جلوگیری از انجماد، بایستی میزان رطوبت در سطح خیلی پایینی نگه داشته شود. بنابراین خوردگی ناشی از رطوبت در سیستم های با دمای پایین معمولاً حداقل خواهد بود. میردهای مختلف از نظر میزان رطوبتی که می توانند در خود نگه دارند و تأثیری که رطوبت بر روی آنها می گذارد، با یکدیگر تفاوت دارند. برای مثال هیدوکر بنهایی نظیر پروپان، بوتان، اتان و... رطوبت کمی جذب می کنند. بنابراین وجود هر گونه رطوبت در چنین سیستمهایی به صورت آب خالص بوده و با انجماد خود در کنترل کننده مبرد وجود خود را نمایان می سازد. با توجه به اینکه برای فعال نگاه داشتن سیستم بایستی رطوبت آن را بلافاصله خارج نماییم، معمولاً خوردگی ناشی از رطوبت در این سیستم ها مسأله ساز نخواهد بود در حالی که آمونیاک تمایل زیادی به ترکیب با آب دارد و قادر است مقادیر زیادی رطوبت جذب نماید در چنین سیستمهایی بندرت آب خالص ظاهر می گردد.

آب و آمونیاک هیدوکسید آمونیم تولید می کند که قلیایی قوی است و باعث خوردگی فلزات غیر آهنی نظیر مس و برنج می شود ولی تأثیر خیلی کمی بر روی آهن و فولاد یا سایر مواد موجود در سیستم می گذارند به همین دلیل سیستم های آمونیاکی ولو اینکه مقادیر نسبتاً زیادی در آنها وجود داشته باشد به طور رضایت بخش عمل می میکند. میکروکندهای هالوکربنی، بطور جزئی هیدرولیز شده و فقط مقدار کمی اسید یا مواد خوردنده دیگر تشکیل می دهند. طور کلی در سیستم های هالوکربنی هنگامی که میزان رطوبت کمتر از مقداری است که بتواند انجماد ایجاد نماید شرط استفاده از روغنهای با کیفیت بالا و پایین بودن درجات حرارت تخلیه، خوردگی وجود نخواهد داشت.

تأثیر مبرد و روغن بر یکدیگر

به غیر از چند مورد استثنایی، روغن روانکاری تمام کمپرسورها در محفظه میل لنگ کمپرسور است و با مبرد جریانی سیستم تبرید در تماس می باشد. بنابراین همانطوری که قبلاً اشاره شد مبرد بایستی در حضور روغن از نظر شیمیایی و فیزیکی پایدار باشد و روغن و مبرد تأثیری بر روی یکدیگر نداشته باشند. گر چه بعضی از میردها بویژه دی اکسید سولفور و هالوکربنها تا حدی با روغن روانکاری واکنش دارند به طوری که کیفیت بالا و تمیز بودن سیستم، در شرایط طبیعی معمولاً واکنش جزئی است و اهمیت چندانی ندارد. اما هنگامی که مقدار قابل ملاحظه ای از مواد آلوده کننده نظیر هوا و رطوبت در سیستم وجود داشته باشد، اغلب ما بین مبرد و روغن روانکاری واکنش رخ می دهد. این امر به تجزیه شدن روغن، تشکیل اسیدهای خوردنده و لجنها و اندود مس شدن ویا

به خوردگی شدید سطوح صیقلی فلزی منجر می شود. زیاد بودن دمای تخلیه این تحولات و به ویژه تجزیه روغن را تسریع می بخشد و به تشکیل رسوبات کربنی در سوپاپ های خروجی، پیستونها، سیلندر کمپرسور و لوله های تخلیه می انجامد. این پدیده در صورت استفاده از روغنهای تصفیه نشده که حاوی درصد بالایی از هیدروکربنهای اشباع نشده (که بسیار ناپایدار هستند) می باشند که تشدید می گردد.

به دلیل بالا بودن دمای تخلیه سیستم هایی که از فریون ۲۲ بهره می گیرند، تجزیه روغن روانکاری و سوختن موتور به ویژه در صورت استفاده از کندانسورهای هوایی و طولانی بودن لوله مکش از مشکلات رایج در سیستمهایی با موتور کمپرسور بسته می باشد.

تشکیل اندود مس در قسمت های مختلف کمپرسور در سیستم هایی که از مبردهای هالوکربنی استفاده می کنند مشاهده شده است. این پدیده در سطوح فلزی کاملاً صیقلی نظیر رینگهای آبیندی، پیستونها، دیواره های سیلندر، سطوح یاتاقانها و سوپاپها که حرارت تولید می کنند پیش می آید. علت اصلی این امر دقیقاً مشخص نشده ولی دلیل آن احتمالاً وجود رطوبت و استفاده از روغن های با کیفیت پایین می باشد. در سیستم های آمونیاکی به دلیل عدم استفاده از لوله های مسی، مس اندود شدن وجود نخواهد داشت.

در هر حال بدون توجه به طبیعت و یا دلایل واکنش های نامطلوب بین مبرد و روغن روانکاری می توان با استفاده از روغنهای با کیفیت بالا با نقطه سیلان و یا نقطه انجماد پایین با پاک نگه داشتن نسبی سیستم از آلاینده هایی نظیر هوا و رطوبت و طراحی سیستم برای دمای تخلیه نسبتاً پایین، این معایب را به حداقل رساند.

قابلیت امتزاج روغن با مبرد



یکی از مشخصه های مهم روغن قابلیت امتزاج آن با مبرد می باشد که توانایی مبرد به حل شدن در روغن و عکس آن را بیان می کند. این مشخصه در مبردهای مختلف متفاوت می باشد. مبردها را از نظر قابلیت اختلاطشان با روغن می توان به سه گروه تقسیم بندی نمود.

- مبردهایی که در شرایط به وجود آمده در سیستم تبرید با هر نسبتی با روغن ممزوج می شوند.
- مبردهایی که در شرایط به وجود آمده در کندانسور با روغن مخلوط می گردند و در شرایط به وجود آمده در اواپراتور از آن جدا می شوند.
- مبردهایی که در هیچ یک از شرایطی که در سیستم به وجود می آید با روغن مخلوط نمی شوند و یا به میزان خیلی کم مخلوط می گردند.

در اینکه آیا قابلیت امتزاج روغن با مبرد خاصیتی مطلوب است یا نه، اختلاف نظرهایی وجود دارد. قابلیت یا عدم قابلیت اختلاط روغن با مبرد معمولاً فاکتور اصلی در انتخاب مبرد نمی باشد ولی با توجه به اینکه این خاصیت، طراحی کمپرسور و سایر اجزای سیستم از جمله لوله کشی مبرد را تقریباً تحت تأثیر مشخصات مهم بوده و بایستی با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

یکی از اثرات مهم مبرد قابل امتزاج با روغن، رقیق کردن روغن در محفظه میل لنگ کمپرسور و در نتیجه کاهش ویسکوزیته و کیفیت روانکاری آن می باشد. برای جبران ترقیق روغن به وسیله مبرد، روغنی که در سیستمهای با مبرد قابل اختلاط به کار می رود باید ویسکوزیته اولیه ای بیشتر از روغنهایی داشته باشند که با مبردهای غیر قابل امتزاج مورد استفاده قرار می گیرد. ویسکوزیته به صورت میزان اصطکاک سیال یا مقاومت آن در مقابل جریان یافتن تعریف می شود. سیالات رقیق کم ویسکوزیته آسانتر از سیالات غلیظ خیلی لزج جریان می یابند. برای اینکه کمپرسور به طور مناسب روانکاری شود بایستی ویسکوزیته روغن در محدوده معینی باشد زیرا در صورت کم بودن ویسکوزیته، روغن توان کافی برای تشکیل فیلم حفاظتی بین سطوح مالشی مختلف، و جدا نگه داشتن آنها از یکدیگر را نخواهد داشت از طرف دیگر چنانچه ویسکوزیته روغن خیلی زیاد باشد روغن سیالیت کافی برای نفوذ بین سطوح مالشی را بویژه اگر تولرانس ها کوچک باشند نخواهد داشت و در هر دو حالت روانکاری کمپرسور به طور مناسب انجام نمی گردد.

در سیستم تبرید جریان یافتن روغن به همراه مبرد، تأثیر معکوس بر روی راندمان و ظرفیت سیستم دارد. دلیل اصلی این است که روغن روی سطوح داخلی لوله های کندانسور و اواپراتور چسبیده و فیلمی را تشکیل می دهد که موجب کاهش ظرفیت انقال حرارت از این واحد می گردد. چون با کاهش دما روغن لزج تر می شود و تمایل بیشتری به چسبیدن به سطوح می یابد، این مشکل در اواپراتور بیشتر است و با کاهش بیشتر دما حادث می شود.

نشستی مبرد

در سیستم های تبرید بسته به اینکه فشار سیستم در محل نشت بیشتر یا کمتر از فشار اتمسفر یک باشد، ممکن است نشت به سمت خارج یا داخل سیستم باشد. در صورتی که فشار سیستم در محل نشت بیشتر از فشار اتمسفر یک باشد مبرد به بیرون از سیستم نشت خواهد کرد ولی چنانچه فشار سیستم کمتر از فشار اتمسفر یک باشد مبرد به خارج از سیستم نشت نمی کند ولی هوا و رطوبت وارد سیستم خواهد شد. در هر دو حالت سیستم تبرید در مدتی کوتاه از کار باز می ایستد. ولی به طور کلی خطر نشت مبرد به خارج کمتر از نشت هوا به داخل است زیرا در این صورت محل نشت را پیدا کرده و پس از تعمیرات لازم، سیستم را مجدداً با مقدار مناسب مبرد شارژ می کنند. ولی چنانچه نشت به داخل باشد هوا و رطوبت وارد شده به سیستم، موجب افزایش دما و فشار تخلیه شده و باعث تشدید خوردگی می گردد. همچنین وجود رطوبت در سیستم ممکن است موجب یخ زدگی کنترل کننده ماده مبرد شود. بعلاوه پس از تعمیر نشتی، قبل از اینکه سیستم در مدار قرار گیرد بایستی آن را کاملاً از هوا و رطوبت تخلیه نمود. در این سیستم ها بایستی یک خشک کن مبرد نیز نصب شود.

روشهای تشخیص نشت مبردها :

تشخیص نشت مبردها در تجهیزات سرمایشی برای سازندگان و سرویس کاران این تجهیزات اهمیت بسیار زیادی دارد. در ادامه این بخش به بررسی این مسأله خواهیم پرداخت.

۱- تشخیص نشتی به صورت الکترونیکی: آشکارسازهای الکترونیکی یکی از تجهیزات پر کاربرد مورد استفاده برای ساخت و مونتاژ تجهیزات سرمایشی در سیستم های تهویه مطبوع به شمار می روند. عملکرد آشکارسازهای الکترونیکی به عواملی مانند تغییرات ایجاد شده در جریان به واسطه یونیزاسیون مبردهای تجزیه شده بین دو الکترود از جنس پلاتینیوم با بار الکتریکی مخالف بستگی دارد. به این ترتیب می توان نشتی تمامی مبردهای هالوژن دار به استثنای مبرد R-14 را تشخیص داد. البته این روش برای مناطقی که جو آن ها محتوی بخارات قابل اشتعال یا انفجار هستند توصیه نمی شود. وجود بخار مواد دیگری مانند الکل و مونوکسیدکربن نیز موجب ایجاد تداخل در نتایج این آزمایش می شود.

۲- روش UV: این روش از مایش مبتنی بر بکار گیری لامپ فلورسنت UV با رنگ ثابت و ترکیب این رنگ یکنواخت در سیستم روغن- مبرد است. به این ترتیب با استفاده از یک لامپ UV مناسب می توان محل نشتی را بر مبنای رنگ نور خروجی که معمولاً متمایل به روغن است تشخیص داد. البته پیش از بکارگیری این روش باید اطمینان حاصل شود که رنگ نور خروجی از لامپ با اجزای سیستم سازگار بوده و هیچ فردی در معرض این نور ساطع شده از این لامپ قرار نمی گیرد. این روش اغلب در مقایسه با تشخیص نشتی بخار، برای تشخیص نشتی مایعات موثرتر است.

➤ **نشت آمونیاک:** نشت آمونیاک را می توان با استفاده از تمامی روشهایی که پیش از این مطرح شد تشخیص داد. روش دیگری که می توان از آن برای تشخیص آمونیاک استفاده کرد، بکارگیری محلول اسید هیدروکلریک در نزدیکی تجهیزات حاوی مبرد است. به این ترتیب اگر در سیستم نشتی وجود داشته باشد، به واسطه بخار آمونیاک موجود در آن منطقه، کلرید آمونیم تشکیل می شود که به صورت بخار یا دودی سفید رنگ نمایان می گردد. البته نشتی آمونیاک را می توان با استفاده از کاغذهای معرف که در تماس با مواد بازی تغییر رنگ می دهند نیز شناسایی کرد.

➤ بخارهای سولفور و آمونیاک در صورت تماس با یکدیگر دود سفید غلیظی که سولفیت آمونیاک می باشد تولید می کنند که روش ساده ای برای آزمایش نشت سیستم های آمونیاکی فراهم می سازد. برای چک کردن نشتی سیستم های آمونیاکی از شمع گوگردی نیز استفاده می کنند. این شمع را به اتصالات لوله ها و سایر محل های مظنون نزدیک می کنند و در صورت ایجاد دود سفید به وجود نشتی پی می برند. باید توجه نمود که شمع نباید با اتصالات تماس یابد. از کاغذ فتل فتالین که در تماس با آمونیاک به رنگ قرمز درمی آید نیز می توان برای یافتن نشتی در سیستم های آمونیاکی استفاده نمود.

➤ **۳ روش حباب:** در این روش وسیله آزمایش توسط هوا یا نیتروژن تحت فشار قرار می گیرد. برای اندازه گیری میزان نشتی مبرد در این وضعیت، فشاری متناسب با فشار کارکرد سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. در صورت امکان،

شیء مورد آزمایش را زیر آب قرار می دهند. به این ترتیب، وجود نشتی را می توان از روی حباب های تشکیل شده در داخل مایع تشخیص داد.

➤ **۴- مشعل هالید: که در معرض نشتی گاز باعث تغییر رنگ شعله میشود و در فریونها بیشتر بکار برده میشود**

- برای پیدا کردن نشتی در سیستم های هالوکربنی ، اغلب از یک مشعل هالیدی استفاده می شود.
- این مشعل از یک المان مسی که به وسیله شعله گرم می شود تشکیل شده است و هوای لازم برای ایجاد احتراق از طریق لوله ای لاستیکی که یک سر آن به مشعل وصل شده است فراهم می شود. انتهای دیگر این لوله را به محل های مظنون نزدیک می کنند. در صورتی که شعله از رنگ اصلی خود به سبز روشن یا ارغوانی تغییر رنگ دهد، حاکی از وجود بخارهای هالوکربنی خواهد بود. این مشعل باید در محل های خوب تهویه شده مورد استفاده قرار گیرد. تنها روش پی بردن به نشت دی اکسید کربن و هیدروکربنها استفاده از محلول صابون می باشد که قبلاً شرح داده شده است.

فصل هفتم:

انواع عایق‌ها (Insulations):

امروزه در صنعت تاسیسات و ساختمان در تقسیم بندی عایق سه گروه ۱- حرارتی، ۲- رطوبتی، ۳- صوتی طبقه بندی می گردند. که در این تقسیم بندی بنوع مواد تشکیل یافته آن عایقها و همچنین در ادامه به معرفی و بررسی آن عایقها می پرداخته میشود که عبارتند از:

- الف) عایق های پایه مواد معدنی
- ب) عایق های پایه مواد شیمیایی
- ج) عایق های پایه مواد گیاهی
- د) عایق های مرکب
- ذ) عایق های جدار نور گذر
- ر) عایق های مصالح ساختمانی
- و) عایق های مدرن
- ی) عایق های بر پایه نفت (قیر)

الف) عایق‌های حرارتی بر پایه مواد معدنی Mineral Insulation



تقسیم بندی عایق‌های حرارتی با این زیر گروه امکان بررسی ویژگی‌های مشترک میان عناصر آن را فراهم میسازد.

بارز ترین نقطه مشترک این گروه یافت شدن مواد اولیه آنها چه به صورت خالص و یا ناخالص در معادن بوده و فراوری های انجام شده بر روی آن مواد ساختار مولکولی آنها را دگرگون ننموده است.

در اکثر انواع عایق‌های این گروه عنصر سلیسیم (Si) یکی از مواد اصلی بوده که ساختار عایق بر پایه آن شکل گرفته است.

برای مثال فرآورده‌های پشم‌های معدنی که از قدیمی‌ترین و شناخته شده‌ترین انواع عایق‌هاست یکی از زیر گروه‌های آن می‌باشد

مهم‌ترین تشابهات در این گروه عبارتند از:

- تحمل حرارتی بالایی دارند (حتی بعضی از آنها را میتوان جزو مواد دیرگداز نیز به حساب آورد
- عموماً "سلول باز" بوده و جاذب رطوبت میباشند (در برابر نفوذ رطوبت ضعیف میباشند)

1-پشم شیشه (GLASS WOOL)

پشم معدنی که از مذاب شیشه ساخته میشود. استاندارد ملی 84 80 بند (1-16-4)

پوشش های ضدحریق

یکی از کاربردهای مهم پشم سنگ استفاده به عنوان ضد حریق می باشد. در حقیقت از این پوشش می توان برای محافظت سازه های فلزی، چاهک های آسانسور، تاسیسات الکتریکی، راهروهای فرار و ... در مقابل حریق استفاده نمود

- **= پارامتر مهم برای مقاومت در برابر حریق ضخامت پشم سنگ می باشد.** از جمله پارامترهایی که در تعیین ضخامت مهم است عبارتند از:

1. مشخصات فنی سازه فلزی

2. (نوع حریق) هیدروکربنی یا سلولزی

3. زمان مقاومت در برابر حریق

4. موقعیت مکانی که باید در برابر حریق مقاوم می شود.

این پوشش می تواند تا **4 ساعت در مقابل حریق مقاوم باشد.** این مقاومت برای زمانی است که دمای بحرانی سازه فلزی 550 و 620 درجه سانتی گراد می باشد.

استانداردها:

پشم سنگ جزء مواد نسوختنی یا غیر قابل سوختن ارزیابی می شود مطابق با استاندارد های زیر:

1. استاندارد ملی شماره 2-7271

2. استاندارد بین المللی BS 476

- واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده های ساختمانی. مطابق با استانداردهای زیر:

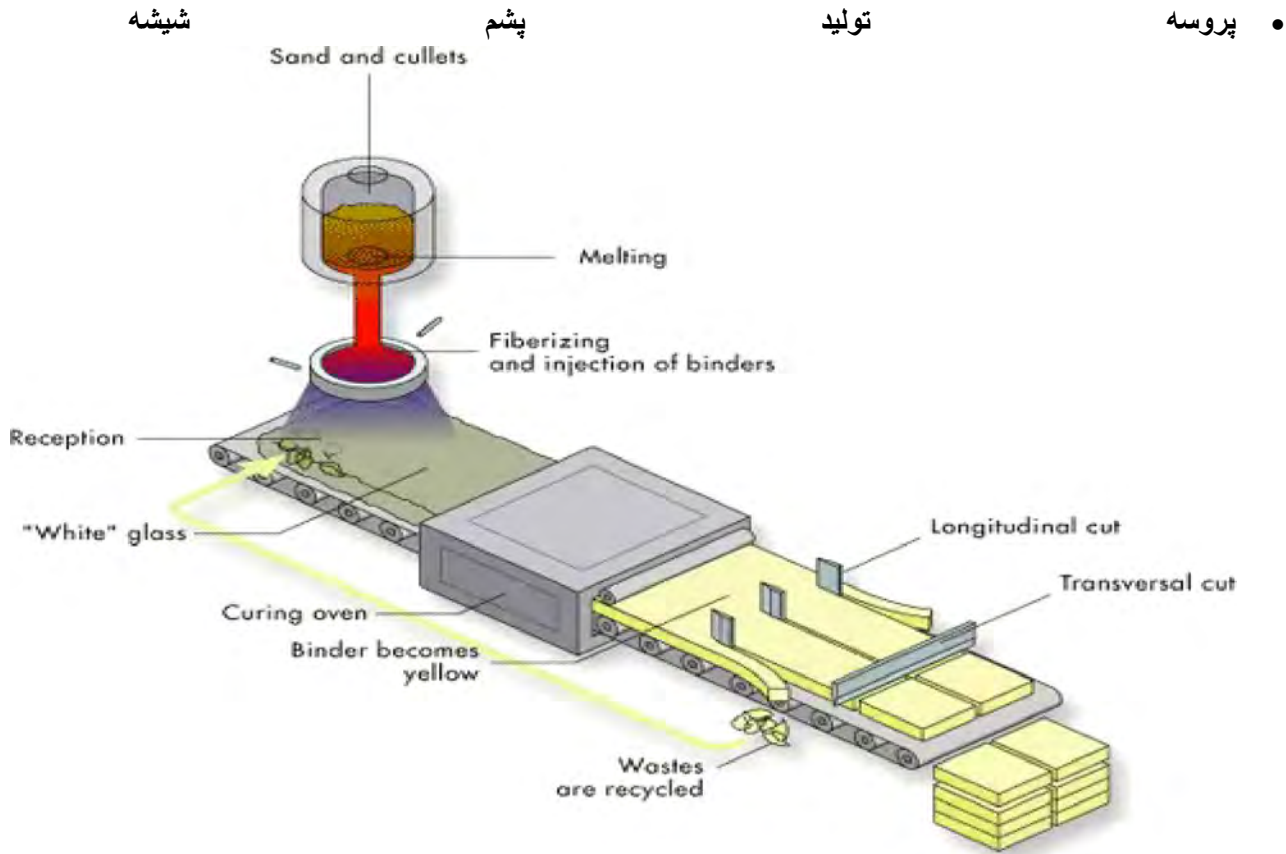
1. استاندارد ملی شماره 8299

2. استاندارد بین المللی BS 476 از معروف ترین و قدیمی ترین انواع عایق‌هاست, در حدود 40 سال است که در ایران تولید می شود. پشم شیشه شامل فیبرهای انعطاف پذیر شیشه است که از ذوب مواد اولیه شیشه به دست می آید در حالت استاندارد ضخامت الیاف آن می بایست بین 2/3 الی 4/6 میکرون بوده که در این حالت محصول نرم تر بوده و خواص ارتجاعی خود را برای مدت بیشتر حفظ می کند و ریزش ذرات آن کمتر خواهد بود.

مزرات پشم شیشه: از انواع عایق‌های سلول باز بوده و می تواند رطوبت محیط را جذب نماید در مجاورت با بخار آب خصوصاً در سطوح گرم (تولید اسید سیلیسیک می نماید) اگر محافظت آن به نحو مطلوب انجام نشود باکتریها و قارچها در لایه های الیاف آن تکثیر پیدا می کنند.

۱: در گسترش حریق بی اثر بوده و در مجاورت حریق گازهای سمی تولید نمی کند الیاف آن با سر سوزنی شکل بوده و اگر وارد نسوج ریه شود خارج نمی گردد و تماس آن با پوست باعث خراشیدگی می شود، استمرار مجاورت در تنفس ذرات معلق آن می تواند باعث ایجاد بیماریهای تنفسی و پوستی شود، حداکثر تحمل حرارتی آن 550C^o است.

اخیراً پشم شیشه های جدیدی تولید شده که از ترکیب مذاب دو نوع شیشه است که باعث کمتر شدن تحریک پوستی می گردد و نیازی به چسباننده شیمیایی بر چسباندن الیاف به هم ندارد تولید پشم شیشه در چگالی متوسط زیاد نیز انجام می شود که مقاومت حرارتی آنها قدری بیشتر از نوع قدیمی آن است.



2- پشم سنگ (Rock wool)

از مذاب سنگهای طبیعی آذرین ساخته می شود. استاندارد ملی 84 80 بند (2-16-4)

پشم سنگ که در زبان انگلیسی Rock wool نامیده می شود، جزو خانواده عایق های حرارتی متشکل از الیاف معدنی است.

ماده اولیه اصلی برای تولید این عایق، سنگ بازالت، از گروه سنگ های آذرین است که بازمانده فعالیت های آتشفشانی است و در کشور ما به وفور وجود دارد. بدلیل رگه ای بودن مواد اولیه آن محصول تولیدی آن ممکن است دارای خلوص یکنواخت نباشد.

روش تولید پشم سنگ به این صورت است که ابتدا سنگ بازالت در دمای 1500 درجه سانتیگراد ذوب می شود و به صورت سیلیکات مذاب در می آید و سپس مذاب به دست آمده تحت روشهای خاصی به الیافی به قطر حدود 6 میکرون تبدیل میشود. که مجموعه این الیاف پشم سنگ را تشکیل می دهد.

-آلیاژ شیمیایی و مواد تشکیل دهنده آن عبارتند از:

اکسید سیلیس 46% SiO_2

اکسید آلومینوم 14% Al_2O_3

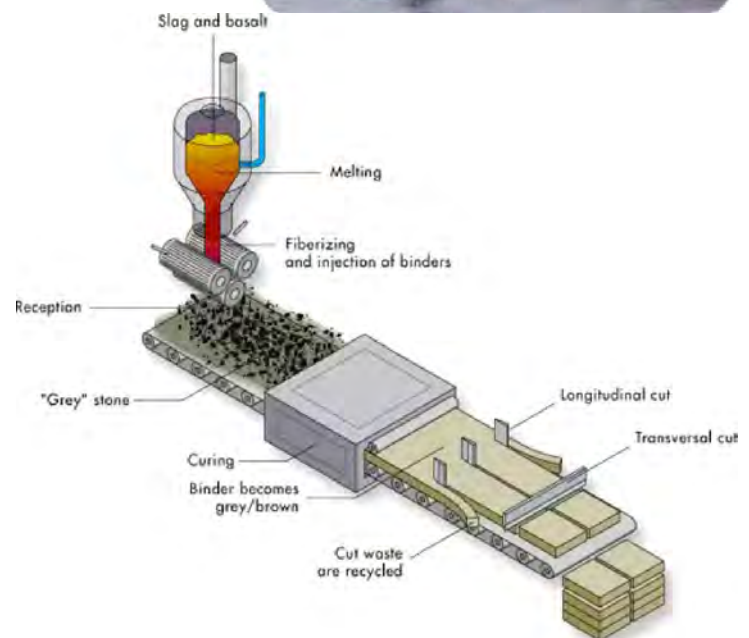
اکسید تیتانیوم 1.5% TiO_2

اکسیدهای آهن 7.5-8% Fe_2O_3+FeO

اکسید کلسیوم 18% CaO

اکسید منیزیم 10% MgO

پروسه تولید:



مزایا

- این عایق، به دلیل عدم انتشار صدا به میان اجزاء متشکله و نیز جذب صدا، عایق صوتی بسیار مطلوبی می باشد. به همین علت در فرودگاه ها، استودیو های صدابرداری، زیر ریل ها و در ایستگاههای مترویی داخل شهری نصب می گردد.
- افزایش ضخامت و گذاشتن فاصله هوایی مناسب در پشت عایق، مقدار تضعیف انرژی صوتی را افزایش می دهد.
- به علت مواد تشکیل دهنده معدنی، با مصالح ساختمانی سازگار می باشد. لذا باعث خوردگی یا خرابی به اجزاء تشکیل دهنده ساختمان نخواهد شد.

ضریب انتقال حرارت این عایق طبق مبحث 19 به شرح زیر می باشد که البته با توجه به درجه و کارخانه سازنده آن متفاوت خواهد بود و باید توسط کارخانه سازنده آن مشخص شود

وزن مخصوص خشک (Q) بر حسب $m^3 kg$	ضریب هدایت حرارتی مفید λ بر حسب $w/m.c$
18 تا 25	0.047
25 تا 35	0.041
35 تا 80	0.039
80 تا 180	0.031

- ذرات الیاف پشم سنگ از طرف سازمان بهداشت جهانی برای سلامتی انسان بی ضرر تشخیص داده شده اند و حتی مطابق استانداردهای اروپا استنشاق هوایی که حاوی حداکثر 5 میلی گرم بر متر مکعب ذرات پشم سنگ باشد به مدت 8 ساعت در روز مجاز است.
- عایقی تجزیه نشدنی و به علت اینکه مواد تشکیل دهنده آن معدنی می باشد علاوه بر اینکه دوام بسیار خوبی در کل عمر سازه دارد باعث از دست دادن کیفیت آن نخواهد شد و سازگاری کاملی با محیط زیست دارد و از این لحاظ بی خطرترین عایق حرارتی می باشد.
- آتش گیر نیست و مشتعل نمی شود و قابلیت مقاومت تا 4 ساعت در برابر شعله مستقیم را دارد. پشم سنگ به تنهایی نقطه ذوبی بالای 1000°C دارد اما به علت رزین و مواد افزودنی ای که به آن اضافه می گردد، کارایی مناسبی در رنج وسیع -150°C تا 700°C دارد. ضمناً در اثر آتش سوزی تولید دود و سم نمی کنند که از مزایای عمده آن است.
- در تکنولوژی نوین ساخت محصول رطوبت را جذب نمی کنند اما طبق استاندارد می بایست یک پوشش بخار بند داشته باشند.
- نرمی و لطافت الیاف و نیز بافته بودن تار 6 در ضخامت تشکیل دهنده محصول نهایی که باعث مقاومت در برابر تراکم می شود که از مزایای مهم این محصول می باشد.
- طبق استاندارد های جهانی استفاده از عایق پشم سنگ به عنوان جداکننده مناطق آتش در ساختمان و طبقات به عنوان عایق ساختمان مورد توجه خاصی قرار گرفته است.

. معایب:

- ضریب انتقال حرارت، با افزایش دما، فشردهگی بعد از نصب و جذب رطوبت، افزایش می یابد.
- برای شکل دادن به این نوع عایق از چسب رزینی استفاده شده که به دلیل پایین بودن درجه حرارت آن تحمل دمای این محصول را تا 350°C کاهش می دهد.
- اگر چه پشم سنگ جاذب رطوبت نیست اما برای عایق کاری لوله ها، تاسیساتی که به فضای باز قرار دارند، باید با یک پوشش ضد رطوبت محافظت شود

کاربرد:

پشم سنگ بنا به نوع آن موارد کاربرد گوناگون دارد. صنایع پتروشیمی، پالایشگاه، بیمارستان ها، نیروگاهها، صنایع سنگین، استریوهای صدا برداری، تونل های مترو، کارخانه های سیمان و فولاد از مصرف کنندگان این نوع عایق به شمار می روند.

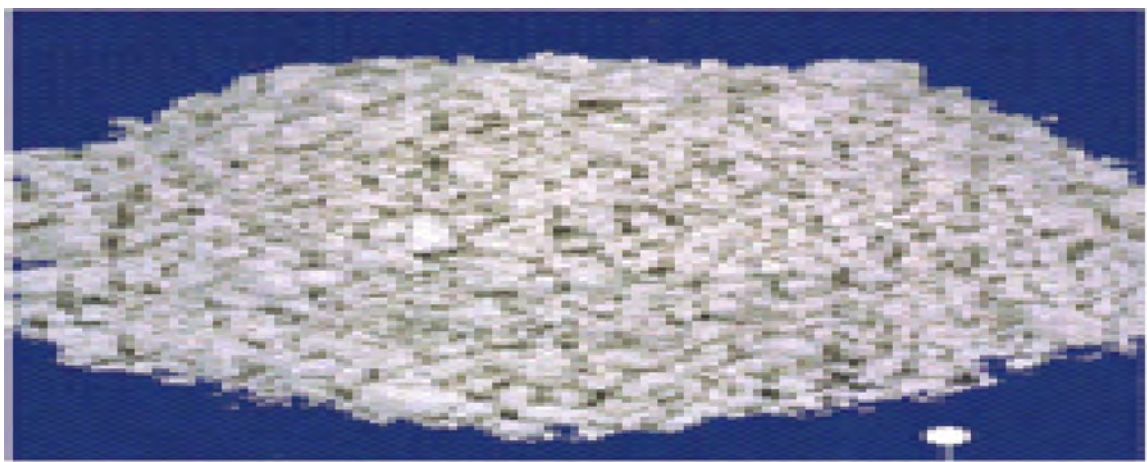
پشم سنگ فله ای: به عنوان عایق حرارتی صوتی بین دو جدار دیوار های ساختمانی، جدار دودکش ها، منبع آگروز اتومبیل ها و دستگاه های صنعتی و پرکردن فضاهای فاقد شکل هندسی منظم به کار می رود

پشم سنگ تختک ای: برای عایق کاری و پوشش سقف سوله، کانال های گردش هوا و سیستم های تهویه مطبوع و آب سردکن مورد استفاده قرار می گیرد این نوع پشم سنگ اگر بدون روکش باشد می تواند برای عایق کاری تجهیزات تا دمای 700 درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار گیرد این نوع عایق اگر دارای **روکش کاغذ کرافت و فویل آلومینیوم باشد فقط در دماهای پائین قابل استفاده است** عایق پشم سنگ با روکش توری تا دمای 800 درجه سانتیگراد قابل استفاده است و برای سطوح مسطح و منحنی در صنایع، لوله های با قطر بزرگ، کوره ها، گرمخانه ها، آگزوز توربین ها و دودکش های بلند مورد استفاده قرار می گیرد.

