

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



گزارش کارآموزی

شرکت فرآورده های نسوز آذر

فهرست مطالب

1- شرکت فرآورده های نسوز آذر	
..... فعالیتهای عمده	
..... بخشهای مختلف	
- بخش آماده سازی نمونه	
..... بخش شیمی	
..... بخش فیزیک	
..... بخش مینرالوژی	
..... بخش کاندآرایی	
..... مجموعه تولیدات غیرصنعتی	
..... خدمات آزمایشگاهی	
2- شرح مختصری بر تاریخ و مواد فرآورده های نسوز	
..... تاریخچه	
..... تاریخچه مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز اصفهان	
..... اهداف و وظایف	
..... نتایج سیاسی و اقتصادی	
3- مطالعه ای بر روی روشهای اندازه گیری طلا در مواد معدنی	
..... خواص شیمیایی طلا	
..... اکسید طلا	
..... طرز تعیین عیار طلا	
..... تجزیه با نشر اشعه ایکس	
..... روشهای اندازه گیری طلا	
4- بررسی تشکیل طلا	
..... مقدار پراکندگی طلا در سنگهای جانبی بلافصل رگه های معدنی	

..... پروسه تجمع طلا در منطقه موته

..... زرن طلای موته

5- نسوزندگی

..... تعیین درجه نسوزندگی با استفاده از مخروطهای آذرسنج

..... هدف

..... اساس کار

..... لوازم آزمایش

..... کوره افقی یا قائم

..... مخروط های آذرسنج

..... پایه مخروطهای آذرسنج و قطعات آزمایشی

..... قطعات آزمایشی

..... روش آزمایش

..... نتایج

..... مخروطهای آذرسنج مرجع

..... هدف

..... درجه حرارتهای مرجع

..... مقاومت نسوزندگی

6- اجرهای منیزیایی

..... استحکام مکانیکی

..... بررسی رفتار اجرهای نسوز از نظر مکانیکی

..... تعیین استحکام سرد فرآورده های شکل دار وچگال

..... هدف

..... تعریف

..... قطعات مرور آزمایش

..... تقریب

..... نمونه برداری

..... تعداد

..... جهت

..... موقعیت

..... خشکاندن قطعات

..... لوازم آزمایش

..... روش آزمایش

..... نتایج

..... 7- آزمایشات خمشی

..... تعیین مدول شکست فرآورده های نسوز چگال و عایق در درجه حرارت اطاق

..... هدف

..... تعریف

..... اساس کار

..... لوازم آزمایش

..... نمونه برداری

..... تعداد

..... شکل و اندازه

..... آماده سازی

..... خشک کردن

..... اندازه گیری

..... روش آزمایش

.....	محاسبه مدول شکست
.....	دیاگرام اساسی آزمایش
.....	نتایج
.....	8- روش دیلاتومتری
.....	کاربرد آنالیز حرارتی در زمینه سرامیکهای فنی
.....	دیلاتومتر
.....	نتایج
.....	9- آجرهای شاموتی
.....	تعیین مدول شکست گرم فرآورده های نسوز عایق چگال
.....	هدف
.....	مدول شکست
.....	دمای آزمایش
.....	اساس کار
.....	لوازم آزمایش
.....	وسیله اعمال بار
.....	کوره
.....	دما
.....	تعداد
.....	شکل
.....	روش کار
.....	حرارت دادن
.....	اعمال بار
.....	10- پیکنومتر
.....	11- تعیین چگالی حجمی، تخلخل ظاهری، تخلخل واقعی فرآورده های نسوز

هدف	هدف
اساس کار	اساس کار
وسایل کار	وسایل کار
تعداد شکل	تعداد شکل
روش آزمایش	روش آزمایش
خیساندن قطعه	خیساندن قطعه
تعیین چگالی مایع	تعیین چگالی مایع
نتایج	نتایج
12- تعیین هدایت حرارتی مواد نسوز و مواد عایق حرارت	12- تعیین هدایت حرارتی مواد نسوز و مواد عایق حرارت
روش سیم داغ	روش سیم داغ
13- اثر حرارت بر روی مواد مختلف سرامیکی	13- اثر حرارت بر روی مواد مختلف سرامیکی
بررسی انرژی مواد به روش (DTA)	بررسی انرژی مواد به روش (DTA)
روش کار	روش کار
رسم منحنی دیفرانسیل درجه حرارت	رسم منحنی دیفرانسیل درجه حرارت
رسم منحنی DTA	رسم منحنی DTA
T، ثبت درجه حرارت	T، ثبت درجه حرارت
واحد ثبات	واحد ثبات
سیستم کنترل درجه حرارت میکروپروسوری (413)	سیستم کنترل درجه حرارت میکروپروسوری (413)
تجهیزات فرعی	تجهیزات فرعی
سیستم خلاء	سیستم خلاء
14- سنگ شکن ها	14- سنگ شکن ها
مشخصات عمومی سنگ شکن فکی	مشخصات عمومی سنگ شکن فکی
15- فلوتاسیون	15- فلوتاسیون
اصول فلوتاسیون	اصول فلوتاسیون

..... ماشین فلوتاسیون

..... **XRF -16**

1- شرکت فرآورده های نسوز آذر

سازمانی متمرکز برای ادامه خدمات تحقیقاتی و آزمایشگاهی در زمینه مواد اولیه و فرآورده های نسوز به صنایع فولاد، شیشه، سرامیک، سیمان، مصالح ساختمانی و معادن.

فعالیت های عمده:

شناسایی، تحقیق و بررسی مواد اولیه

طراحی و اصلاح فرآیندهای تولیدی

انتخاب مواد نسوز

ارائه روشهای نصب و نگهداری مواد نسوز

بخش های مختلف


مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز دارای واحدهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی و تکنولوژی

آماده سازی نمونه

فیزیک و مکانیک و قطران

شیمی، میزالوژی، کانه آرایی، بخش تکنولوژی و پایلوت، کارگاه قالب سازی، واحد تحقیقات دارای بخشهای نسوز، سرامیک، مواد معدنی غیرفلزی و تحقیقات آزمایشگاهی کتابخانه و بانک اطلاعاتی می باشد بخش نظارت فنی کنترل کیفی تولیدات نسوز و همچنین کاربرد آنها را در صنایع بعهدہ دارد.

بخش آماده سازی نمونه

مرکز تحقیقات نسوز مجهز به تجهیزات ساخت و آماده سازی نمونه های استاندارد شامل آسیابهای ریسکی و آگات، سیستم دانه بندی (بطریق خشک و تر) دستگاههای دقیق برش و تهیه نمونه های استوانه ای، پرس و کوره های برنامه پذیر برای پخت نمونه  می باشد.

بخش شیمی

مرکز دارای مدرن ترین سیستمهای آنالیز مواد شامل دستگاههای ایکس ری فلورسانس از نوع WDS و EDS، آنالیز دستگاهی توسط دستگاههای حساس آنالیز مانند اتمیک ابزورشن فلایم فتومتر، اسپکتروفتومتر و دستگاه اندازه گیری کربن و گوگرد می باشد. در این مجموعه همچنین آنالیز مواد به روشهای کلاسیک بر طبق استانداردهای موجود و تحت کنترل بخش های دستگاهی و x-Ray انجام می گردد.

بخش فیزیک

مجهز به دستگاههای تعیین خواص فیزیکی و ترمودینامیکی مواد اولیه و فرآورده های سرامیکی می باشد در این مجموعه آزمایشات تکنولوژی در حرارتهای بالا و اکثراً تحت بار و نیز آزمایش آنالیز حرارتی جهت شناخت مواد توسط دستگاههای حساس انجام گیرد.

بخش مینرالوژی

علاوه بر بررسی ساختار مواد اولیه و فرآورده های مختلف، کانی شناسی از طریق XRD و میکروسکوپیهای مطالعاتی پلاریزان و میکروسکوپ الکترونی مجهز به نرم افزارهای کامپیوتری نیز انجام می گیرد.

بخش کانه آرایی

مرکز به منظور بررسی امکان بهینه سازی مواد معدنی و جداسازی آنها از مواد گانگ دربرگیرنده تجهیز شده است.

مجموعه تولیدات غیرصنعتی


کارگاههای تکنولوژی و پایلوت و قالب سازی را شامل می گردد. این کارگاهها بمنظور ابداع روشهای ساخت انواع نسوزها و قطعات سرامیکی بطور محدود طراحی گردیده است.

خدمات آزمایشگاهی

آنالیز شیمیایی مواد به روشهای خشک و تر

بررسی های میکروسکوپی، تهیه مقاطع نازک و صیقلی، بررسی های میکروسکوپی الکترونی آنالیز سطحی و نقطه ای از تصاویر میکروسکوپ الکترونی، اندازه گیری قطر دانه ها از طریق میکروسکوپهای نوری و الکترونی، ترمینه مقاطع نازک، صیقلی (انعکاسی)، آزمایش دیفراکتومتری اشعه X، آزمایش تعیین سختی مواد (موهس، ویکوز)، تعیین ضریب انبساط حرارتی (دیلاتومتری)، آنالیز حرارتی و تعیین TG، DTA همزمان، آزمایش تعیین قابلیت هدایت حرارتی، آزمایش نسوزندگی تحت بار (Rul) و خزش، آزمایش تعیین درجه نسوزندگی (PCE)، آزمایش تعیین وزن حجمی و تخلخل.

2- شرح مختصری بر تاریخ و مواد فرآورده های نسوز

بطور کل نسوز به فرآورده هایی گفته می شود که بعنوان پوشش جداره داخلی انواع کوره ها و محل هایی که در صنعت با درجات بالا تماس دارند بکار برده می شود و ضمناً بتواند حداقل درجه حرارت را تحمل نماید. 

این فرآورده ها اکثراً از مواد اولیه معدنی ساخته می شوند که مواد اولیه مزبور عمدتاً شامل اکسید منیزیم، کرومیت، سیلیس، زیرکن و سلیکاتهای آلومینیوم و غیره می باشد. اهم این مواد بطور جسته و گریخته در سراسر این سرزمین پهناور و غنی خوابیده است و شواهد زیادی دال بر وجود آنها بدست آمده است.

مواد اولیه مورد بحث پس از مراحل آماده سازی بصورت های آجر، جرم های ریختنی و کوبیدنی تولید و پس از تولید فرآورده های نسوز علاوه بر تحمل درجه حرارت زیاد باید جوابگوی مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی محیط صمرف نیز باشد به عبارت دیگر فقط تحمل درجه حرارت بالا نمی تواند عامل مشخصه مواد نسوز باشد. بلکه باید در مقابل عوامل دیگری از قبیل فشار، سایش ضربه های حرارتی، رمش زیاد، ضایعات و سرباره مقاوم باشد.