پشم سنگ پانلی: به دلیل استحکام به عنوان عایق بین جداره ها، در استدیو صدا برداری و تونل های مترو برای جذب هوا مورد استفاده قرار می گیرند. عایق لوله ای پشم سنگ، در تاسیسات سیستم های تهویه مطبوع برای عایق کاری لوله های عبور سیالات سرد و گرم، در صنایع جهت عبور سیالات داغ و بخار مورد استفاده قرار می گیرد.

3_ پشم سر باره (SLAG WOOL)

پشم معدنی که از مذاب سر باره کوره ساخته می شود. استاندارد ملی 84 80 بند (3-16-4)



از محصولات جانبی کوره بلند پس از استخراج آهن از سنگ هماتیت می باشد بطوره خلاصه طی این فرایند سنگ آهن که خود ترکیبی است از اکسید آهن منگنز کلسیم و سیلیکاتها می باشد با اهنك و كك وارد کوره بلند شده و پس از احیا آهن و جدا سازی آهن مذاب از پایین کوره و سر باره از بالای آن خارج می شود. سپس سر باره بدست آمده در دمای 1400 درجه سانتیگراد مجددا ذوب شده و پس از عبور از اتومایزر به الیاف مبدل می گردد. اکسید سیلیس SiO_2 جز اصلی تمامی عایق های معدنی یکی از عمده ترین مواد تشکیل دهنده پشم سر باره می باشد این مقدار در حدود 36% است و

مواد تشکیل دهنده آن عبارتند از:

اکسید سیلیس 36%

اکسید منیزیم 0.97%

اکسید آهن 0.76%

اکسید آلومینیوم 10.45%

اکسید منیزیم 10.9%

اکسید کلسیم 36.56%

اکسید تیتانیم 2.83%

سایر مواد 1.58%

- دارای خواص و درصد خلوص یکنواخت در تمام محصولات می باشد، که از مزایای عمده این محصول است. در کشور های صنعتی جزو پر مصرف ترین عایق های معدنی است. سیلیس باعث رشته رشته شدن الیاف عایق پشم سرباره می گردد و اضافه شدن در صد سیلیس آن را به سمت پشم شیشه سوق می دهد و کم شدن آن فرآیند رشته ای شدن آنها را به خطر می اندازد.
- سر الیاف آن کروی شکل بوده که به همین دلیل باعث خراش و تحریک پوستی بسیار کمتری می شود و به دلیل ریز بودن ذرات آن عایق الکتریسته نیز می باشد، بازگشت پذیری آن به طبیعت سریع انجام می شود.
- در صورت مجاورت با بخار آب PH+ دارد، جهت تولید اشکال هندسی از یک چسبنده لاتکس رزینی گرما سخت استفاده می شود که محصول تولید شده تحمل درجه حرارتی کمتر از نوع خالص آن را دارد.
- حداکثر تحمل درجه حرارت آن در نوع خالص 750°C است و در حالت غیر خالص و مخلوط با ماده چسباننده حداکثر در حدود 350°C را تحمل می کند.

به لحاظ کاربرد آن در عایقکاری صوتی می توان گفت، این ماده می تواند به عنوان عایق صوتی نیز به کار رود اما میزان جذب صوت بخصوص در فرکانسهای پائین با ضخامت عایق رابطه مستقیم دارد، در انواع خاص آن و در فرکانسهای صوتی بالا می تواند عایق خوبی به شمار آید

4- عایق های سیلیکات

این نوع عایقها از مواد معدنی و الیاف سرامیکی همراه با ذرات سیلیکا و اکسید فلزات گروه قلیایی مانند کلسیم، منیزیم و یا آلومینیوم که در دمای بالا به هم دوخته می شوند ساخته می شود. این نوع عایقها به شکل پتونی و یا به شکل آجری یکپارچه ساخته می شود

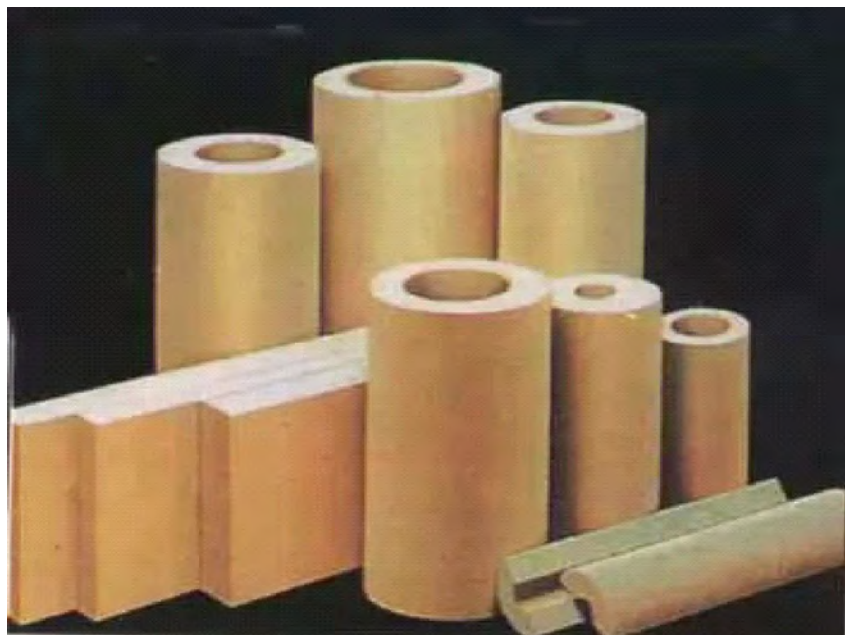
- مزایا: در مقابل شوکهای حرارتی مقاوم بوده و تحمل دماهای بسیار بالا را دارد و غیر قابل اشتعال است. در صورت مجاورت با رطوبت جاذب آن میباشند که می بایست در مقابل آن محافظت شوند.

سیلیکات کلسیم

Calcium silicate سیلیکات کلسیم

ماده عایق شامل سیلیکات هیدراته است که معمولاً "بوسیله الیاف یک پارچه کننده مسلح می شود.

استاندارد ملی 84 80 بند (4-4)



- يك نوع عایق دانه اي ساخته شده از آهك و تقویت شده توسط ذرات سیلیکات با ساختار يك پارچه و صلب به همراه مواد معدني آلي مي باشد، مقاومت مناسب در مقابل تغییر شکل داشته و جاذب آب است اما به سرعت خشك مي شود در نتیجه فاسد نشده و مكان مناسبی برای رشد قارچها و میکروب ها نمی باشد . نیز قابل اشتعال نبوده و عموماً برای لوله های عبور سیالات داغ مورد استفاده قرار می گیرد ،دانه های المنت سماور و یا برخی اتصالات نسوز از این جنس است و حداکثر تحمل دمایی آن 982C° می باشد .سیلیکات کلسیم مخلوط سیمان ماندنی است با طول عمر زیاد و مقاومت فشاری بالا که به سهولت آب جذب می کند .پوشش سیلیکات کلسیم بسیار سبک بوده، میتواند تا ۴۰۰ % وزن خود ، آب در خود نگاه دارد شکل فوق نمونه ای از عایق سیلیکات کلسیم را نشان میدهد
- همانطور که شکل نیز نشان می دهد سیلیکات کلسیم معمولاً سفید، خاکستری یا بی رنگ می باشد.

کاربردها: این ماده به عنوان عایق حرارتی جهت عایقکاری خطوط سیالات گرم، مخازن و تا نکها در تأسیسات نفت و گاز مورد استفاده فراوان دارد . از موادی همچون پشم شیشه، پشم سنگ و الیاف نسوز نیز بدین منظور استفاده می شود .**معایب:** خواص فیزیکی سیلیکات کلسیم در جدول زیر مشاهده میشود . عایق 4 آن بالاست، pH آن در محدوده ۷ تا ۱۱ قرار دارد . اگرچه pH ، با پایه سیلیکات کلسیم معمولاً خنثی یا قلیایی بوده ولی میل شدیدی به ایجاد خوردگی در سطوح حفاظت نشده فلزی دارد و جاذب آب است . این عایق دارای یون کلراید نیز میباشد . نکته حائز اهمیت در خصوص عایقکاری حرارتی آن است که این عمل باید بگونه ای انجام شود که آب در زیر آن نفوذ و تجمع پیدا نکند . در غیر این صورت رطوبت محبوس در زیر عایق باعث بروز پدیده خوردگی میشود.



شکل ۲- عایق سیلیکات کلسیم

دمای کاری	نقطه ذوب	جرم حجمی (Kg/m ³)	ضریب هدایت حرارتی (W/mK)	استحکام پیچشی (Mpa)	استحکام فشاری (Mpa)
۶۵۰°C (max)	۱۵۰۰°C (max)	۲۴۰ (max)	۰/۰۷۹ (max)	۰/۳۵ (min)	۰/۶

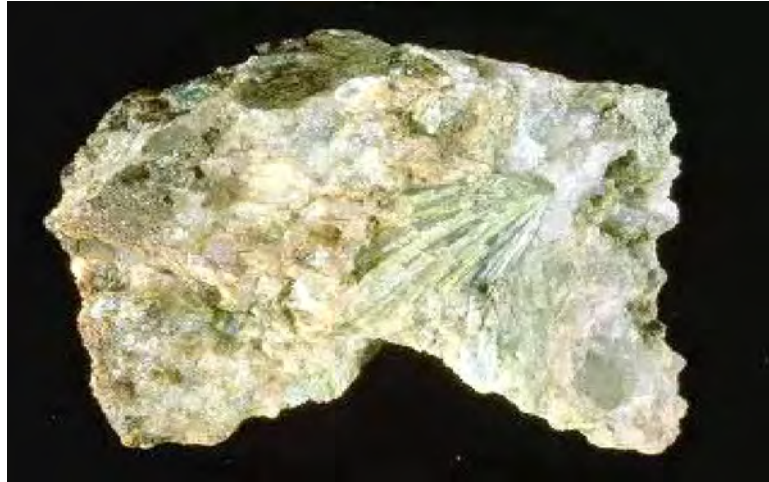
جدول ۱- خواص فیزیکی سیلیکات کلسیم

منبع: خوردگی در سطوح خارجی خطوط لوله فشار قوی زیر زمینی گاز ترش زیر پوشش سیلیکات کلسیم نوشته میثم زمانیان یزدی و جواد مستوفی

• سیلیکات آلومینیوم

این نوع عایق از مواد معدنی اکسید آلومینیوم و الیاف سرامیکی تشکیل شده است، که در دمایی بالا با هم آمیخته می شوند در دو شکل پتویی و یا آجری یکپارچه ساخته شده و تحمل دماهای بسیار بالا را دارد، و همچنین در مقابل شوکهای حرارتی نیز مقاوم بوده و کاملاً غیر قابل اشتعال است.

عایق کوره های قائمی ذوب فلز از این جنس می باشد و دماهای تا حدود 1800C° را به راحتی تحمل می کند.



5- الیاف کربنی carbon_fiber

درفر هنگ و اژگان نساجی آمده است : الیاف کربن به الیافی گفته می شود که دست کم دارای 90 درصد کربن هستند و از پیرولیز کنترل شده الیافی ویژه به دست می آیند . اصطلاح الیاف گرافیتی در مورد الیافی به کار می رود که کربن آنها بیش از 99 درصد باشد . انواع گوناگونی از الیاف به عنوان پیش زمینه تولید الیاف کربن وجود دارد که دارای ویژگی های انحصاری و مورفولوژی ویژه هستند . پرمصرف ترین الیاف پیش زمینه عبارتند از : الیاف پلی اکریلونیتریل (PAN) ، الیاف سلولزی (مانند ریون و یسکوز و پنبه) ، قیر حاصل از قطران ذغال سنگ (Coal tar pitch) و نوع ویژه ای از الیاف فنلیک .

الیاف کربن از طریق پیرولیز پیش زمینه های آلی که به شکل الیاف هستند ، ساخته می شود . در واقع انجام عملیات حرارتی موجب حذف عناصری مانند اکسیژن ، نیتروژن و هیدروژن و باقی ماندن کربن به شکل الیاف می شود . در پژوهش هایی که بر روی الیاف کربن انجام شده ، مشخص گردیده که ویژگی های مکانیکی الیاف کربن با افزایش درجه تبلور و میزان جهت گیری الیاف پیش زمینه و کاهش نواقص موجود در آنها ، بهبود می یابد . بهترین راه برای دست یابی به الیاف کربن با ویژگی های مناسب ، استفاده از الیاف پیش زمینه با بیشترین مقدار جهت گیری و حفظ آن در طی فرآیندهای پایدار سازی و کربنیزاسیون از طریق اعمال کشش در طول فرآیند است .

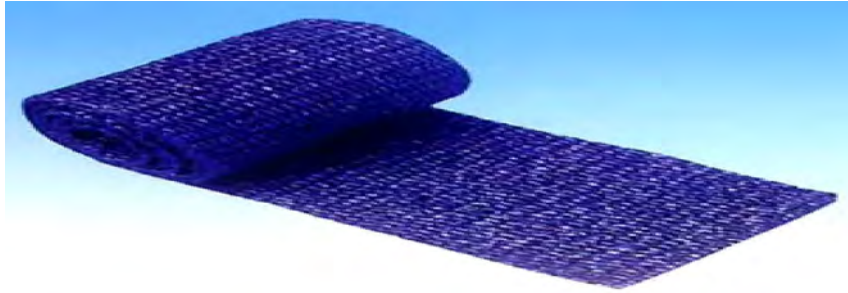
تولید الیاف کربن از پیش زمینه پلی اکریلونیتریل

برای تولید الیاف کربن با کیفیت بالا از پیش زمینه PAN و سه مرحله اساسی وجود دارد:

1-مرحله پایدار سازی اکسیدی : در این مرحله الیاف PAN هم زمان با اعمال کشش مورد عملیات حرارتی اکسیدی در محدوده دمایی 200 تا 300 درجه سانتی گراد قرار می گیرد . این عملیات ، PAN گرما نرم را به ترکیبی با ساختار نردبانی یا حلقه ای تبدیل می کند .

2-مرحله کربنیزاسیون : بعد از اکسیداسیون ، الیاف بدون اعمال کشش در پیرامون دمایی 1000 درجه سانتی گراد در محیط خنثی (معمولاً نیتروژن) برای مدت چند ساعت ، مورد عملیات حرارتی کربنیزاسیون قرار می گیرند . در طی این فرآیند ، عناصر غیرکربنی آزاد می شود و الیاف کربن با بالانس جرمی 50 درصد به نسبت الیاف PAN نخستین ، به دست می آید .

3-مرحله گرافیتاسیون : بسته به نوع الیاف کربن مورد نظر ، از لحاظ ضریب کشسانی ، و اعمال این مرحله در محدوده دمایی مابین 1500 تا 3000 درجه سانتیگراد ، موجب بهبود درجه جهت گیری کریستالیت های کربنی در جهت محور الیاف و بنابراین مایه ی بهبود ویژگی ها می شود . تولید الیاف کربن از دیگر پیش زمینه ها نیز کمابیش دارای مراحل اصلی است که در مورد تولید از پیش زمینه PAN آورده شد .



ساختار الیاف کربن

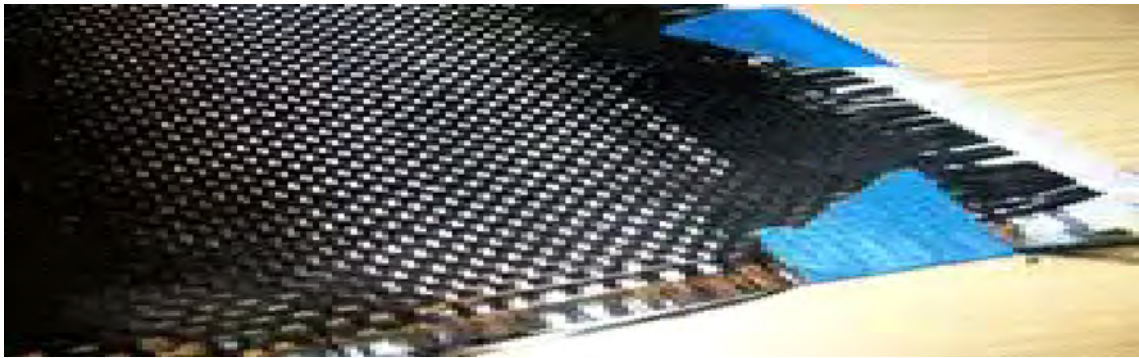
مشخصه های ساختاری الیاف کربن بیشتر با دستگاه‌های میکروسکپ الکترونی و پراش پرتوی ایکس قابل بررسی است. برخلاف گرافیت، ساختار کربن بدون هرگونه نظم سه بعدی است. در الیاف کربن بر پایه PAN، ساختار الیاف در طی عملیات پایدار سازی اکسیدی و متعاقب آن کربنیزاسیون، از ساختار زنجیره ای خطی به ساختار صفحه ای تغییر می کند. به این ترتیب صفحات اصلی در پایان مرحله کربنیزاسیون در جهت محور طولی الیاف قرار می گیرند. بررسی های اشعه X با زاویه تفرق باز (Wide angle X-ray) نشان می دهد که با افزایش دمای عملیات کربنیزاسیون، ارتفاع انباشتگی و مقدار جهت گیری صفحات اصلی، افزایش می یابد. قطر منوفیلامنت های PAN تأثیر عمده ای بر نفوذ عملیات کربنیزاسیون در الیاف کربن تولیدی دارد، به همین دلیل تغییر در ساختار کریستالوگرافی پوسته و هسته هر منوفیلامنت در الیافی که کاملاً پایدار شده اند، به وضوح قابل مشاهده است. پوسته از جهت گیری مرجح طولی بالا به همراه انباشتگی زیاد کریستالیت ها برخوردار است درحالی که هسته، جهت گیری کم تر صفحات اصلی و حجم کم تر کریستالیت ها را نشان می دهد.

عموماً دیده شده که هرچه استحکام کششی الیاف پیش زمینه بیشتر باشد، ویژگی های کششی الیاف کربن به دست آمده نیز بیشتر می شود. چنانچه مرحله پایدار سازی به صورتی مناسب انجام گیرد، در آن صورت استحکام کششی و ضریب کشسانی با کربنیزاسیون تحت کشش، به مقدار بسیار زیادی در محصول کربنی نهایی بالا می رود. بررسی های انجام شده با دستگاه های پراش پرتوی ایکس و پراش الکترونی نشان داده است که در الیاف کربن با ضریب کشسانی بالا، کریستالیت ها پیرامون محور طولی الیاف قرار گرفته اند. این درحالی است که صفحات لایه ای با بیشترین جهت یافتگی به موازات محور الیاف استقرار یافته اند. به طور کلی استحکام الیاف کربن به نوع پیش زمینه، شرایط فرآیند، دمای عملیات حرارتی و وجود نواقص ساختاری در الیاف، ارتباط دارد. در الیاف کربن با پیش زمینه PAN و افزایش دما تا 1300 درجه سانتی گراد مایه ی افزایش استحکام می شود ولی پس از 1300 درجه، استحکام به آرامی کم می شود. این موضوع در مورد ضریب کشسانی نیز صادق است.

الیاف کربن بسیار ترد هستند. لایه ها در الیاف با اتصالات ضعیف و اندروالسی به هم دیگر متصل شده اند. تجمع فلس مانند لایه ها موجب می شود تا رشد ترک در جهت عمود بر محور الیاف به آسانی صورت بگیرد. در خمش، الیاف در کرنش های بسیار پایین می شکنند. با تمام این معایب، الیاف کربن از نقطه نظر مجموع ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی منحصر به فردی که دارد، در بسیاری از عرصه های مهندسی و علوم در دو دهه اخیر تقریباً بدون رقیب مانده است.

6- الیاف گرافیتی Graphite fiber

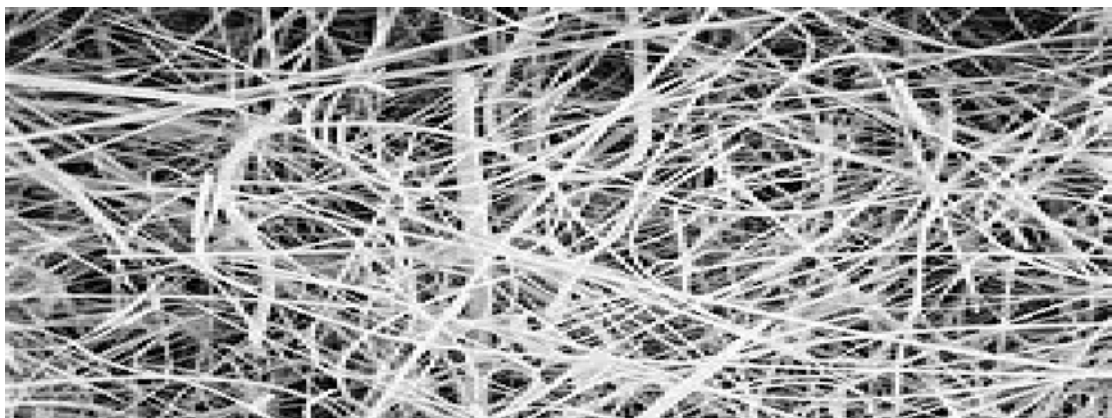
الیاف کربن یا گرافیتی نسل جدیدی از الیاف پر استحکام است. این مواد از پرولیز کنترل شده گونه هایی از الیاف مناسب تهیه می شود؛ به صورتی که بعد از پرولیز حداقل 90 درصد کربن باقی بماند. الیاف کربن نخستین بار در سال 1879 میلادی زمانی که توماس ادیسون از این ماده به عنوان رشته پرمقاومت در ایجاد روشنایی الکتریکی استفاده کرد، پای به عرصه علم و فن آوری گذاشت. در دهه های اخیر، الیاف کربن در موارد غیر نظامی بسیاری، همچون هواپیماهای مسافربری و باربری، خودروسازی، ساخت قطعات صنعتی، صنایع پزشکی، صنایع تفریحی - ورزشی و بسیاری موارد دیگر کاربردهای روزافزونی یافته است. الیاف کربن در کامپوزیت های با زمینه سبک مانند انواع رزین ها به کار می رود. کامپوزیت های الیاف کربن در مواردی که استحکام و سختی بالا به همراه وزن کم و ویژگی های استثنایی مقاومت به خوردگی مدنظر باشند، یگانه گزینه پیش روست. همچنین هنگامی که مقاومت مکانیکی در دمای بالا، خنثی بودن از لحاظ شیمیایی و ویژگی ضربه پذیری بالا نیز انتظار برود، باز هم کامپوزیت های کربنی بهترین گزینه هستند. با توجه به این ویژگی ها، پهنه گسترده موارد کاربرد این ماده در گستره های گوناگون فن آوری به سادگی قابل تصور است.



7- الیاف شیشه fiber glass

الیاف تولید شده از مذاب شیشه به صورت رشته های پیوسته است که معمولاً "برای مسلح کننده، تیشو یا بافته ها بکار میرود. استاندارد ملی 8084-بند (2-15-4) -الیاف شیشه یکی از مهمترین و پرمصرف ترین تقویت کننده ها در مواد اولیه کامپوزیتها در سراسر جهان است و اکثر کامپوزیت های پلیمری از ترکیب رزین های گرما سخت به الیاف شیشه تهیه می شوند. کاربرد عمده الیاف شیشه در صنعت کامپوزیت و تولید محصولات فایبر گلاس می باشد.

ماده اصلی در تولید الیاف شیشه ماسه سیلس است که بیش از 50% ماده اولیه را تشکیل می دهد و سایر اجزاء ترکیبات شیمیایی می باشد این مواد ابتدا باهم مخلوط شده و سپس وارد کوره میشوند در مرحله بعد مذاب حاصله بر روی سینی هایی از جنس پلاتین جریان پیدا کرده و از روزنه های بسیار ریزی خارج شده و تا قطر معین نازک می شود سپس این تارها توسط آب یا هوا خنک شده و در انتها توسط ماده ای خاص آهار زنی می شود.



چگالی و ضریب هدایت حرارتی عایق Fiberglass در 0 درجه سانتی گراد

نوع عایق Fibreglass	چگالی (kg/m ³)	ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)
نوع 1	18-10	0.044
نوع 2	30-19	0.037
نوع 3	45-31	0.034
نوع 4	65-46	0.033
نوع 5	90-66	0.033
نوع 6	91	0.036
فیبر شیشه ای (Resin bonded)	144-64	0.036

8- شیشه سلولی Cellular glass

ماده عایقکاری حرارتی صلبی است که از شیشه منبسط با ساختار سلول بسته ساخته میشود . استاندارد ملی 84 80 بند (3-4)

این نوع عایق به شکل تخته ای و لوله ای و دیگر شکلهای ساخته می شود . محدوده دمائی آن بین -40 درجه سانتی گراد تا 482 درجه سانتیگراد می باشد . در دماهای پائین هدایت حرارتی کمی داشته و مقاومت سایش آن کم و در مقابل خوردگی نیز مقاوم است و دارای قابلیت جذب صوت خوبی میباشد



9- الیاف سرامیکی نسوز (ceramic fiber)

الیافی غیر آلی که از اکسید های فلزی یا رس ها ساخته می شود . استاندارد ملی -8084 بند (3-15-4)

نام	دمای کاربردی	دمای ذوب
الیاف سرامیکی	۸۰۰ °C - ۱۴۰۰ °C	۱۷۵۰ °C تا ۱۸۵۰ °C



معرفی الیاف سرامیکی

الیاف سرامیکی در حقیقت فیبرهای سیلیکات آلومینیوم می باشند که از ذوب و دمیدن مذاب کائولن با درصد آلومینای بالا و یا مواد مرسوم تری شامل ترکیبی از پودر خالص آلومینا و سیلیس مخلوط شده تشکیل میگردد . مخلوط آلومینا و سیلیس پس از ذوب در کوره قوس الکتریکی در دمایی حدود ۲۰۰۰ °C بوسیله هوای فشرده دمیده میشود و یا بروی غلنگهای چرخان بوسیله نیروی گریز از مرکز به الیاف تبدیل میشوند . در حین دمش ، جریان مذاب به قطرات کوچکی تبدیل می شود که در ادامه پروسه به صورت الیاف کشیده میشوند این الیاف طولهای متفاوت حداکثر تا اندازه ۵۰ mm و قطر تقریبی ۲ الی 3 میکرومتر دارند که البته در روش

سانتریفوژ ، اعمال نیروی گریز از مرکز و دمش تواما " ، عمل ساخت الیاف را تکمیل کرده و طول الیاف در این روش 250mm و قطر آن معمولا همان 2 الی 3 میکرومتر می باشد . الیاف تشکیل شده سفید رنگ ، شیشه ای یا غیر بلوری بوده (آمورف) و این الیاف می توانند جهت ساخت انواع عایق های نسوز با شکل های متفاوت جهت کاربرد در دمای بالا تا 1400°C استفاده گردد.

خصوصیات و ویژگی های الیاف سرامیکی

خصوصیات بارز انواع الیاف سرامیکی بشرح زیر است:

- ✓ وزن سبک.
- ✓ قابلیت انعطاف پذیری همراه استحکام کششی بالا.
- ✓ قابلیت نصب سریع.
- ✓ هدایت حرارتی پایین.
- ✓ ذخیره سازی پایین انرژی گرمایی.
- ✓ مقاومت بالا به شوکهای حرارتی.
- ✓ مقاومت بالا به خوردگی.
- ✓ پایداری حرارتی بالا.
- ✓ پایداری شیمیایی بطوریکه در مقابل اغلب اسیدها و بازهای قوی مقاومند . همچنین محیط های حاوی آب و روغن تأثیر بروی خواص شیمیایی الیاف سرامیکی نداشته ، اگرچه آب قابلیت هدایت حرارتی را افزایش میدهد ولی بمحض تبخیر خواص فیزیکی الیاف برگشت پذیر می باشند.
- ✓ بدون آزبست و جایگزین مناسب ازبست.
- ✓ عایق صوتی فوق العاده بطوریکه این الیاف بعنوان پایه کاتالیست در آگروزها و فیلترها به وفور استفاده میشوند.
- **الیاف فله Ceramic fiber bulk**: این محصول شامل توده ای از الیاف بلند و نسوز سرامیکی با توزیع جهات اتفاقی است، جایگزین مناسب ازبست بوده و از کاربردهای آن می توان به اتصالات انبساطی ، تعمیرات اضطراری و فوری، درزبندی حرارتی دیواره های دیگهای بخار و کوره ها و کاربرد در ساخت مواد کامپوزیتی زمینه پلاستیکی و رزینی اشاره نمود.
- **پتوی سرامیکی Ceramic Blanket**: پتوی سرامیکی محصولی نسوز ، عایق و انعطاف پذیر بوده که منحصرأ از الیاف فله ساخته می شود و در ساخت آن نیازی به هیچ نوع چسب و عامل اتصال نیست . استحکام پتوها تحت فرایند سوزن کاری افزایش می یابد . این محصول در ضخامت ها و دانسیته های مختلف موجود است.
- **صفحه سرامیکی Ceramic Board**: صفحات سرامیکی نوعی کامپوزیت از الیاف نسوز سرامیکی می باشند . این محصولات معمولا توسط مذاب فلزات غیر آهنی ، تر نشده و مقاومت بالایی در برابر لب پرشدن ، شوک حرارتی و سایش دارد و می توان آن را بر راحتی بریده و شکل داد . محصول صفحه سرامیکی دارای درصد پائینی چسب آلی جهت بهبود استحکام خام است که در دمایی در حدود 100 درجه اولین مرحله پخت خواهد سوخت.
- **مدول Ceramic module**: از تا کردن و انباشتن پتوهای سرامیکی قطعاتی شکل می گیرند که مدول نامیده می شوند. این مدول ها برای نصب در بدنه کوره ها و سایر کاربردها آماده می باشند . ضخامت و دانسیته آنها به گونه ای طراحی می شود که با توجه به مصرف انرژی ، پوشش موثری باشند . دانسیته استاندارد برای نصب در محدوده 100-300 Kg/m³ می باشد.

استفاده از الیاف سرامیکی که بصورت سرام پتو و یا سرام صفحه جهت عایق بندی کوره ها و سایر مراکز حرارتی بکار میرود علاوه بر صرفه جویی در مصرف انرژی ، از فرسایش زودرس دستگاه ها و ماشین آلات کارخانجات محافظت می نمایند . این مواد نسوز بوده و در دماهای 1260°C تا 1400°C قابل مصرف می باشند

منابع:

www.scfc.ir

www.daneshju.ir

10-الیاف آزبستی

الیافی است که از جدا سازی سیلیکاتهای معدنی طبیعی که دارای ساختار بلوری به شکل رشته های باریک است بدست می آید. یادآوری: الیاف آزبستی به دلیل به خطر انداختن سلامتی انسان معمولاً "برای کاربرد در ساخت فرآوردهای عایقکاری حرارتی توصیه نمی شود". استاندارد ملی 84 80 بند(4-18)

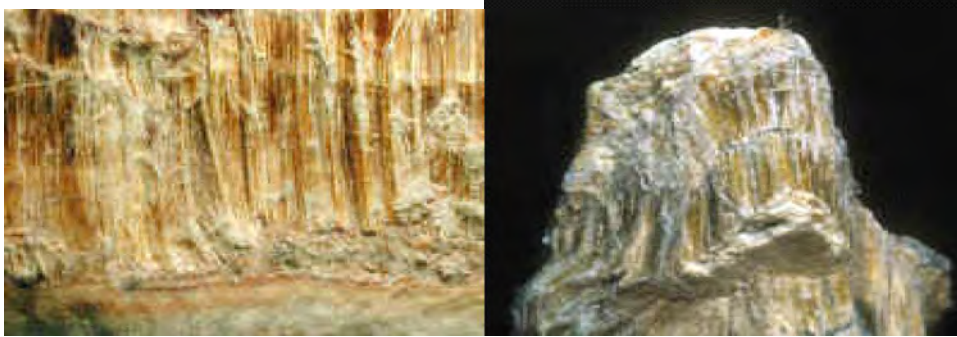
➤ آزبست یا پنبه کوهی

یک نوع کانی معدنی است که بافت الیافی دارد، در گذشته از آزبست جهت عایقکاری استفاده می شده و پس از شناخت اثرات زیان بخش الیاف آن کاربرد آن به شدت کاهش یافته است و دیگر در عایقکاری از آن استفاده نمی شود، مطابق استاندارد آزبست نباید بصورت جزء یا تشکیل دهنده بخشی از فرآورده ها استفاده شود.