تاریخچه

تاریخ توسعه فرآورده های نسوز اجباراً به تاریخ بسط و توسعه صنایع ذوب و سرامیک ربط پیدا می کند. ولی حدوداً می توان گفت که از ده هزار سال پیش مواد نسوز مورد استفاده بوده اند کوره هایی برای سرامیک در کشور کره پیدا شده است که شش هزار سال قدمت دارد مصری ها در 5000 سال پیش از آجرهای نسوز استفاده می نموده اند که آنها را بکمک حرارت خورشید خشک می کرده اند.

کالدونی ها حدوداً اولین کسانی بوده اند که آجرها را قبل از استفاده پخته اند 2500 سال پیش در ساختن قصر داریوش در ایران از آجرهای پخته شده سیلیسی استفاده شده است. صنعت نسوز به احتمال قوی همراه با صنعت سیمان در ایران تولد یافته است. که شروع این صنعت در این کشور با بسیاری از کشورهای دیگر همزمان بوده با این تفاوت که در کشورهای دیگر توسعه یافته است ولی فرضاً واحدی که با دوهزار تن در سال قبل تأسیس شده هنوز با همان ظرفیت کار می کند در صورتی که همین وضعیت در کشورهای اروپایی به ظرفیت های یکصد هزار تن توسعه یافته است.

در تاریخ جدید فرآورده های نسوز نام کشورهای انگلیس و آلمان و در قرن 18 آمریکا بچشم می خورد امروزه فرآورده های نسوز به لحاظ تنوع و به لحاظ فراوانی مصرف نقش عمده ای در تأمین نیازهای صنعتی جوامع بشری عهده دار بوده و حتی در زندگی روزمره با محصولات نسوز و یا محصولاتی که به کمک فرآورده های نسوز تولید می شوند برخورد می کنیم. کاشی آشپزخانه و حمام ظروف چینی آجرهای شومینه، نسوزهای اجاقهای برقی، و سایر اجزاء سیستمهای الکتریکی از مجموعه محصولات در رابطه با محصولات نسوز بشمار می روند. بطور غیرمستقیم شیشه پنجره، سیمان، فلزاتی که در ساخت اتومبیل و منزل بکار می رود همگی در کوره های ذوب تهیه و پرداخت شده اند که این کوره ها نیز بدون داشتن پوشش نسوز قادر به ذوب این مواد نخواهد بود.

تاریخچه مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز اصفهان

با شروع فعالیتهای نظام ریزی توسعه اقتصادی، اجتماعی کشور شورای برنامه ریزی استان اصفهان در سال 1361 کار خود را آغاز نمود و نتیجه کار کمیته های تخصصی بصورت گزارشات آماری، اطلاعاتی، تحلیلی و ارائه پیشنهادات تدوین گشت.

طبق اطلاعات مسموع نمایندگانی از نسوز ذوب آهن و نسوز مبارکه که پیش نویس طرحی را تهیه و از طریق وزارت معادن و فلزات در سال 61 آن را به سازمان برنامه و بودجه تقدیم می کنند که این امر باعث می شود که برای تأسیس چنین مرکزی چهل میلیون ریال اعتبار پیش بینی شود. پس از مشخص شدن اعتبارات در ابتدای 1362 با هماهنگی سازمان برنامه و بودجه و وزارت معادن و فلزات شرکت ملی فولاد ایران بعنوان دستگاه اجرایی تعیین و از خرداد 62 کارهای اجرایی طرح ایجاد مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز آغاز می گردد.

اهداف و وظائف

با انتخاب دستگاهها و وسایل آزمایشگاهی و تحقیقاتی این مجموعه بایستی قادر به آزمایش و کنترل و اظهار نظر درباره کلیه فرآورده های نسوز و مواد اولیه آنها باشد. خوشبختانه دستگاههای آزمایشگاهی و تحقیقی نسوز می توانند طوری انتخاب شدند که تحقیق و آزمایش منحصر به چند نوع مواد اولیه و نسوزها نشده و این مرکز از عهده کلیه آزمایشات کیفی و کمی و تعیین قسمت اعظم خواص های فیزیکی و حرارتی و ... برآید.

اهم وظایف مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز اصفهان بشرح زیر است:

- تعیین کیفیت خاکها و سنگهای نسوز معادن کشور بطور مستمر.
- برنامه ریزی تولید محصول نسوز از ترکیبهای مناسب مواد اولیه نسوز.
- کنترل تغییراتی کیفی مواد اولیه در رگه های متفاوت معادن.
- کوشش در بالا بردن تکنولوژی محصولات نسوز.
- کنترل کیفیت نسوزهای وارداتی و تطبیق مشخصات آنها با مشخصات ارائه شده.

- ارائه ترکیبهای مناسب جهت اختلاط خاکها و در نتیجه برنامه ریزی استخراج معادن بر حسب نتایج بدست آمده در مرکز تحقیقات.

نتایج سیاسی و اقتصادی

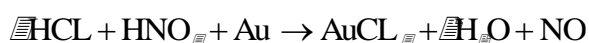
کار و فعالیت در جهت نیل به استقلال اقتصادی مستلزم شناسایی عوامل وابستگی اقتصادی است همان عواملی که جهانخواران ملتها را توسط آن به بند می کشند. هم اکنون اکثر کشورهای عقب مانده در زمینه نیازمندیهای اساسی به نحوی وابسته به غرب یا شرق هستند که این نیازمندیها در زمینه کشاورزی، عمرانی صنعتی و غیره است که همان وابستگی اقتصادی است و بدنبال آن وابستگی های سیاسی و غیره پیش خواهد آمد. استعمار طی اعصار و قرون و با برنامه ابتدا اقتصاد خودکفا و بومی ممالک را منهدم نموده و بجای آن اقتصادی وابسته را پایه ریزی نموده است و یا اجازه نداده است که آنها خودکفا و مستقل شوند.

انقلاب اسلامی ایران در جهت تحقق شعارهای اساسی بایستی اقتصاد مستقل و فعالی را با شناسایی عوامل وابستگی اقتصادی و از بین بردن این عوامل وابستگی پایه ریزی نماید. بلاشک یکی از عوامل وابستگی عامل مواد اولیه خام صنعتی است که یکدسته از این مواد می شود به صنعت استخراج، ذوب، تصفیه فلزات و تولید انواع آلیاژ که در حقیقت همان صنعت ذوب است. صنایع ذوب و حرارتی همیشه با مواد و فرآورده های دیرگداز و نسوز توأم است و بدون وجود این مواد نمی توان این صنایع را داشت. زیرا در قسمتهائی که معمولاً درجه حرارتهای بالا وجود دارد الزاماً باید از مواد نسوز استفاده کرد. هم اکنون مجتمع هایی نظیر ذوب آهن اصفهان، مجتمع فولاد اهواز و سایر صنایع مملکت وابستگی شدیدی به این مواد دارند که در صورتیکه زمانی به نحوی نتوان آنها را از خارج تأمین نمود توقف آنها حتمی است.

3- مطالعه ای بر روی روشهای اندازه گیری طلا در مواد معدنی

خواص شیمیایی طلا

از لحاظ شیمیایی طلا یکی از کم فعالترین فلزات بشمار می رود. این فلز در تماس با هوا کدر نمی شود در مقابل قویترین محلولهای قلیایی پایدار است و در تماس اسیدهای خالص، بجز اسید سلنیک کاملاً مقاوم است. برای حل کردن طلا به نحو شیمیایی بهترین راه این است که از نیروی اکسند و تداوم با آن از قدرت کمپلکس سازی چندین ترکیب همزمان استفاده کرد که این خاصیت را می توان در مخلوط یک مول اسید نیتریک در 3 مول اسید کلریدریک که بنام تیزاب سلطانی مشهور است به دست آورد.



به همین ترتیب طلا می تواند در محلولهایی که دارای یون سیانید (عامل کمپلکس ساز) و اکسیژن هستند براحتی حل شود و تشکیل یون کمپلکس $[\text{Au}(\text{CN})_2^-]$ دهد. طلا همچنین می تواند با برم در دمای اطاق و فلوئور، کلر، ید، تلوریم در دماهای بالاتر ترکیب شود. یکی از خصوصیات جالب طلا این است که می تواند بصورت سل و یا کلئید درآید. سلهای آبی طلا بر حسب اندازه ذرات آن می تواند به رنگهای قرمز، آبی یا ارغوانی درآیند. برای تهیه اینگونه سلها می توان عوامل احیاکننده معمولی را مثل تانن، فرمالدئید و فنیل هیدرازین به ترکیبات طلا اضافه کرد. سل زیبای ارغوانی کاسیوس را می توان با اضافه کردن کلرید قلع II به ترکیبات طلا بدست آورد.

اکسیدهای طلا

اکسید طلا (I) (Au_2O_3) از ترکیب هیدروکسید پتاسیم دقیق با کلرید طلای (I) بوجود می آید ولی کاملاً ناپایدار است و در مجاورت این هیدروکسید به طلا و یون اورات AuO_2^- تجزیه می شود با اضافه کردن هیدروکسید به محلولهایی که ترکیبات طلای III دارند رسوب $\text{Au}(\text{OH})_3$ یا به احتمال بیشتر هیدروکسید سزکوبی اکسید (Au_2O_3) تشکیل می شود.

طرز تعیین عیار طلا

برای تعیین عیار طلا در ایران مقادیر معینی را به عنوان مبنا قرار داده اند. مثلاً طلای با عیار 18 را با عدد 750 و عیار 14 را با عدد 585 نمایش می دهند. وقتی می گوییم که طلایی عیارش 18 است منظور این است که 750 قسمت آن از طلای خالص و بقیه آن از فلزاتی مانند نقره مس و نیکل می باشد. برای تهیه عیارهای رنگی طلا می توانیم به 3 مورد اشاره کنیم:

1- برای تهیه طلای سفید با عیار 18 می بایست که 750 قسمت آنرا طلا، 50 قسمت نقره و 200 قسمت پالادیم یا 750 قسمت را طلا، 135 قسمت را نیکل، 85 قسمت را مس و 30 قسمت را روی در نظر بگیریم.

2- برای تهیه طلا به رنگ ارغوانی باید نسبتها را به قسمت زیر در نظر بگیریم:

78/49 درصد طلا و بقیه فلز آلومینیوم.

3- برای تهیه طلای آبی روشن، نیاز 46/17 درصد طلا و 53/83 درصد ایندیم است.

روشهای اندازه گیری طلا

اندازه گیری و آنالیز طلا بعلت بغرنج بودن مسئله و خیلی جزئی بودن کمیت آن همیشه جزء یکی از مهمترین مشکلات در مراحل اکتشافات و تعیین ذخیره یابی طلا بوده است. طلا از عناصری است که به دلایل زیر مشکل ترین روش اندازه گیری را دارا می باشد:

1- عیار کم (1 تا 5 میلی گرم در تن یا ppb)

2- هتروژن بودن و پراکندگی نامنظم آن در کانی ها، سنگها، خاکها و رسوبات.

3- تمرکز تشدید آن بعد از آزاد شدن از کانی ها و سنگها به علت وزن مخصوص زیادش.

4- وجود ناخالصی هایی مانند مس، نقره و 22 عنصر دیگر که بصورت جانشینی زیاد و سطوح بلورین

کانی های حاوی طلا قرار می گیرند.

یکی از مشکلات عمده برای تجزیه و تحلیل نتایج عیار طلا در نمونه ها: وزن نمونه، هتروژن بودن کانی ها و پراکندگی نامنظم طلا در کانیها می باشد. برای سنگها و کانی هایی که قطر بلوری آنها در حد یک میلی متر باشد $2/5 \text{ kg}$ وزن مطلوبی می باشد.

تجزیه با نشر اشعه x

فلورسالس نشری اشعه یکی از مهمترین روشهای تجزیه را در اختیار تجزیه کننده برای اندازه گیری فلزات سنگین در حضور یکدیگر در هر نوع بافت شیمیایی، قرار دهد. این روش برای عناصر سبکتر از سدیم جواب نداده و برای عناصر زیرکلسیم هم تا حدی جواب قابل قبول بدست می دهد. برانگیختگی نمونه توسط تاباندن اشعه x اولیه با انرژی بیش از آنچه که برای برانگیختن نمونه لازم است انجام می گیرد. بعلت نیاز اشعه اولیه با انرژی بالاتر معمولاً یک لامپ تنگستن بعنوان هدف بکار برده می شود. لازم نیست تابش تک نام باشد، در اثر تابش اشعه x هر عنصر سنگین موجود در نمونه برانگیخته می شود و در نتیجه فرکانسهای مشخصه خود را منتشر می کند گویی که خود بعنوان هدف در یک لامپ اشعه x بکار رفته است و لکن الزاماً فاقد تابش پیوسته مرکزی می باشد.

پس با روشهای پراش اشعه x، در پراکندگی طیفی برحسب طول موج، طول موجهای مختلف را می توان جدا ساخته و اندازه گیری نمود. با توجه به معادله $E\lambda = hc$ و تقارن انرژی و طول موج، پراکندگی طیفی برحسب انرژی مانند پراکندگی طیفی برحسب طول موج امکان پذیر می باشد. پراکندگی انرژی بستگی به موجود بودن و دکتورهایی است که بطور خطی نسبت به انرژی فوتون ورودی پاسخ می دهد. این شرایط باید از پاسخ دکتور به کل انرژی یا قدرت تابش ورودی متمایز گردد زیرا قدرت هم تابع انرژی در هر فوتون و تعداد فوتونهای دریافتی در واحد زمان می باشد. دکتورهای انرژی در حال حاضر برای نواحی اشعه x وجود دارند و همان دکتورهای تناسبی می باشند که عبارتند از شمارش کننده جرقه ای، شمارشگرها گازی که در حدود ولتاژ متوسط کار می کنند و دکتورهای سیلیکون و ژرمانیم که نما در آنها نفوذ کرده است. این دکتورها از لحاظ قدرت جداکردن خطوط طیفی نزدیک بهم با یکدیگر اختلاف

دارند. در حقیقت، توسعه دتکتورهای سودمند الکترونیکی بود که اسپکترومترهای تفکیک کننده انرژی را بصورت مفیدی درآورد.

دستگاههای تفکیک کننده طول موج به همراه بلور پراش قدرت بیشتری برای جداکردن خطوط طیفی نسبت به دستگاههای مشابه تفکیک کننده انرژی دارند. ولی دستگاههای تفکیک کننده و انرژی با صد درصد راندمان کارکرده و بنابراین حساسیت بیشتری از خود نشان می دهند. این بدین دلیل است که آنها کلید فرکانسها را همزمان تشخیص می دهند و باید توجه نمود که طیف حاصله دو نوع اسپکترومتر، مشابه بوده فقط اختلاف آنها در قدرت تفکیک خطوط می باشد.

4- بررسی تشکیل طلا

راههای نفوذ محلول های حاوی طلا و سایر مواد همراه می توانند در اثر فرآیندهای تکتونیکی یا انفجارهای حاصل از فعالیت های محلول های کرمایی ایجاد شوند که در اثر آن شکافهایی که راههای عبور محلول های حاوی طلا می باشند در سنگها بوجود می آیند.

سنگهای خردشده، شکستگی ها و محل برخورد گسل ها و بریدگیهای تکتونیکی می توانند محل بر جای ماندن مواد موجود در محلول های هیدروترمال باشند که در نتیجه محل تجمع طلا و سایر مواد همراه در آن نقاط بشمار می روند.

دو نظریه در رابطه با تشخیص منشأ طلا مورد بررسی قرار می گیرند:

I. نظریه هیدروترمال ما گمایی که منشأ طلا و مواد همراه را در رابطه مستقیم با ماده مذاب نفوذی می بیند در این مورد اغلب یک ماگمای گرانیته در نظر گرفته می شود که از آن محلول های غنی از SiO_2 حاوی طلا و سولفیدهای منشأ می گیرند و در درزها و شکافهای ایجاد شده در سنگها جاری می شوند و در شرایط فیزیک و شیمیایی مناسب در بریدگی و شکافها بر جا می مانند.

II. نظریه موبلیزاسیون که بر این مبنا بنا شده که طلا و مواد همراه از سنگهای جانبی رگه ها منشأ می گیرند. در این صورت طلا و مواد همراه این سنگها در اثر فرآیندهای دگرگونی و یا فرآیندهای هیدروترمالی ناشی از

فعالیت های ما گمائی شسته می شوند و در محیط های مناسب و یا در ساختارهای تکتونیکی تجمع می یابند.

با مشاهدات صحرایی و آزمایشات میکروسکوپی مشخص شده است که و لکانیت ها و متاولکانیت ها در فاصله دورتر از رگه های معدنی تحت تأثیر فرآیندهای متالوژنتیکی قرار نگرفته اند و مقدار طلای اولیه آنها بلا تغییر مانده است. مقدار متوسط طلا در متاولکانیت ها از سایر بیشتر است.

مقدار متوسط طلا در گرانیت های و سنگهای آستره شده در اطراف شکستگی ها و در مجاورت بلا فصل رگه ها کمتر می باشد.

هیستوگرام مقدار متوسط طلا در سنگهای منطقه موته

1- گرانیت

2- متاولکانیت ها در فاصله دور از رگه های معدنی

3- سنگهای آستره شده در مجاورت بلا فصل رگه های معدنی

4- سنگها موجود در رگه های معدنی

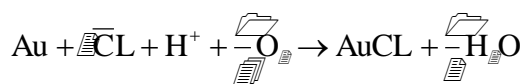
مقدار پراکندگی طلا در سنگهای جانبی بلافاصل رگه های معدنی

بعنوان سنگهای جانبی بلافاصل رگه های معدنی سنگهایی مطرح هستند که در طرفین رگه های طلا دار و یا در منطقه شکستگی ها با محدوده ای باندازه 500 تا 600 متر قرار گرفته اند. منشأ اولیه این نوع سنگها عموماً و لکانیت های اندزیتی، و اسیتی و ریوداسیتی تا رویولیتی و همچنین سنگهای رسوبی می باشند که تحت تأثیر دگرگونی ضعیف تا متوسط واقع شده اند. این سنگها کم و بیش تحت تأثیر محلول های گرمابی قرار گرفته اند. در این نواحی زون های آستره شده در رگه های کوارتز همراه با سولفیدها تشخیص داده می شوند. تعیین مقدار طلا در زون های آستره شده در مجاورت بلافاصل رگه های طلا دار در مقایسه با مقدار طلا در سنگهایی که در فاصله دورتر از رگه ها قرار دارند و تحت تأثیر آستراسیون واقع نشده اند نشان می دهد که مقدار متوسط طلا در سنگهای جانبی 2/3 ppb می باشد. بر این اساس مقدار طلا در این سنگها خیلی کمتر از مقدار طلا در سنگهای آستره نشده که در فاصله دورتر از رگه های معدنی قرار دارند می باشند. این بدین معنی است که مقداری طلا از سنگهای آستره، شسته شده و خارج گردیده است.

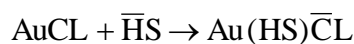
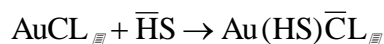
پروسته تجمع طلا در منطقه موته

طلا می تواند در شرایط طبیعی تحت شرایط فیزیک و شیمیایی معین به مقدار قابل ملاحظه ای حل شود. حل شدن طلا در محلول های گرمابی و برجای گذاردن آن یک فرآیند فیزیک و شیمیایی می باشد که در آن حرارت، فشار و PH محلول از پارامترهای مهم محسوب می شوند.

حمل طلا بوسیله محلول های گرمابی یونهای کمپلکس صورت می گیرد. $\overline{\text{OH}}, \overline{\text{HS}}, \overline{\text{CL}}$ از لیگاندهای مهم برای کمپلکس ها در فرآیندهای هیدروترمال بشمار می روند. طلا بصورت کمپلکس تیوسولفید و کمپلکس کلرید بوسیله محلول حمل شده و در محلولهای گرمابی CL دار اسیدی با حرارت نسبتاً زیاد عمدتاً بصورت کمپلکس کلرید حمل می گردد.



طلا در محلول های هیدروترمال آلكالن با حرارت نسبتاً پایین با مقدار زیادی HS و با خاصیت احیاء کنندگی عمدتاً بصورت کمپلکس تیوسولفید حمل می شود.



قدرت پایداری کمپلکس طلا بسیار ضعیف بوده و به محض اینکه پارامترهای ژئوشیمیایی محیط بمقدار کمی تغییر یابد طلا دوباره بسرعت برجای گذارده می شود. برجای ماندن طلای موجود در محلولهای گرمابی در اثر کاهش حرارت، کاهش فشار، افزایش PH، کاهش فعالیت CO_2 ، کاهش فعالیت کلریدها، کاهش فعالیت سولفیدها مثلاً در رابطه با پیریتی شدن، کلریتی شدن و کربناته شدن سنگهای جانبی انجام می گیرد.

ژنز طلای موته

شواهد صحرایی، آزمایشات پتروگرافی در مورد سنگهای منطقه موته نتایج زیر را نشان می دهند:

- 1- تجمع مواد معدنی در رابطه با تکتونیک منطقه بوده، یعنی این تجمع بوجود پدیده های تکتونیکی نظیر درزها و شکافها بستگی داشته است.
 - 2- مواد معدنی به صورت های مختلف در درزها، شکافها و رگه ها وجود دارند.
 - 3- سنگهای جانبی بلافصل رگه ها دستخوش آلتراسیون شده اند.
 - 4- مجموعه مواد معدنی دارای پاراژنز ساده بوده و اکثراً مواد موجود در رگه ها از کوارتز و پیریت تشکیل شده است.
 - 5- سنگهای گرانیتی در مقایسه با سنگهای متاولکانیتی پراکندگی همگن تری از طلا نشان می دهند.
 - 6- مقدار متوسط طلا در متالکانیت ها بیشتر است تا در گرانیت ها.
 - 7- پیریت بعنوان فراوان ترین فلزی مهمترین دربردارنده طلا در منطقه موته می باشد.
 - 8- مقدار پیریت در متاولکانیت های آلتره نشده در مقایسه با گرانیت ها بیشتر است.
- برای تعیین ژنز طلا در منطقه موته رابطه تنگاتنگ بین طلا و پیریت از اهمیت خاصی برخوردار است.