آزبست انواع مختلفی دارد که نوع کریزوتیل کم خطر تر از بقیه ای انواع آن است و خاصیت شکل پذیری خوبی دارد ولی مقاومت شیمیایی آن نسبت به انواع دیگر کمتر بوده و در حدود 94% مصرف آزبست دنیا از این نوع است.

ضریب هدایت حرارت آن نسبت به عایق های دیگر بسیار بالاتر بوده در حدود 0.06 W/mc و از این حیث عایق خوبی نمی باشد اما دلیل عمده مصرف آن به علت خاصیت عدم اشتعال پذیری آن بوده است.

خاصیت سرطان زا بودن الیاف و فیبرهای آزبست ثابت شده به همین دلیل اگر در تاسیسات قدیمی عایق آزبست مشاهده نمودید از دست زدن به آن خود داری نمائید زیرا فیبرهای آن در هوا پراکنده می شود و برای برداشتن آن با مسئولین بهداشتی مشاوری نمایی



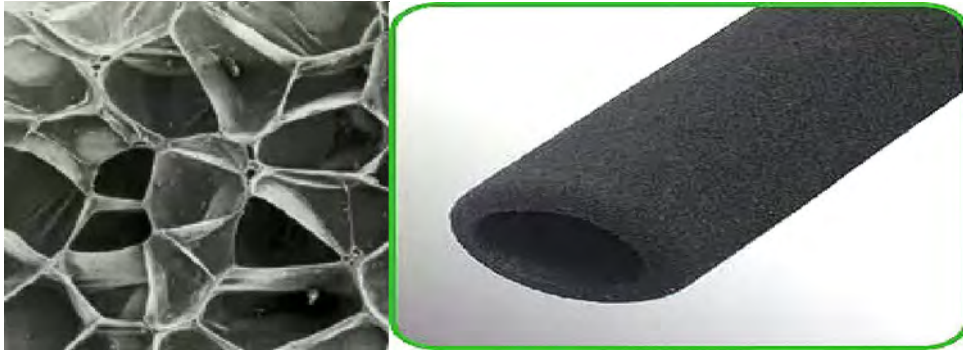
ب) عایق های پایه شیمیایی

1- فوم EPDM اتیلن - پروپیلن - داین-منومر

پلی اتیلن و پلی پروپیلن، پلیمرهایی هستند با دمای انتقال شیشه ای بسیار پایین و دارای ماهیت بلورینگی که به دلیل همین ماهیت، فاقد خواص لاستیک بوده و بعنوان پلاستیک مورد مصرف قرار می گیرند. با کوپلیمر کردن اتیلن و پروپیلن و برهم زدن نظم ساختمانی هر یک از این هموپلیمرها، می توان ویژگی بلورینگی را از پلیمر سلب و پلیمری با ویژگی لاستیکی پدید آورد. کوپلیمر تشکیل شده با این روش، EPR نامیده می شود که دارای ماهیت کاملاً اشباع بوده و به دلیل همین ماهیت، از مقاومت جوی و حرارتی بالایی برخوردار است، اما این الاستومر به علت عدم وجود پیوند دوگانه در ساختار شیمیایی فاقد قابلیت پخت گوگردی و فقط با سیستم پخت پراکسیدی پخت می شود. برای حل این مشکل، از منومر سومی (منومر DN در واکنش با اتیلن و پروپیلن استفاده می شود. به این ترتیب، ترپلیمری حاصل می شود که حاوی پیوند دوگانه بوده و قابلیت پخت گوگردی را پیدا خواهد کرد. این ترپلیمر EPDM نامیده می شود.

این ماده مخلوط اتیلن، پروپیلن و داین است EPDM مصالح ساختمانی مناسب برای مناطق سردسیر است و حتی در دماهای زیر 30 درجه سانتی گراد خصوصیات عالی از خود نشان می دهد. محدوده دمایی آن 50°C تا 130°C سلسیوس است. مقاومت زیادی در برابر ازن دارد. زمان مند شدن، اکسید شونده گی، پیر شدن درجه ناشی از گرما آن کم است در برابر مواد شیمیایی آلی و غیر آلی مقاوم است. ضعف آن مقاومت کم در برابر مایعات بر پایه نفت است EPDM. انتخاب معمول در بین فوم هاست. مقاومت عالی در

برابر ازن ، هوازدگی و زمان مندی دارد . هم چنین مقاومت شیمیایی آن در برابر فرآورده های بر پایه غیر محلول کم است



منبع: عنوان طرح: ترکیبات ترموپلاستیک الاستومر EPDM

پژوهشگر: محمدعلی دادخواه

انستگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا گروه مهندسی شیمی

چکیده:

NBR/PVC عایق‌های از جنس ترکیبات ترموپلاستیک الاستومر

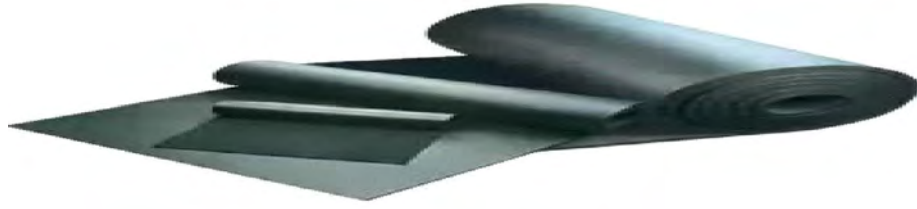
ترموپلاستیک الاستومر های پلی الفینی در واقع سیستم های الاستومری دو جزئی حاوی یک جزء الاستومر و یک جزء پلی الفینی مانند پلی پروپیلن می باشند . به طور کلی ترموپلاستیک الاستومر های پلی الفینی (TPE) به سه گروه طبقه بندی می شوند.

- ✓ گروه اول در واقع ترکیباتی هستند که از طریق مخلوط کردن با دستگاه ها و تجهیزات اکسترودی به دست آمده و بدان ها آمیزه های فیزیکی می گویند که از این گروه می توان به آلیاز و یا آمیزه های پلیمری EPDM-PP اشاره نمود.
- ✓ گروه دوم در واقع ترموپلاستیک هایی هستند که از طریق ولکانیزاسیون با گوگرد و ترکیبات مشابه، خواص الاستومری پیدا می نمایند و بدان ها و الکانیده های ترموپلاستیکی یا TPV گفته می شود.
- ✓ گروه سوم نیز ترکیباتی هستند که از طریق پلیمریزاسیون و کوپلیمریزاسیون در راکتور های کاتالیزوری با تنظیم خوراک های ورودی به دست می آیند و بدانها محصولات TPE راکتوری گفته می شود که برای مثال می توان به EPR یا اتیلن-پروپیلن لاستیکی اشاره نمود . در این طرح به لحاظ مصرف گسترده و دامنه کاربردی وسیع آن به TPE راکتوری پرداخته شده و کل تجهیزات و سرمایه گذاری لازم در این امر محاسبه و بررسی گردیده است.

2- نیتریل فوم NBR/PVC-NBR

دمای کار آن 25- تا 100+ درجه سلسیوس است. مقاومت عالی در برابر مایعات و روغن دارد. ضعف آن مقاومت کم در برابر ازن و عملکرد بد در دماهای پائین است اما آن را می توان با افزودن روان کننده ها بهبود بخشید. نیتریل (Arylonitrile Butadiene Rubber) مقاومت بسیار خوبی در برابر روغن و بنزین دارد. مقاومت سایشی به طور متوسط زیاد است. اما در کاربردهایی که در معرض شرایط جوی سختی قرار می گیرد، توصیه نمی شود این ماده عاری از CFC آزیست وکلر است و باعث حساسیت پوستی نمی شود. باعث رشد باکتری و قارچ نمی شود. یکی از انواع فوم های نیتریل، سلول بسته است. این محصول برای عایقکاری حرارتی و صوتی طراحی شده است. علاوه بر این زیباست و عمر درازی دارد.

قابلیت صدابندی بیشتر و صرفه اقتصادی بالاتر نسبت به انواع معمول مصالح عایقکاری صوتی سلول بسته یا سلول باز دارد. نیتریل فوم را معمولاً در عایقکاری اتاقهای موتور کامیون ها ، هواپیماها ، کشتی ها) رطوبت جذب نمی کند(ژنراتور ها و سیستم های تهویه هوا و کانالی مربوط استفاده می کنند



3- اسفنج پلی استایرن polystyrene foam

مواد عایق بندی از جنس فوم پلی استایرن سخت ، مواد پلاستیکی سلولی سختی هستند با یک ساختمان بسته که از پلی استایرن یا کوپلیمر هایی که جزء اصلی آنها پلی استایرن است ، تشکیل شده اند.

برحسب روش ساخت ، بین فوم های پلی استایرن ساخته شده از راه انبساط دانه های پلی استایرن به فرم مهره (فوم های ps منبسط شده) که سپس به شکل تخته در آمده اندوفومهای اکستروود پلی استایرن) فوم های ps اکستروود شده (در آمده اند تفاوتهایی وجود دارد) . استاندارد ملی 5642 بند3-4

پلی استایرن پلیمری است که از مونومر استایرن درست می شود. مونومر استایرن خود از هیدروکربن مایع طی فرآیندی در پالایشگاه ها از نفت خام تولید می شود.

در دمای اتاق پلی استایرن به طور معمول جامد می باشد که توسط حرارت قابلیت ارتجاع یا نرمش پذیری دارد اما به دماهای بالا می توان آن ها را خوب و دوباره قالب ریزی کرد . استایرن یک مونومر معطر است . پلی استایرن متعابا یک پلیمر معطر است .

نام تجاری پلی استایرن ، استایرو فوم است . استایروفوم ماده سبک وزنی است که انتقال حرارت پائین دارد . این قابلیت آنرا ماده ای ایده آل برای استفاده در ساختمان سازی کرده است و این ماده در سیستمهای پانل عایق حرارت ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد.

فوم پلی استایرن یک ماده پلاستیک صلب با محدوده وسیعی از چگالی ها و کاربرد هاست . آنرا به سه نوع اصلی تولید می کنند :تخته یا ورق اکستروود شده، پلی استایرن منبسط شده فله ای ، پلی استایرن منبسط شده قالبی

اسفنج پلی استایرن منبسط شده

1-1 پلی استایرن منبسط شده) فوم پلی استایرن، پلاستو فوم یا یونیلیت(Expanded Polystyrene(EPS)



ماده عایقکاری پلاستیک سلولی صلب است که به وسیله قالبگیری دانه های پلی استایرن قابل انبساط یا یکی از کوپلیمر های آن ساخته میشود که اساسا "دارای یک ساختار سلولی بسته و پر شده از هواست . استاندارد ملی 84 80 بند(1-2-4)

برای اولین بار پلی استایرن توسط یک شرکت آلمانی در سال 1940 برای عایق در صنایع الکتریکی ساخته شد. و در جریان جنگ جهانی دوم جهت ساخت لاستیک مصنوعی از آن استفاده شد.

پلی استایرن منبسط شده:

بید پلی استایرن ماده اولیه مورد استفاده تهیه فومهای پلی استایرن است. این مواد با اندازه های مختلف 50 میکرون تا 4 میلیمتر ، ابتدا به یک فرآیند اولیه منبسط می شوند. پس در یک قالب تحت فشار و حرارت قرار می گیرند. پلی استایرن انبساطی به دلیل ضریب هدایت حرارتی و چگالی پائین به عنوان عایق و ضربه گیر در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. با استناد به آزمایشهای انجام شده با بلوک پلی استایرن می توان از اتلاف انرژی کلی 15 درصدی در ساختمان جلوگیری کرد. لذا با عنایت به رقم ذکر شده می توان گفت که با دو جداره نمودن دیوارهای ساختمان و استفاده از یک لایه نازک پلی استایرن در داخل دیوار ، گام موثری در جهت بهینه سازی مصرف انرژی برداشته می شود. برای نصب تخته صلب پلی استایرن منبسط شده ، تخته ها بر روی عضوهای قاب بندی یا به صورت زیر کار بر روی قسمت خارجی ساختمان یا به صورت لایه زیرین که پرداخت داخلی اجرا می شود. () فوم پلی استایرن به طور وسیعی در عایق حرارتی 54°C تا 74°C به کار برده شده است

- محصولات پلی استایرن در سه گرید تولید می شود.

گرید 1- مقاوم در برابر ضربه که جهت مصارفی مانند : تهیه ظروف ، بدنه لوازم خانگی استفاده می شود.

گرید 2- نوع معمولی که مقاومت کمتری در مقابل ضربه دارد که کاربردهای در صنایع اتومبیل سازی و الکتریکی و غیره دارد.

گرید 3- پلی استایرن منبسط یا فوم پلی استایرن (پلاستوفوم)

این نوع عایق از مواد یکپارچه به شکل سلول بسته ساخته شده است. میزان هدایت حرارتی این ماده مایق ممکن است در مدت زمان بهره برداری (افزایش طول عمر) به علت نفوذ هوا در بین سلولهای آن افزایش پیدا کند. از فومهای پلاستیکی سبک بوده و به راحتی بریده می شود.

در صنایع بسته بندی کار برد وسیعی داشته و به عنوان عایق حرارتی نیز استفاده می شود دامنه استفاده از این فوم در حال افزایش است به عنوان مثال اخیرادر سقفهای تیرچه بلوک به جای بلوک سیمانی از بلوک های پلاستوفوم استفاده می شود.

مزایا

- ضریب انتقال حرارت این عایق بین 0.029-0.046 می باشد که البته بسته به دانسیته ، درجه حرارت و کارخانه سازنده آن متفاوت خواهد بود و باید توسط کارخانه سازنده مشخص شود.
- پایداری مکانیکی مناسب و چگالی کم و بالا بودن نسبت سختی به وزن به طوری که قطعات ساخته شده دارای وزن کم و استحکام خوب هستند.
- جذب آب پائین و داشتن ضریب نفوذ پذیری اندک که با افزایش چگالی قابلیت جذب آب کم می شود و در انواع اکستروژنه شده مقدار جذب آب بسیار ناچیز خواهد بود.
- قدرت بالایی جذب صوت
- قیمت پائین
- سهولت نصب و استفاده آسان
- مقاومت در برابر کهنگی
- قابلیت شکل گیری راحت

معایب

- این فرآورده که اثر گرما و اشتعال ذوب می گردد. همراه با متصاعد کردن بخار بی رنگ تا متمایل زرد، تجزیه می شود. به سهولت شعله ور شده و با شعله فروزان بسیار دوده ای می سوزد. بوی آن نوعا خوش و مشابه بوی گاز زغال سنگ است. اما چنانچه فرمولاسیون آن اصلاح شود خود خاموش شونده است.
- در تولید برخی از این ماده CFC13 استفاده می شود که تخریب کننده لایه ازن می باشد.
- حساس به اشعه ماوراء بنفش می باشد که می بایست اقدامات لازم جهت محافظت آنها صورت گیرد.

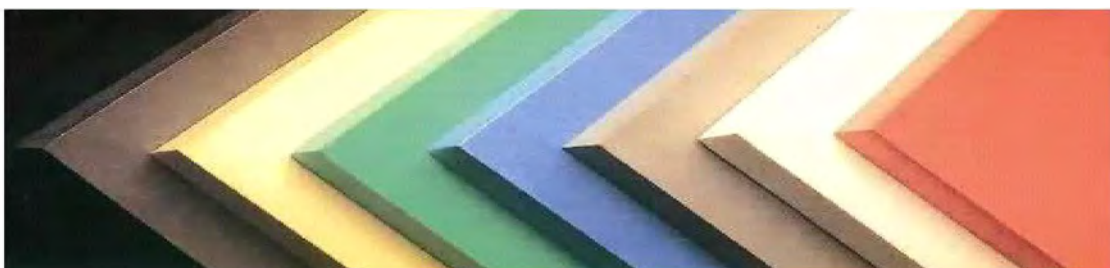
- این مواد متصاعد کننده گازهای مشتعل شونده می باشند که می بایست پیش بینی های لازم جهت جلوگیری از آتش سوزی آنها صورت گیرد این امر می تواند باعث تغییرات پلی استایرن شود.

ضایعات باقی مانده در محیط زیست باقی می ماند و بسیار به سختی تجزیه می شوند لذا می بایست به جمع آوری آنها اقدام شود.

فوم پلی استایرن به طور وسیعی در عایق حرارتی 54°C تا 74°C به کار برده شده است که دلایل عمده آن قیمت پائین بوده ، در دسترس می باشد و به راحتی ساخته می شود ، محکم و پایدار بوده و در برابر تخریب مقاوم است . پلی استایرن اکستروود شده به صورت تخته در اندازه های مختلف جهت ساخت دیوار و عایق بام در دسترس است . دانه های قابل انبساط پلی استایرن را نیز می توان به صورت صفحاتی برای نما در ساختمان سازی ساخته و به کار برد . در مواردی که کاربرد عایق حرارتی مورد نظر است مقاومت بالا لازم نبوده و پلی استایرن منبسط به اندازه کافی مقاومت دارد.

فوم پلی استایرن را در جرم ویژه های بسیار پائین نیز می توان تولید کرد . ولی کاهش جرم ویژه به افزایش ضریب هدایت حرارتی با کاهش عایق حرارتی و افزایش انتقال بخار آب می انجامد. از این رو از این نوع فوم های بسیار سبک در کارهای بسیار حساس نمی توان استفاده کرد.

2-1 پلی استایرن اکستروود: (XPS)



XPS فوم پلی استایرن اکستروود : از لحاظ تکنولوژی تولید متفاوت با فوم پلی استایرن (EPS یونولیت (بوده ولی مواد اولیه آن همان پلی استایرن است . این نوع فوم با بهره گیری از آخرین تکنولوژی جهان تولید می گردد و بدلیل بسیاری از جمله استحکام بالا (Compressive Strength)، قدرت عایق بندی (Isolation) ، جذب آب پایین (Water Absorption) از خواص این عایق می باشد.

کاربرد:

- -عایق کاری حرارتی و رطوبتی ساختمان ها
- -ساخت قطعات سبک پیش ساخته و صنعتی سازی جهت ساختمان ها
- -لایه میانی ساندویچ پانل ها
- -عایق سقف های شیب دار و مسطح صنعتی و مسکونی
- -عایق دیوارهای دو جداره
- -عایق بیرونی ساختمان
- -لایه میانی پانل های سقفی و دیواری
- -عایق و در عین حال قالب در سقفهای کامپوزیت (دال بتنی)
- - عایق سردخانه ها
- -دیوار جدا کننده داخلی
- -عایق کف ساختمان و سقف بین طبقات
- -زیر پوشش سقف سوله ها و شیروانی ها

ویژگی های XPS:

- عایق حرارتی و بروندی با ضریب هدایت حرارتی برابر با 0.03W/m.K

- مقاومت فشاری بالا و استحکام ابعادی 250-500 کیلو پاسکال
- در انواع کندسوز و خود خاموش شونده مطابق با استاندارد اروپا در کلاس B1 و B2 قرار می گیرد
- 4. دانسیته 30-60 کیلوگرم بر متر مکعب
- جذب آب در حد 0/2%

4- اسفنج پلی یورتان POLYURETHANE FOAM

ماده عایق کاری پلاستیک سلولی نیمه صلب یا صلبی است که دارای ساختار اساساً "سلول بسته و بر پایه پلی یورتان میباشد. استاندارد ملی 84 80 بند (6-2-4)

پلی یورتان و محصولات آن در واقع یکی از زیر شاخه‌های علم شیمی است که فرآورده‌های آن مقاومت زیادی به انتقال حرارت و سایش از خود نشان میدهند. به همین دلیل کاربرد آن در صنایع هر روز در حال گسترش میباشد. استحکام و مقاومت قطعات تولیدی از پلی یورتان بسیار بهتر از لاستیک است.

فوم پلی یورتان با یک ساختار سلولی بسته که بر پایه پلی یورتان، در حضور کاتالیزورها و مواد دمنده با واکنش شیمیایی پلی ایزوسیانات‌ها با ترکیبات حاوی هیدروژن اسیدی ساخته می‌شوند. مزیت‌های فوم پلی یورتان عبارتند از: هدایت حرارتی کم که از تمامی مصالح عایق متداول دیگر کمتر است، وزن سبک، استحکام بالا، قابلیت بسیار زیاد در پذیرش تغییر در فومولاسیون جهت برآورده کردن انتظارات کاربردی، چسبندگی قوی به بسیاری از مواد، نفوذپذیری کم در برابر بخار آب، مقاومت حرارتی در دمایی بیش از 100 درجه سلسیوس، قابلیت فوم شوندگی در محل برای پر کردن شکل‌های پیچیده، فوم سخت پلی یورتان در گستره وسیعی از دما به عنوان عایق حرارتی به کار برده شده است. برای مثال این نوع فوم در عایق کاری ازت مایع در 196- درجه سلسیوس و بخار در 126+ درجه سلسیوس به کار برده شده است.

فرم انعطاف پذیر پلی یورتان نیز در عایق کاری لوله‌ها می‌تواند به کار برده شود. فوم‌های پلی یورتان به صورت یک لایه نازک با کارآیی بالا عایق کاری بدنه یخچال‌ها و فریزرها به کار برده می‌شود. امروزه سعی می‌شود که فوم پلی یورتان باگازی غیر از CFC (کلروفلوئور کربن - مبرد های فریونی)

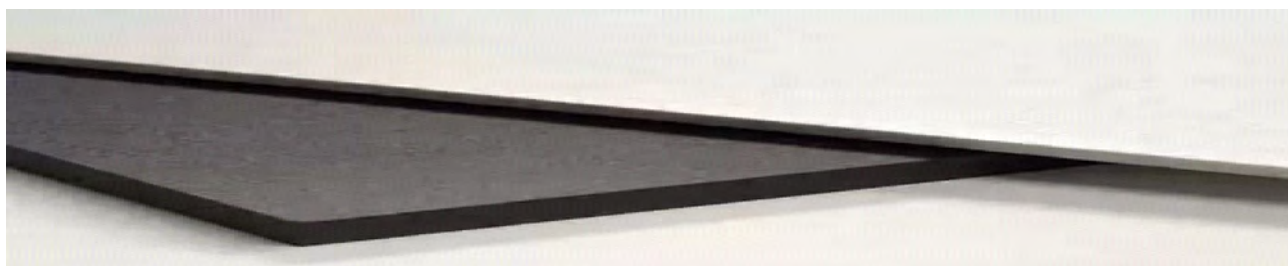
به عنوان ماده دمنده ساخته شود. اگر چه این گازها به خوبی گاز های CFC عایق کاری را انجام نمی‌دهند، اما به لایه ازن سیاره زمین آسیب کمتری وارد می‌کنند، چگالی فوم‌های ساخته شده توسط روش جدید معمولاً 32 کیلوگرم بر متر مکعب است. فوم‌های پلی یورتان سلول باز با چگالی کم (8 کیلوگرم بر متر مکعب) نیز وجود دارد. بعضی انواع با چگالی کم از دی اکسید کربن به عنوان ماده دمنده استفاده می‌کنند و همچنین فوم‌های کم چگالی به داخل دیوار های دو جداره باز اسپری می‌شوند و به سرعت منبسط می‌شوند و فضای خالی را پر از درزبندی می‌کنند فوم‌های آهسته منبسط شونده برای ساختمان‌های موجود که عایق حرارتی ندارند در نظر گرفته شده است. این فوم مایع بسیار آهسته منبسط می‌شود و بنابراین احتمال آسیب رسیدن به دیوار ناشی از انبساط بیش از حد کاهش می‌یابد. فوم در برابر بخار آب نفوذ پذیر است، قابل انعطاف بوده و در برابر مکش آب این عایق درزبندی هوای خوبی انجام می‌دهد. همچنین کندسوز است و بعد از براشتن آتش، شعله پایدار نخواهد بود اما نکته با اهمیت این است که متصاعد نمودن گازهای سمی سیانید هیدروژن (HCN) در مجاورت حرارت یا در هنگام سوختن می‌باشد.



چگالی و ضریب هدایت حرارتی عایق پلی یورتان (polyurethane)

نوع	فوم
چگالی (kg/m ³)	30
ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0.026
نوع	بورد سخت منبسط شده
چگالی (kg/m ³)	30
ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0.025-0.02
نوع	بورد سخت منبسط شده
چگالی (kg/m ³)	40
ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0.023
نوع	بورد سخت منبسط شده
چگالی (kg/m ³)	80
ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0.04
نوع	فوم های ساخت در محل
چگالی (kg/m ³)	40-24
ضریب هدایت حرارتی (W m ⁻¹ °C ⁻¹)	0.026-0.023

5- فوم pvc یا فوم پلی وینیل کلراید Expanded polyvinyl chloride



ماده عایقکاری حرارتی پلاستیک سلولی که بر پایه پلیمرهای وینیل کلراید منبسط شده بوده ساختار سلولی شامل سلولهای اساساً " بسته است) . استاندارد ملی 84 80 بند(2-8-4

محدوده وسیعی از تغییر شکل فشاری همراه با مزایای عالی عایق رطوبت و بخار آرایه می دهد . فوم PVC از طریق آمیزه سازی انواع مختلف نرم کننده و کوپلیمر به دو طریق فیزیکی و شیمیایی با خواص مختلف به دست می آید . این فوم ها به صورت نرم ، سلول باز ، بخشی سلول باز ، نیمه سخت و سخت سلول بسته می توانند باشند . از نظر عایق حرارتی فوم PVC سخت دو برابر گران تر از فوم های پلی استایرن و پلی یورتان است . در مقایسه با دیگر پلاستیک های سلولدار به کار رفته در عایق حرارتی PVC انبساط مقاومت بالایی داشته و بسیار سخت است . فوم PVC سخت عایق حرارتی و صوتی بسیار خوبی بوده و نفوذ بخار و رطوبت در آن بسیار کم است . از آنجا که مقاومت برشی فوم PVC بالاست سطح آن برای اعمال سیمان و گچ بسیار مناسب است . مزیت عمده فوم های PVC عملکرد بهتر آنها در برابر آتش نسبت به سایر فوم های پلیمری است . از این رو نوع پانل ها در کاربردهای دریایی و ساختمانی در اورپا پذیرفته شده اند .

6-اسفنج پلی اتیلن فوم Polyethylene foam



اسفنج پلی اتیلن به دو شیوه تولید میشود . روش مکانیکی و روش شیمیایی اسفنجی که به روش مکانیکی تولید شده است در یک فرایند پیوسته از ترکیب پلی اتیلن مذاب با عامل فوم ساز مثل گاز های هیدروکربنی هالوژن دار بدست می آید . مخلوط تحت فشار بالا به داخل یک extruder هدایت شده و از انتهای آن در فشار اتمسفری خارج می شود زمانی که مخلوط داغ مایع و گاز در فشار اتمسفری قرار می گیرد ، گاز داخل مخلوط منبسط شده و تولید سلول های مجزا از هم می کند . در حین سرد شدن گاز ها در درون مخلوط به دام می افتند . میزان انبساط ، اندازه سلول ها و جهت گیری آنها با تغییر شدت جریان ، دما ، نسبت مایع به گاز و فشار قابل تنظیم می باشد .

اسفنج پلی اتیلنی که به طریق شیمیایی تولید می شود می تواند به شیوه پیوسته یا ناپیوسته تولید شود . اگر از روش cross-linked استفاده شود فرایند ناپیوسته و اگر از روش تشعشعی استفاده شود فرایند پیوسته خواهد بود . هرچند استفاده از روش تشعشعی به تولید محصولات با ضخامت محدود تا حدود 3/8 اینچ می انجامد .

خواص فیزیکی شیمیایی و حرارتی انواع مختلف اسفنج پلی اتیلن بسیار به هم شبیه است . هر چند اندازه سلول ها در اسفنج-cross linked کوچکتر ، ساختار یکسان تر می باشد . در این نوع بافت اسفنج نرم تر می باشد . اسفنج پلی اتیلن از لحاظ خواص انعطاف پذیری جزء اسفنج های انعطاف پذیر یا نیمه سخت می باشند . با افزایش چگالی مقاومت اسفنج در مقابل فشار بیشتر می شود با کاهش دانسیته کاهش ضخامت در برابر کشش افزایش می یابد .

در مقایسه با سایر اسفنج ها مقاومت اسفنج پلی اتیلن در مقابل نیرو های برشی و کششی بسیار زیاد است . یکی از کاربردهای مهم اسفنج پلی اتیلن در زمینه صنایع بسته بندی می باشد و این به خاطر توانایی بالای آن در جذب انرژی و ضربه می باشد که از آسیب دیدن محصول در طول جابجایی جلوگیری می کند . اسفنج پلی اتیلن از لحاظ شیمیایی بی اثر می باشد و در مقابل اکثر مواد شیمیایی و حلال ها در دمای اتاق مقاوم است در مقابل تماس با نفت و دیگر هیدروکربن های سنگین مقاوم است اما اگر برای مدت طولانی در تماس با بنزین قرار بگیرد به مقدار کمی متورم می شود . اسید ها و آلکالین ها تأثیری روی اسفنج پلی اتیلن ندارند . اما عوامل اکسید کننده قوی در نهایت به تخریب اسفنج منتهی می شوند . اثرات مخرب حلال ها در دما های بالاتر از 54°C تشدید می شود .

پلی اتیلن دارای خواص مهمی از جمله عایق الکتریکی، خاصیت فیلم و ورقه شدن و مقاومت شیمیایی در برابر رسوبات را داراست. از جمله معایب پلی اتیلن این است اکسیژن می تواند در آن خرابی بوجود آورد. به طوری که در طولانی مدت وقتی در برابر آب قرار می گیرد اکسیژن آزاد شده تولید پوسیدگی می کند این امر استفاده از این عایق ها را در شبکه آبرسانی آب گرم محدود می کند. در صورت استفاده از این عایق در صنایع برون تنی و حرارتی با پدیده کندانس و اتلاف حرارت مواجه خواهیم شد. ضریب انتقال حرارت این عایق در دمای 25 درجه سانتیگراد 0.042 W/m.k است. این عایق قابل اشتعال است و برابر شعله مستقیم باعث افزایش دامنه حریق می گردد و نباید از آن در معرض تابش مستقیم نور خورشید استفاده شود گسترده دمایی قابل استفاده از این اسفنج بین دماهای 40°C تا 90°C است.

از اسفنج پلی اتیلن در عایق کردن سیستم های گرمایش مرکزی استفاده می شود و نیز از آنجا که این اسفنج عایق صدا نیز می باشد از آن در زیر سرامیک یا پارکت نیز استفاده می کنند همچنین به عنوان یک عایق حرارتی در سقف ساختمان نیز قابلیت-

7- اسفنج فنولیک Phenolik foam

اسفنج سلولی صلبی است، که از ساختار پلیمری آن عمدتاً "از تغلیظ فنل، همولوگ های آن و / یا مشتقات آن با آلدئیدها یا کتن ها ساخته میشود". استاندارد ملی 84 بند (4-2)

فوم فنلیک سخت (pf)

مواد عایق بندی از جنس فنلیک سخت مواد پلاستیکی سختی هستند با یک ساختمان سلوله بسته که از رزین های فنلیک ادغام شده با یک عامل دمنده و یک کاتالیزر با / یا بدون افزایش حرارت خارجی ساخته شده اند.