چون متاولکانیت های منطقه موته نسبت به گرانیته مقدار بیشتری پیریت دربردارند و پیریت عمدتاً در رابطه تنگاتنگ با طلا می باشد لذا متاولکانیت ها در منطقه موته در مقایسه با گرانیته ها از مقدار بیشتری طلا برخوردار هستند.

ارتباط تنگاتنگ مواد شسته شده (موبیلزه) با متاولکانیت ها و بخصوص این حقیقت که قسمتی از مواد شسته شده بعنوان بقایای باقی مانده در متاولکانیت ها دیده می شوند و همچنین با توجه به این که در نزدیکی بلا فصل گرانیته ها آثار مواد معدنی بسیار ضعیف می باشد و شکستگی های موجود در آن آنچنان از مقدار طلای کافی برخوردار نیستند، می توانند بیانگر این مطلب باشد که گرانیته بعنوان منشأ واقعی طلا در منطقه موته مطرح نمی باشد و منشأ اصلی یعنی جایگاه واقعی طلا قبل از فرآیند دگرگونی باید بیشتر در متاولکانیت ها جستجو شود که به مقدار زیاد طلا نشان می دهند. ماده نفوذی گرانیته که از نظر متالورژیک مواد معدنی نقش مهمی ایفا نموده است. بدنبال فرآیندهای تکتونیکی در اثر نفوذ ماده مذاب گرانیته شکستگی و شکافهایی در سنگهای دگرگونی ایجاد شده است. علاوه بر این نفوذ ماده مذاب گرانیته سبب شسته شدن موادی نظیر $\text{Au, Fe, S, CO}_2, \text{SiO}_2$ از سنگهای اطراف شده است. این مواد در درزها، شکافها و شکستگی ها که دز آنها فشار کم و پتانسیل شیمیایی ضعیف حاکم بود دوباره برجای گذارده شده و بدین ترتیب رگه های کوارتز- پیریت طلا دار را بوجود آورده اند.

آزمایشات متعدد امکان شسته شدن مقدار قابل توجهی مواد از سنگهای آتشفشانی و سنگهای رسوبی را به اثبات رسانده است. مشاهدات زیادی نشان داده اند که ماده مذاب نفوذی بعنوان منبع حرارتی برای محلول های در حال چرخش در سنگها مطرح می باشد. در این مورد می توانند آبهای ماگمایی و آبهای سطحی برای تشکیل محلولهای گرمابی نقش مهمی ایفاء نمایند.

چرخش اینگونه آبها در اطراف ماده مذاب نفوذی انجام می گیرد. چون در این ناحیه شرایط حرارتی لازم مهیا می باشد. آبهای گرمابی تبادل یونی وسیعی با سنگهای جانبی بعمل می آورند و می توانند مواد معینی را از سنگهای جانبی شسته و با خود حمل نمایند.

چنانچه در درون پوسته زمین در یک سیستم چرخشی ژئوترمای هیچگونه شرایط مناسب برای برجا ماندن مواد موجود در درون محلول فراهم نباشد، محلول گرمابی بدون اینکه مقدار چندانی از مواد درون

خود را بر جای می گذارد به سطح زمین راه می یابد و بدون کانسارسازی در سطح زمین پراکنده می شود و یا ذخائر نوع چشمه های آبگرم را می سازد که می تواند در اثر هوازدگی، تخریب و حمل شود. ولی اگر در سیستم ژئوترمالی زون اتساعی کم فشار در درون پوسته زمین وجود داشته باشد محلول هیدروترمال در این زون تجمع یافته و به محض اینکه محلول در زون اتساعی کم فشار وارد شود کاهش فشار و یا اغلب جوشش محلول هیدروترمال انجام می گیرد و مواد درون محلول بر جای گذاشته می شود. احتمال وقوع پدیده مذکور در معدن طلای موته وجود داشته است.

در منطقه موته بافت برشه ای (breccias) در کانی های رگه های معدنی که در آن قطعات برشه ها بصورت لبه دار و نامنظم وجود دارد مشاهده شده است این برشه ها می توانند حاصل انفجارات هیدروترمالی باشند. ظهور برشه ها در رگه های معدنی و فقدان آن در سنگهای جانبی دورتر از این رگه ها می تواند بر ایجاد برشه ها در اثر انفجارات هیدروترمالی دلیلی باشد. در اثر این انفجارات شکافها و درزها بزرگتر و یا دوباره باز شده اند که این خود نیز توجیحی است برای شکل نامنظم رگه ها.

طلا می تواند در آغاز در درون پیریت در سنگ مادر بصورت ریزتر از محدوده تشخیص میکروسکوپی وجود داشته باشد. در اثر فرآیندهای دگرگونی طلا بصورت انکلوزیون قابل رؤیت در زیرمیکروسکوپ در درون و یا در کنار کانی میزبان (پیریت) ظاهر شد. در اثر فرآیندهای مکانیکی حاصل از نفوذ ماده مذاب گرانیته مشابه منبع حرارتی و انرژی زا طلا شسته شده و قبل از هر چیز همراه با کوارتز در شکافها و درزها وارد شده و بدین ترتیب رگه های کوارتز-سولفید طلادار در منطقه موته را بوجود آورده است.




5- نسوزندگی

این پارامتر نشان دهنده حداقل درجه حرارتی است، که در آن نمونه مخروط شکلی از ماده نسوز شروع به نرم شدن می نماید، و معمولاً آنرا با بصورت درجه حرارت و یا عدد مخروط دیگر مشخص می نمایند. (جدول 1)) از آنجا که در هنگام اندازه گیری این پارامتر، نمونه تا حدودی تحت اثر وزن مخروط قرار دارد، لذا با توجه به وجود فاکتور زمان در این اندازه گیری، اختلافی مابین این پارامتر و نقطه ذوب واقعی

ماده نسوز وجود خواهد داشت. از این فاکتور معمولاً در ارزیابی مواد نسوز آلومینوسیلیکاتی استفاده می شود. لکن در ارزیابی نسوزهای سیلیسی و بازی، معمولاً از «نسوزندگی تحت بار» و یا «مدول گسیختگی در گرما» استفاده می گردد بر اساس تعریف، مدول گسیختگی عبارتست از حداکثر تنش اعمال شده بر جسم، قبل از اینکه به حد گسیختگی برسد. نسوزهای بازی معمولاً قبل از رسیدن به نقطه ذوب بدلیل از هم پاشیدن باند داخلی، نرم می گردند. لذا این پارامتر آنها باید حدود $\frac{0.001}{\text{mm}}$ بالاتر از نقطه ذوب آنها باشد. در آزمایش تعیین نسوزندگی تحت بار (Rul)، نمونه های استوانه ای شکلی از ماده نسوز به قطر و ارتفاع 50 mm را تحت بار ثابت $\frac{0.2}{\text{mm}}$ N گرم نموده و تغییر ارتفاع آنها را با افزایش درجه حرارت ثبت می نمایند. نقطه اوج منحنی را با t_e مشخص نموده، نقاطی را که نمونه نسبت به نقطه t_o دچار 0.6% و 40% فشردگی بشود، به ترتیب با t_a و t_b نشان می دهند. t_b نقطه ای است که نمونه ها در آن نقطه بطور ناگهانی نرم شده و از هم می پاشند. با توجه به این که انجام آزمایش تعیین مدول گسیختگی در گرما ضمن سهل تر بودن، نتایج عملی تری بدست می دهد، بسیاری از کارخانجات این روش را جایگزین آزمایش Rul نموده اند. نسوزندگی مواد نسوز تابعی از ترکیب شیمیایی، نقطه ذوب و نرم شدن (نقاط اوتکتیک) و بالاخره ساختمان داخلی آنها (MICROSTRUCTURE) می باشد. جدول شماره (1) نشان دهنده درجات حرارت معادل با مخروط های زگر می باشد.

جدول 1- درجات حرارت معادل با مخروط های زگر

Average Indicating Temperature For A Heating Rate Of

Cone No	Standard Cone	Laboratory Cone	Standard Cone	Laboratory Cone
022				585
021				625
020	640	650	620	640
019	660	675	635	665
018	685	695	655	680
017	705	715	675	695
016	730	735	695	720
015a	755	760	720	750
014a	780	785	740	790
013a	805	815	780	880
012a	835	845	840	880
011a	860	890	880	890
010a	900	900	880	910
09a	920	925	900	930
08a	835	940	920	940
07a	955	985	930	955
06a	970	976	950	980
05a		995	970	1010
04a	1000	1010	990	1035
03a	1026	1055	1015	1055
02a	1055	1070	1040	1090
01a	1085	1100	1070	1105
1a	1105	1125	1090	1120
2a	1125	1145	1105	1135
3a	1150	1165	1125	1150
4a	1170	1185	1140	1170
5a	1195	1220	1160	1185
6a	1215	1230	1175	1210
7	1240	1260	1195	1230
8	1260	1270	1215	1255
9	1280	1295	1240	1270
10	1300	1315	1255	1290
11	1320	1330	1280	1315
12	1340	1350	1300	1340
	1360	1375	1330	

تعیین درجه نسوزندگی با استفاده از مخروطهای آذرسنج

هدف


در این جا چگونگی تعیین درجه نسوزندگی مواد نسوز با استفاده از مخروط های آذرسنج مقایسه ای بیان می گردد که مفید بودن این روش منوط به در دسترس بودن مخروط های آذرسنج است.

اساس کار

در این بخش، درجه حرارت قطعات آزمایشی مواد یا فرآورده های نسوز به طور همزمان با درجه حرارت مخروطهای آذرسنج افزایش می یابد و رفتار آنها تحت شرایط خاص مربوط مورد مقایسه قرار می گیرد. توجه: مخروطهای آذرسنج برای تخمین اثر حرارت بر موادی که ساختار اصلی آنها از سیلیس سیلیکات آلومینیوم و فرآورده های آلومینیومی است ساخته شده است با نتیجه آزمایش نسوزندگی که در زیر توضیح آن آمده است وقتی کاملاً صحیح است که این فرآورده ها موردنظر باشند.