استاندارد ملی 5642 بند (4-2)

یکی از مصالح عایقکاری حرارتی فوم فنولیک صلب بوده که از انواع پلاستیک سلولی است. این ماده از جمله عایقهای گرما سخت بوده که عمده ساختار ملکولی آن بسته است و از رزین فنولیک در ترکیب با یک ماده ساده دمنده (مانند هوا و یک کاتالیزور ساخته می شود و به صورت عایق فوم شده در محل در دسترس است. رزین فنولیک از پلیمریزاسیون مولکولها در واکنش تراکمی فنلها و فرم آلدئید ساخته می شود. مکانیزم واکنش بین فنل و فرم آلدئید هنوز بطور کامل شناخته نیست. اما توضیحاتی در علم شیمی آلی و پلیمر موجود بوده که قابل بررسی است در این واکنش سه مرحله اصلی وجود دارد که مرحله اولین آن تراکم بوده که رزین در این مرحله گرما نرم است.

مرحله دوم آن شبکه ای شدن جزئی به همراه افزایش جرم مولکولی و ویسکوزیته آن بوده و انحلال آن کاهش پیدا می کند. در این حالت رزین گرما نرم شده و ذوب می شود در هنگام سخت شدن شکننده می شود. مرحله سوم میزان پلیمریزاسیون و شبکه ای شدن بسیار زیاد است و رزین غیر قابل ذوب و انحلال می شود که در این واکنش 2 نوع رزین فنولیک تولید می شود 1- رزول - 2 توالاک-رزینهای فنولیک دارای رنگ تیره بوده و رنگ آنها از کهربایی کمرنگ تا قهوه ای تیره و سیاه تغییر میکند. و یکی از دلایل مصرف پایین رنگ تیره آنها می باشد.

مزایا و معایب فوم فنولیک در مقایسه با فوم پلی یورتان و پلی استایرن عبارت است از:

الف) معایب

- قیمت آن گرانتر است.
- پس از زمان عمل آوری (Curing time) تا 2 درصد جمع می شود.
- هدایت حرارتی آن از 2 نوع دیگر بالاتر است که به دلیل آن وجود سلول های باز در پوسته فوم می باشد که باعث جذب و سرعت نفوذ آب در آن می شود. کاربرد دارد. با توجه به قابلیت های این اسفنج استفاده از آن در محیط های دفتری و مسکونی رو به افزایش می باشد.

8- اسفنج اوره فرم آلدنید Urea formaldehyde foam



(UFFI Urea formaldehyde foam insulation)

عایق کاری با فوم اوره فرمالدئید ابتدا در سال 1950 در اروپا به منظور عایق سازی حفرات داخل دیواره های ساختمان های مسکونی مطرح شد. به طور معمول در محل اجرا از مخلوط کردن رزین اوره فرمالدئید، یک عامل فوم ساز و هوای فشرده شده ساخته می شود. وقتی که مخلوط وارد حفره های ساختمان پمپ می شود اوره و فرمالدئید ترکیب شده و به صورت یک فوم پلاستیکی عایق در می آید. برای ترکیب مناسب و کامل معمولاً فرمالدئید بیشتر از مقدار مورد نیاز اضافه می شود. این مقدار اضافی مشکلاتی برای سلامتی انسان ایجاد کرده تا آنجا که استفاده از این فوم در سال 1980 در بعضی از کشورها مانند کانادا قلعن شد. مقدار گاز فرمالدئید متصاعد شده به روش مخلوط شدن آن در محل اجرا بستگی دارد. از آنجا که این فوم سلول باز است نمی تواند گاز را به مدت طولانی در خود حفظ کند و بعد از چند ماه مشخص کردن گاز متصاعد شده از فوم حتی با وسایل دقیق ممکن نیست. تحقیقات اخیر در مورد این فوم ثابت کرده که این فوم سرطان زا بوده و استفاده از آن ریسک بالایی به دنبال دارد. به همین دلایل امروزه از مواد مدرن تری مانند پلی یورتان (polyurethane) و رزین ملامین فرمالدئید (melamine formaldehyde resin) به عنوان جایگزین برای فوم اوره فرمالدئید استفاده می شود.

ج) عایق های پایه گیاهی

1- عایق دیاتومه ای (diatomaceous insulation)

ماده عایق که عمدتاً از بقایای دیاتومه ها (ذرات سیلیسی سلولی با اندازه میکروسکوپی (تشکیل شده است و به شکل ماده پودری، متصل یا دانه ای در دسترس است.

استاندارد ملی 8084- بند (4-9)

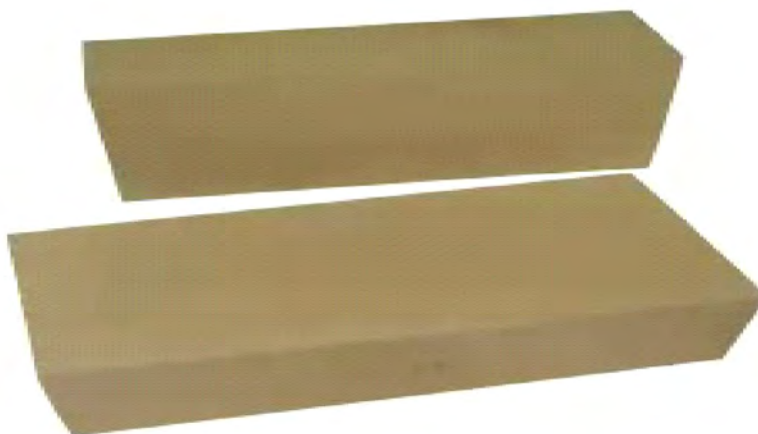
آجر دیاتومه ای : آجر عایق پخته شده ای است که عمدتاً از اسکلنت (بقایای دیاتومه ها تشکیل می شود)، استاندارد ملی (8084)

رستنی ذره بینی از گروه جلبکها) رستنیهای ابتدائی فاقد ریشه و ساقه و برگ و گل ولی دارای کلروفیل و از منابع عمده غذایی ماهیها (دیاتومه ها بصورت سلولهای منفرد و هم بصورت دسته جمعی وجود دارند رنگ آنها معمولاً مایل به زردی یا خرمایی است و در آبهای شیرین یا شور یا در خاکهای مرطوب یا بر سطح مرطوب رستنیهای دیگر زیست میکنند در نواحی شمالی و سایر نواحی سرد فراوانتر از جاهای دیگرند. قریب پانزده هزار جنس از آنها شناخته شده است. ماده حیاتی دیاتومه ها در صدفی سیلیسی جای دارد. پوسته خارجی دیاتومه در زیر میکروسکوپ دارای نقوش ظریف و زیباست و از آن در صنعت برای عایق سازی نسبت به حرارت و صوت و در ساختن دینامیت و سایر مواد منفجره، در ساختن صافیها و غیره بکار میبرند و از منابع غذایی عمده ماهیها

و سایر حیوانات آبی میباشند و بیشتر سنگهای آهکی زمین از دیاتومه ها ساخته شده است و دیاتومه ها منشاء قسمت عمده ذخایر نفتی است.



عایق دیاتومه ای



اجر دیاتومه ای

منبع: دائرة المعارف فارسی - گیاهشناسی

2- چوب پنبه (cork)



ماده ای که بطور دوره ای از ساقه درخت چوب پنبه (کرکس سا برال (که لایه محافظ آنرا تشکیل می دهد , گرفته می شود .
استاندارد ملی -8084 بند(4-12)

تخته چوب پنبه : فرآورده پیش ساخته ای است که از چوب پنبه دانه ای منبسط و متصل شده در اثر حرارت تحت فشار ، بدون افزودن چسب ساخته میشود (استاندارد ملی (8084)

3- عایق سلولزی (cellulose insulation) :

عایق الیافی که از کاغذ ، مواد خام تخته کاغذی یا چوب با چسباننده ها ، کند سوز کننده ها و سایر افزودنی ها یا بدون آنها مشتق میشود.



استاندارد ملی - 8084 بند (4-11)

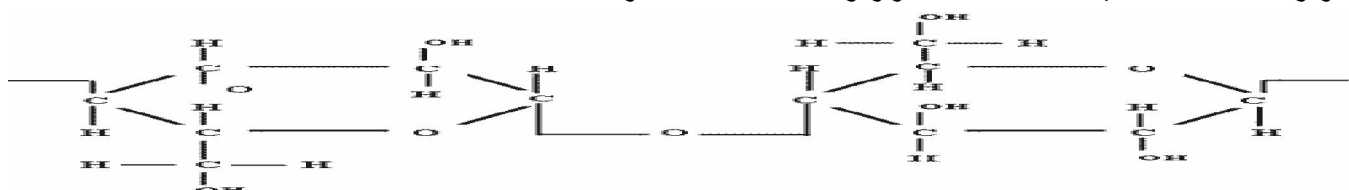
تاریخچه: سلولز قدیمی ترین ماده عایقکاری است. انواع زیادی از مواد سلولزی مورد استفاده قرار می گیرند. مانند روزنامه، کارتن، پارچه، کاه، خاک اره، کتف، چوب ذرات، عایقهای سلولزی جدید، از بازیافت روزنامه با استفاده از ماشین های آسیاب و جدا کننده و افزودن ، موادی که باعث به تعویق انداختن آتش می شوند، در سال دهای 1950 آغاز و در سالهای 1970 در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. اخیراً، استفاده از عایقهای سلولزی در ایالات متحده افزایش پیدا کرده است. یکی از دلایل این افزایش این است که نتایج تحقیقات نشان داده اند که سلولز بهتر از عایق پشم شیشه ساختمان ها را در برابر خسارت ناشی از آتش سوزی محافظت می کنند. زیرا چگالی این عایقها بیش از پشم شیشه است در نتیجه اکسیژن لازم، برای سوخت اجزاء ساختمانی تامین نمی شود. دلیل دیگر افزایش مصرف عایق سلولزی گنجایش بالای بازیافت آن نسبت به هر ماده عایق دیگری است.

- چهار شکل کلی محصولات سلولزی عبارتند از:

- سلولز خشک - 2 اسپری سلولز - 3 سلولز تثبیت شده - 4 سلولز با ذرات کم

این انواع در قسمت های مختلف ساختمان و به دلایل گوناگون استفاده می شوند.

بطور کلی عایق کاغذی، یک ماده سلولزی است که در طی فرایند کرافت از خمیر چوب ساخته شده و شامل حدود 90% سلولز ، 6 الی 7 درصد لیگنین و بقیه پنتوسان و آب است. این ماده سلولزی یک نوع پولیمر است که در ساختار آن ، واحد های تکراری وجود دارد . در شکل (1) ساختار مولکول سلولز نشان داده شده است. این ماده پولیمری در حالت عادی، از یک تا سه هزار حلقه گلوکز تشکیل شده است . با توجه به این شکل، ساختار اصلی کاغذ، سلولز می باشد که یک عنصر ارگانیک است و در آن تعداد حلقه های گلوکز یا مونومر حدود 1000 است



مزایا:

- کار آئی گرمایی
- کار آئی حرارتی عایق سلولزی در مقایسه با سایر انواع عایق های مطلوب می باشد. هدایت گرمایی عایق سلولزی تقریباً $40 \text{ mw}/(\text{km})$ ضریب R 3.8 برای هر اینچ (می باشد. که این تقریباً برابر یا کمی بهتر از پشم سنگ و پشم شیشه است.
- عایقکاری سلولزی باعث کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش مبلغ قبوض پرداختی صاحبخانه ها می شود.
- عایقکاری سلولزی به تقریباً سه برابر چگالی تر از پشم شیشه است. این چگالی بالا به باعث کاهش عبور صدا از دیوارها و نیز انتقال صدا بین طبقات می شود.
- عایقکاری سلولزی باعث کنترل شدید قارچ، حشره، آفت و جانورهای جونده می شود.
- این عایق از نظر ایمنی در برابر آتش در سطح بالایی قرار دارد.
- این عایقکاری با پرکردن کامل حفره های دیوار به جلوگیری از رطوبت کمک می کند.

معایب:

- نیاز به نیروی متخصصی برای نصب دارد.
- اسپری تر سلولز نیاز به زمان زیادی برای خشک کردن دارد که این زمان معمولاً با استفاده از گرمکن ها کاهش می یابد و باتوجه به شرایط رطوبتی محیط نیاز به چند روز تا چند هفته زمان دارد.
- عایق سلولزی 85%-75% از بازیافت الیاف کاغذ دست دوم خیر نامه ها، تشکیل شده است که این بالاترین درصد در بین بقیه عایق های موجود است برای مثال الیاف پشم شیشه حداکثر 30% از مواد بازیافتی تشکیل می شوند.
- سایر مواد خام تشکیل دهنده این عایق نیز در مقایسه با سایر عایق ها دارای سازگاری بیشتری با محیط زیست می باشند.
- انرژی مورد نیاز برای تولید این عایق بسیار کمتر است برای تولید این عایق از ماشین های الکتریکی استفاده می شود در حالیکه که عایقهای معدنی باید در کوره ساخته شوند و برای تولید به انرژی 20 تا 40 برابر عایقهای سلولزی نیاز است.

4-پشم چوب (wood wool)

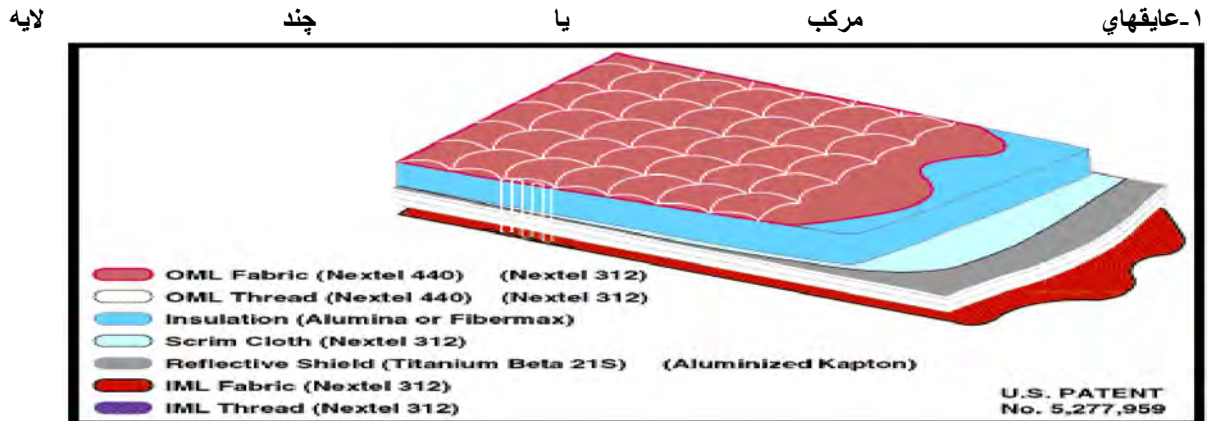


تراشهای بلند چوب است. استاندارد ملی -8084 بند(4-14)

۶-دال پشم چوب (wood wool slab)

فرآورده عایق صلبی است که از پشم چوب فله ای که با یک چسباننده معدنی بهم متصل شده و تا ضخامت نهایی فشورده می گردد ساخته می شود. استاندارد ملی(8084) تخته نرم الیاف چوب: فرآورده عایقکاری که از الیاف چوب، با افزودن یک ماده چسباننده یا بدون آن ساخته می شود تا به شکل نهایی آن با بکار بردن حرارت یا بدون آن متراکم گردد. استاندارد ملی(8084)

د) عایق های مرکب



عایق چند لایه: ترکیبی از 2 یا چند لایه از یک ماده عایق مشخص که ضخامت لایه های منفرد آن ممکن است با هم متفاوت باشند. (استاندارد ملی 84 80 بند 7-10)

عایق مرکب: ترکیبی از لایه ها که حد اقل از دو ماده عایق مختلف است. خاصیت عایق مرکب از خواص عایق کاری مواد منفرد می شود. (استاندارد ملی 84 80 بند 7-11)

گاهی استفاده از ساختار مرکب و چند لایه در عایق ها بسیار موثر تر از استفاده از یک لایه عایق با همان ضخامت می باشد. بکار گیری این روش امکان مناسبی نیز برای جبران انقباض و انبساط طولی لوله ها در نقاط با درجه حرارت و شوک حرارتی بالا را ایجاد می نماید. بکار گیری عایق های مرکب و چند لایه روی اتصالات و پل های حرارتی باعث کاهش تلفات حرارت و در نتیجه ایجاد وضعیت بهتر و کارا تر و افزایش راندمان عایقی می گردد. و نیز یکی از کاربردهای مناسب این روش در محل هایی است که نیاز به کاهش ضخامت عایق کاری باشد. در مرحله بازسازی و تعویض عایق های موجود نیز این نوع عایق ها جایگزین مناسبی تاقی خواهند شد. هم اکنون با کاربردهای وسیع کامپوزیته ادر نما ی ساختمان علاوه بر جلوه زیبایی باعث ایجاد خواص عایقی بر روی جدار ساختمان و کاهش اتلاف انرژی در زمستان و جلوگیری از ورود انرژی تابشی خورشید به پوسته ساختمان در تابستان می گردد؛ که در نتیجه نقش موثری در صرفه جویی در مصرف انرژی خواهند داشت. در صورتی که درز بندی کامل انجام شود، با کاهش اثرات ضریب جابجایی هوای خارج در جدار خارجی ساختمان نقش آن موثر تر خواهد بود.

منابع:

- گروه کارشناسی سایت tici
- عایق های حرارتی انتشار سازمان بهره وری انرژی ایران

ذ) عایق های جدار نور گذر

1- شیشه های دوجداره

دو جداره کردن شیشه هر پنجره ای باعث بالا رفتن کارایی آن می شود، به ویژه پنجره هایی که پرده ای روی آنها نصب نشده است. پنجره دو جداره، دارای دو شیشه می باشد که بین آنها یک فضای کاملاً درزبندی شده قرار گرفته است. این فاصله معمولاً بین 6 تا 20 میلیمتر است.

اگر این فاصله هوایی 15 میلیمتر انتخاب شود، بهترین کارایی بدست می آید. دو جداره کردن پنجره با وجود اتلاف حرارت را کاهش می دهد، جلوی ورود نور و گرمای خورشید را نمی گیرد. بنابراین در فصول گرم سال برای کاهش ورود گرما به داخل ساختمان باید جلوی تابش مستقیم خورشید به پنجره را گرفت. در کنار اینها، دو جداره کردن پنجره ها باعث کم شدن ورود سر و صدا به داخل ساختمان می شود و نیز بخارگیری پنجره ها در فصول سرد سال کاهش می یابد.

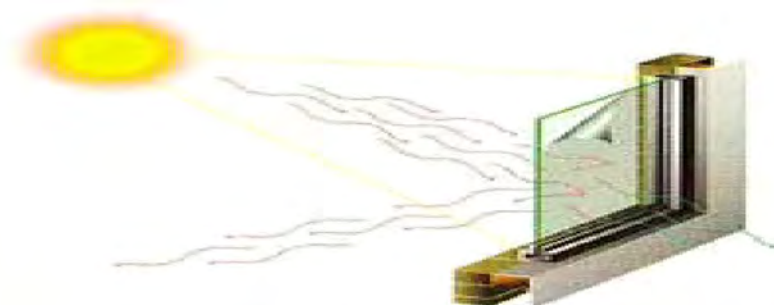
برای دو جداره کردن پنجره یک جداره موجود می توان یک لایه دیگر از شیشه یا اکریلیک شفاف دیگر روی آن نصب کرد و فضای بین آنها را کاملاً درزبندی کرد. در این فضا باید مقداری ماده جاذب رطوبت قرار داد تا رطوبت این فضا را کاملاً بگیرد.

2- عایق های ویژه پنجره

این عایق ها را که به شکل برچسب های شفاف ساخته می شوند به راحتی می توان بر روی شیشه پنجره ها چسباند و بخشی از خواص پنجره های دو جداره را در آن ها به وجود آورد. این برچسب ها باعث می شوند ورود گرما در تابستان تا 80% کاهش یابد. علاوه بر این انواع کم تابش این محصولات (Low-E) قادرند تلفات حرارتی زمستانی را نیز تا 30% کاهش دهند. این عایق ها از نظر قیمت با پنجره های دو جداره قابل رقابت هستند. به ویژه در ساختمان های دو جداره قابل رقابت هستند. به ویژه در ساختمان های موجود که تعویض پنجره ها با پنجره های دو جداره هزینه زیادی به همراه خواهد داشت.

منبع: شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

3- عایق منعکس کننده (Reflective Insulation) ریای سیستمی با یک یا چند روبه با ضریب تابش کم که تابش حرارتی را محدود می کند.



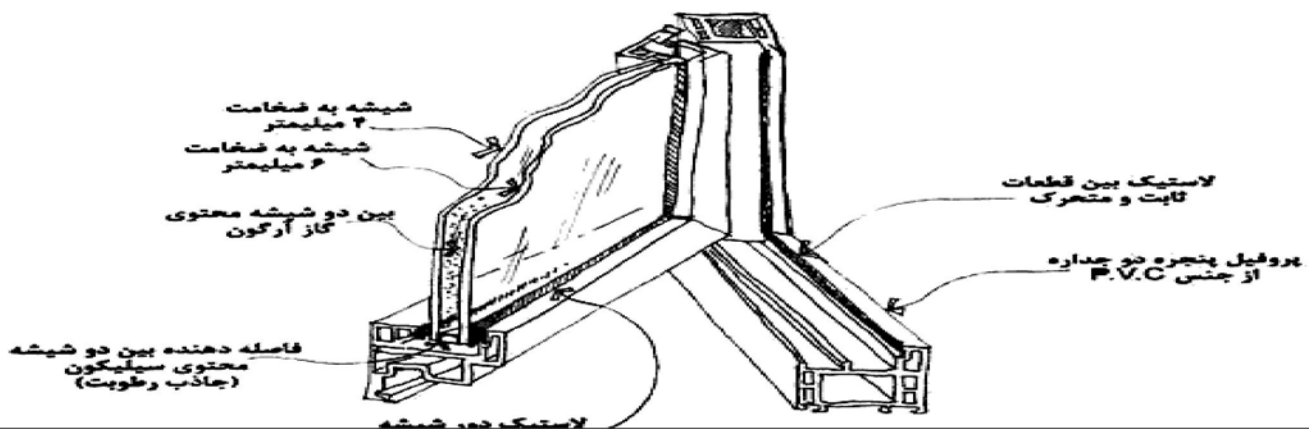
استاندارد ملی - 8084 بند (7-9)

عایق های شیشه Window film

پوششی چندلایه است که به کمک چسب مخصوص به سطح شیشه می چسبد، بستر اصلی آن پلی استر از جنس پلی اتیلن ترفتالات (PET) می باشد این پوشش حاوی ماده جاذب اشعه فرابنفش بوده و تا حدود 99% از ورود این اشعه جلوگیری می کند. مهمترین لایه آن لایه فلز پوش است که به کمک روشهای پیشرفته ذرات فلزات سنگین مانند) وانادیم- طلا -آلیاژ نیکل کروم (برروی لایه پلیمری اندود گردیده است خاصیت این لایه باز تابش اشعه مادون قرمز بوده و در حالی که اجازه عبور نور مرئی را به آن می دهد. 1. در واقع این عایق را می توان تلفیقی از دو نوع عایق نوین انعکاسی و پلیمری شفاف دانست. لایه های بعدی باعث تقویت استحکام کششی شده، در نهایت خواص ضد خش به محصول می دهد. مزیت دیگر این پوشش جلوگیری از خطر پاشیدگی شیشه هنگام شکسته شدن و یا هنگام زلزله است. در انواع کم گسیل این نوع عایق در فصل زمستان با کم کردن ضریب انتقال حرارت رسانش شیشه باعث کاهش اتلاف حرارت نیز می گردد. نور طبیعی خورشید از سه بخش اشعه مادون قرمز، 53% نور مرئی 44 و اشعه فرابنفش 3% تشکیل شده است



3- پنجره دو جداره با قاب uPVC



UPVC مخفف کلمات (unplas poly vinyl chloride) می باشد و اصلی ترین ماده تشکیل دهنده پروفیل (polyvinyl chloride) است . این ماده حدود 85 درصد ترکیب آمیره اولیه تولید پروفیل uPVC را تشکیل می دهد. پی و ی سی ترکیبی است از مشتقات نفت خام و گاز کلر که طی فرایند پلیمر یزاسیون تولید می شود.

سهولت ایجاد تنوع در طرح و رنگ استقامت فیزیکی و پایداری در برابر شرایط جوی متفاوت و همچنین قابلیت باز یافت پی وی سی بکار رفته در ساخت درب و پنجره ، موجب تحولات عمده ای در این صنعت شد . بکارگیری شیشه های دو جداره خاصیت عایق بودن در مقابل صدا و حرارت را در پنجره های uPVC افزایش داده است ، امروزه در کشورهای اروپایی بیش از 70 درصد سهم بازار درب و پنجره متعلق به uPVC است.

مزایا

- صرفه جویی در مصرف انرژی در حدود 45 درصد
- کاهش آلودگی صوتی : به کار گیری پنجره های عایق و شیشه های دو جداره، یکی از راه های کاهش آلودگی صوتی می باشد . با استفاده از شیشه های معمولی در دو جداره، حدود 40 دسی بل شدت صوت کاهش خواهد یافت . این در حالی است که متوسط آلودگی صوتی در شهرهای بزرگ 75-80 دسی بل و در شهرهای کوچک 55 دسی بل می باشد.
- مقاوم در برابر اشعه ماورای بنفش (UV) و حذف اثرات مخرب آن
- کاهش در برابر آلودگی هوا
- کاهش تابش سرد
- کاهش هزینه تاسیسات سرمایشی و گرمایشی در ساختمان
- کاهش آلودگی محیط زندگی و هزینه های مربوطه
- هوا بندگی کامل
- مقاوم در برابر باد، باران و طوفانهای شدید

- تقویت مضاعف با استفاده از پروفیل گالوانیزه در داخل پروفیل UPVC
- حفاظت از محیط زیست از طریق بازیافت و استفاده در صنایع دیگر
- عدم نیاز به سرویسهای مکرر (تعویض، رنگ آمیزی و...) و نظافت آسان
- غیر قابل اشتعال
- سهولت در نصب

(ر) عایق های مصالح ساختمانی

1- lightweight concrete بتن سبک

(1) بتن حاوی در صد حجمی زیادی از سنگ دانه سبک است.

(2) بتنی که از طریق هوادار کردن یا کف دار کردن سلولی می شود و ممکن است بو سیله اتو کلاو عمل آوری شود). استاندارد ملی 8084 بند (25-4) وزن مخصوص فضایی بتن سبک بستگی به روش ساخت مقدار و انواع اجزای متشکله آن دارد. تمام بتن های سبک وزن مخصوص کم خود را مدیون وجود هوا در ساختمان داخلی شان هستند. این بتن علاوه بر کاهش وزن ساختمان از نیروی وارد به سازه در اثر زلزله می کاهد به عنوان عایق حرارتی باعث کاهش اتلاف در جدارهای سقف و کف شده و در جذب کاهش صورت نیز می توان موثر باشد. همانند بتن معمولی جذب آب ندارد رطوبت را به خود نمی گیرد



انواع بتن سبک

بتن سبک را میتوان به سه دسته کلی تقسیم نمود.

- **بتن سبکدانه:** حاصل از اختلاط سنگ دانه های سبک طبیعی مانند پرلیت- ورموکولیت - رس منبسط - دیاتومه و یا سایر سنگدانه های سبک طبیعی و مصنوعی می باشد.

جرم حجمی آن بسته به نوع سنگ دانه و مقدار آن متغیر است.

- **بتن اسفنج شده:** بتن بدون ریز دانه: (همان بتن معمولی است که به س از حذف مصالح ریزدانه تخلخل ناشی از نفوذ عناصر دانه درشت پر شده و نتیجتاً بافت متخلخل ایجاد شده موجب سبک شدن آن گردیده است).
- **بتن گازی:** به انواع بتن سبک اطلاق می شود که سبکی آنها که سبکی آنها به دلیل استفاده از مصالح دانه سبک یا حذف ریز دانه نمی باشد بلکه مواد اولیه معمولی) با وزن مخصوص متعارف (در فرآیند تولید و در حضور عوامل تولیدکننده گاز یا حبابهای ایجاد شده توسط فوم، بافت متخلخل و سبکی به وجود می آورند.

2- پرلیت

پرلیت منبسط، پرلیت Expanded perlite

پرلیت منبسط که به اختصار پرلیت گفته میشود ماده (عایق) دانه ای سبک است که معمولاً "از سنگ طبیعی آتشفشانی منبسط شده در اثر حرارت ساخته میشود تا تشکیل ساختار سلولی دهد). استاندارد ملی 8084 بند (7-4) پرلیت نوعی سنگ آتش فشانی با ترکیب اسیدی تا حد وسط است که در محیط آب و یا مرطوب تشکیل میشود. پرلیت دارای بافت شیشه ای است و به سبب همراه داشتن آب

اشکال کروی در آن ایجاد شده است. میزان آب همراه با پرلیت در حدود 2 تا 5 درصد است. بعضی از دانشمندان معتقدند پرلیت از هیدراسیون اسبیدین به وجود آمده است و آب موجود در آن به صورت مولکولی و هیدروکسیل است. نسبت مقدار این دو نوع آب در پرلیت به میزان فراوانی اکسید کلسیم و منیزیم بستگی دارد. پرلیتها ناپایدار هستند و با گذشت زمان شروع به تبلور میکنند و سپس خاصیت اصلی خود را از دست میدهند. بیشتر پرلیتهای مرغوب به دورانهای سوم و چهارم زمین شناسی تعلق دارد. پرلیت نوعی سنگ سیلیکونی حاصل از گدازه ای آتشفشانی است که طی سوابق به دست آمده از قرن سوم پیش از میلاد شناخته شده و با توجه به ویژگی های منحصر به فرد خود در سال 1940 در آمریکا و در سال 1946 در اروپا مورد بهره برداری قرار گرفته.

امروزه پرلیت در صنایع مختلف از جمله:

ساختمان - نفت - پتروشیمی - نساجی - فیلتراسیون - نظامی - کشاورزی و ... کاربردهای فراوانی دارد.

3- بتن اسفنج شده (بتن بدون ریزدانه) (No fines concrete)



بتن اسفنجی يك مخلوط سنگدانه درشت. شن، سیمان، آب و ماسه به میزان اندك) و گاهی اوقات بدون ماسه (15 (از لحاظ حجم) فضاي خالی وجود دارد و این امر موجب عبور آب از داخل این - است. در ساختار این بتن 25% بتن می شود. در بتن اسفنجی از آب نسبت به دیگر انواع بتن کمتر استفاده می شود و این مساله باعث شده تا پس از ساختن مخلوط بتن آب آن به سرعت تبخیر شده و مخلوط در مدت يك ساعت کاملاً از آب تخلیه خواهد شد.

نسبت مواد مختلف در بتن اسفنجی

برای آشنایی بیشتر با این بتن، در جدول صفحه بعد، میزان مواد مختلف به کار رفته شده از آن ذکر شده است

میزان مواد مختلف به کار رفته شده

رفتار بتن اسفنجی

همچنین به منظور آشنایی بیشتر با رفتار این بتن، ویژگی های آن در زیر بیان شده است

نسبت مواد	مقدار مواد
۱- مواد دارای خواص بتن (البته در مورد مواد دارای خواص سیمان یا همان افزودنی های بتن بعداً بیشتر توضیح داده می شود.)	270 to 415 kg/m ³ (450 to 700 lb/yd ³)
۲- سنگدانه	1190 to 1480 kg/m ³ (2000 to 2500 lb/yd ³)
۳- نسبت آب به سیمان (از لحاظ جرم)	0.27 to 0.30
۴- نسبت سنگدانه به سیمان (از لحاظ جرم)	4 to 4.5:1
۵- نسبت سنگدانه ریز (ماسه) به سنگدانه درشت (شن)	0 to 1:1

مشخصات	مقدار
اسلامپ یا نشست (Slump)	20 mm (3/4 in)
چگالی (وزن مخصوص)	1600 to 2000 kg/m ³ (100 to 125 lb/ft ³)
زمان گیرش (Setting time)	1 ساعت
تخلخل (از لحاظ حجم)	15% to 25%
میزان نفوذ پذیری (از لحاظ میزان سرعت)	120 L/m ² /min to 320 L/m ² /min (3gal/ft ² /min to 8gal/ft ² /min)
مقاومت فشاری	3.5 Mpa to 28 Mpa (500psi to 4000 psi)
مقاومت خمشی	1Mpa to 3.8 Mpa (150 psi to 550 psi)
افت بتن	200x10 ⁻⁶

• مزایای بتن اسفنجی چیست و موارد استفاده از آن کدام است؟

بتن اسفنجی دارای مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی است، که البته مزایای زیست محیطی آن بیشتر مدنظر است. از مزایای اقتصادی آن می توان به پایین آمدن خرج های فراوان به منظور هدایت آب باران و فاضلاب اشاره داشت. در واقع می توان گفت با وجود بتن اسفنجی نیازی به ساختن جو بهای آب فراوان در سطح شهر و کنار خیابان و کوچه ها و همچنین کانال های بزرگ آب نیست. زیرا این بتن هرگونه بارندگی را مستقیماً به زمین و سفره های آب زیرزمینی منتقل می کند و در واقع یک مزیت زیست محیطی نیز محسوب می شود. از دیگر مزایای زیست محیطی آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- 1- جلوگیری از بروز آب گرفتگی در معابر و مکان ها به هنگام بارندگی
- 2- جلوگیری از آلوده شدن آب بارندگی ها (زیرا اگر زمین غیر قابل نفوذ باشد، آب باران و برف در سطح زمین که آلودگی فراوان دارد جریان می یابد و منجر به آلوده شدن آب بارندگی می شود).
- 3- پر شدن ذخایر آب زیرزمینی
- 4- در نقاط سرد که ماندن برف و باران روی زمین (بعد از بارش) منجر به سردتر شدن آن مناطق می شود می توان با استفاده از این بتن آب باران و برف را به داخل زمین هدایت کرد و از سردتر شدن آن ناحیه جلوگیری کرد.
- 5- همچنین می توان از این نوع بتن در مکان هایی که نیاز به زمین خشک است استفاده کرد مثلاً در زیرسازی چمن های استادیوم های فوتبال.
- 6- همچنین در مناطق سرد سیر، بدلیل عبور آب از این بتن از یخ زدگی سطح معابر و در نتیجه ایجاد خطر جلوگیری می کند که شهرداری های محترم می توانند از این بتن در
- پیاده روسازی ها و محوطه سازی پارک ها، پارکینگ ها و معابری که مشکل آبیگری دارند استفاده نمایند.
- 7- ایجاد مناظری زیبا به هنگام بارندگی، زیرا با وجود این بتن دیگر هنگام بارندگی آب گرفتگی وجود ندارد.