لوازم آزمایش

کوره افقی یا قائم

کوره افقی یا قائمی که در این سنجش بکار می رود از اطاقک استوانه ای شکل یا قطر مفید 80mm یا اطاقک مکعب مستطیل شکل با ابعاد 60mm ارتفاع و 100 mm پهنا تشکیل شده است. این کوره بایستی قادر باشد دما را با میزانی خاص برساند. هوای کوره نبایستی عمل احیاکنندگی بر مخروط های آذرسنج یا قطعات آزمایشی داشته باشد از شرایط آزمایش این است که اختلاف دما بین سردترین و گرمترین منطقه که پایه، قطعات آزمایشی و مخروط های آذرسنج اشغال نموده اند نبایستی بیش از  باشد. درجه حرارت بایستی بطور یکنواخت و مداوم برقرار باشد.

در حالتی که از کوره های تنوری شکل استفاده می شود بایستی مخروط های آذرسنج و قطعات آزمایشی از معرض مستقیم شعله و هر نوع اغتشاش گازهای گرم محفوظ باشند.

5-1-3-2 مخروط های آذرسنج


مخروط های آذرسنج به شکل هرم های با مقطع مثلثی، کج و اریپی شکل، بی نوک با لبه های تیز هستند که در شکل زیر نشان داده شده است. دماهای مرسوم فروریختگی با نرخ حرارتی ویژه و تحت زاویه مخصوصی که بایستی قرار داده شود بایستی توسط سازنده به آن اشاره گردد.

پایه مخروط های آذرسنج و قطعات آزمایشی

شکل پایه مخروطهای آذرسنج و قطعات آزمایشی به نوع کوره بستگی دارد، که از ماده ای نسوز با سطوح بقدر کافی تخت، موازی بصورت مستطیل یا دایره ای شکل است، پایه نسوز و سیمان نسوز مورد استفاده نبایستی با هیچکدام از مخروط های آذرسنج یا قطعات آزمایشی در دمای آزمایش واکنشی داشته باشد. به منظور غلبه بر هر نوع گرایش به غیرعادی شدن توزیع دما در کوره، ممکن است مناسب باشد که با حرکتی کند و منظم پایه و دیواره های کوره را نسبت به هم حرکت درآورد، برای مثال با چرخش پایه نسبت به کوره در طول آزمایش.


قطعات آزمایشی

قطعات آزمایشی بایستی از نظر شکل هندسی مشابه با مخروطهای آذرسنج باشند و ارتفاعی برابر یا بزرگتر و در حدود 29 تا 35 mm داشته باشند. نسبت به ارتفاع به لبه قاعده بایستی $0/15 \pm 3/55$ باشد. قطعات آزمایشی از فرآورده های نسوز شکل داریابی شکل بایستی بریده شوند، در صورت لزوم متناوباً بایستی قالب گیری شوند. وقتی که مواد خام مورد آزمایش قرار می گیرند قطعات آزمایشی بایستی برداشته شوند. توصیه می گردد منشوری قائم الزاویه حدود $40\text{mm} * 15\text{mm} * 15\text{mm}$ برداشته شود و اگر جسم نسوز دارای بافتی ترد (خردشونده) یا زمخت باشد توصیه می گردد رزینی مناسب که کمتر از 0/5 درصد چسب درخت زبان گنجشک داشته باشد به تزریق گردد، سپس قطعه قابل برش و آرایش خواهد بود.

برش قطعات آزمایشی از مواد نسوز بی شکل (نسوزهای پلاستیکی، مواد کوبیدنی سیمانهای نسوز، بتن های نسوز و غیره) قطعات آزمایشی بایستی از قطعاتی که قبلاً شکل داده شده و پخته گردیده اند مطابق با دستورالعمل شرایط استفاده بریده گردند (درجه حرارت پخت )

قطعات آزمایشی حاصل از فرآورده های نسوز شکل دار، مواد نسوز بی شکل (برای مثال قالب دادن و قالب دادنی) و مواد خام بایستی قالببندی گردند. 50 گرم از خاک نمونه (از الک با دهانه مش mm 0/5 عبور کند) که مطابق استانداردهای معمول درمورد نمونه گیری آماده شده است برداشته می شود ماده خالص شده در یک هاون آخاتی خرد می گردد تا بتواند از یک الک با دهانه مش $0/01 \pm 0/2$ mm عبور کند به منظور اجتناب از بیشتر پودر شدن جسم مرتباً آن را بایستی الک نمود خرد کردن آسیاب کردن بایستی طوری انجام شود که از ورود مواد خارجی به نمونه جلوگیری بعمل آید سپس بدقت ماده را بایستی مخلوط نمود.

پودر را با آب خمیر می کنند، اگر ماده شل شده، یک چسب آلی که دارای حداکثر 0/5 درصد چسب درخت زبان گنجشک است به آن اضافه می کنند، اگر ماده با آب واکنش داشته باشد، بایستی از مایع مناسب دیگری استفاده نمود.

قطعات آزمایشی در یک قالب مناسب قالب گیری شوند. قطعات آزمایشی آماده شده از مواد خام که در طول آزمایش دوباره حرارت دیده و تغییر و تبدیل می یابند بایستی قبل از انجام آزمایش نسوزندگی پخته گردند، در حالت خاص رسها، بایستی در  کلسینه شوند. قطعات آزمایشی بعد از کلسینه شدن بایستی کاملاً آنچه که در قسمت «قطعات آزمایشی» آمده است را ارضا کند.

روش آزمایش: آماده سازی نمونه

قطعات آزمایشی همراه با مخروط های آذرسنج بایستی طورری نصب شوند که لبه یا وجه طرف بیرونی آنها با محور قائم الزاویه 1 ± 8 درجه بسازد. بالاخره مجموعه آماده شده بایستی خشک گردد. مخروطهای آذرسنج مورد استفاده بصورت زیر انتخاب می شوند:

علاوه بر مخروط آذرسنجی که جهت تخمین عدد نسوزندگی جسم (یا جفت مخروطهای آذرسنج) انتخاب می گردد و مخروط آذرسنج که عدد نسوزندگی آنها بالا و پایین جسم است بایستی انتخاب گردد به تعداد مخروطهای آذرسنج کلاچهار یا شش تا هستند.

روش عمل

پایه با مخروطهای و قطعات آزمایشی متعلقه را در ناحیه یکنواختی از نظر درجه حرارت در کوره ای که دمایش $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ زیردرجه حرارت نسوزندگی تخمینی بالا آمده حدود 2 ± 0.5 ساعت قرار داده می شود. سپس درجه حرارت با رنج ثابت $100 \pm 5^\circ\text{C}$ بر دقیقه افزایش می یابد بطوریکه در هر لحظه انحراف از منحنی افزایش درجه حرارت تئوریکی کمتر از $50 \pm 5^\circ\text{C}$ باشد. (نرخ $100 \pm 5^\circ\text{C}$ بر دقیقه مربوط به فاصله زمانی حدود 8 دقیقه است که زمان بین دو فروریختگی متوالی مخروطهای آذرسنج است). وقتی که یکی از قطعات آزمایشی با پایه تماس یافت و یا اگر قطعات آزمایشی در طول انجام آزمایش دیگر دیده نشوند. هرچه سریع تر حرارت دادن بایستی متوقف گردد که این عمل در دمایی رخ می دهد که مربوط به مقاومت آذرسنجی مخروط شماره N ام است و این دما توسط دستگاه آذرسنج نوری و یا باریک ترموکوپل در آزمایش مقدماتی سنجیده شده است.

نتایج

پایه از کوره بیرون برده شده و عدد مخروط آذرسنجی که بصورت یکسان با یکی از قطعات آزمایشی خمیده شده است و یا اگر در مخروط آذرسنج یکی کمی شبیه و دیگری کمی کمتر خم شده است را می خوانیم. در صورتی که یکی از قطعات یا مخروط های آذرسنج بطور نرمال خم نشده و یا اگر اختلاف خم شدگی در قطعه آزمایشی بزرگتر از نصف عدد یک مخروط آذرسنج است آزمایش بایستی تکرار گردد.

مخروط های آذرسنج مرجع

هدف

در این پیشنهاد ISO مشخصات مخروطهای آذرسنج مرجع سری های استاندارد برای تعیین درجه نسوزندگی مواد نسوز با استفاده از مخروطهای آذرسنج مقایسه ای تعریف می شود.

درجه حرارت های مرجع

ساختار مخروطهای مرجع بایستی طوری باشند که درجه حرارت فروریختگی آنها با دقت $\pm 5^{\circ}\text{C}$ در سربهایی که در جدول زیر آمده صدق کند.

شماره مخروط مرجع ISO	درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)	شماره مخروط مرجع ISO	درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)
ISO 150	1500	ISO 164	1640
ISO 152	1520	ISO 166	1660
ISO 154	1540	ISO 168	1680
ISO 156	1560	ISO 170	1700
ISO 158	1580	ISO 172	1720
ISO 160	1600	ISO 174	1740
ISO 162	1620	ISO 176	1760

مواد نسوز صنعتی بندرت از یک ترکیب خالص تشکیل می شوند. بنابراین نقطه ذوب مشخصی ندارند و هر یک از آنها دارای یک محدوده نرم شدگی می باشد. برای تعیین نقطه نرم شدگی، ماده اولیه را با نمونه ای که دارای نقطه نرم شدگی مشخصی است و هرم زگر نامیده می شود، مقایسه می کنند. نمونه مورد آزمایش به شکل هرم از آجرها بریده شده و یا از مواد آزمایشی ساخته می شود.

هرمهای زگر معمولاً از مواد اولیه بر پایه سیلیس-آلومین ساخته می شوند. نقطه نرم شدگی هرمهای زگر برحسب درجه سانتی گراد در صفحه بعد مشاهده می گردد. نقطه نرم شدگی هرمهای زگر خصوصاً برای شناسایی آجرهای شاموتی و مواد اولیه بکار برده می شود. در خارج از آزمایشگاهها علیرغم وجود

سیستمهای اندازه گیری و تنظیم کننده های مدرن، امروزه هنوز برای هدایت و شناسایی روند پخت از هرمهای زگر در سطح وسیعی استفاده می شود.

6- آجرهای منیزیایی

قسمت اعظم آجرهای منیزیایی از کانی پریکلاس (MgO) تشکیل شده است. مهمترین خصوصیات ویژه این ماده که در واقع تعیین کننده رفتار آجرها است عبارتند از: نقطه ذوب بالا، هدایت گرمایی بالا انبساط حرارتی بالا، تغییر فاز بلوری ندارند. معدن پریکلاس هنوز کشف نشده و برای تهیه آن باید از موادی که دارای منیزیم اکسید هستند بروسیت $Mg(OH)_2$ ، منیزیت و یا محلولهای منیزیم کلرید استفاده شود. در اروپا ماده مهم صنعتی برای تهیه MgO منیزیت است که در طبیعت به صورت نهان بلوری یعنی با دانه های بسیار ریز فشرده یا بلوری به وفور یافت می شود.

این ماده در حدود 100 kJ/mol است. دمای تجزیه در منابع علمی با اختلاف فاحشی ذکر شده که متناسب با شرایط، بین 2800°C و 3000°C قرار می گیرند. پس از خروج از کلسیم کربنات که به اسیدزدایی معروف است ماده خام تا رسیدن به حجم ثابت در دماهای بیش از 2500°C زنتیر می شود. این عمل در کوره های دوار یا عمودی انجام می گیرد. در معادنی که ناخالصی های دولومیت، سیلیکات و غیره همراه منیزیت وجود دارند، می توان با روشهای آماده سازی صنعتی (مانند فلوتاسیون) ماده خام مناسب صنعت نسوز را تهیه نمود. این ماده اولیه مهم برای صنعت نسوز به صورت نهان بلوری در معادن یوگسلاوی، یونان، ترکیه، روسیه، هندوستان و بلوری در معادن اتریش، چکسلواکی، اسپانیا، روسیه و چین شناخته شده است. در سالهای اخیر برای تهیه منیزیا با درجه خلوص بالا و ترکیب شیمیایی یکنواخت به روشهای جداسازی $Mg(OH)_2$ از آب دریا اهمیت داده می شود. منیزیم محلول در آب دریا به وسیله آهک پخته و کشته شده و یا دولومیت به منیزیم هیدروکسید غیرمحلول تبدیل می گردد. مراحل بعدی به ترتیب رسوب دادن بروسیت، آبگیری، بریکیت کردن آن در دماهای بالا می باشند.

آبهای طبیعی اشباع شده یکی دیگر از منابع استخراج منیزیا به شمار می آیند، این ماده را می توان از پساب اشباع شده که از شستشوی معادن نمک نیز استخراج نمود. در این آبها بیشتر $MgCl_2$ وجود دارد و

به همان روش معمول تهیه زیتتر از آب دریا mg(OH) بوسیله آهک پخته رسوب داده می شود. زیتتر منیزیا علاوه بر ترکیب شیمیایی معین باید از دانه هایی با تخلخل بسیار کم و تا حد امکان از بلورهای درشت پریکلاس تشکیل شود. در حال حاضر درجه تخلخل زیتترهایی که مقدار اکسیدهای دیگر دارند به 3 تا 5 درصد می رسد.

آجرهای منیزیایی با همان روشهای آجرهای سیلیسی ساخته می شوند. زیتترها با دستگاههای خرد کننده مخصوص خرد، آسیاب و دانه بندی می شوند و با اضافه کردن مواد چسبنده در مخلوط کنهای پلانتری غلطکی یا مخلوط کنهای دیگر مخلوط می گردند و سپس بوسیله پرسهای با فشار زیاد پرس می شوند آجرهای کاملاً خشک را امروزه بیشتر در کوره های تونلی در دمای بالاتر 1200°C می پزند.

در بیست سال اخیر آجرهای منیزیایی مخصوص با آهن کم اهمیت زیادی پیدا کرده اند. این آجرها از منیزیایی زیتتر شده با دانه بندی خاص و مقدار کمی مواد گداز آور ساخته می شوند و در مقابل شوک حرارتی مقاومت بهتری دارند. این نوع آجرها در شبکه های حرارتی کوره های شیشه سازی و نیز در مخلوط کن های آهن خام به عنوان پوشش مصرف شونده استفاده می شوند. برای افزایش مقاومت در برابر سرباره، به آجرهای منیزیایی کم آهن قیر یا قطران تزریق می شود تمام تخلخلهای آجرها در خلأ با قطران پر شده به طوری که مقدار قطران برای آجرهایی با تخلخل معمولی به 5 تا 6٪ وزنی می رسد. آجرهای منیزیایی کم آهن و تزریق شده با قطران-بدون یا با کاهش زیاد - در مخازن تصفیه فولاد با اکسیژن بکار می روند. برای استفاده های مشابه، آجرهای منیزیا گرافیتی با چسبنده های رزینی بسیار مؤثرند و مصرف آنها در صنایع فولادسازی روبه افزایش است.

پایداری آجرهای منیزیایی در مقابل شوک حرارتی با اضافه شدن مقدار کمی کرمیت افزایش می یابد. این نوع آجرها برای استفاده در منطقه زیتتر کوره های دوار بسیار مناسبند. خواص حرارتی معینی مانند گرمای ویژه و هدایت گرمایی بالا و نیز وزن مخصوص زیاد استفاده از فرآورده های صنعتی ساخته شده از زیتتر منیزیت را به عنوان نگهدارنده حرارت و خازن گرما میسر می سازد. این خصوصیات باعث می شوند که آجرهای زیتتر منیزیایی در شبکه های بازیابی حرارتی نوبتی در دماهای بالا مورد استفاده قرار گیرند. امروزه آجر منیزیایی به عنوان یک ماده مهم خازن های الکتریکی در شوفاژها شناخته شده است.

استحکام مکانیکی


این پارامتر یکی از مهمترین پارامترها جهت ارزیابی کارکرد مواد نسوز در شرایط عملی در کوره ها می باشد که معمولاً آنرا در درجات حرارت مختلف ارائه می نمایند. اساس اندازه گیری استحکام مکانیکی سرد، گرم کردن ماده نسوز تا درجه حرارت ذکر شده و سپس سرد نمودن آن در درجه حرارت محیط و آنگاه اندازه گیری استحکام مکانیکی آن می باشد. به همین جهت، این پارامتر با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد. در مورد استحکام مکانیکی گرم، نمنه را پس از رسیدن به درجه حرارت کار، مورد آزمایش اندازه گیری مکانیکی قرار می دهند.

برای این پارامتر مقدار حداقلی برابر با 15 N/mm^2 را در درجه حرارت محیط، تعریف نموده اند که هر آجر باید دارا باشد، تا فشارهای مکانیکی در هنگام حمل و نقل و نصب در کوره تحمل نمایند.

بررسی رفتار آجرهای نسوز از نظر مکانیکی

آجرهای منیزیت-کرومیتی با باند سیلیکاتی:

آنچه برای یک آجر از نظر مکانیکی مطرح است، داشتن مقداری قابلیت شکل پذیری است تا اگر تحت تأثیر نیروهای خارجی قرار گرفت، بدون از هم گسیختگی تغییر شکل بدهد. تنش های مکانیکی که مثلاً در اثر وجود اووالیته بدنه کوره، تنش های ناشی از انبساط حرارتی که بعلت عدم وجود جای کافی برای انبساط سرکوب می شوند و تنش های داخلی ناشی از شوک های حرارتی همگی در داخل آجر تحلیل رفته و بنحوی بر روی ساختمان داخلی آن تأثیر می گذارند. آجری که دارای استحکام مکانیکی (سرد) بین 45 N/mm^2 الی 65 بوده و دارای مدول تغییر شکلی کمتر از 10000 N/mm^2 باشد آجر خوبی است. رفتار مکانیکی آجر به نوع مواد خام و ترکیب شیمیایی و نوع آجر نیز بستگی دارد.

آجرهای منیزیت-کرومی با باند سیلیکاتی از آن دسته آجرهایی هستند، که رفتار آنها در برابر تنش های مکانیکی خوب است. این آجرها اگر تحت فشار مکانیکی حدود 50 N/mm^2 قرار بگیرند در بالاتر از  کاملاً نرم شده و به صورت یک ماده خمیری درمی آیند. این تغییر شکل منجر به ظهور نسل

جدیدی از آجرهای با تغییر شکل حدود 1٪ در کمترین میزان شکل داده شده است. شکل پذیری تحت فشار در آجرها یک ویژگی است، که تکنولوژی ساخت آجرها درجه حرارت پخت آنها، دانه بندی، ترکیب مواد و غیره بستگی دارد. به همین جهت برای بهره برداری مطلوب از این خاصیت لازم است، که این نوع آجرها حداکثر با سرعت $\frac{100^\circ\text{C}}{\text{h}}$ گرم شوند تا آجر فرصت کافی برای تغییر شکل را داشته باشد.

تغییرات تنش فشاری آجر بر حسب درجه حرارت

تعیین استحکام سرد فرآورده های شکل دار و چگال

هدف

هدف روش حاضر تعیین مقاومت در برابر شکستگی تحت نیروی فشاری فرآورده های نسوز شکل دار چگال در درجه حرارت اطاق است.

تعریف

استحکام سرد خارج قسمت حداکثر باری (F_{max}) که توسط حجم در طول آزمایش متحمل می شود. به سطح مقطع اولیه (A_0) آن تعریف می گردد.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A_0}$$

قطعات مورد آزمایش

شکل قطعه

توصیه می گردد که شکل قطعه از قطعاتی که باید آزمایش شوند بصورت استوانه ای به قطر 50 mm و ارتفاع 50 mm بریده شود، مگر اینکه ساختن آجر به شکل مورد نظر غیرممکن باشد، وجه های تخت بدست آمده حداقل 4mm از وجه های اصلی قطعه بایستی فاصله داشته باشد. در موارد استثنایی برای فرآورده هایی فوق العاده زمخت با اندازه دانه های بزرگتر از 12 mm ممکن است از استوانه ای به قطر 70 mm و ارتفاع 70 mm استفاده گردد.

تقریب

به منظور کاهش پراکندگی در نتایج و دست یابی به بهترین نتیجه، قطعات آزمایشی باید با حداکثر احتیاط های لازم آماده گردند. تقریب های زیر مجاز خواهند بود:

- در قطر 0/5 ± و در ارتفاع 5 ± mm

- در قائم بودن محور نسبت به قاعده های قطعه مورد نیاز: انحراف کمتر از 0/5 mm

1- برای آزمایشهای انجام شده با ورقه زیرین متوالی (برای نمونه های مکعبی) قاعده ها باید تخت و موازی با دقت انحرافی کمتر از 0/2 mm باشند.

2- برای آزمایشهای انجام شده بدون ورقه زیرین (برای نمونه های استوانه ای) قاعده ها باید تخت و موازی با دقت انحرافی کمتر از 0/1 mm باشند.

انطباق با این تقریب ها بایستی از طریق زیر مورد بازدید قرار گیرد:

- باید از کاغذ کاربنی جهت بازدید از تخت بودن قاعده ها استفاده گردد.

- با چهار اندازه گیری از ارتفاع قطعه آزمایشی موازی بودن قاعده ها مورد بازدید قرار گیرد.

اختلاف بین هر دو اندازه گیری نبایستی از تقریبی که در بالا آورده شده تجاوز نماید؛

- با قرار دادن قطعه آزمایشی روی یک صفحه تخت و بکاربردن یک قاب مربع شکل، عمودی بودن محور نسبت به قاعده های آن بررسی می گردد. با قرار دادن جسم در قاب مربع شکل نقطه یا خطی روی جسم نقش می بندد، انحراف بین این نقطه یا خط و بازوی قاب مربع شکل نباید از تقریب یاد شده در بالا تجاوز نماید.

نمونه برداری

تعداد

دقت در نتایج آزمایش مربوط به تعداد قطعات آزمایش شده است، زیرا همیشه پراکندگی گسترده ای در نتایج نمایان است. راه حل رفتار آماری نمونه های آزمایش شده حد اطمینان در نتایج آزمایش و انحراف از استاندارد معمول کارخانه ای خواهد بود.