منبع: irancivilcenter.com

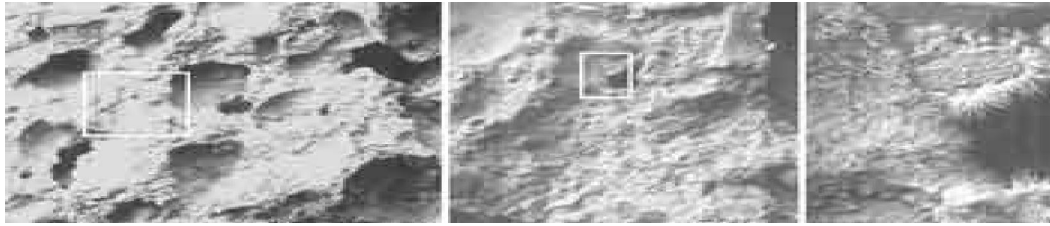
۴- بتن گازی سلولی ، متخلخل (Cellular,Gas,Aerated concret)

واژه عمومی برای بتن حاوی تعداد زیادی سلولهای کوچک هوا می باشد.

استاندارد ملی -8084 بند(20-4)

بتن سلولی: این بتن از ترکیب سیمان- ماسه بادی - آب و کف تولید شده توسط مواد شیمیایی بدست می آید ماده کف را در دستگاه مخصوص تولید حبابهای پایدار هوا نموده که پس از اختلاط با سایر اجزاء بتن به صورت خمیر روان در خواهد آمد خمیر حاصله پس از قالبگیری و یا استفاده در جا خشک و آماده بهره برداری میگردد. وزن مخصوص نهایی بین 300 تا 1600 کیلو گرم به متر مکعب وابسته به میزان هوای موجود در بتن خواهد بود.

خواص بتن سلولی: ضریب انتقال حرارت پایین این بتن آنرا به عایق موثر در مقابل حرارت تبدیل نموده و باعث جلوگیری از هدر رفتن انرژی در جدارها و کف و سقف ساختمان می نماید ضمن آنکه سبکی وزن باعث کم شدن بار ساختمان گردیده و از مخارج فنداسیون و اسکلت می کاهد از خواص دیگر آن میتوان به مقاومت در برابر صوت و خاصیت آگوستی آن اشاره کرد که باعث رفاه ساکنین می گردد. این نوع بتن دارای خواص ضد رطوبتی بوده و در برابر حریق مقاوم است



بتن گازی به دو زیر گروه 1- فوم بتن- 2 : اتوکلاوی و اکنش شیمیایی تقسیم بندی می شوند.

از مشکلات استفاده از بتن های سبک فومی و اتوکلاوی:

- شریکچ ناشی از خشک شدن پلاستر گچی که باعث ایجاد ترک در سطح پلاستر می شود. لازم است قبل از اجراء بلوکها کاملا خیس شده تا جذب آب اولیه ظرفیت جذب آب ملات و یا پلاستر گچی را کاهش داده و مانع شریکچ مخرب شود. به علت جذب آب بالای بتن سبک
- شکستگی در حین جابه جایی و انتقالات
- مقایسه مواد تشکیل دهنده فوم بتن و بتن اتوکلاوی

فوم بتن: بتن حامل از اختلاط ترکیبی: ماسه نرم طبیعی، آب، الیاف پروپیلن) در بعضی از بتن های فومی الیاف وجود ندارد)

بتن اتوکلاوی: از طریق اختلاط و پخت مواد اولیه: ماسه سیلیسی، آهک، سیمان، آب و پودر آلومینیوم تهیه می شود.



5- رس منبسط - (expanded clay) لیکا (LECA)

ماده دانه ای عایق (سبک که ساختاری سلولی دارد و از کانی های رسی منبسط شده در اثر حرارت تشکیل میشود). استاندارد ملی 8084 بند (4-6)

واژه لیکا از عبارت Light Expanded Clay Aggregate دانه رس منبسط شده گرفته شده است. این دانه ها در کوره های گردان و در حرارت حدود 1200 درجه سانتی گراد، از انبساط نوع خاصی از خاک رس تولید می شوند. دانه های لیکا دارای شکل تقریباً گرد و سطح زیر و ناهموارند. رویه میکروسکوپی خارجی دانه ها دارای خلل و فرج زبر قهوه ای رنگ و بخش داخلی دانه ها دارای بافت سلولی سیاه رنگ است.



- ✓ **عایق حرارتی** براساس آزمایشات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ضریب هدایت حرارتی دانه های لیکا-0.09 w/mc می باشد. تخلخل بالای دانه های لیکا سبب قابلیت رسانایی حرارتی ناچیز این دانه ها می گردد. مقادیر رسانایی حرارتی برای دانه های بزرگتر کاهش می یابد. براساس نتایج همین مرکز، بتن سبک لیکا دارای ضریب هدایت حرارتی 0.208 w/mc می باشد. مصالح عایق، میزان مصرف سوخت و الکتریسیته و در نتیجه هزینه های جاری ساختمان را به شدت کاهش می دهد.
- ✓ **عایق صوتی** مصالح جاذب سروصدا قادرند امواج صوتی را که با سطح برخورد می کنند به گونه ای جذب نمایند که تنها کمتر از 50 درصد آنها بازتاب گردد. وجود حفره ها و اندازه و عمق آنها در دانه های لیکا سبب می گردد تا اثر صوت به دلیل ایجاد اصطکاک مستهلک گردد. تراکم ناپذیریدانه های لیکا در مقابل فشار مکانیکی دائمی و یا بارگذاری مکرر فشرده نمی شوند و نسبت درصد هوای موجود ثابت می ماند.
- ✓ **جذب آب** وجود منافذ درونی بسته، ساختمان سلولی بخصوص و وجود لایه روکش باعث کاهش چشمگیر میزان جذب آب دانه های لیکا نسبت به سایر سبکدانه هاست. جذب آب دانه های لیکا حداکثر به 18% حجم آن محدود می باشد.
- ✓ **واکنش ناپذیری** دانه های لیکا با Ph حدود 7، تقریباً خنثی بوده و فاقد هرگونه مواد معدنی واکنش پذیر می باشند. بنابراین باعث هیچ نوع خوردگی و پوسیدگی سایر اجزاء نمی شوند.
- ✓ **مقاوم در برابر آتش** دانه های لیکا در دمای نزدیک به 1200 درجه سانتی گراد تولید می گردند. در واقع این دانه ها می توانند شوک حرارتی تا دمای 1100 درجه سانتی گراد را تحمل نمایند. همچنین فرآورده ای لیکا به ویژه اجزای بتنی ساخته شده با این دانه ها مقاومت خوبی در برابر آتش دارند. میزان مقاومت به مقدار جرم دیوار بستگی دارد.

(و) عایق های مدرن

1- نانو عایق ها NANSULATE

پدیده نانو تکنولوژی در ارتباط با تغییر خصوصیت مولکولی مواد در جهت ارتقاء کیفی آنها می باشد. در واقع با بکار گیری روشهایی، فواصل بین مولکولها یا اتمهای مواد را کاهش داده که با حفظ خصوصیت آنها، خواص جدیدی از جمله سختی، عایقی و شفافیت را ایجاد می نماید. در حال حاضر این فناوری رشد چشمگیری در کلیه صنایع داشته است. عایق حرارتی نانو یا NANSULATE ماده جدیدی از فناوری نانو می باشد که محافظ و عایق حرارتی مناسبی در مقابل هر سه نوع انتقال گرما شامل تشعشع، جابجایی و همرفتی می باشد. با این خصوصیت که می توان از آن بر راحتی در ساختمانهای در دست بهره برداری نیز استفاده نمود و هیچگونه تغییر ظاهری در ترکیب ساختمان ایجاد نمی کند. نانو عایق به عنوان جدیدترین محصول عایق حرارتی تولید شده در جهان بوده که با استفاده از تکنولوژی نانو تولید می شود و دارای کمترین میزان انتقال حرارت در میان تمام عایقهای موجود بوده و خصوصیت ویژه این محصول مایع بودن آن است که امکان استفاده از آن را توسط هر نوع وسیله رنگ آمیزی فراهم می کند. انواع تولیدات این تکنولوژی با خاصیت چسبندگی بالا امکان پوشش تمام سطوح را فراهم نموده و باعث جلوگیری از خوردگی زیر عایق که مهمترین مشکل لوله های عایق شده در صنعت نفت و گاز می باشد. را فراهم می آورد. نانو عایق تنها عایق است که به راحتی همانند رنگ بر روی سطوح فلزی و غیر فلزی توسط پیستوله، برس و رولهای نقاشی می توان استفاده کرد. لذا با صرفه هزینه نسبتاً کمی و بدون هیچگونه تغییری در فضای ساختمان می توان از هدر رفتن انرژی جلوگیری نمود. این عایق انواع مختلفی دارد که نوع GP آن برای سطوح غیر فلزی و نوع PT آن برای سطوح فلزی کاربرد فراوان دارد. این محصول جهت عایقکاری ساختمانهای مسکونی، تجاری، مخازن، لوله های انتقال نفت و گاز و صنعت کشتی سازی بکار می رود.

خصوصیات:

- جلوگیری از خوردگی و عایق بودن
- استفاده آسان بوسیله قلم مو، غلطک و اسپری
- غیر سمی بر پایه آب
- رنگ: نیمه شفاف، که روکش سفید آن نیز موجود است
- امکان مشاهده لایه زیر عایق جهت بررسی بصری زیر پوشش

- پایداری فوق العاده با چسبندگی عالی بروی فولاد ، آلومینیوم و گالوانیزه ، فایبر گلاس ، پی وی سی ، چوب ، بتن و پلاستیک و سایر مشتقات آن.
- فاقد هر گونه مواد افزایشی ضد میکروبی مضر یا کشنده
- مقاوم در برابر انواع کپکها و قارچها
- صرفه جویی در هزینه ها در دراز مدت
- پوشش 150 تا 175 فوت مربع برای هر گالن جهت 3 مرحله پوشش بسته به بافت آن (14 تا 5/16 متر مربع)

فواید:

- حفاظت در برابر خوردگی زیر عایق (CUI)
- عایق حرارتی بودن در عین نازکی و کمی ضخامت
- مقاومت در برابر رطوبت و قارچ
- صرفه جویی در فضا (هر پوشش در حالت مرطوب 3-5 میلی اینچ 3 (mm 075/0- mm 125/0) روکش کامل آن در حالت خشک تنها 5/4-5/7 میلی اینچ (112/0-181/0) فضا اشغال می کند)
- قابل شستشو با آب و صابون
- قابل رنگ آمیزی
- نصب ارزان
- ضد آتش سوزی
- ضد زنگ
- عایق لوله ایده آل
- تحمل دمایی بالا تا مرز 204°C(400F)
- کاربرد آسان
- مناسب برای مصارف خانگی و صنعتی
- صرفه جویی در انرژی

2- عایق کاری دینامیکی

این نوع عایق کاری بیشتر تداعی کننده یک سیستم می باشد تا یک ماده عایق دینامیک. اولین بار مطالعه عایق کاری دینامیکی در اواسط قرن نوزدهم در دانشگاه مونیخ توسط پرفسور Max Von Pettenkoffer صورت گرفت. در سال 1965 دکتر Pattin پرفسور مهندسی علوم در کالج معماری Ostario کانادا تئوری حرارتی و توضیحات ریاضی برای این محاسبات را انجام داد. اولین خانه در انگلستان با بکار گیری روش عایق کاری دینامیکی در سال 1995-96 ساخته شد. این روش در کشورهای اسکانندیناوی بخصوص اسکاتلند در بعضی از ساختمانها ایجاد شده است، اما باید به خاطر داشت که نتایج این روش هم در بخش مطالعات تئوری و هم مطالعات تجربی جدید و نا مشخص است.

عایق کاری دینامیکی به نوعی عایق کاری گفته میشود که بخشی یا همه اتلاف حرارتی هدایت را بوسیله جریان سیال فعال (جریان هوا در بنای ساختمان) در خلاف جهت اختلاف دما، جذب میکند. در بعضی از بناها نیز می توان از جریان موازی که در آن جریان سیال و گرما هم جهت هستند، استفاده کرد. بنای همه ساختمانها جاذب هوا هستند اما برای مصالح عایق کاری دینامیکی قابلیت نفوذ پذیری ها بالا تر میباشد.

همانطور که گفته شد کار تجربی بسیار کمی بر روی عایق کاری دینامیکی صورت گرفته است، ضمناً "محاسبات تحلیلی نیز بیشتر یک بعدی و بدون در نظر گرفتن اثرات خورشید و باد انجام شده است. با استفاده از یک برنامه کامپیوتری شبیه سازی ساختمان میتوان به ارز یابی دقیق این روش و مقایسه کار کرد ساختمان با بکار گیری این روش و ساختمان معمولی دست یافت. عایق کاری دینامیکی قابلیت صرفه جویی در انرژی و حرارتی و کاهش آلودگی محیط داخل ساختمان را دارد. ضمن اینکه با بهبود پخش رطوبت، قابلیت کنترل رطوبت نسبی RH و جلوگیری از ایجاد فرایند تقطیر بر روی شکافها را دارد. نکته مهم این است که استانداردهای ساخت ساختمانهای با عایق کاری دینامیکی میبایستی سطح بالاتری نسبت به ساختمان معمولی داشته باشد، در حالت ایده آل کلیه منافذ هوا مانند محل اتصالات سازه ها و شکافهای اطراف درها و پنجره ها باید به خوبی بسته و پوشیده شوند. همچنین افراد ساختمان نیز باید نکاتی را رعایت کنند، مثلاً "هر زمانی نمی توانند پنجره ها را باز کنند چرا که این نوع ساختمانها تأثیر زیادی از باد و خورشید میگیرند.

مطالعات تحلیلی نشان داده اند که سرعت هوا بر روی پوشش ساختمان تأثیر زیادی بر عایق کاری دینامیکی دارد. به این نکته باید توجه کرد که با تنظیم سرعت میتوان به ضریب انتقال حرارت صفر دست یافت. یعنی کلیه اتلاف حرارتی جدارها با این روش اصلاح میگرددند. البته هر ساختمان با شرایط خود دارای سرعت بهینه ای برای رسیدن به حد اقل مصرف انرژی میباشد. در سرعت کمتر از این مقدار بخشی از اتلاف حرارتی بازیافت نشده و در سرعت بیشتر از این گرما می اضافی لازم برای گرم کردن هوای اضافی ورودی باید توسط دستگاه گرمایش تأمین شود. شار حرارتی سطح خارجی با افزایش مقاومت حرارتی دیوار کاهش مییابد بنا بر این ساختمان با مقاومت حرارتی بالا امکان صرفه جویی بیشتری دارد

منبع: مقاله محصولات عایق و رهیافت های نو در صنعت عایقکاری نوشته: خانم ناهید مهاجری

۳- پانل های عایق خلاء VIP- Vacuum insulation panels



از مدتها پیش مشخص شده است که میزان عایق بودن بعضی مواد با قرار دادن آنها در خلاء افزایش می یابد. مقدار خلاء مورد نیاز بسته به نوع ماده تغییر میکند.

بهترین نمونه عایق خلاء فلاسک Dewar می باشد. در این فلاسک هیچ نوع ماده عایقی بکار نرفته است. در عوض فاصله بین دو جداره دو استوانه کاملاً (99.999999%) از گاز تخلیه شده. در واقع هیچ مولکول گازی وجود ندارد تا انتقال گرما را انجام دهد. مقدار R بشدت بالا است و تا حدود 250 و حتی بیشتر میرسد. متأسفانه فلاسک Dewar دارای ساختار مشخصی می باشد و انعطاف پذیر نیست. این فلاسک دارای شکل مشخص استوانه ای یا بیضی گون می باشد. از آنجا که حتی چند مولکول گاز کارایی این دستگاه را کاهش می دهد. جداره های آن باید کاملاً غیر قابل نفوذ باشد. این جنس دیواره را به انواع خاصی از شیشه و یا فلز محدود می کند که خود این دیواره ها در محل اتصال باعث از دست رفتن مقدار قابل توجهی از گرما می شوند.

ساخت پانل های عایق خلاء (VIP)

در تلاش برای ساخت عایقی با خواصی بهتر از انواع معمول فوم و فایبرگلاس، مهندسان سالها زمان و میلیونها دلار صرف کردند تا بتوانند پانلهای عایقی بسازند که از مزایای خلاء بعنوان عایق استفاده کند و بتواند میزان عایقکاری فوق العاده ای را در اختیار قرار دهد. این مأموریت سخت تر از آنچه به نظر می رسید بود. مشکلات اصلی پیشروی طراحی یک چنین پانلهایی بدین شرح بودند:-

• مهار کردن دیواره ها

فشار اتمسفری وارده به یک پانل خلاء در حدود) 15psi پوند بر اینچ مربع (میباشد. این یعنی یک پانل با مساحت 1m² فشار معادل وزن 10000 کیلوگرم را باید تحمل کند. از آنجا که ضخیم کردن دیوارها برای تحمل فشار عاقلانه نیست) به یاد داریم که دیوارها در محل اتصال منجر به انتقال حرارت خواهند شد (از یک سری مواد مهار کننده داخلی استفاده می شود. این ماده که هسته نامیده می شود باید در عین حالی که توان تحمل فشار بالا دارد حرارت زیادی را نیز از خود عبور ندهد.

• غشاء غیر قابل نفوذ در مقابل گاز

از آنجا که کارایی پانل بسته به فشار داخل پانل دارد باید فضای داخلی در مقابل نفوذ گاز محافظت شود. این ماده باید ارزان باشد، کار با آن آسان باشد و در نهایت بقدر کافی نازک باشد تا حرارتی چندانی را در محل های اتصال از خود عبور ندهد.

• جاذبها و رطوبت گیرها

جاذب نقش جذب گاز و رطوبت داخل پانل را بر عهده دارد تا در اثر افزایش فشار داخل پانل مقدار R کاهش پیدا نکند این گازها میتوانند از طریق مختلف به درون پانل نفوذ کنند چه از طریق خود غشاء و یا درزها و یا تولید گاز از طریق هسته

اجزاء تشکیل دهنده پانل های عایق خلاء (VIP)

پانل های خلاء با کارایی بالا و طول عمر بلند مدت (بالای 15 سال (از اواسط دههی 50 میلادی معمول شده اند. متأسفانه پروسه تولید گران قیمت و زمان بر میباشد. و کمپانی های محدودی قادر به تولید آن می باشند. هر چند در طول 4 سال اخیر تحقیقات گسترده و بین المللی در این زمینه انجام گرفته که منجر به کاهش زمان و هزینه تولید این نوع از عایقهای حرارتی شده است. موفقیت های بیشتر در این زمینه نوید استفاده بیشتر از این عایق را در زمینه تجهیزات عایق کاری می دهد.

➤ هسته

هسته در پانلهای خلاء دو کارکرد اصلی دارد. یکی اینکه مانع در مقابل فشار اتمسفر می باشد و از فشردن عایق جلوگیری می کند دوم اینکه مانع جریان پیدا کردن مولکولهای گاز به جا مانده در داخل پانل میشود که این خود از انتقال حرارت ناشی از جریات مولکولهای گاز داخل پانل جلوگیری میکند. مواد تأیید شده مورد استفاده به عنوان هسته شامل پرلیت، پودرهای معدنی، فیبرهای معدنی، فایبرگلاس و سیلیکا میباشد. هر چند که این مواد به صورت خام ارزان هستند اما برای بکارگیری در پانل-های خلاء نیاز به فرایندهایی دارند که در نهایت قیمت محصول نهایی را بالا می برند. اخیراً مواد دیگری در این زمینه استفاده میشوند که به دو دسته اصلی تقسیم بندی می شوند. فومهای سلول باز و ایروزل- های کربن یا سیلیکا. کمپانیهای DOW و ICI به تولید پلی یورتان سلول باز با فرمولاسیون ویژه (ICI) و فوم پلی استایرن (DOW) دست زده اند. این مواد جهت کار راحت تر هنگام تخلیه پانل از گاز و هزینه تمام شدهی پایین تر نسبت به مواد معمول ساخته شده اند. هر چند این مواد نسبت به رطوبت حساسیت بیشتری دارند و مقدار تولید گاز بیشتری نسبت به انواع محصول ماده هسته دارند. همچنین طول عمر این مواد کوتاه تر بوده ولی مقدار آن مورد بحث می باشد. موفقیت و یا شکست این فوم ها بسته به پیشرفت در زمینه جاذب ها و غشاءهای پانل دارد.

➤ غشاء

غشاء همان دیوارهای پانل خلاء می باشد که نقش محافظت از خلاء در مقابل نفوذ هوا و رطوبت را بر عهده دارد. این دیواره معمولاً از جنس شیشه و یا فلز می باشد. شیشه بسیار شکننده است و فلز بخاطر هدایت حرارتی بالا باعث افت کارایی پانل می شود. علاوه بر آن فلز هزینه های زیادی را از جهت ساخت و جوشکاری لبه های پانل به محصول نهایی تحمیل میکند.

بخاطر این مشکلات راه حل هایی پیشنهاد شده است. استفاده از یک لایه نازک فلز (معمولاً آلومینیوم (که با یک لایه پلاستیک در روی آن استحکام یافته یکی از این راه حل ها است. در نهایت از یک پلاستیک با دمای ذوب پایین استفاده میشود تا جایگزینی برای عملیات جوشکاری باشد. با این وجود هنوز هم اثرات جداره در انتقال گرما میتواند قابل توجه باشد. برای کاهش بیشتر آن با استفاده از روش Sputter coating یک لایه بسیار نازک آلومینیوم به عنوان جداره تشکیل می دهند. تشکیل درست این لایه نازک که خود مسأله مهم می باشد تا حد قابل توجهی در افزایش کارایی پانل خلاء تأثیر گذار می باشد.

جداره هایی که کاملاً از پوششهای پلاستیکی ساخته شده اند می توانند در موقعیتهایی که مقدار زیادی از جاذب در پانل خلاء بکار رفته است (مانند مواقعی که از سیلیکا یا ایروزل به عنوان هسته استفاده شده است (و طول عمر زیادی مورد نیاز نیست بکار می روند. در این موارد تا 9 لایه متفاوت از پلاستیک به عنوان فیلم جداره روی هم کار میشود که هر لایه برای جذب گازهای خاصی استفاده می- شوند. از آنجا که این فیلم ها اثرات انتهایی را موجب نمی شوند مورد تحقیقات زیادی قرار گرفته اند. این نوع از فیلم ها در گذشته همراه با انواع معمول مواد هسته کاربرد بیشتری داشتند اما امروزه با ظهور فوم- های سلول باز بعنوان هسته که قابلیت جذب بالایی ندارند استفاده از آنها محدود شده است

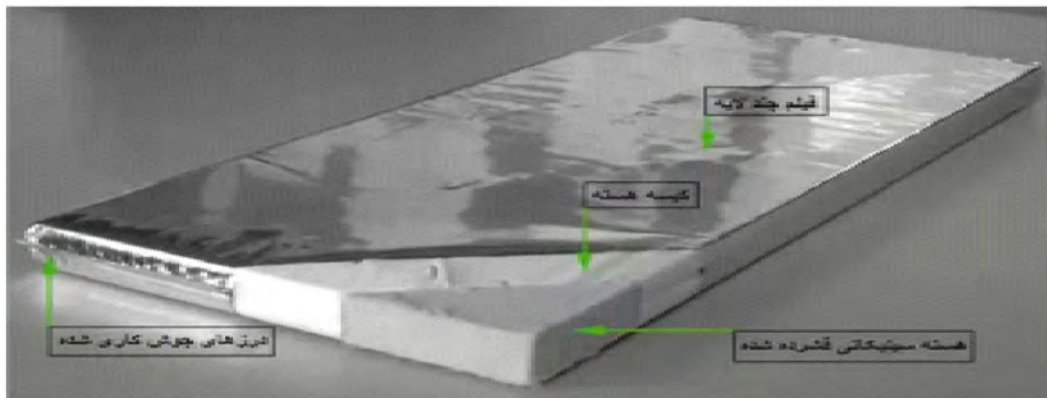
➤ جاذبها و نمگیرها

جاذبها و نمگیرها با جذب گاز و رطوبت به افزایش طول عمر عایق پانل خلاء کمک می کنند. برای کارایی بیشتر این مواد، انتخاب آنها باید براساس نوع گاز و مقدار رطوبت موجود انجام گیرد برخی از مواد هسته قدیمی مانند ابروژلها خود به عنوان جاذب نیز عمل میکنند. به این خاطر انواع قدیمی تر پانلهای خلاء نیازی به جاذب نداشته اند.

➤ طول عمر پانلهای خلاء

طول عمر آنها به فاکتورهایی بستگی دارد که مهمترین آنها در زیر آورده شده اند.

- مقدار خلاء اولیه پانل
- نرخ نفوذ به داخل پانل از طریق غشاء یا فیلم
- مقدار تولید گاز ماده هسته یا فیلم در صورت وجود
- مقدار نفوذ گاز از طریق درزها
- کارایی و کیفیت جاذب
- تأثیرات افزایش فشار روی ماده هسته



➤ هدایت حرارتی

ضریب هدایت حرارتی مرکز پانل های خلاء در بازار از مقدار 0.0025w/mk تا حدود 0.01w/mk تغییر می کند. در حالی که این مقدار برای فوم های سلول بسته حدود 0.02w/mk تا 0.05w/mk میباشد.

از آنجا که ضریب هدایت حرارتی در مرکز پانل گزارش می شود مقداری از اتلاف حرارتی در جدارها توسط لایه های آلومینیومی کارایی آن را پایین تر خواهد آورد. میزان اتلاف از جداره ها به اندازه پانل بستگی دارد. برای پانلهای کوچکتر از 3 اینچ مربع (برتری نسبت به عایق از جنس فوم دیده نمی شود. برای پانلهای با اندازه های بزرگ این اثرات ناچیز می شوند.

➤ ساختار هندسی

پانلهای خلاء سطح از اندازه 3- اینچ مربع تا 35 اینچ مربع در تغییر میباشند. ضخامت آنها نیز از 0.125 تا 1 سانتیمتر میباشد.

➤ محدوده دمایی

در حالی که پانلهای خلاء با ماده هسته ی سیلیکا ابروژل که پوسته ی جوش داده شده دارند قادر به تحمل دمایی 800 درجه سانتی گراد را نیز دارند، انواع معمول آلومینیومی که با پلی استر روکش شده اند محدود به دمایی 50 درجه سانتی گراد می باشند. در دماهای بالاتر نفوذ گاز و رطوبت به داخل پانل تسریع می شود و عمر پانل خلاء کاهش می یابد.

➤ کاربردها

از آنجایی که پانلهای خلاء گران هستند صرفاً در جاهایی استفاده می شوند که نیاز به عایقکاری با میزان R بالا نیاز باشد و یا امکان استفاده از عایقهای حجیم به علت کمبود فضا میسر نباشد. در قسمتهای مختلف ساختمان از جمله عایق کردن سقف، دیوار و کف قابلیت کاربرد دارد

معایب

- قیمت بالا
- اندازه ثابت، عدم قابلیت برش عایق
- احتمال وارد آمدن خسارت به عایق در حین حمل و نقل و نصب
- لزوم نگهداری درست بعد از نصب

4- عایق میکرو گویچه سرامیکی

از دستاوردهای جدید علم در جهان گسترش فناوری نانو در زمینه های گوناگون از جمله صنعت می باشد. علم نانو با پیشرفت خود در زمان کوتاهی می رود تا تاثیر خود را بر اقتصاد سیاسی و اجتماعی کشورها بگذارد. از جمله دستاوردهای فناوری نانو تولید نانو سرامیکها و استفاده از آنها در صنعت رنگ و پوشش می باشد. یکی از انواع این مواد که در ابعاد نانومتر تولید می گردد آلومینا سیلیکات ها هستند که در صنعت رنگ به عنوان مواد افزودنی عایق مورد استفاده قرار می گیرد. این مواد در شکل نانومتری دارای ضریب شکست 10 می باشد کروی شکل بوده و بی رنگ هستند و سطح آنها عاری از گروه های هیدروکسیل می باشد، مهمتر اینکه با یکدیگر کلوخه نمی شوند. دمای ذوب آنها 1800 درجه سانتی گراد و مقاومت فشاری در آنها 6000 تا 60000 پوند می باشد. سرامیکها در ضخامت پوشش و فام رنگ هیچ گونه تاثیری نمی گذارند و بالعکس می توانند به صورت شگرفی رنگ را تقویت می نمایند. سطوح پوشش داده شده با این مواد دارای مقاومت بالا در برابر ورقه ای شدن، خرد شدن، خش و سایش می باشند. سرامیکها به دلیل داشتن جنس خاص می توانند 95% حرارت خورشید و 85% اشعه ماوراء بنفش را بازگردانند و بدین ترتیب بصورت لایه ای از فام رنگ محافظت نمایند و عمر پوشش را تا 6 برابر افزایش دهند و از اتلاف انرژی در بناها جلوگیری نمایند.

پوشش های سرامیکی علاوه بر داشتن خاصیت های ذکر شده دارای حالت آنتی باکتریال، عایق آب و عایق رطوبت می باشند. ضریب نفوذ بخار آب در آنها برابر 1 بوده که بدین ترتیب در مصارف ساختمانی می تواند باعث تنفس ساختمان گردد و در نتیجه باعث افزایش عمر بنا گردد. در این بین شرکت Hy-tech اقدام به تخلیه گاز داخل این سرامیک ها نموده و آنها را به صورت خلا دار تولید نموده است که این عمل موجب کاهش هرچه بیشتر میزان انتقال حرارتی این محصول می گردد. ضریب هدایت حرارتی در این ترکیبات برابر $0/1W/m.k$ می باشد.

- اجرای عایق میکرو گویچه سرامیکی روی نمای داخلی ساختمان



- اجرای عایق میکرو گویچه سرامیکی روی نمای خارجی ساختمان



5-پانل های عایق پر شده با گاز (GFP)-

پانل های عایق پر شده با گاز: (Gas-Filled-Panel)

یکی دیگر از عایق های مدرن در دست توسعه GFP می باشد. در این عایق ها از چندین لایه سلول بسته انعکاسی تشکیل شده است. فاز گاز در این ساختار درزبندی شده، جهت بالا بردن مقاومت حرارتی استفاده می شود. این تکنولوژی توسط مرکز تحقیقات برکلی در سال 1989 توسعه یافته است.

توضیح محصول:

GFP متشکل از چندین لایه شش ضلعی پلیمری است که با لایه نازکی از آلومینیوم کم الکترونی پوشانده شده است. فضاهای بسته با یک لایه کاملاً درزبندی شده اند و با یک گاز با ضریب هدایت حرارتی پایین، پر شده اند. هدف استفاده از گاز نگه داشتن این لایه ها در فواصل معین می باشد. عملکرد متوسط این عایق با هوا به عنوان گاز پر کننده حاصل می گردد. بهترین گزینه برای گاز پرکننده گازهای بی اثر همانند آرگون، کریپتون و زنون می باشد.

جدول زیر ویژگی های حرارتی این پانل ها را با گازهای مختلف نشان می دهد:

نوع گاز	
هوا	
ضخامت نمونه (mm)	26.3
هدایت حرارتی موثر (W/m.k)	0.0279
مقاومت حرارتی (m2.K/W)	0.94
آرگون	
ضخامت نمونه (mm)	70.4
هدایت حرارتی موثر (W/m.k)	0.0206
مقاومت حرارتی (m2.K/W)	3.42
آرگون	
ضخامت نمونه (mm)	25.7
هدایت حرارتی موثر (W/m.k)	0.0199
مقاومت حرارتی (m2.K/W)	1.3
کریپتون	
ضخامت نمونه (mm)	27.3
هدایت حرارتی موثر (W/m.k)	0.0117
مقاومت حرارتی (m2.K/W)	2.33

ی) عایق‌های برپایه مواد نفتی

قیر



قیر ماده‌ای است سیاه رنگ و خمیری شکل که در عایقکاری رطوبت و ساخت آسفالت کاربرد دارد. قیر انواع گوناگونی دارد که هر یک از انواع آن، دارای کاربرد خاصی است. قیر از مشتقات نفت است و اغلب در پالایشگاه نفت تولید می‌شود.

تعریف

قیر جسمی هیدروکربنی است به رنگ سیاه تا قهوه‌ای تیره که در سولفید کربن و تتراکلرید کربن [۱] کاملاً حل می‌شود. قیر در دمای محیط، جامد است. اما با افزایش دما، به حالت خمیری درمی‌آید و پس از آن مایع می‌شود. کاربرد مهم قیر به علت وجود دو خاصیت مهم این ماده است؛ غیرقابل نفوذ بودن در برابر آب و چسبنده بودن.

کاربرد قیر

قیر معمولاً در تاسیسات برای عایق‌کاری رطوبتی به کار می‌رود. حدوداً ۹۰ درصد از قیر تولیدی، در حوزه راهسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مصارف عایق‌کاری، تنها ۱۰ درصد از مصرف قیر را به خود اختصاص می‌دهد.

عایق کاری: از قیر معمولاً برای عایق بندی بام‌ها و کف حمام‌ها استفاده می‌شود. معمولاً به منظور تثبیت قیر، آن را همراه با گونی مورد استفاده قرار می‌دهند که به آن قیرگونی گفته می‌شود. الیاف گونی نقش مسلح کننده قیر را دارند و قیر را در محل خود تثبیت می‌کنند. هم چنین محصولاتی مانند مقوای قیری یا نمد قیری که با نام‌های تجاری نظیر ایزوگام و... ارائه می‌شوند نیز کاربردی مشابه قیرگونی دارند. به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت زمین به کف ساختمان، از بلوکاز یا ماکادم استفاده می‌شود.

ایزوگام

ایزوگام، نام بازرگانی گونه‌ای عایق آماده ضد نم و رطوبت برای پوشاندن پشت بام، استخر و مانند آن است. ایزوگام پوششی است برای عایق کردن که برای جلوگیری از رخنه و نفوذ آب به کار می‌رود، و از فرآورده‌های نفتی بدست می‌آید

ایزوگام پوشش مقاومی از قیر و الیاف مصنوعی است که با گرما بر بستر بام چسبانده می‌شود و از نفوذ آب و رطوبت به محیط زیر خود جلوگیری می‌کند. عمر ایزوگام بطور میانگین ۱۰ سال است.

فصل هشتم:

جاذب ها

جاذب ها موادی اند که توان جذب و نگهداشتن گازهای مایعات دیگر را دارند. این موادی توانند برای جذب گازهای مایعات استفاده شوند.

➤ دلایل استفاده از آنها بقراری می باشد

- ۱- باعث جلوگیری از یخ زدن رطوبت در داخل سیکل برودتی شود
- ۲- باعث جلوگیری از اسیدی شدن گاز در لوله و... و در نهایت خوردگی آنشود
- ۳- بر اجزای ذرات موادموجود در آب (اسمز معکوس)
- ۴- استفاده در سیکل جذبی

کاربردهای جاذب ها:

- انواع جاذبهایی که در صنعت تاسیسات و تصفیه آب و نفت و غیره کاربرد دارند عبارتند از:
 - ✓ ۱- کربن مولکول آر سیو (C.M.S) : جهت جذب و جدا سازی گازهایی مانند نیتروژن و اکسیژن.
 - ✓ ۲- مواد کربن اکتیو (Activated carbon): جهت پاکسازی هوای فشرده ، تصفیه آب ، تصفیه گاز طبیعی ، حذف بوی نامطبوع ، پاکسازی جریان گاز و هوا .
 - ✓ ۳- مواد آلومینا اکتیو (Activated Alumina): جهت جذب رطوبت از هوای فشرده و یا هوای محیط و به عنوان کلاوز کاتالیست در سایزها و مشخصات مختلف .
 - ✓ ۴- مواد سیلیکا ژل (Silica Gel): جهت جذب رطوبت از هوای فشرده و یا هوای محیط در سایزها و مشخصات مختلف .
 - ✓ ۵- مواد مولکول آر سیو (Molecular Sieve) جهت جذب رطوبت از هوای فشرده و جدا سازی گازهای مختلف از یک دیگر مانند: $N_2 - O_2 - Co_2$
 - ✓ ۶- کاتالیست ها : جهت جدا سازی ، پاک سازی و تبدیل گاز
 - ✓ ۷- تراپازلسیلیس-کربن $Sio_2.nH_2o+C$
 - ✓ ۸- گلایکول (اغلب از دو محلول گلایکول با سامی دی اتیل گلایکول (DEG) یا تری اتیل گلایکول (TEG))

❖ مواد خشک کن مبردها

مواد خشک کن مبردها که رطوبت گیر نامیده می شوند به طور وسیعی برای گرفتن رطوبت مبرد سیستم های تبرید مورد استفاده قرار می گیرند. رطوبت گیرهای متداول سیلیکاژل (دی اکسید سیلیکون) ، آلومینیم فعال شده (دی اکسید آلومینیم) و drierite (سولفات کلسیم) می باشند. سیلیکاژل و آلومینیم فعال شده از نوع رطوبت گیرهای جذب سطحی بوده و به صورت پودر در دسترس می باشند. Drierite رطوبت گیر جذبی بوده و به صورت پودر و قالبی موجود می باشد

👉 در ادامه به برخی از کاربردهای آنها شرح داده میشود:

➤ کاربردهای کربن اکتیو

بطور کلی کربن اکتیو در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاههای حرارتی، صنایع غذایی، دارویی و الکل سازی کاربرد وسیعی دارد. کربن اکتیو همچنین در جذب گازها و بخارات صنایع شیمیایی، تصفیه آب، استخراج طلا و نقره به عنوان کاتالیزور و نیز تصفیه روغنهای گیاهی و خوراکی و همچنین رنگ زدایی و تصفیه مایعات حاوی مقدار کم مواد عالی، کاربرد وسیعی دارد.

✚ بطور اخص دو کاربرد مجزا و متداول کربن اکتیو در فاز گاز و مایع به شرح زیر است :

الف) کاربرد در فاز گاز : کربن مصرفی در فاز گاز، سخت و گرانولی شکل است. خواص مطلوب جاذب گازی عبارتند از: ظرفیت بالای جذب در واحد حجم، ظرفیت نگهدارندگی بالا، جذب بالای ترجیحی گازها در مجاورت رطوبت، استحکام بالا و رها سازی کامل جذب شده ها در درجه حرارت بالا و فشار پایین.

برخی از کاربردهای کربن فعال گازی شامل موارد زیر می باشد:

جداسازی بخارات از گازها مانند حلالها، سیستم های کنترل تبخیر سوخت اتومبیلها، بازیابی حلالهای آلی فرّار در هوا، مانند بازیابی استن در تهیه صنعتی الیاف استات سلولز و بازیابی پرکلرواتیلن از هوا، تصفیه هوای قابل استنشاق از مواد شیمیایی مختلف، تخلیص و جداسازی گاز از گاز در انبارهای ذخیره میوه و سالنهای نگهداری گل، در راکتورهای اتمی برای جذب گازهای رادیو اکتیو، جداسازی و بازیابی بنزین خام از گاز طبیعی، جداسازی بخارات نفتی از هوا، جداسازی سولفید هیدروژن و سولفورهای آلی از گاز طبیعی و گاز صنعتی، خالص سازی گاز دی اکسید کربن برای استفاده در صنایع.

ب) کاربرد در فاز مایع : کربن مصرفی در فاز مایع معمولاً به صورت پودر نرم و سبک است و حدود ۸۵٪ کربن فعال تولید شده برای مصارف فاز مایع به فرم پودری می باشد. پودر کربن فعال در صنایع مختلف به منظور جدا سازی رنگ، بو، مزه و دیگر ناخالصیها از محلول و یا بازیافت جسمی از یک محصول بکار می رود. از جمله می توان به صنایع تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی و آب شرب، جذب کلر در آب تولید کننده بخار در توربینها، حذف رنگدانهها، در صنایع الکل سازی، قند و شکر، نشاسته، گلوکز و ... اشاره نمود.

➤ اکتیو آلومینا

آلومینای اکتیو به موادی گفته می شود که دارای ظرفیت جذب بسیار بالا می باشد این محصول بطور وسیعی در ساخت مواد جاذب و در کاتالیست هایی که سطح ویژه بالا، ساختمان متخلخل و فعالیت شیمیایی سطح آنها نقش اساسی را ایفا می کنند، به کار می روند که تمامی این خواص ناشی از سطح ویژه بسیار بالایی آن می باشد. به عبارتی آلومینای فعال به ماده ای بسیار متخلخل که می تواند انواع مایعات، گازها را بدون تغییر در حالت ساختاری خود جذب نماید اطلاق می شود. بصورت جامد می باشد

کاربرد

۱-جه عنوان مواد جاذب : خشک کردن گازها و مایعات

- ✓ گازها مثل: هوا، آرگون، هلیوم، متان، اتان، پروپان، استیلن، آمونیاک و ...
- ✓ مایعات مثل: نفت سفید، هیدروکربنهای آروماتیک و ...

۲-جه عنوان کاتالیزور:

- ✓ کاتالیزورهای واحد Claus
- ✓ دهیدراسیون الکلها
- ✓ ایزومریزاسیون الفینها

Technical Specification of Activated Alumina Sphere

ITEM	UNIT	TYPE
Particle Size	mm	Φ2-4, Φ 3-5, Φ4-6, Φ5-7
Alumina as Al ₂ O ₃	%	>93
Silicon as SiO ₂	%	≤0.1
Iron as Fe ₂ O ₃	%	≤0.04
Sodium as Na ₂ O	%	≤0.45
Ignition Loss 1100°	%	≤8
Bulk Density	g/m ³	0.6 – 0.75
BET	m ² /g	260 – 300
Porosity Volume	ml/g	≥0.4
Abrasion rate	%	<0.3
Crushing Strength	N/Piece	
Φ 2 – 4		≥70
Φ 3 – 5		≥100
Φ 4 – 6		≥150
Φ 5 – 7		≥180
Use	Moisture proof, air separation, H ₂ O ₂ . Pressure swing adsorption and so on.	

مشخصات فنی اکتیو آلومینا کروی

آیتم	واحد	نوع
دانه بندی	mm	قطر ۴-۲، ۶-۴، ۵-۳، ۷-۵
درصد آلومینا (Al ₂ O ₃)	%	> ۹۳
درصد آهن (Fe ₂ O ₃)	%	≤ ۰/۰۴
درصد سدیم (Na ₂ O)	%	≤ ۰/۴۵
کاهش وزن حرارتی در ۱۱۰۰°C	%	≥ ۸
دانسیته	گرم/مترمربع	۲۸
سطح ویژه	گرم/سانتیمتر مکعب	۰/۱۶ – ۰/۲۷۵
استحکام خردایش	ذره تیوتن	
قطر ۲-۴ mm		≥ ۷۰
قطر ۳-۵ mm		≥ ۱۰۰
قطر ۴-۶ mm		≥ ۱۵۰
قطر ۵-۷ mm		≥ ۱۸۰

➤ سیلیکاژل

سیلیکاژل اولین بار در سال ۱۹۱۹ میلادی توسط پروفیسور شیمیدان به نام والتر . آ . پاتریک از دانشگاه جان هاپکینز بالتیمور به ثبت رسید . اگر چه قبل از آن در ماسک های ضد گاز در جنگ جهانی اول استفاده می شده است برای مقابله با گاز های سمی و گاز های اشک آور و در جنگ جهانی دوم در نگه داری تجهیزات و مهمات و داروی پنی سیلین در بهترین شرایط . البته بعضی از محققان تاریخ کشف آن را به سال ۱۶۴۰ هم نسبت می دهند . کاربرد ها در صنایع تهویه ، صنایع جنگ ، الکترونیک ، دارو سازی و کروماتوگرافی ستونی و صنایع غذایی ، در تهیه بنزین با اکتال بالا ، تهیه برتادین از الکل و همچنین جزء لاینفک فرایند ساخت لاستیک می باشد . سیلیکاژل یک جسم پر منفذ دانه دانه ای (گرانول) می باشد از واکنش شیمیایی بین سیلیکات سدیم (شیشه

مایع) و اسید سولفوریک ساخته می شود. اکسید سیلیسیوم یا سیلیکا با علامت اختصاری SiO_2 ترکیب شبیه ماسه های دریا دارد و برخلاف اسم آن ژل نیست بلکه جامد است. تفاوت بین سیلیکاژل و ماسه در این است که ماسه یک جسم کریستالی (بلوری) و بدون منافذ است در صورتی که سیلیکاژل یک جسم غیر کریستالی و بی نظم و با منافذ بسیار زیاد می باشد. قطر منافذ موجود ۵ الی ۳۰۰۰ آنگستروم می باشد و توانایی جذب مولکول ها تا این ابعاد را خواهد داشت.

غالباً به صورت دانه دانه ای تولید می شود ولی در بعضی مصارف خاص به صورت پودر ریز با میانگین اندازه ی ۴۰-۶۳ میکرومتر هم ساخته می شود. در داخل هر دانه گرانول یک شبکه از سوراخ های میکروسکوپی وجود دارد که می تواند آب را در خود نگه دارد که به این پدیده جذب سطحی (جامد) یا adsorption می گویند.

سیلیکاژل به دست آمده از نظر ساختاری بدون شکل می باشد ولی از نظر ظاهری شبیه دانه های کریستال به نظر می آمد و هم چنین می توان گفت که سیلیکاژل یک ماده جذب کننده بی بو، بی مزه و غیر سمی می باشد. فرمول شیمیایی SiO_2 وزن مولکولی ۶۰/۰۸- نقطه ذوب ۱۶۱۰- نقطه جوش ۲۲۳۰ قابل ذکر است که به هر سیلیکاتی که قابلیت جذب آب را داشته باشد زئولیت گفته می شود که می تواند از ترکیب عناصر دیگر با سیلیکا (SiO_2) به دست می آید مانند سیلیکات آلومینیوم (Al_2SiO_5) بعضی مواقع دانستن زمان به اشباع رسیدن سیلیکاژل بسیار مهم است که می توان از مواد حساس به رطوبت به عنوان نمایش گر (indicator) استفاده کرد. مثلاً شایع ترین آن ها که در حدود ۶۰ سال استفاده شده کلراید کبالت $CoCl_2$ می باشد. که وقتی خشک است به رنگ آبی پر رنگ است و پس از عمل جذب آب اشباع شدن به صورتی تغییر رنگ می دهد. که البته تنفس عمیق این ماده سرطان زاست و اتحادیه اروپا طی بخشنامه EEC /548 / 67 آن را جزء مواد خطرناک قرار داده و لازم است هر سیلیکاژلی که حاوی این نمایش گر می باشد با برچسب خطرناک مشخص شود که البته سیلیکاژل خالص و بدون $CoCl_2$ همانند ماسه بی خطر می باشد که در چیلر های جذبی از نوع بدون نمایش گر آن یعنی سیلیکاژل سفید استفاده می شود. نوع دیگر و معمول اندیکاتور ماده فنول فتالین است که پس از جذب آب به رنگ زرد در می آید. مشکل سمی بودن نمایش گر ها به سهولت حل شده است با استفاده از مواد ارگانیک مانند فنول فتالین که ذکر شد و نمایش گر هایی که بر پایه ی نمک های آهن و یا کلرید مس هستند. (Envirogel) سیلیکاژلی با نمایش گر نارنجی می باشد که پس از اشباع به رنگ سبز در می آید و انواع دیگری که از قهوه ای کهربایی به آبی روشن و یا نارنجی به بی رنگ تبدیل می شود.



انواع سیلیکاژل

سیلیکاژل ها از لحاظ ظاهری به سه دسته تقسیم می شوند:

1- سیلیکاژل گرانولی (پرک)

2- سیلیکاژل کروی

3- پودر هیدراته

در صورت داشتن مشخصات فیزیکی و شیمیایی یکسان، نوع شکل هیچگونه تأثیری در عملکرد ندارد فقط میزان افت فشار و مقدار فضای خالی (void space) در بسترهای سیلیکاژل دارای مقادیر متفاوتی خواهد بود. سیلیکاژل کروی کمترین میزان افت فشار فضای خالی را دارد و اساساً هنگامی که مقادیر این دو پارامتر از لحاظ پایین بودن مقدار آنها مد نظر باشد



مشخصات فنی سیلیکاژلهای مورد استفاده در صنعت نفت

معمولاً در صنعت نفت از دو نوع سیلیکاژل گرانول و پرک در واحدهای مختلف عملیاتی پالایشگاه های گاز، نفت و صنایع پتروشیمی استفاده می کنند. استفاده از سیلیکاژل پرک معمولاً برای جذب رطوبت در سیستم های پنوماتیک دستگاه های ابزار دقیق و سیلیکاژل کروی به عنوان کاتالیست در تولید منومر ملامین در پتروشیمی ارومیه و در دو نوع H و WS در واحدهای فرآوری و پالایشی گاز جهت نم زدایی به کار می روند. در جدول زیر مشخصات سیلیکاژل درج شده است.

➤ لیتیم بروماید LiBr

محلول جاذب در سیستم های جذبی

لیتیم و برماید به ترتیب از خانواده فلزات قلیایی و هالوژن ها هستند. ترکیب این دو عنصر، نمکی به نام برومور لیتیم برماید است که به شدت جاذب رطوبت می باشد و همچنین ماده پایداری بوده و غیر قابل تجزیه و فساد است. برومور لیتیم که آن را به صورت (LiBr) نشان می دهند به خوبی در آب قابل حل است. در دمای محیط این قابلیت انحلال تا حدود ۶۰٪ می رسد.

و امروزه در چیلرهای جذبی و ۰۰۰۰ کاربرد دارد

➤ ویژگی های عمده محلول LiBr که از آن بعنوان جاذب در سیستم های جذبی استفاده می شود به شرح زیر است :

۱- فشار اشباع محلول LiBr بسیار پایین است و لذا این جانب ظرفیت بالایی در جذب بخار آب (میرد) دارد.

۲- هنگامیکه غلظت محلول بالا رفته و دما نیز پایین باشد، کریستالیزه شدن رخ می دهد.

۳- ظرفیت گرمایی ویژه این محلول در فشار ثابت پایین است

$$Cp=0.4-0.5 \text{ kcal/kg0c}$$

۴- این محلول دارای خاصیت خوردگی است و به همین دلیل باید به صورت متناوب به آن بازدارنده (Inhibitor) کرومات لیتیم اضافه شود. باید خاصیت قلیایی آن در یک محدوده خاص تنظیم شود.

۵- با اولین کارکرد ماشین یک لایه حفاظتی بر روی سطوح فولادی داخلی محفظه ها ایجاد می شود که مانند عایق عمل کرده و از بروز خوردگی در بدنه جلوگیری می کند.

۶- برومور لیتیم ماده ای گران قیمت می باشد.

۷- به محلول برومور لیتیم اکتیل الکل (Octyl Alcohol) نیز اضافه می کنیم. این ماده باعث افزایش انتقال حرارت در ابزربر و کندانسور شده و نیز ظرفیت سرمایش را بالا می برد. اکتیل الکل را باید بصورت مرتب به محلول اضافه کنیم. همچنین در آغاز فصل سرما و هنگامی که دستگاه کار

نمی کند نیز باید به محلول این الکل را اضافه کرد.

۸- لازم است همواره کیفیت محلول از نقطه نظر خاصیت قلیایی و بازدارنده تحت کنترل باشد تا مواردی نظیر خوردگی، زنگ زدگی و رسوب پدید نیاید.

۹- محلول LiBr بی ضرر می باشد ولی به دلیل داشتن مقداری ماده بازدارنده کرومات لیتیم در صورت تماس مستقیم با بدن انسان لازم است ابتدا با مقدار زیادی آب و سپس با صابون شسته شود. اگر ابزارها به این ماده آغشته شوند باید با آب شسته شده و سپس به سطح آنها برای جلوگیری از خوردگی روغن مالیده شود.

➤ **محلول لیتوم بروماید** محلول موجود در چیلر های جذبی شامل مواد مختلفی می باشد مهمترین آنها شامل نمک لیتوم بروماید به عنوان جاذب و آب به عنوان میرد و حلال نمک استفاده می شود مقدار این مواد در چیلر های مختلف متفاوت است ولی می توان گفت تقریباً به ازای هر تن برودت حدوداً بین ۲.۴ تا ۳.۱ لیتر محلول لیتوم بروماید ۵۴% و آب مقطر حدوداً بین ۱.۲ تا ۱.۵ لیتر به ازای هر تن برودت می باشد البته مقدار دقیق هر کدام از این مواد توسط شرکت سازنده تعیین می شود و در کاتالوگ و دستور نصب دستگاه ارائه می شود این مواد معمولاً در ابتدای نصب دستگاه توسط نصاب تعیین و به آن شارژ می شود

بجز خود محلول مواد افزودنی دیگری جهت بالا بردن راندمان و عملکرد دستگاه به محلول اضافه می شود مهمترین این مواد ضد خوردنده (INHIBITOR) و الكل می باشد

➤ **تراپاژل سیلیس - کربن $Sio_2.nH_2O+C$**

اختراعی با قابلیت های کاربردی بالا در صنعت

تراپاژل ها گروه های جاذب هستند که بر حسب نوع ترکیب می توانند گازهای مختلف را جذب نمایند.

زنوئیت - کربن اکتیو و سیلیکاژل را می توان در اعداد تراپاژل ها محسوب نمود.

تراپاژل سیلیس - کربن- با فرمول شیمیایی $Sio_2.nH_2O+C$

به شماره ۴۱۸۳۹ در تاریخ ۸۶/۵/۱۷ توسط مهندس بهزاد عزیزی مدیر عامل شرکت ناب ابتکار در اداره

مالکیت های صنعتی کشور به ثبت رسیده، مراحل تولید آزمایشی خود را پشت سر گذاشته و آماده

تولید انبوه می باشد. این ماده علاوه بر داشتن خصوصیات کامل سیلیکاژل در توانایی جذب رطوبت، کلبه ویژگی های کربن

اکتیو را داراست و بعنوان یک ژل ترکیبی می تواند، رطوبت و سایر گازهای مزاحم محیطی را جذب نماید

(جاذب چند منظوره) و محافظت کامل از قطعات و تجهیزات بعمل آورد.

تراپاژل سیلیس - کربن انقلابی در صنعت جاذب ها محسوب شده و جایگزین مناسبی برای سیلیکاژل به

شمار می آید. این محصول صد در صد داخلی و بدون مشابه خارجی است که می تواند کشور را از

واردات سیلیکاژل بی نیاز ساخته و علاوه بر نقش جایگزینی واردات در رونق صنایع جنبی مانند

کارخانجات سیلیکات سدیم، گروه های اسیدی و کربن اکتیو موثر باشد.

تراپاژل سیلیس - کربن بصورت بسته های تی بگ و یا جاسازی در برج های جذب و ... مورد استفاده

قرار می گیر

فصل نهم:

انواع فیلتر های

۱- انواع فیلتر های هوا (مواد)

فیلتر های هوا وسایلی برای جذب و حذف آلاینده های خطرناک مانند:

گردوغبار و کثیفی های معلق در هوای پیرامون ما می باشند.

درخواست های ناشی از احتیاج برای هوای دارای کیفیت بالا از طرف افرادی صورت می گیرد که نسبت به هوای آلوده حساس می باشند و تنفس هوای کثیف بیماری شان را تشدید می کند.

نیاز متقاضیان برای حذف آلاینده های مختلف را فیلتر های دارای متدهای (روش) تصفیه هوای متفاوت پاسخگو می باشد که بطور نمونه از مهمترین آنها نام می بریم. **فیلتر های یونی**، **هپا**، **کربن اکتیو** و **لامپ های یو وی** و **همینطور فیلتر Tio2** که همگی عموماً برای رفع آلودگی در بخش های تجاری- صنعتی و بیمارستانی و محل های سکونت مورد استفاده قرار می گیرند.

۱) فیلتر هوای یونی (آیونایزر)

فیلتر های یونی با تکیه بر روش قطبی کردن، باعث شارژ ملکولهای هوا می شوند، در این روش مولکولهای هوا توسط ولتاژ بالای برق دارای بار منفی می شوند. بطور نمونه یون هایی با بار منفی تولید می کنند که به آن آنیون گفته می شود. آنیون ها سپس آلاینده هوا را (بار مثبت) به سمت خود کشیده و جذب می نمایند، این عمل شبیه جذب ذرات توسط الکتروسیسته ساکن می باشد.

با برخورد آلاینده ها به آنیون آنها خنثی شده و از جریان هوا خارج می گردند. فیلتر های یونی معمولاً در فیلتر هوا های تجاری بکار برده می شوند.

یونهای منفی چه فوایدی دارند؟

از بین بردن باکتریها، جلوگیری از پیر شدن سلولهای بدن، بالا بردن توانایی نگهداری اکسیژن در خون، بهتر کردن عملکرد سوخت و ساز بدن، بالا بردن میزان هوشیاری، از بین بردن خستگی، بالا بردن مقاومت بدن (سیستم ایمنی) در مقابل بیماریها، تأثیر اساسی در معالجه سردرد، بی خوابی/کم خوابی، آلرژی، آسم و فواید بسیار دیگر.

حقایق در مورد یون منفی.

(سازمان دارو و خوراک آمریکا) به عنوان يك راه معالجه تأیید شده. FDA مورد تأیید

یونیزاسیون امری اجباری در بسیاری از بیمارستانهای اروپا و روسیه است.

مهندسين خود را جهت آزمایش يك دستگاه مولد یون منفی به Good Housekeeping در ماه مارچ ۱۹۹۹ مجله

کار گرفت، آنها دستگاه را در يك مخزن پر از دود گذاشتند و سپس متوجه شدند که مخزن کاملاً از دود پاک گردیده است.

نتیجه تحقیقات اخیر سازمان کشاورزی آمریکا نشان می دهد که یونیزه کردن يك اتاق باعث کاهش ۵۲% غبار و ۹۵% باکتری موجود در هوای آن اتاق می گردد. (لازم به تذکر است که بیشتر آلاینده های موجود در هوا در ذرات غبار معلق در هوا زندگی می کنند).

• چگونه یونهای منفی آلاینده های هوا را از بین می برند؟

(-) (-) (-)

(-) (+) *

(-) (+) * (-) (+) *

(-) (+) * (-) (+) *

(-) (+) * (-) (+) *

یونهای منفی (بار منفی) خود را به آلاینده ها و عوامل آلرژی زا که به صورت مثبت باردار هستند می چسبانند. ذرات تشکیل شده جدید بزرگتر و سنگین تر هستند و بنابر این به طرف زمین کشیده می شوند و از فضای تنفسی ما خارج می گردند.

اغلب آلاینده های معلق به صورت مثبت باردار هستند و بر عکس یونهای منفی به صورت منفی بار دار هستند. در فضاهایی که یون منفی با غلظت (چگالی) بالا در آن وجود دارد، آنها می توانند بار آلاینده های معلق را به بار منفی تبدیل کنند.

این امر موجب می شود که جذب مغناطیسی بین آلاینده های معلق در هوا بوجود آید و در نتیجه آنها به یکدیگر می پیوندند و سنگینتر از آن حدی می شوند که بتوانند به صورت معلق در هوا باقی بمانند و بدون آسیب رساندن به چیزی روی زمین می افتند و دیگر در مسیر هوای تنفسی شما قرار نخواهند گرفت.

حتی اگر آنها قبل از اینکه به زمین برسند تنفس شوند، چون ذرات بزرگتری هستند توسط فیلتر های بالایی ناحیه تنفسی فیلتر می شوند.

مسلماً، در صورتی که تولید یون منفی به صورت ادامه دار نباشد، بعضی از این آلاینده های بزرگ شده می توانند دوباره به هوا بازگردند.

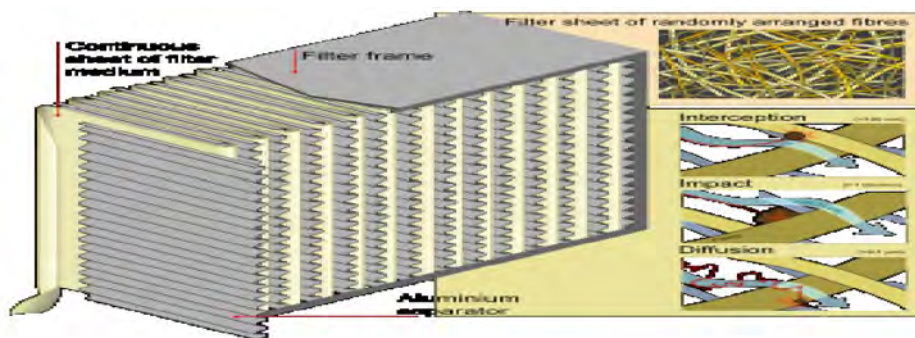
برخی مطالعات نشان داده که یون منفی اثر بیولوژیکی روی باکتریها و ویروسها داشته و در صورت تماس، آنها را از بین می برد.

چرا یون منفی با اضافه اوزون با مقدار کم؟

یون منفی و اوزون قوی ترین پاک کننده های هوا در طبیعت هستند. در دنیا چیزی مؤثرتر از این دو برای پاک کردن هوای تنفسی ما از عوامل آلرژی زا و آلاینده ها وجود ندارد. متأسفانه اکنون به دلیل نزدیکی ساختمانها و منازل به یکدیگر این دو نمی توانند تأثیر خود را در فضای داخلی ساختمانها به صورت طبیعی بگذارند.

یون منفی و اوزون در طبیعت بوجود آمده اند، و در مناطقی یافت می شوند که از خالص ترین و بالاترین سطح هوای سالم برخوردارند. این اماکن معمولاً شامل بالایی کوهها، نزدیک آبشارها، جاهایی که لحضاتی قبل رعد و برق صورت گرفته، چمن زارهای دوران شهر و کناره های اقیانوس در کنار امواج بلند هستند.

۱-۱- فیلتر هپا (فیلتر ذرات هوا با بازده بالا)



فیلتر هپا و جزئیات ساختاری آن

فیلتر هپا یکی از تجهیزات تصفیه هوا و از تجهیزات پزشکی و آزمایشگاهی است.