جهت

تمام قطعات مورد آزمایش باید در جهتی یکسان بریده گردند، ترجیح دارد که محورهای آنها با جهتی که فشار در طول شکل دادن اعمال گردیده موازی باشد، زیرا استحکام یک خاصیت برداری است که اغلب تحت تأثیر جهت فشار بکار رفته می باشد. اگر جهت پرس شدگی معلوم نباشد، توصیه می گردد که نفوذپذیری در سه جهت زوایای قائم نسبت به یکدیگر در قطعه آزمایشی مکعبی شکل اندازه گیری شود، سپس استحکام در جهتی که نفوذپذیری در آن جهت کمترین مقدار است اندازه گیری شود، در حالات خاص ممکن است با توافق قبلی جهت دیگری از برش انتخاب گردد که بر اساس شرایط کاربردی جسم تعریف خواهد شد، اما هنوز قرار بر این است که قطعات باید در جهتی یکسان بریده گردند. (در این جا در نمونه های منیزیایی جهت بریدگی جهت فشار است).


موقعیت

در صورتی کیفیت یک محموله بطور صحیح ارزیابی می شود که بنحوی بتوان تعداد زیادی آجر و تعداد زیادی قطعات مورد آزمایش از موقعیت های مختلف برداشت. بهر حال نمونه گیری به وسیله استاندارد نمونه برداری با استفاده از قانون عمومی یا توسط توافقیهای خاصی که شده است انجام خواهد شد.


خشکاندن قطعات

قطعات مورد آزمایش آماده شده باید بدقت با قرار دادن آنها در یک خشک کردن در  خشک گردد تا به وزن ثابتی برسد. سپس تا شروع آزمایش باید در جایی که محفوظ از رطوبت است قرار داده شود تا سرد گردد.

لوزام آزمایش

ماشین مکانیکی یا هیدرولیکی استحکام با وسیله ای که می تواند فشار را روی قطعه مورد آزمایش با دقت $\pm 2\%$ اندازه گیری کند. در انتها باید خاطرنشان ساخت که دامنه اندازه گیری ماشین باید طوری تنظیم شود که مقدار متوسط نتایج آزمایش  حداکثر مقدار از دامنه اندازه گیری مورد کاربرد کمتر نباشد. پلیت ها باید پولیش داده شده و مرکز آنها بوضوح علامت گذاری شده باشد. یکی از پلیت ها روی اهرمی قرار داده می شود تا انحراف جزئی موازی بودن پلیت و قطعه مورد آزمایش که ممکن است وجود داشته باشد را جبران نماید.

روش آزمایش

قطعه مورد آزمایش در مرکز پلیت های ماشین قرار داده می شود. استفاده از ورقه ها متوال یا فلزی زیر قطعه هنوز تحت بررسی کمیته ها فنی است. (در این جا جنس ورقه ها فلزی است) سپس بار کمپرس شده به تدریج با نرخ $\frac{N}{mm^2.s}$  افزایش می یابد تا قطعه خرد گردد.

حداکثر بار اعمال شده ماشین توسط حداکثر مقدار فشارسنج نشان داده می شود؛ این مقدار برای محاسبه نتایج استفاده می شود.

نتایج

با تقسیم مقدار حداکثر بار توسط پرس به سطح مقطع قطعه آزمایشی که از اندازه گیری قطر اولیه با دقت 0/1 mm بدست آمده استحکام محاسبه می گردد. مقدار مورد نظر مقدار میانگین می باشد اگر قطعات مربعی شکل باشند: طبق استاندارد بین المللی (ISO) اندازه های مرسوم 115*114*64 mm یا 125*123*65 و یا 110*110*60 mm که انتخاب اولی بر بقیه ترجیح دارد. درحالی که قطعات آزمایشی به صورت خشک بریده می شوند بایستی برش طوری باشد که حتی الامکان جهت بار فشاری برجهت قالب گیری منطبق باشد.

تقریب

به منظور کاهش و به حداقل رساندن پراکندگی در نتایج و دستیابی به بهترین نتیجه، تقریبهای زیر باید مدنظر باشد: در ارتفاع: مطابق شکل نمونه بین 60 تا 65 mm. در قائم بودن محور قطعه آزمایشی نسبت به قاعده های آن: انحراف کمتر از یک میلی متر.

تعداد قطعات مورد آزمایش

دقیق بودن نتیجه به تعداد قطعات ارائه شده برای آزمایش بستگی دارد، زیرا همواره پراکندگی گسترده ای در نتایج نمایان است. راه حل آماری نمونه های آزمایش شده حد اطمینان در نتایج آزمایش و مقدار انحراف از استاندارد معمول کارخانه ای خواهد بود. در هیچ حالتی نباید تعداد قطعات مورد آزمایش کمتر از ده تا که معادل پنج نمونه مربع شکل استاندارد است باشد.

خشکاندن قطعات

برای آماده کردن قطعات آزمایشی باید آنها در یک خشک کن در دمای $(\pm 7^\circ\text{C})$ به دقت خشک گردد تا به وزن ثابتی برسد سپس تا شروع آزمایش در جایی که محفوظ از رطوبت است قرار داده شود تا سرد گردد.

لوازم آزمایش

سطح تخت قطعه آزمایشی بدون هیچگونه لایه زیرین با پوششی از وجه $(\pm 0.05\text{mm})$ در مرکز پلیتهای ماشین قرار داده شود. سپس بتدریج بار فشاری با نرخ $1\text{ N.MM}^{-2}.\text{sec}^{-1}$ % افزایش داده می شود. در صورت لزوم از وسیله ای که کاهش ارتفاع قطعه نشان می دهد استفاده می شود بار تدریجاً افزایش می یابد تا اینکه قطعه آزمایشی کاملاً شکسته شود، یا تا لحظه ای که ارتفاع قطعه به ده درصد ارتفاع اولیه نشست کند.

نتایج (نمونه های منیزیایی)

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

کد نمونه	شعاع نمونه R^{mm}	F^{KN}	$A_0^{\text{mm}^2}$	σ
C_{mm}/mm	49/9	9/1	1959/4	4/64
C_{mm}/mm	49/9	9/9	1960/93	5/05
RC_{mm}/mm	49/9	4/7	1957/8	2/4
RC_{mm}/mm	49/8	3/7	1953/1	1/89
$C_{\text{mm}}R/\text{mm}$	49/7	11/4	1964/8	5/86
$C_{\text{mm}}R/\text{mm}$	49/8	13/4	1948/3	6/88

PL 95/1	169/7	1239/4	136/96
PL 95/1	149/9	1239/4	120/98
PL 95/2	181/8	1239/4	146/7
PL 95/2	147/6	1239/4	119/12
PL 98/1	120/6	1915/7	62/95
PL 98/1	174/7	1915/7	91/19

7- آزمایشات خمشی

تعیین مدول شکست در دمای بالا متداولترین آزمایش روی نسوزها تحت تنش خمشی است. بر طبق تعریف مدول شکست عبارتست از حداکثر تنشی است که یک قطعه آزمایشی مکعب مستطیلی با ابعاد مشخص (25*25*150 mm) می تواند تحمل کند وقتی که در یک وسیله سه نقطه ی خمشی خم گردد. به قطعات آزمایشی با نرخ عمدتاً بین 2-10 °C در دقیقه تا رسیدن به دمای آزمایش حرارت داده می شود. قطعات آزمایشی تا زمانی که یک توزیع مشخص دما حاصل شود در این درجه حرارت نگهداشته می شوند. سپس با یک سرعت افزایش ثابت، تحت تنش کششی قرار می گیرند تا شکسته شوند. دو نرخ باردهی متفاوت بکار می رود: $\frac{N}{MM} \cdot S^{-1}$ برای محصولات فشرده سنگین و $\frac{MM}{MM} \cdot S^{-1}$ برای محصولات عایق، باری که تحت آن، قطعه آزمایشی می شکند ثبت می گردد. دستگاه آزمایش از قسمتهای تشکیل شده است. کوره الکتریکی اطاقکی، وسیله اعمال بار و سیستم اندازه گیری و کنترل دما بعنوان مکمل دستگاه وجود وسیله اندازه گیری میزان خم شدن قطعه آزمایشی در طول تحمل بار و ثبت آن برحسب نیروی اعمالی مفید است. این وسیله محاسبه مدول الاستی ستید یا ارزیابی رفتار غیرالاستیک را ممکن می سازد. مدول شکست (F) نسبت همان خمشی در نقطه شکست (M_{max}) به همان مقاومت (w) است. از معادله زیر که از قانون هوک برای مواد الاستیک برداشت شده محاسبه می گردد.

$$\sigma_F = \frac{M_{\max}}{w} = \frac{F_{\max} L_s}{b \cdot h^3}$$

که در آن F_{\max} حداکثر باری است که روی قطعه آزمایشی اعمال می شود و L_s فاصله بین محورهای نگهدارنده های قطعه آزمایشی است و b پهنای قطعه آزمایشی و h ارتفاع قطعه آزمایشی می باشد. مدول شکست به N.mm^{-2} معادل Mpa بیان می شود. مدول الاستی سیتد (E) : $E = \frac{F L_s}{\xi \cdot b \cdot h^3}$ که در آن F نیروی اعمالی است.

میزان خم شدن قطعه آزمایشی در اثر اعمال نیروی F می باشد. مدول الاستی سیتد به نیوتون بر میلی مترمربع بیان می شود. محاسبه با این پیش فرض انجام می گیرد که مواد آزمایش رفتار الاستیک دارند. اما مشخص است که مخصوصاً در درجات حرارت بالا تغییر شکل های غیرقابل برگشت غیرالاستیک وابسته به زمان اتفاق تنش بستگی دارد. با ثبت رابطه تنش - تغییر طول نسبی با نرخهای افزایش تنش مختلف، امکان تعریف رفتار غیرالاستیک فراهم می شود. اساساً دو نوع منحنی تنش - تغییر طول نسبی قابل تمیز است یک منحنی با شکست ترد در دماهای پایین تر و دیگری با شکست نرم (داکتیل) در دمای بالاتر، این منحنی رفتار دیسکوالستیک را تعیین می نماید. مدول شکست نسوزها یک پارامتر بسیار مهم در کنترل کیفیت است و همراه با سایر خواص حرارتی فیزیکی به منظور ارزیابی رفتار مواد نسوز در محل کاربرد در نسوز کاری کوره ها مورد استفاده قرار می گیرد.

تعیین مدول شکست فرآورده های نسوز چگال و عایق در درجه حرارت اطاق

هدف

این روش پیشنهادی مخصوص تعیین مدول شکست فرآورده های نسوز عایق شکل دار و بی شکل چگال تحت اعمال افزایش فشار با نرخ ثابت در درجه حرارت اطاق است.