عملکرد فیلتر هپا

فیلتر هپا از درهم تنیده شدن نامنظم و کاملاً تصادفی الیاف های فایبرگلاس، پوشال و یا حصیر و فشردن آنها ساخته می شود. قطر الیاف های فوق بین ۰/۵ تا دو میکرون می باشد. سه عامل اصلی مؤثر در جذب ذرات توسط فیلتر هپا به شرح زیر می باشد:

۱ - قطر الیاف تشکیل دهنده فیلتر

۲ - ضخامت کلی فیلتر

۳ - سرعت عبور هوا از سطح فیلتر

فضای باز بین الیاف های تشکیل دهنده فیلتر هپا تا ۰/۳ میکرون است. (MPPS قابلیت جذب ذرات تا ۰.۳ میکرون) بر خلاف تصور عامیانه عملکرد جذب ذرات توسط فیلتر هپا مانند الک کردن نیست. در فیلتر های هپا ذرات سوار بر شعاعی از جریان هوا با عبور از فیلتر در لایه لایه های آن گیر می کنند و شعاع جریان هوا با انعطاف خود از میان شبکه فیلتر عبور می کند. بر خلاف فیلتر های Membrane (پرده ای) که مانند یک الک در مقابل جریان هوا مانع عبور ذرات آلاینده تا قطر معینی هستند. فیلتر هپا توان جذب ذرات با اندازه های بسیار ریز و درشت را در لایه های مختلف خود داراست و خیلی دیرتر مسدود شده و مانع عبور جریان هوای سالم نمی گردد. هدف استفاده از فیلتر هپا جذب ذرات فوق العاده ریز آلاینده است و طراحی آن به نوعی است که با سه روش همزمان به این هدف دست می یابد. در زیر به شرح این سه روش می پردازیم:

(۱) **جلوگیری از عبور ذرات:** ذراتی که بر روی شعاع مستقیم جریان هوا حرکت می کنند با برخورد به تقاطع الیاف ها به آن گیر کرده و می چسبند سپس شعاع هوا با تغییر مسیر از مانع عبور و از فیلتر خارج می شود. (ذرات تا ۱۰۰ نانو متر

(۲) **گیر افتادن ذرات به علت تراکم بافت الیافی:** ذرات معلق با برخورد به بافت متراکم فیلتر در آن جاگیر می شوند و جریان هوا با حرکت منحنی از راههای باز میان فیلتر عبور می کنند. تأثیر این مکانیزم با پخش شدن الیاف کاهش و با سرعت جریان هوا افزایش می یابد.

(۳) **انتشار:** در این مکانیزم نتیجه عملکرد فیلتر بطرز چشمگیری افزایش می یابد. در اثر تصادم مولکول های گازی با ذرات معلق بسیار کوچک (کمتر از ۰/۱ میکرون) جهت حرکت ذرات معلق در داخل فیلتر تغییر کرده و سرعت اش نیز کاهش می یابد و همین تأخیر باعث بالا رفتن احتمال توقف و گیرکردن ذره معلق در درون فیلتر می شود. (قابل مقایسه با پدیده فیزیکی "حرکت بروانین") این روش در جذب ذرات با قطر کمتر از ۰/۱ میکرون روش برتر می باشد. همانطور که دو روش تراکم و مسدود کردن در جذب ذرات بالاتر از ۰/۴ میکرون مؤثر می باشند. ذرات بین این دو اندازه بیشترین نفوذ را در فیلتر می کنند (۰/۳ میکرون) که توأمأً توسط هر سه عامل به کمک هم در فیلتر گیر می افتند.

۲-۲ فیلتر ulpa (فیلتر بانفوذ بسیار کم هوا)

این نیز از فناوری کاغذ فایبرگلاس ساخته این فیلترها با الومینیوم رشته های پوشش دار یا کاغذ فیلتر به عنوان جداکننده های پلیسه دارای پلیسه عمیق میشوند. فیلتر های عمیق تر دارای سطح بسط بالاتری اند. بازده یا قابلیت جذب ذرات تا ۰.۱۲ میکرون را دارا میباشند و شکل آن مثل فیلتر های هپا میباشد

۲-۳ **فیلتر های الومینیومی:** این فیلترها از یک صفحه الومینیومی ساخته شده که توسط دستگاه پرس بصورت

توری فرم زیک زاک در می آیند و در هودها بصورت صفحه ای افقی نصب و در هواسازها بصورت شیب دار دوتایی در یکر استاموازی نصب میشوند و قابلیت جدای ذرات درشت و دراز و تل نخ و مو و... را دارند

۲-۴ فیلتر کربن اکتیو

کربن یا ذغال فعال شده با نام هایی مانند کربن اکتیو شده- ذغال فعال نیز شناخته می گردد

به کربنی گفته می شود که توسط اکسیژن عمل آورده و فرآوری شده است به شکلی که سوراخ های ریز بی شماری (میلیون ها) در میان اتم های آن بوجود آمده است (مدل کوچکتري از سنگ پا) کربن عمل آورده فوق به قراری فعال می گردد که با مقدار جزیی از آن می توان سطح بسیار وسیعی را برای ساخت فیلتر آماده ساخت.

بطور نمونه یک گرم کربن اکتیو برای آماده سازی پانصد متر مربع فیلتر هوا (یک چهارم زمین فوتبال آمریکایی) به منظور جذب فیزیکی و یا صورت گرفتن و اکنش جذب شیمیایی برای فیلتر کردن گاز های آلاینده کافی می باشد. به طور مثال فیلتر آماده شده توان جذب مقدار قابل اندازه گیری از گاز نیتروژن را داراست. جذب نیتروژن با تغییر فیزیکی و پس از تبدیل آن به مایع صورت می گیرد.

فیلتر های کربن اکتیو توانایی جذب بازمانده های و اکنش های شیمیایی و بسیاری دیگر از گاز های آلاینده محیط نظیر No2, No, Co, Co2 و همچنین ترکیبات آلی فرار (VOC ها، بنزن، رادون، فرمالدئیدو غیره را دارند) سرب و So2 (اکسید گوگرد) نیز توسط کربن اکتیو از هوا حذف می گردند.

چگونگی عملکرد فیلتر

روش جذب سطحی گازها پس از انقباض و تغییر فیزیکی شان به شکل مایع صورت می گیرد. این فیلترها دارای درجه بندی هایی بوده و درگریدهای (طبقه بندی بر اساس میزان جذب) متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرند.

فیلترها پس از طی دوره زمانی مشخصی باید تعویض شوند.

مواد تشکیل دهنده کربن اکتیو و تولید آن

عنصر شیمیایی کربن را همگی با علامت C می شناسیم. منابع کربنی زیادی برای ساخت کربن اکتیو وجود دارند که بطور نمونه به چند مورد آن اشاره می کنیم: ذغال سنگ (یا تورب) پوست سخت چوبی نارگیل، بادام و فندق و..... ذغال سنگ چوب (قهوه ای رنگ) و قطران، قیر بدست آمده از محصولات نفتی.

تولید کربن اکتیو با یکی از دو روش زیر میسر می باشد:

✓ واکنش فیزیکی: با استفاده از گازها، ماده خام برای ساخت کربن اکتیو، تبدیل به آن می شود. پروسه تبدیل معمولاً در یک مرحله و گاهی از ترکیب دو مرحله با هم صورت می گیرد.

الف) کربنیزه کردن در یک مرحله بوسیله آرگون با نیتروژن

ب) اکتیو و اکسید کردن در دو مرحله دوم

✓ ۲) فعال کردن با روش شیمیایی.

ب: انواع فیلتر های آب (مواد)

۱- فیلتر PP (الیافی، اسپانچ فشرده، پلی استر قابل شستشو)

با بکار بردن این فیلتر، تمام ذرات معلق حل نشده در آب گرفته خواهد شد و باعث شفافیت آب می شود. قدرت جذب این فیلتر بستگی به قطر منافذ آن دارد. (۱ میکرون، ۵ میکرون و ...).

این فیلتر قابلیت جداسازی موارد زیر را دارد:

۱- شن و ذرات ریز

۲- زنگ لوله های قدیمی

۳- خزه و جلبکها

۲- فیلترهای ذغال فعال

با استفاده از این فیلتر ، کلر ، بو ، رنگ و طعم بد آب و همچنین تخم انگل ، جلبکها از آب حذف میگردد. این فیلترها در دو نوع گرانول و بلاک موجود میباشد.

۳- فیلتر کارتریجهای رزینی (تعویض یونی)

۱- رزینهای کاتیونی (فیلترهای سختی گیر) این فیلترها می توانند گچ آب ، کلسیم ، منیزیم و منگنز آب را حذف کنند و آبی بدون سختی را در اختیار ما قرار دهند. قابلیت حذف سختی آب بستگی به رزینی دارد که در کارتریج ها استفاده شده است در استفاده از این فیلترها بعد از اشباع شدن رزینها نیاز به احیاء آنها با نمک میباشد.

۲- رزینهای آنیونی : این فیلترها جهت حذف ترکیبات قلیایی آمورد استفاده قرار میگیرند.

۳- رزینهای Mix Bed: این نوع فیلترها قابلیت حذف کلیه یونهای موجود در آب (Deionized Water) و تولید آب مقطر را دارند.

۴- غشای نیمه تراوا

حذف نمکها ، املاح و مواد مضر ، گچ آب ، فلزات سنگین ، نیترات ، مواد آلی و شیمیایی ، نیتریت ، کلیه میکروارگانسیم ها

نوع و میزان حذف تعدادی از مواد شیمیایی که توسط غشای نیمه تراوا از آب گرفته می شوند ، به شرح زیر است :

سدیم به میزان ۹۷-۹۵ درصد

نیترات به میزان ۹۹-۹۶ درصد

سموم کشاورزی (حشره کش ، آفت کش) بیش از ۹۹ درصد

سیلیکاتها به میزان ۹۹-۹۷ درصد

باکتری و ویروس بیش از ۹۹ درصد

فاضلاب

به میزان ۹۹-۹۷ درصد

۵- صافی شنی

به منظور حذف ذرات معلق و یا ذرات کلونیدی موجود در آب این نوع فیلترها مورد استفاده قرار می گیرد که بستر آنها حاوی شن سیلیس طبقه بندی شده می باشد .

صافی کربنی

جهت حذف طعم و بوی بد آب از این نوع فیلتر ، استفاده می شود . آب از بستر زغال فعال (با خاصیت جذب سطحی بالا) عبور کرده ، عمل حذف عوامل بو و طعم را انجام می دهد

منبع : ویکیپدیا

فصل دهم:

مواد مصرفی در تصفیه آب و رسوب ها

❖ ۱- کلرور فریک (FeCl₃)



کاربرد: در تصفیه آب و فاضلاب و پسابها به عنوان منعقد کننده، در واکنش های شیمیایی بعنوان کاتالیزور، مصرف می شود.

مشخصات فیزیکی		آنالیز شیمیایی	
● شکل ظاهری: محلول شفاف برنگ قهوه ای تیره		FeCl ₃	40 % Min
● دمای جوش: 106 °C, at 30% Soltion		Free HCl	0.2% Max
● نقطه انجماد: -50 °C, at 30%		FeCl ₂	Nil
● وزن مخصوص: 1.4 (40% Solution at 15°C)		Insoluble Materials	0.05 % Max
● قابلیت انحلال در آب: کاملاً محلول		Free Chlorine	Nil

بسته بندی و نحوه ارائه محصول به مشتری: محصول کلرور فریک بصورت فله در مخازن پلی اتیلن عرضه می شود.

❖ ۲- کربن فعال



کربن فعال به گروهی از مواد اطلاق می شود که مساحت سطح داخلی بالا، تخلخل و قابلیت جذب گازها و مایعات شیمیایی را دارند. کربن های فعال به عنوان جاذب های حیاتی در صنایع شناخته شده اند و کاربردهای گسترده ای با توجه به قابلیت جذب گازها و مایعات مزاحم دارند و می توان از آنها برای تصفیه و پاکسازی و حتی بازیافت مواد شیمیایی استفاده نمود. کربن های فعال به دلیل ویژگی های منحصر به فرد و همچنین قیمت پائین در مقایسه با جاذب های غیر آلی مانند زئولیت از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند. کربن های فعال شده به دلیل مساحت گسترده آنها، ساختار منفذی، ظرفیت جذب بالا و قابلیت فعال سازی مجدد سطح، یک ماده منحصر به فرد می باشند. کاربرد مهم و قابل اهمیت آنها در جداسازی بو، رنگ، مزه های غیر دلخواه از آب در عملیات های خانگی و صنعتی، بازیافت حلال، تصفیه هوا به ویژه در رستوران ها، صنایع غذایی و شیمیایی می باشد، همچنین با مواد غیر آلی به عنوان کاتالیست نیز استفاده می شوند. در داروسازی نیز برای مبارزه با یک نوع باکتری خاص مورد استفاده قرار می گیرند و به عنوان جدا کننده اسیدهای آروماتیک از حلال در داخل اسیداستیک نیز می توان از کربن فعال استفاده کرد. کربن های فعال شده محصولات پیچیده ای می باشند و به تبع طبقه بندی بر اساس رفتار، مشخصات سطح و روش آماده سازی آنها مشکل می باشد،

➤ طبقه بندی بر اساس مشخصات فیزیکی آنها انجام شده است.

✓ کربن فعال پودری (دارای اندازه های کمتر از ۱۰۰ ناموتو و میانگین قطری بین ۱۵ تا ۲۵ میکرومتر)

- ✓ کربن فعال گرانولی (دارای اندازه‌های بزرگتر از کربن فعال شده پودری می‌باشد)
- ✓ کربن فعال کروی
- ✓ کربن تزریق شده
- ✓ کربن روکش شده با پلیمرها

استاندارد جذب برای کربن فعال مورد استفاده این است که بتواند تا حدود ۲۰٪ وزنی گاز □□ و یا سیانوژن کلراید جذب نماید. اگر کربن فعال تازه باشد و در معرض رطوبت قرار نگرفته باشد خواهد توانست تا ۴۰٪ وزنی □□ جذب نماید. تعداد زیادی از گازهای سمی را می‌توان با گذراندن از کربن فعال شده از هوا جدا کرد، این خاصیت برای مواد شیمیایی با وزن مولکولی بالا از قبیل مواد شیمیایی □□ مؤثر می‌باشد، گازهای سبک از قبیل کربن یا سیانوژن کلراید را نمی‌توان به راحتی سایر گازها جدا نمود، منواکسید کربن یکی از موادی است که به سختی می‌توان به کمک کربن فعال جذب نمود ولی می‌توان با استفاده از تزریق یکسری از موادشیمیایی به کربن فعال، قابلیت جذب این‌گونه مواد را در کربن فعال ایجاد نمود و قدرت بازدارندگی کربن فعال را بالا برد. موادی که بدین منظور می‌توان استفاده نمود نمک‌های نقره، مس و کرم می‌باشد.

۳- سیلیس SiO₂ این ماده را بعد از منعقد کننده اصلی به آب اضافه میکنند، افزودن سیلیس باعث محکم تر شدن پیوند بین ذرات شده، که به ما این امکان را میدهد که در محدوده وسیع تری، عمل انعقاد را انجام دهیم.

صافی های شنی (sand filter)

صافی های شنی تشکیل شده از یک محفظه فلزی یا فایبرگلاس مقاوم نسبت به فشار آب و دانه های شن، یا همان سیلیس، که در اندازه های مختلف چهارگوش به صورت لایه لایه در آن قرار گرفته است. لایه ها براساس اندازه دانه های شن از شن درشت تا شن ریز از پایین به بالا طبقه بندی می شود. معمولاً در فیلترهای شنی ترتیب دانه بندی لایه ها از پایین به بالا به صورت زیر می باشد:

- سیلیس نمره چهار از قطر ۸ میلی متر تا ۱۲ میلی متر تقریباً به ارتفاع ۵ س
- سیلیس نمره سه از قطر ۴ میلی متر تا ۶ میلی متر تقریباً به ارتفاع ۱۵ س
- سیلیس نمره دو از قطر ۲ میلی متر تا ۴ میلی متر تقریباً به ارتفاع ۵۵ س
- سیلیس نمره یک از قطر ۰.۵ میلی متر تا ۱.۵ میلی متر تقریباً به ارتفاع ۲۵ س

در مجموع، کل ارتفاع تانک تصفیه ۱۵۰ سانتیمتر بوده و با توجه به مطالب فوق کل ارتفاع دانه های سیلیس داخل تانک ۱۰۰ سانتیمتر خواهد شد و ۵۰ سانتیمتر بالای تانک خالی است. این ارتفاع باعث می شود تا در هنگام شستشوی معکوس، دانه سیلیس به خارج تانک منتقل نشود.



❖ ۴-رزین تبادل یونی:



-شیمی رزین ها

مقدمه: پدیده تبادل یون برای اولین بار در سال ۱۸۵۰ و به دنبال مشاهده توانایی خاک‌های زراعی در تعویض برخی از یون‌ها مثل آمونیم با یون کلسیم و منیزیم موجود در ساختمان آنها گزارش شد. در سال ۱۸۷۰ با انجام آزمایش‌های متعددی ثابت شد که بعضی از کانیهای طبیعی بخصوص زئولیت‌ها واجد توانایی انجام تبادل یون هستند. در واقع به رزین‌های معدنی، زئولیت می‌گویند و این مواد یون‌های سختی آور آب (کلسیم و منیزیم) را حذف می‌کردند و به جای آن یون سدیم آزاد می‌کردند از اینرو به زئولیت‌های سدیمی مشهور شدند که استفاده از آن در تصفیه آب مزایای زیاد داشت چون احتیاج به مواد شیمیایی نبود و اثرات جانبی هم نداشتند.



اما زئولیت‌های سدیمی دارای محدودیتهایی بودند. این زئولیتها می‌توانستند فقط سدیم را جایگزین کلسیم و منیزیم محلول در آب نمایند و آنیونهایی از قبیل سولفات، کلراید و سیلیکات‌ها بدون تغییر باقی می‌مانند. واضح است چنین آبی برای صنایع مطلوب نیست. پس از انجام تحقیقات در اواسط دهه ۱۹۳۰ در هلند زئولیت‌هایی ساخته شد که به جای سدیم فعال، هیدروژن فعال داشتند. این زئولیتها که به تعویض کننده‌های کاتیونی هیدروژنی معروف جدید، سیلیس نداشته و علاوه بر این قادرند همزمان هم سختی آب را حذف کنند و هم قلیانیت آب را کاهش دهند برای بهبود تکنولوژی تصفیه آب، گام‌های اساسی در سال ۱۹۴۴ برداشته شد که باعث تولید رزین‌های تعویض آنیونی شد. رزین‌های کاتیونی هیدروژنی تمام کاتیونی آب را حذف می‌کنند و رزین‌های آنیونی تمام آنیون‌های آب را از جمله سیلیس را حذف می‌نمایند، در نتیجه می‌توان با استفاده از هر دو نوع رزین، آب بدون یون تولید کرد. همچنین پژوهشگران دریافتند که سیلیکات آلومینیم موجود در خاک قادر به تعویض یونی می‌باشد. این نتیجه‌گیری با تهیه ژل سیلیکات آلومینیم از ترکیب محلول سولفات آلومینیم و سیلیکات سدیم به اثبات رسید. بنابراین اولین رزین مصنوعی که ساخته شد سیلیکات آلومینیم بود. و امروزه اکثر رزین‌های تعویض یونی که در تصفیه آب بکار می‌روند رزین‌های سنتزی هستند که با پلیمریزاسیون ترکیبات آلی حاصل شده‌اند.

شیمی رزین‌ها

رزین‌های موازنه کننده یون، ذرات جامدی هستند که می‌توانند یون‌های نامطلوب در محلول را با همان مقدار اکی والان از یون مطلوب با بار الکتریکی مشابه جایگزین کنند. رزین‌های تعویض یونی شامل بار مثبت کاتیونی و بار منفی آنیونی می‌باشد بگونه‌ای که از نظر الکتریکی خنثی هستند. موازنه کننده‌ها با محلول‌های الکترولیت این تفاوت را دارند که فقط یکی از دو یون، متحرک و قابل تعویض است به عنوان مثال، یک تعویض کننده کاتیونی سولفونیک دارای نقاط آنیونی غیر متحرکی است که شامل رادیکال‌های آنیونی SO_4^{2-} می‌باشد که کاتیون متحرکی مثل H^+ یا Na^+ به آن هستند. این کاتیون‌های متحرک می‌توانند در یک واکنش تعویض یونی شرکت کنند به همین صورت یک تعویض کننده آنیونی دارای نقاط کاتیونی غیر متحرکی است که آنیون‌های متحرکی مثل Cl^- یا OH^- به آن متصل می‌باشد. در اثر تعویض یون، کاتیون‌ها یا آنیون‌های موجود در محلول با کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در رزین تعویض می‌شود، بگونه‌ای که هم محلول و هم رزین از نظر الکتریکی خنثی باقی می‌ماند. در اینجا با تعادل جامد مایع سروکار داریم بدون آنکه جامد در محلول حل شود. برای آنکه یک تعویض کننده یونی جامد مفید باشد باید دارای شرایط زیر باشد:

- ✓ خود دارای یون باشد.
- ✓ در آب غیر محلول باشد.
- ✓ فضای کافی در شبکه تعویض یونی داشته باشد، بطوریکه یونها بتوانند به سهولت در شبکه جامد رزین وارد و یا از آن خارج شوند.

در مورد رزین‌های کاتیونی هر دانه رزین با آنیون غیر متحرک و یون متحرک H^+ را می‌توان همچون یک قطره اسید سولفوریک با غلظت ۲۵٪ فرض نمود. این قطره در غشایی قرار دارد که فقط کاتیون می‌تواند از آن عبور نماید.

❖ طبقه بندی رزین‌ها

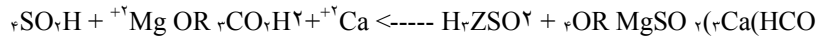
رزین‌ها بر حسب گروه عامل تعویض متصل به پایه پلیمری رزین به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

- رزین‌های کاتیونی قوی ((Cation SAC) Strongacidis)
- رزین‌های کاتیونی ضعیف ((Cation WAC) Weak acidis)
- رزین‌های آنیونی قوی ((SBA) Strongbasic anion)

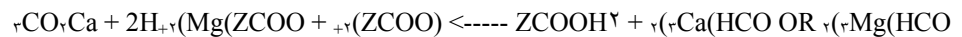
▪ رزین‌های آمونیونی ضعیف (Weak basic (anion WBA))

بطور کلی رزین‌های نوع قوی در یک محدوده وسیع PH و رزین‌های نوع ضعیف در یک محدوده کوچک از PH مناسب هستند. ولیکن با استفاده از رزین‌های نوع ضعیف، صرفه جویی قابل توجهی در مصرف مواد شیمیایی مورد نیاز برای احیا رزین را باعث می‌شود. رزین‌های کاتیونی قوی قادر به جذب کلیه کاتیونهای موجود در آب می‌باشد ولی نوع ضعیف قادر به جذب کاتیونهای هستند که به قلیائست آب مرتبط است و محصول سیستم اسید کربنیک است.

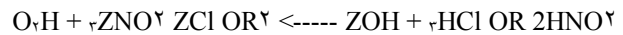
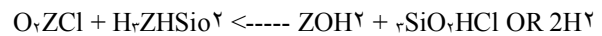
نوع قوی



نوع ضعیف



مزیت رزین‌های کاتیونی ضعیف بازدهی بالای آنها در مقایسه با رزینهای کاتیونی قوی می‌باشد، در نتیجه باعث تولید پساب کمتر در احیا مکرر می‌گردد. اصولاً زمانی که هدف جداسازی کلیه کاتیونهای آب است بکارگیری توام رزین کاتیونی قوی و ضعیف اقتصادی تر از بکارگیری رزینهای کاتیونی قوی می‌باشد. رزین‌های آنیونی قوی قادر به جذب کلیه آنیونهای موجود در آب بوده ولسی رزین‌های آنیونی قادر به جذب آنیون اسیدهای قوی نظیر اسید سولفوریک، کلریدریک و نیتریک می‌باشد. رزین‌های آنیونی ضعیف مقاومتر از رزینهای آنیونی قوی بوده و به همین جهت در سیستم‌های تصفیه آب، رزین‌های آنیونی قوی در پایین دست رزینهای آنیونی ضعیف قرار می‌گیرند.



➤ برخی از کاربردهای رزین‌ها

رزین‌های کاتیونی سدیمی نه تنها کاتیون‌های سختی آور آب بلکه همه یون‌های فلزی را با سدیم تعویض می‌کنند. برای احیا این نوع رزین‌های کافی است که رزین را با آب نمک شست و شو دهیم تا رزین به فرم اولیه خود برگردد. با رزین‌های کاتیونی چه نوع هیدروژنی و چه نوع سدیمی می‌توان آهن و منگنز را چون بقیه کاتیونها حذف کرد اما به علت امکان آلوده شدن رزین‌ها معمولاً مشکلاتی داشته و باید نکاتی را رعایت کرد. اولاً باید دقت کرد که قبل از حذف یون آهن توسط رزین هیچ هوایی با آب در تماس قرار نگیرد چون در اثر مجاورت با هوا، آهن و منگنز محلول در آب اکسیده شده غیر محلول در می‌آیند و در نتیجه روی نرات رزین رسوب کرده و باعث آلوده شدن رزین می‌گردد. با استفاده از رزین‌های تبادل یونی می‌توان لیزین را که جز اسید آمینه ضروری مورد نیاز رژیم غذایی خوگها، ماکریان و سایر گونه‌های حیوانی می‌باشد، را تخلیص کرد. دلیل اهمیت تخلیص این اسید آمینه، نزدیکتر شدن رژیم غذایی حیوانات به نیازمندیهای آنها در مصرف مواد خام و ... است با توجه به اینکه مقدار لیزین در دانه‌ها، بخصوص غلات ناچیز می‌باشد.

- ✓ حذف سیلیکا از آبهای صنعتی با استفاده از رزین‌های آنیونی قوی
- ✓ حذف آمونیاک از هوا بوسیله زئولیت‌های طبیعی اصلاح شده (کلینوتپولیت)
- ✓

❖ ۵- کلر مایع (Cl₂)

کاربرد: به عنوان ضد عفونی کننده عامل اکسیداسیون در صنعت آب و فاضلاب، رنگ بری و تصفیه آب فاضلاب تولید مواد پلاستیکی و دفع آفات نباتی و پلیماها، ضمناً در فرایند ساخت بالغ بر بیش از ۳۰۰۰۰ ماده شیمیایی کاربرد دارد. روش تهیه: بعنوان محصول واکنش آندی در فرایند الکترولیز سدیم کلراید (NaCl) بدست می‌آید. کلر مایع در کیپسول‌های مخصوص ۵۰ و ۸۰۰ کیلوگی تحت فشار ۷ اتمسفر عرضه می‌شود. گاز کلر:

با از بین بردن مواد آلی موجود در آب (که یک عامل ممانعت کننده انعقاد است) به عمل انعقاد کمک می‌کند

مشخصات فیزیکی

- **شکل ظاهری:** مایع برنگ سبز
- **دمای جوش:** -34°C
- **نقطه انجماد:** -101°C
- **وزن مخصوص:** 1.4 (at 20°C & 6.86 atm)
- **قابلیت انحلال در آب:** حلالت کم

آنالیز شیمیایی

Cl ₂	99.6% Min
O ₂	Trace
N ₂	Trace
Moistur	100 ppm Max

گاز کلر: از بین بردن مواد آلی موجود در آب (که یک عامل ممانعت کننده انعقاد است) به عمل انعقاد کمک می کند.

❖ ۶- آب ژاول

کاربرد، ضد عفونی آب استخرها، در طب بعنوان ضد قارچ و ضد میکروب بکار می رود. آب ژاول بصورت فله در مخازن پلی اتیلن عرضه می شود.

مشخصات فیزیکی

- **شکل ظاهری:** محلول شفاف برنگ زرد متمایل به سبز
- **دمای جوش:** Decompose
- **وزن مخصوص:** 1.21 (12% NaOCl)
- **قابلیت انحلال در آب:** کاملاً محلول

آنالیز شیمیایی

Active Chlorine	150 gr/lit Min
NaOH	1.2% Max

❖ ۵- پودر پرکلرین Ca(OCl)_2

❖ کاربرد: ضد باکتری (ضد بو)، تصفیه آبهای آشامیدنی گند زدایی و ضد عفونی کننده آب استخرها، ضد قارچ، معرف سفید کننده (کاغذ، منسوجات و...)

❖



مشخصات فیزیکی

- **شکل ظاهری:** گرانول سفید رنگ
- **دمای تجزیه:** 100°C
- **وزن مخصوص:** 2.35 (at 4°C)
- **قابلیت انحلال در آب:** محلول در آب است.

آنالیز شیمیایی

Ca(OCl) ₂	65% Min
Ca(OH) ₂	4% Max
CaCl ₂	2% Max
CaCO ₃	3% Max
NaCl	20% Max
Moisture	6% Max

روش تهیه : به وسیله واکنش کلر با شیر آهک در مجاورت سدیم هیدروکسید در طی یک فرایند چند مرحله ای ، دوغاب پرکلرین تهیه می شود که متعاقبا با فیلتراسیون و خشک نمودن ، گرانول های پرکلرین بدست می آید. بسته بندی و نحوه ارائه محصول به مشتری : محصول نهایی بصورت گرانول بوده و در بشکه های پلاستیکی ۴۰ ، ۴۵ و ۵۰ کیلو گرمی عرضه میگردد.

❖ ۷- پلی الکترولیت



ملکولهای بسیار بزرگی هستند که وقتی در آب حل میشوند، یونهایی با بار الکتریکی زیاد تولید می کنند. این دسته از کمک منعقد کننده ها با توجه به خواص پلیمری و الکترولیتی خود میتوانند اندازه لخته ها را درشتتر نمایند. آنها خود به سه دسته ، کاتیونی ، آنیونی و غیر یونی تقسیم میشوند.

آنها خود به سه دسته ، کاتیونی ، آنیونی و غیر یونی تقسیم میشوند.

❖ ۸- پلی آلومینیم کلراید

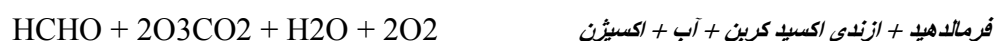


❖ ۹- ازن یکی از قویترین مواد گند زدا و بو بر طبیعی است که به دانش بشر شناسانده شده است ازن یکی از قویترین اکسیدکنندهها در جهان بشمار میرود که میتواند باکتریها ، قارچها و مخمرها را ۳۰۲۵ مرتبه سریع تر از کلرین غیر فعال کند و نیز ۵۰% قوی تر از آن عمل نماید و هیچگونه عوارض جانبی نیز ندارد . امروزه در دنیا از ازن تراپی برای تمیز کردن خون و لطف جلوگیری از ضربان نامنظم

جدول مقایسه اکسید کنندگی ازن ، با سایر اکسید کننده ها

Oxidizing Agent	Electrochemical Oxidation Potential	EOP v Chlorine
Fluorine	3.06	2.25
Hydroxyl radical	2.80	2.05
Oxygen(atomic)	2.42	1.78
OZONE	2.08	1.52
Hydrogen peroxide	1.78	1.30
Hypochlorite	1.49	1.10
chlorine	1.36	1.00
Chlorine dioxide	1.27	0.93
Oxygen(molecular)	1.23	0.90

برای مثال فرمالدهید ، که در تخته سه لا ، کابینت ، مبلمان ، دود سیگار ، پتوهای نو ، پردهای نو ، کاغذ دیواری ، قابها و ذرات چوب یافت میشود بصورت زیر با ازن واکنش میدهد :



نکته: از بین ترکیبات شیمیایی فوق مواد دیگری نیز برای گندزدایی آب مثل ، هیپوکلریت سدیم ، ، برم ، ید ، پرمنگنات پتاسیم ، ازن و آب اکسیژنه می توان اشاره کرد

➤ استفاده از گاز ازن برای تصفیه آب

استفاده از گاز ازن یکی از روشهای نوین در صنعت تصفیه آب می باشد. در این روش گاز ازن که یک اکسید کننده قوی است ، پس از تزریق به آب کلیه آلودگیهای آن را از بین برده و خود تبدیل به اکسیژن می گردد . بدین ترتیب ضمن تصفیه کامل آب در این روش ، اکسیژن آزاد شده نیز فضای مفرح و نشاط آور مضاعفی را در آب و محیط استخر برای شناگر ایجاد می نماید

مقایسه کلر با ازن

ازن	کلر	
۲۱۲۵ بار سریعتر	1	سرعت نابریگذاری نسبت به کلر
۵۰% فوبتر	۱	قدرت نابریگذاری نسبت به کلر
دارد	ندارد	تاثیر روی برونوروا به خصوص امیب
دارد (فضای مفرح و نشاط آور)	ندارد (به علت تصاعد گاز کلر)	هواک مطبوع محوطه
ندارد	دارد	تاراجیبهای تنفسی
ندارد	دارد	سوزش چشم
ندارد	دارد	خارش پوست
ندارد	دارد	ریزش مو
دارد	ندارد	ایجاد شفافیت مضاعف
ندارد	دارد	ایجاد رسوبات روی کاشی های کف استخر و تجهیزات
ندارد	دارد	تغییر PH
ندارد	دارد	*کاهش تاثیر توسط آمونیاک
بسیار کم	بسیار زیاد	خورندگی تاسیسات
بسیار آسان	دسوار	بهره برداری و نگهداری

۱۰- اسید کلریدریک (جوهر نمک) به فرمول (HCl)

کاربرد : برداشتن رسوب بویلرها کاهش سنگ معدن ها ، تمیز کاری فلزات بکار می رود. بصورت محلول در آب (حدود ۱۰% وزنی) در تهیه جوهر نمک (پتک کننده و از بین برنده جرم سرامیک و...) استفاده می شود. محصول اسید کلریدریک بصورت قله در مخازن پلی اتیلن عرضه می شود.

مشخصات فیزیکی
● شکل ظاهری : محلول شفاف، بی رنگ
● دمای جوش: 108 °C
● نقطه انجماد: -46.2°C, at 31.2%
● وزن مخصوص: 1.15 (30% Solution at 20°C)
● قابلیت انحلال در آب: کاملاً محلول

آنالیز شیمیایی	
HCl	30% Min
Free Chlorine	Nil
Fe	2 ppm Max
Heavy Metals	Nil

۱۱- شامل انتی اسکالانت

۱۲- انتی فوم

۱۳- مواد ضد خوردگی

۱۴- مواد ضد رسوب (افزودنی بویلر ها ، مبدلهای حرارتی ، برج خنک کننده ، اسمز معکوس (RO))

جرم گیر و رسوب زدای شیمیایی F.Z.C

امروزه در صنایع مختلف بخصوص صنعت تاسیسات و تجهیزات سرمایشی و گرمایشی از آب به عنوان يك سیال ایده آل استفاده می شود. مهندسین طراحی فرآیند توسط خطوط لوله، آب را به سیستم های مختلف رسانده و با محاسبات دقیق در اصول انتقال حرارت گرمای ایجاد شده از سیستم را توسط جریان آب خنک جذب و از سیستم خارج می نمایند که باعث کاهش دما در واحد مورد نظر می گردد. (مانند ایزوربر و کندانسور چیلرهاج). در برخی دیگر از تجهیزات صنعتی بر عکس شرایط قبل گرمایش مناسب توسط جریان آب جبران می گردد به عبارتی آب گرم و بخار آب توسط خطوط لوله در سیستم مورد نظر گردش نموده و

گرمای مورد نیاز را به سیستم انتقال می دهد (مانند ژنراتورها) و بطور کلی در بیشتر صنایع، جذب و یا دفع گرمای یک سیستم توسط آب صورت می پذیرد. در واحد های مختلف صنعتی به دلیل حجم زیاد مورد نیاز از لحاظ اقتصادی تهیه آب خالص غیر ممکن می باشد بدین منظور عمدتاً از آب چاه استفاده می گردد. آب در فرآیند طبیعی خود به دلیل عبور از منابع زیر زمینی حاوی ترکیبات مختلف معدنی و شیمیایی می باشد که گاهی بعضی از این ترکیبات در سیستم های صنعتی ایجاد معضلاتی همچون خوردگی و رسوب می کنند. از جمله این ترکیبات می توان به کربنات و بی کربنات اشاره کرد. که از عوامل اصلی تشکیل رسوب می باشد. مهندسیین روش هایی را جهت ممانعت از تشکیل رسوبات طراحی و اجرایی نموده اند که به روش های سختی گیری معروفند مانند سختی گیری های رزینی که با سنگ نمک احیاء می شوند و یا سختگیر های الکترونیکی که با ایجاد محیط مغناطیسی از ایجاد رسوب تا اندازه ای جلوگیری می کنند اما به دلیل نسبی بودن این روشها همچنان شاهد تشکیل رسوب در برج های خنک کننده، ابزوربر ها، دیگ های بخار - و اواپراتورها - پرس ها - ژنراتورها - نقطه جوش ها - سیستم های بخار آب - چیلر ها - مبدل های حرارتی و ماشین آلات صنعتی آب خنک - پمپ ها و دیگر واحد های سرمایشی و گرمایشی هستیم. مطالعه بر روی ساختار رسوبات نشان می دهد که عموماً غیر رسا بوده و همانند عایق عمل می نمایند که نهایتاً باعث افت راندمان دمایی و یا کاهش انتقال حرارت می شوند. به علاوه هدر رفتن انرژی را نیز در پی دارد. برای مثال رسوب کربنات کلسیم به ضخامت ۰/۵ میلیمتر باعث افت راندمان به میزان ۱۲٪ می گردد. رسوبات سیلیسرات به ضخامت ۰/۲ میلیمتر نیز اثر مشابهی دارند.

امروزه روش های شیمیایی، کارآمدترین روش های رسوب زدایی و جرم گیری محسوب می شوند و عموماً از ترکیباتی که ساختار اسیدی دارند استفاده می شود. بیشتر اسید ها به عنوان تجزیه گرهای قوی می توانند ترکیبات و پیوند های بین مولکولی رسوبات را جداسازی نموده و آنها را در خود حل نمایند. اما نکته قابل ملاحظه آن است که این اسید های قوی بعد از تجزیه رسوبات شروع به تجزیه فلزات نموده و معضل خوردگی فلزی را پدیدار می سازند به این ترتیب انتخاب یک اسید به تنهایی جهت رسوب زدایی به هیچ وجه کار منطقی و درستی نمی باشد فلذا استفاده از وجود ترکیبات و مواد نگه دارنده (INHIBITOR) در ترکیبات اسیدی لازم و ضروری می باشد. دیسکلر از جمله مواد رسوب زدا است که از اسید کلرید ریک ساخته می شود و به دلیل قدرت اسیدی آن بعد از فرآیند رسوب زدایی و جرم گیری در بسیاری از صنایع بعد گذشت چند فصل کاری خوردگی فلزی را ایجاد میکند که بر ایند آن استهلاک و پرداخت هزینه های سنگین توسط صاحبین پروژه ها به جهت تعویض قطعات می شود. و علت آن این است که به دلیل ساختار تجزیه گری قوی که اسید کلرید ریک دارد هیچ بازدارنده ای تحمل پایداری در آن را ندارد و بلافاصله بعد از ترکیب این اسید با هر نوع بازدارنده و نگهدارنده ای آن را تجزیه و تبدیل به مواد دیگر می نماید و بدین صورت نمی توان این ترکیب دارای بازدارنده باشد برای مثال مقداری از دیسکلر را در ظرفی فلزی قرار دهید بعد از گذشت مدت کوتاهی شاهد خوردگی و تأثیرات ناشی از تجزیه آن قرار خواهید گرفت. مهندسیین گروه شیمیایی کیمیاگران این معضل بزرگ صنعتی کشور را به عنوان یک پروژه تحقیقاتی تنظیم و تیم مربوطه را جهت آزمایشات و پیگیری های علمی تشکیل و فعالیت ها و تحقیقات خود را آغاز نمودند. گروه تحقیقاتی بعد از سه سال کار مداوم توسط مهندسیین و کارشنایان شیمی به نتایج زیر رسیدند:

* اسید های قوی که به کار گرفته می شوند هیچ یک از بازدارنده ها و نگهدارنده های معدنی قوی را نگه نمی دارند نتیجه: به هیچ وجه استفاده از اسید های مثل کلرید ریک و سولفوریک جهت رسوب زدایی منطقی نمی باشند.

* تنها راه اینکه نگهدارنده ها و بازدارنده های خوردگی کارآمد و ماندگاری داشته باشند استفاده از اسید های ضعیف می باشد.

* اسیدی ساخته شود که بتواند بین پیوندهای مولکولی رسوبات نفوذ کرده و اجرام را تجزیه و در خود حل نماید.

* جهت ساختن یک ماده رسوب زدا و جرم گیر با استفاده از یک اسید ضعیف از یک یا چند کاتالیزور مناسب جهت افزایش دادن قدرت اسیدی و همچنین سرعت بخشیدن فرآیند رسوب زدایی انتخاب و در نظر گرفته شود.

* به غیر از بازدارنده ها و نگهدارنده ها نیاز به مواد دیگری که رویان کننده باشند ضرورت دارد. (به منظور جلوگیری از خوردگی)

* گاز های حاصل از فرآیند رسوب زدایی (ترکیب اسید با رسوب) بسیار بد بو و زیان آور برای دستگاه تنفسی می باشند بدین منظور در ترکیب ساخته شده می بایست افزودنی ها بی باشند که گاز های حاصله را جذب و برای مجریان کار ایمنی کامل را حاصل نماید.

* در صورت امکان محصول مورد نظر به صورت جامد ساخته شود تا حمل و نقل آن به سهولت انجام پذیرد و از هزینه کردن ظروف جهت حمل و نگهداری مواد جلوگیری به عمل آید. (البته این پودر جامد برای استفاده با آب معمولی حل شود و قابل استفاده قرار گیرد)

* جرای فرآیند رسوب زدایی توسط کاربران و مجریان طرح، آسان و رضایت بخش باشد.

* قیمت تمام شده محصول با توجه به تهیه انواع بازدارنده ها و نگهدارنده ها و اسیدها و روئین کننده ها و جاذب ها ارزان و مناسب باشد.

بالاخره بعد از سه سال کار تحقیقاتی و آز مایشات گسترده محصول F.Z.C به شکل پودر و دارای کلیه خصوصیات تاکید شده ساخته و آماده ارائه به صنعت کشور گردید. این محصول به عنوان تنها ماده رسوب زدا و جرم گیر در ایران می باشد که تحت نظارت کارشناسان مربوطه تأیید و به عنوان اختراع ثبت گردیده است.

بررسی ویژگیهای پودر F.Z.C :

- از نظر ماهیت شیمیایی : به دلیل وجود بازدارنده ها ، خوردگی در حین انجام فرآیند رسوب زدایی بوجود نمی آید.
- از نظر اقتصادی : به دلیل اقتصادی ارزانتر از مواد مشابه در بازار می باشد به طور مثال هزینه تهیه ۱۰۰ لیتر محلول مایع شده F.Z.C معادل هزینه ۷۵ لیتر محلول دیسکلر می باشد به عبارت دیگر %25 F.Z.C ارزانتر از دیسکلر تهیه می شود. نکته دیگر آنکه به دلیل جامد و پودری بودن F.Z.C حمل و نقل آن آسان تر و ارزانتر می گردد چرا که پودرذ فوق در زمان استفاده با آب محلول سازی و حجیم می شود.
- از نظر کاربری : بعد از فرآیند رسوب زدایی نیاز به خنثی سازی محیط و قلیایی کردن آن نمی باشد و محیط کار با آب معمولی شستشو می شود و می توان آن را از داخل منبع انبساط و یا کف برج خنک کننده به آب مجموعه اضافه نمود و در يك زمان کلیه خطوط لوله و برج خنک کننده و تجهیزات دیگر را که آب در آنها به گردش در می آید رسوب زدایی و جرم گیری نمود. (در تجهیزات دیگر صنعتی نیز می توان به اینگونه عمل کرد)

مشخصات فیزیکی: ماده F. Z. C به حالت جامد ، پودری ، دارای بلورهای رنگی و با جرم حجمی 1.15 gr/cm^3 می باشد و بطور کامل در آب حل و یونیزه می شود.

موارد مصرف: محلول آبی F.Z.C برای جرم گیری کندانسور ها، مبدل های حرارتی، اوابراتور ها، دیگهای بخار ، پمپ ها، برج های خنک کننده ، رادیاتور های آلومینیومی، مسی و برنجی ، ماشین های سبک و سنگین و بطور کلی رسوب زدایی سطوح فلزات آهن، مس، آلومینیوم، برنج، چدن، و استیل و انواع پلیمرها توصیه می شود.

طریقه ساخت محلول آبی از ماده F.Z.C جهت رسوب زدایی و جرم گیری :

جهت محلول سازی ماده فوق به نسبت هر کیلوگرم پودر در ۱۵ لیتر آب معمولی گرم (حدود ۶۰ الی ۵۰ درجه سانتیگراد) اضافه نمود و آن را حل کنید سپس با حدود همین دما محلول ساخته شده را در تماس رسوب جریان داده و شاهد رسوب زدایی آن شوید لازم به ذکر است به جهت گرمازا بودن واکنش بین محلول اسیدی با رسوبات موجود گرمای لازم تثبیت می گردد و نیاز به گرم نمودن مجدد آن نمی باشد و نکته قابل ملاحظه آنکه زمان انجام کار رسوب زدایی با دما نسبت عکس دارد یعنی هر چه دمایی محلول بیشتر باشد زمان لازم جهت رسوب زدایی کمتر می شود و در مدت زمان کمتری رسوبات از بین می روند البته در بعضی از تجهیزات که ساختار غیر فلزی دارند مانده پکینگ های برج خنک کننده که پلیمری هستند دمایی محلول را تا ۴۵ درجه کاهش داده و زمان کار را یک ساعت افزایش دهید تا پکینگ ها دفورمه نشوند و شکل اصلی آنها بر اثر گرمای زیاد تغییر پیدا نکند. توجه به این نکته نیز لازم است که حرکت و جریان محلول توسط پمپ در سیستم ها باعث تسریع در فرآیند رسوب زدایی می گردد.

ویژگی های ساختاری : آب معمولی دارای املاح کلسیم و منیزیم می باشد. این املاح عامل اصلی تشکیل رسوب در دیگ های بخار ، مبدل های حرارتی ، برج های خنک کننده و سیستم های سرد کننده می باشند. استفاده از این آب جهت تهیه محلول F. Z. C باعث افت کیفیت محلول ساخته شده می گردد. لذا جهت تهیه محلول با کیفیت بالاتر در ترکیبات پودر F.Z.C از مواد مخصوصی استفاده شده است که باعث مرتفع شدن این مشکل می گردد. به علاوه نوع ترکیبات به کار رفته در ساختار پودر F. Z. C امکان تهیه پودر با غلظت های اسیدیته کاملاً مشخص و متناسب با نوع کاربرد را فراهم می نماید.

مزایای رسوب زدای F. Z. C :

- ✓ پودر معرفی شده با ترکیبات ویژه خود قادر به شکستن پیوندهای بین مولکولی انواع رسوبات سخت می باشد.
- ✓ در آهن – برنج – مس - آلومینیوم و چدن و استیل ایجاد خوردگی نمی کند.
- ✓ پس از پایان عمل رسوب زدایی نیازی به استفاده از مکمل های قلیایی نبوده و تجهیزات فقط با آب معمولی شستشو داده می شوند.
- ✓ به دلیل شکل فیزیکی (پودر) ، نگهداری و حمل و نقل آن به سهولت انجام می گیرد و بدون بو و اثر مخرب در محیط زیست می باشد.
- ✓ در حین انجام کار ایجاد مسمومیت نمی کند .
- ✓ بسته به کاربرد و نیاز مشتری ، امکان تهیه پودر F. Z. C در غلظت های مختلف وجود دارد. (ج)
- ✓ به دلیل کیفیت بالاتر ، میزان مصرف رسوب زدای F. Z. C نسبت به رسوب زداهای دیگر کمتر است.
- ✓ تهیه ماده فوق نسبت به مواد مشابه مانده دیسکلر ، اقتصادی تر می باشد.

کاربرد سختی گیری پودر F . Z . C :

بعد از فرآیند اسید شویی ، رسوب زدایی و یا حتی در سیستم هایی که هدف، پیشگیری از ایجاد رسوب و جرم و املاح نمکی می باشد مقدار مصرف این ماده در فواصل زمانی مشخص برای هر سیستم، مجزا کارشناسی و تجویز می گردد که ، استفاده از آن باعث جلوگیری از ایجاد رسوب و سختی زدایی در سیستم ها شده و از استهلاک و صرف زمان و هزینه جهت رسوب زدایی سالیانه نیز جلوگیری می نماید.

روش نگهداری و موارد ایمنی:

- ✓ در موقع استفاده از محلول از عینک و دستکش ایمنی استفاده نموده و در صورت تماس با پوست یا چشم موضع را با آب سرد فراوان شستشو دهید.
 - ✓ از استنشاق پودر F . Z . C اجتناب گردد.
 - ✓ در جای خشک و دور از تابش مستقیم آفتاب و در دمای ۵ – ۴۵ درجه سانتیگراد نگهداری شود. با رعایت ملاحظات فوق الذکر پودر F . Z . C خواص خود را به مدت طولانی حفظ می نماید.
- ۱۵- اسیدهای ضد رسوب مخصوص آهن ، مس ، آلومینیم و سطوح گالوانیزه**

لیست موادشیمیایی

ردیف نام محصول کد محصولخواص و کاربردمقدار مصرف

- 1- انتی اسکالانت و ضدخزه ZRS-34 مخصوص** استفاده در دستگاههای آب شیرین کنترکیبات این محلول باعث کاهش خوردگی و پوسیدگی و زنگ زدگی داخلی و کاهش اکسیژن و کف داخل بویلر میگردد . ۲۰-۴۰ ppm
- 2- محلول ضد رسوب و خوردگی ZRS-33** این محلول با غلظت کم مصرف شده و حاوی خواص ضد خوردگی و ضد تشکیل رسوب در برج های خنک کن و ایرواشر ها می باشد. ۳۰ ppm
- 3- پودر ضد رسوب ZRS-32** این پودر حاوی مواد ضد رسوب و خوردگی مخصوص برج های خنک کننده و کندانسور چیلر جهت جلوگیری از تشکیل رسوب می باشد. ۳۰ ppm
- 4- محلول ضد خزه بزج BZ-11** این محلول باعث جلوگیری از تشکیل جلبک ، خزه و رشد باکتری در آب برج خنک کن و ایرواشر و کندانسور تبخیری می گردد. ۱۰ ppm

منابع:

۲. اصول تصفیه آب تألیف دکتر محمد چالکش امیری

۳. روشهای پیشرفته در صنعت تصفیه آب تألیف مهندس محمد کرمانی

فصل یازدهم

مواد آب بندی

۱- آب بندی با استفاده از مولد لزج کننده (خمیر) :

قبل از اینکه لوله های جدید شده به یکدیگر وصل شوند لازم است محل جدید شده با ماده لزج کننده آغشته شود. ترکیبات گرافیت یا روغنهای غلیظی که برای آب بندی اتصالات لوله به کار می روند مواد اختصاصی بوده که دارای گرافیت نرم به حالت معلق یا مخلوط با روغنهای لزج و سایر مواد می باشد. این ماده فقط روی قسمت جدید شده لوله زده می شود که باعث لزج شده - حفاظت و جز بهتر اتصال می گردد. این ماده مانع از اکسید شدن قسمت جدید شده که پوشش گالوانیزه آن در اثر دنده شدن از بین رفته است می شود و نشست آب را از محل اتصال غیر ممکن می سازد.

سرب قرمز - سرب سفید یا هر دو آنها مانند ترکیبات گرافیکی مخلوط با روغن یا گریس می توانند به عنوان یک ترکیب لزج کننده محافظ و جزم کننده برای پیوندهای دنده ای مصرف شوند.

نکته : مقدار لزج کننده نباید به اندازه ای باشد که باعث مسدود شدن یا کاهش قطر داخلی لوله گردد.

➤ ۲- آب بندی با استفاده از خمیر و کف :

در بیشتر موارد برای پیوند آب بندی از الیاف کف و خمیر استفاده می شود. روش کار به این ترتیب است که ابتدا خمیر لوله کشی به مقدار مناسب با طول و عمق قسمت جدید شده روی آن مالیده می شود و سپس الیاف متناسب با عمق و طول محل پیچش و با ضخامت یکنواخت انتخاب و جهتی که پیچش وصاله بر روی دنده موجب سفت شدن و فرو رفتن بیشتر کف در شیار دنده ها گردد پیچانده و با ایجاد گره ساده و یکنواخت در انتهای قسمت دنده شده مجدداً یک لایه خمیر بر روی آن مالیده می شود.

الیاف کف هیچ گونه محافظتی از لوله و وصاله نکرده و فقط با پر کردن کامل فضای خالی بین دنده ها آب بندی نسبتاً رضایتبخشی را فراهم می کند.

➤ ۳- آب بندی با استفاده از نوار تفلون :

نوارهای تفلون عموماً به صورت قرقره ای و با یک در پوش محافظ تولید می شوند. از نوارهای تفلون به علت گران بودن بیشتر در لوله کشی با قطرهای کم، لوله کشی روکار، اتصال شیر آلات و لوله های کرومی استفاده می شود.

ویژگی نوارهای تفلون :

- ۱- پر کردن یکنواخت فضای خالی بین دنده ها.
- ۲- پوشش سطح جدید شده.
- ۳- حفاظت نسبی لوله.
- ۴- تمیزی روی کار.

نکته : نوار و کف را همواره بایستی در جهت پیچ دنده ها مطابق حرکت عقربه های ساعت پیچید.

۴-آبندی اتصالات با واشر

درزبند یا واشر: درزگیر وسیله‌ای مکانیکی است که برای پر کردن فضای میان دو جسم برای جلوگیری از نشت بکار می‌رود. درزبندها را معمولاً از راه برش دادن در صفحه‌های لاستیکی، فلزی، نمدی، مقوایی، فایبرگلاسی، سیلیکونی یا بسیاری می‌سازند. درزبندهای مربوط به کاربردهای ویژه ممکن است حاوی آزیست هم باشند

انواع واشر

۴-۱-واشر صفحه ای

ارزانترین و پر مصرفترین نوع واشر می‌باشد که تشکیل شده از صفحه‌ای از جنس معمولاً آزیست یا فیبر یا جنس‌های مشابه که به شکل و اندازه مناسب بریده شده و بین دو سطح مورد درزبندی قرار می‌گیرد.

۴-۲-واشرهای جامد

واشری مشابه واشرهای صفحه‌ای است که دارای کیفیت و مرغوبیت بیشتری می‌باشد. آب بندی بین دو فلنج توسط واشر ، لای (Gasket) که در بین آنها قرار داده می‌شود انجام می‌گیرد



۴-۳-واشر با حلقه فلزی Spiral Wound



این نوع واشر پر مصرفترین نوع واشر در صنعت می‌باشد. نوعی واشر می‌باشد که با استفاده از حلقه‌های فلزی ساخته شده‌است که ما بین آن‌ها با مواد پر کن مانند گرافیت پر می‌شود. جنس حلقه‌های فلزی بستگی به نوع ماده‌ای که درزبندی می‌شود دارد.

۴-۴-واشر سیلیکونی نواری

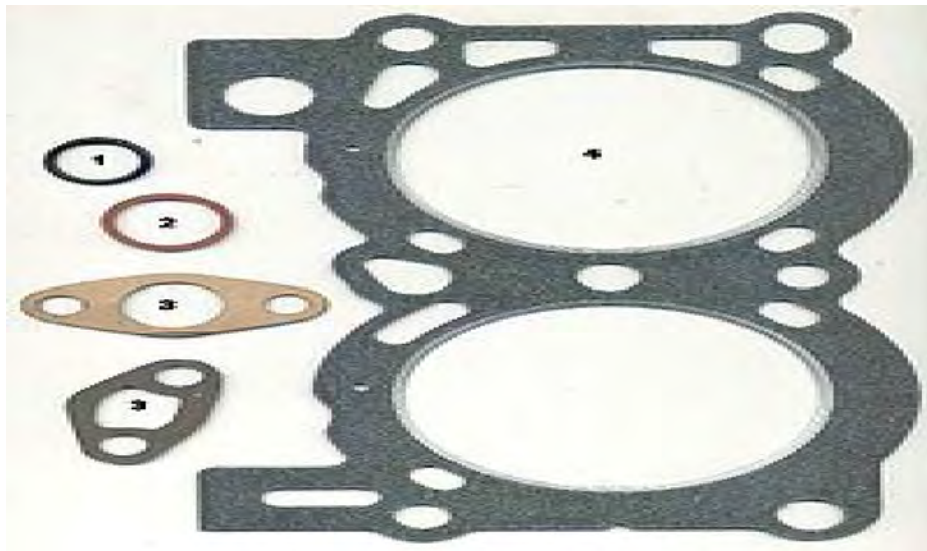


از این نوع واشر در تابه‌های دو طرفه برای پخت غذای بدون آب و روغن به نام چفل ساخت کشور کره جنوبی استفاده شده است که اولین اختراع در نوع خود محسوب می‌گردد.

۴-۵- واشر سرسی‌لندر

برای جلوگیری از اختلاط آب و روغن در موتور به کار می‌رود.

واشر حلقه یا صفحه ای از جنس لاستیک



۵- کاسه‌نمد



پرش به: ناوبری، جستجو کاسه‌نمد نوعی درزگیر می‌باشد که برای درزبندی شفت دوار و پوسته حاوی سیال استفاده می‌گردد تا از نشست سیال به بیرون از پوسته جلوگیری نماید. هر یک از واشرهای لاستیکی گردد در اندازه‌های مختلف که در موتور برای پیشگیری از نفوذ روغن به بیرون به کار می‌رود عموماً کاسه‌نمد نامیده می‌شود. [۱]

کاسه‌نمد یا همان مجموعه آب بندی معمولاً از جنس تفلون می‌باشد تا از خوردگی اجزای آن جلوگیری کرد.

پیستون کمکفتر درون یک محفظه بسته (تیوپ) فلزی که حاوی یک سیال هیدرولیکی (عموماً روغن) است، حرکت می‌نماید. اطراف محل حرکت میله به داخل و خارج محفظه به وسیله یک کاسه‌نمد کاملاً آب‌بندی شده و سیال تحت فشار، امکان خروج از محفظه را دارا نیست. [۲] گسیختگی کاسه‌نمد باعث نشتی روغن از کمکفتر می‌شود، هر گاه نشتی از کمک فتر دیده شد، زمان تعویض آن است. [۳]

انواع کاسه‌نمدها در تبرید

۱-۵- کاسه‌نمد فانوسی

لوله‌ای از فلز ارتجاعی موج‌دار است که واشر لاستیکی در آن قرار می‌گیرد. این کاسه‌نمد اطراف گلویی میل‌لنگ و بدنه کمپرسور را آب‌بندی می‌کند.

۲-۵- کاسه‌نمد کمپرسور: مانعی بدون نشت و نفوذناپذیر است که بین میل‌لنگ و بدنه کمپرسور قرار می‌گیرد

۶- ماستیک درزگیر

این ماستیک ماده ای است خمیری شکل جهت پر نمودن درزها و شکاف های بین انواع مصالح ساختمانی (گچ و سیمان و غیره) مورد استفاده قرار می گیرد و پس از مصرف ، سخت شده و حالتی کاملاً الاستیک پیدا می کند . این ماستیک دارای خاصیت واترپروف می‌باشد و بصورت یک جزیی بوده که بحالت سرد قابل استفاده است . استفاده از این ماده در منابع آب شیرین بلامانع است .



❖ ۱-۶ ماستیک پلی یورتان دو جزئی Polyseal-PU 2371

درزگیر دو جزئی پلی یورتان به منظور پر کردن درزهای عمیق طراحی شده است . این ماده بصورت ۱۰۰% جامد بوده و در ساختار آن هیچ حلالی بکار نرفته است. چسبندگی بالا به سطوح بتنی ، فولادی و چوبی ، انعطاف پذیری بسیار بالا، قابلیت برگشت پذیری کامل تا ۷۰۰% از دیاد طول ، مقاومت شیمیایی بالا از مهمترین ویژگیهای این محصول میباشد .

مصارف

پر نمودن درزهای انبساط بتن

آب بندی اتصالات

پر نمودن و ترمیم ترکها در سطوح بتنی و فلز

خواص و مزایا

- ✓ صد در صد جامد با درصد مواد فرار برابر صفر
- ✓ مقاوم در برابر حلالها ، اسیدها و قلیاها و نمکها
- ✓ دارای مقاومت عالی در برابر تغییرات سریع دمایی
- ✓ قابل اعمال در گستره دمایی گسترده
- ✓ چسبندگی بسیار بالا
- ✓ انعطاف پذیری بالا
- ✓ مقاوم در برابر آب ، ضربه ، سایش
- ✓ قابل اعمال در ضخامت بالا در یک لایه
- ✓ قابلیت برگشت پذیری عالی
- ✓ از دید طول تحت کشش بالا
- ✓ خود تراز شونده
- ✓ قابلیت ایجاد پل بر روی ترکها
- ✓ مقاومت مکانیکی خوب
- ✓ قابلیت رنگ پذیری

❖ ۶-۲- ماستیک درزبندی اپوکسی

تعریف: ماده ای است که بر پایه اپوکسی بوده و برای پرکردن درزها و شکاف های میان آجرها و سنگهای نمای ساختمان ، کامپوزیتها و اطراف چهارچوب درب ها و پنجره ها و پرکردن انواع درزهای انبساط استفاده می گردد این محصول برای غیر قابل نفوذ کردن ترک های ناشی از جمع شدگی مورد استفاده قرار می گیرد و دارای خاصیت الاستیسیته و پایداری در مقابل حرارت بوده و به سطح زیر کار چسبندگی کافی داشته و به نمای ساختمان و محل اجرا زیبایی خاصی می دهد

➤ مزایای استفاده :

- ✓ دارای خاصیت الاستیسیته و انعطاف پذیری بسیار خوبی می باشد.
- ✓ در مقابل سرما و گرما و تغییرات درجه حرارت محیط کاملاً مقاوم می باشد.
- ✓ - بعداز اجرا و گیرش در برابر آب و مواد شیمیایی بسیار مقاوم بوده و غیر قابل نفوذ می باشد.
- ✓ قدرت چسبندگی بسیار خوبی به مصالح ساختمانی مانند شب نما، آجر، شیشه، چوب، فلز، کاشی، سرامیک و بتن می دهد.

➤ موارد کاربرد:

- ✓ برای آبیندی و غیر قابل نفوذ کردن تمام درزها و شکاف ها و ترک های جمع شدگی بتن در مقابل عوامل جوی و مواد بازی و اسیدی
- ✓ برای آبیندی اطراف شیرهای دستشویی و حمام و اتصالات بتن، ورقهای ایرانیت و آزیست و ورقهای آهنی ، شیروانی ها و درز کانال کولرها و ...
- ✓ برای آبیندی و پرکردن چهارچوب درها، پنجره ها و آجرها
- ✓ برای آبیندی کردن و پرکردن نشیمنگاههای بتنی و رز شگافها، شکافهای بتن ساختمانی
- ✓ برای پرکردن درزها و شکافهای نماهای سنگی، آجری بتنی و کامپوزیت

مشخصات فیزیکی:

- ✓ رنگ : طوسی و قابل عرضه در رنگهای مختلف
- ✓ حالت فیزیکی: خمیری
- ✓ وزن مخصوص: 32 gr/cm^3
- ✓ pH: حدود ۱۰
- ✓ نیروی پیوستگی به بتن: 24 mm/n^2
- ✓ نیروی پیوستگی به سنگ گرانیت: 3 mm/n^2

- ✓ زمان عمل آوری اولیه: ۱۰-۸ ساعت
- ✓ زمان عمل آوری نما: ۳ روز
- **شرایط نگهداری:**

در ظروف سربسته دور از هوا به مدت طولانی

➤ **بسته بندی:**
ظروف ۵ و ۱۰ کیلویی

۳-۶- ماستیک درزبندی اکریلیک

این ماستیک بر پایه اکریلیک بوده و برای درزبندی میان آجرها، سنگ نماي ساختمان ها ، کامپوزیت ها و شیروانی ها و قطعات ساختمانی بکار می رود و در رنگهای متنوع قابل عرضه می باشد.

➤ **موارد کاربرد:**

- درزبندی آجر، کاشی، سرامیک
- درزبندی سنگهای گرانیت
- درزبندی کانالهای آبرسانی، لوله های بتنی
- درزبندی پیاده روهای بتنی، پلها، سقف ها و آسفالتها
- قابل اجرا در درزهای عمودی و افقی

➤ **مزایای استفاده :**

- بدون شره
- آماده مصرف
- مقاوم در برابر شرایط جوی
- چسبندگی عالی به سطوح بتنی ، سیمانی و فلزی
- مقاوم در برابر آب
- قابل رنگ آمیزی مجدد
- در رنگهای متنوع قابل عرضه است.
- در هر شرایط آب و هوایی مقاومت بالایی دارد.

میزان مصرف:

حدود ۵۰ گرم برای هر متر مربع می باشد

مشخصات فیزیکی:

رنگ: قابل عرضه در رنگهای مختلف

حالت فیزیکی: به صورت خمیر

بسته بندی:

در بسته های ۵ و ۱۰ کیلویی قابل عرضه می باشد.