تعریف

مدول شکل بصورت زیر تعریف می شود. حداکثر نیروی تحمل شده بوسیله قطعه آزمایشی متوازی السطوح با ابعاد معلوم وقتی که قطعه در سه نقطه با دستگاه خمش تماس داشته و تحت فشار قرار گیرد. مدول شکست (σ_F) از معادله قانون هوک که برای مواد الاستیک است حاصل می شود و به صورت نسبت بین گشتاور خمشی (M_{max}) در نقطه شکست و گشتاور مقاوم (w) بیان می گردد.

$$\sigma_F = \frac{M_{max}}{w}$$

اساس کار

قطعات آزمایشی تحت تنش خمشی که بطور یکنواخت افزایش می یابد قرار گرفته تا شکسته گردند.

لوازم آزمایش

از وسیله ای بصورت زیر برای اعمال بار استفاده می گردد. جسم روی نگهدارنده موازی قرار می گیرد و استوانه های از بالا به وسط جسم که قادر به اعمال بار با نرخ ثابت است بار وارد می کند. جهت انجام آزمایش بر روی نمونه های با اندازه های مختلف، فواصل بن نگهدارنده ها قابل تغییر است، اختلاف شعاع انحنا و تقریب ها در جدول (1) داده شده است. وسیله ای برای ضبط نقطه شکستگی با ثبات بار با دقت $\pm 2\%$ بایستی مهیا گردد.

نمونه برداری

تعیین تعداد نمونه های موردنظر از نمونه برداری مطابق ISO/DIS 15707 PRE/Rev 1 انجام می شود. نمونه برداری فرآورده های بی شکل و مواد خام مطابق روش آماده سازی انجام می شود.

تعداد

وقتی آزمایش بر روی قطعاتی که از یک نمونه گرفته شده اند انجام می شود، تعداد قطعات آزمایشی از تمام نمونه ها بایستی یکسان باشند. تعداد، اندازه و شکل قطعات آزمایشی باید با محموله ها در توافق باشد.

شکل و اندازه

بجز آجرهایی با استاندارد شکل و اندازه mm (76) 230*114*75، اشکال و اندازه های دیگری نیز ممکن است استفاده گردد که اندازه و تقریبهای آنها در جدول (1) داده شده است.

آماده سازی

آجرهای استاندارد در شکل و اندازه به محض دریافت، مورد آزمایش قرار می گیرند، و قطعات آزمایشی از موادی شکل آماده سازی می شوند، قطعات طوری بریده می شوند که وجه طولی آنها مورد آزمایش قرار گیرد (وجهی که تحت فشار قرار می گیرد) بطوری که منطبق یا موازی با یکی از وجوه اولیه نمونه می باشد (وجه عمود بر جهت فشار) ترجیح دارد. برشها با تیغه ای سر انجام شود (جهت فشار عمود بر جهت بریدگی است)

خشک کردن

قبل از انجام آزمایش قطعات در $70 \pm 5^\circ\text{C}$ خشک گردند تا به وزن ثابتی برسند.

اندازه گیری

ارتفاع و عرض قطعات آزمایشی از وسط وجوه با دقت $0/1 \pm \text{mm}$ اندازه گیری شوند. (از این مقادیر در محاسبه مدول شکست استفاده می شود).

روش آزمایش

قطعه آزمایشی را بطور متعادل روی نگهدارنده قرار دهید. اگر قطعه آزمایشی یک آجر به اندازه و شکل استاندارد است از طرفی که باید تحت فشار قرار گیرد علامت گذاری شود، اگر قطعات آزمایشی از نمونه دست دوم بریده شده باشد، از وجه اولیه ای که قبلاً کار گذاشته شده در کمپرس قرار گیرد.

بار عمودی را در جهت پرس شدگی آجر در صورت معلوم بودن آن با نرخ ثابت اعمال کنید تا قطعه آزمایشی شکسته گردد. برای فرآورده های چگال تنش خمشی را با نرخ $\pm 0.5 \text{ N.mm}^{-2}.\text{sec}^{-1}$ و برای فرآورده های عایق با نرخ $\pm 0.5 \text{ N.mm}^{-2}.\text{sec}^{-1}$ افزایش دهید بار واقعی اعمال شده در واحد زمان به هر قطعه آزمایشی مطابق رابطه داده شده در زیر محاسبه می گردد.

محاسبه مدول شکست

$$\sigma_F = \frac{F_{\max}}{b} \times \frac{L_s}{h} = \frac{M_{\max}}{w}$$

b = پهناي قطعه

F_{\max} = حداکثر بار

L_s = فاصله بن نگهدارنده ها = 120 mm

h = ارتفاع قطعه

$(\text{N.mm}^{-2} = \text{Mn.m}^{-2}.\text{MPa})$

نتیجه برحسب N.mm^{-2} بیان می گردد.

(برحسب kgf.cm^{-2} عبارتست از : $\text{kgf.cm}^{-2} = \text{N.mm}^{-2} \times 0.1$)

شکل و اندازه قطعه ها	H, b	تقریب ها برای موازی بودن وجوه متقابل	L_s	شعاع نگهدارنده ها واستوانه	تقریبه ها برای موازی بودن حوزه طولی
200*40*40	± 0.5	0/15	± 1	5 ± 0.5	0/25
150*25*25	± 0.5	0/1	125 180 ± 1	5 ± 0.5	0/2

نتایج (نمونه های مکعب مستطیلی)

$$\sigma_F = \frac{F_{\max} \cdot L_s}{bh^2}$$

کد نمونه	b	h	F(KN)	σ_F	میانگین
PL 106/1	24/6	35/3	2/66	15/62	15/3
PL 106/1	24/5	35/2	2/57	14/98	
PL 106/2	24/2	36	2/86	16/41	15/99
PL 106/2	24/6	36	2/78	15/58	
PL 107/1	35/2	23/4	1/98	18/49	18/38
PL 107/1	35/1	24/1	3/07	18/27	
PL 107/2	35/3	24/8	2/38	19/73	19/5
PL 107/2	35/4	24/2	2/23	19/27	
PL 109/1	23/6	36/7	2/9	16/53	17/85
PL 109/1	24/2	36/2	2/31	18/78	

8- روش دیلاتومتری

طول نمونه = 5 cm عرض نمونه = 0/5 cm ارتفاع نمونه = 0/5 cm

در این روش نمونه ای به ابعاد بالا روی یک قطعه AL قرار می گیرد. پشت نمونه یک میله آلومینیایی است که این میله در انتها به یک کریستال پیزوالکتریک که باعث می شود انبساط را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل نماید که این سیگنالهای الکتریکی به یک مثبت کننده متصل می گردد که قسمت اول داخل کوره برده شده سپس توسط انبساط لوله آلومینیایی فشرده ورودی کریستال پیزوالکتریک تغییرات فشار به علائم الکتریکی تبدیل می گردد. البته علاوه بر استفاده هایی که از دیلاتومتر برای اندازه گیری ضریب انبساط می شود و کاربردهایی هنگام پخت دارد که اکثر سرامیکها از این مرحله پخت عبور می کنند که معمولاً موقعی که انقباض داریم چون تخلخل پر و دانه ها خروج پروانه ها اتصالشان با هم بیشتر می شود و

دانستن این که پدیده پخت درچه محدوده ای اتفاق می افتد و یا خروج مواد فرار یا آب ممکن است حائز اهمیت باشد. زیرا با تغییر ابعاد در این هنگام مواجه هستیم و از طرفی انبساط گازهای داخل شده در نمونه باعث ایجاد تخلخل و انبساط نمونه می گردد و با تغییر شبکه ساختمانی ممکن است با انبساط یا انقباض همراه باشد. از نظر حجم شبکه ها با هم فرق می کنند. مثلاً: کوارتز $\rightarrow \infty$ کوارتز، کاهش حجمی حدود 12٪ دارد و یا مواد نسوز آجرهای نسوز داخل کوره ها چون با حرارت سرد کار دارند از بابت طراحی و دلواری چینی داخل کوره مهم است چون در درجه حرارت های بالا با تنظیم مقدار ملات و فواصل انبساطی مقدار انبساط را کنترل می کنند.

کاربرد آنالیز حرارتی در زمینه سرامیکهای فنی

دیلاتومتر

از دیلاتومتر برای اندازه گیری مواد بصورت تابعی از درجه حرارت استفاده می شود. دیلاتومترها به استحاله های فازی یا اکسیداسیون هم بسیار حساس هستند به یک ابر رسانا از جنس $YBaCuO_{x \approx 0.7}$ در محیط اکسیداسیون حرارت داده شده و انبساط در یک دیلاتومتر افقی اندازه گیری شد. قسمت صاف (افقی) منحنی از حدود $1000^{\circ}C$ نمایانگر اکسیده شدن به $YBaCuO_{0.7}$ است که صحت آن توسط مطالعات ترموگراویدمتری تأیید شد. استحاله اورتومبک تتراگونال در $900^{\circ}C$ اتفاق می افتد. ضریب انبساط را می توان از انبساط خطی تعیین، در طول فرایند پس از سوختن و خارج شدن چسب فرایند زنیتریک روی می دهد این مرحله بدنه سرامیکی فشرده شده و اندازه نهایی خود را بدس می آورد. برای زنیتر شدن $Sr_2Ba_2Cu_3O_{10}$ با پنج درصد MgO بعنوان کمک زنیته، از یک دیلاتومتر دمای بالا استفاده شده اندازه گیری در محیطی با جریان، نیتروژن N_2 انجام گرفت نمونه در پودر $Sr_2Ba_2Cu_3O_{10}$ خط بانده شد. با استفاده از کامپیوتر برای ذخیره اطلاعات و ارزیابی آنها و با دانستن دانیسته خام و تئوریک محاسبه میزان فشرده شدن امکان پذیر است. تقریباً 86 درصد از دانیسته تئوری تحت شرایط آزمایش فوق قابل دستیابی است. آزمایشات مشابهی با نمونه های Al_2O_3 با دانیسته های اولیه متفاوت انجام گرفت.

دیلاتومتری یا آنالیز مکانیکی حرارتی TMA تغییرات ابعاد را که در اثر حرارت پدید می آید نشان می دهد و اندازه گیری ضریب انبساط مورد استفاده قرار می گیرند. در این روش به یک نگهدارنده نمونه از جنس شیشه (TMA)، اکسید سرامیک یا گرانیت که نمونه جامد را در وضعیت افقی یا عمودی نگه می دارد مجهز هستند. انبساط خطی از طریق یک میله فشار دهنده به یک مبدل جابجائی متغیر خطی منتقل می شود. یک تقویت کننده دیفرانسیلی سیگنال را از 100000 تا 250000 مرتبه تقویت می کند. برای بهره گیری از نمونه بجای یک LVDT در یک دیلاتومتر مقایسه ای از دو LVDT می توان استفاده کرد.

دیلاتومتری و آنالیز مکانیکی حرارتی در روشهای مشابهی هستند که در دستگاههای متفاوتی انجام می گیرند. دیلاتومترهای مختلفی با توجه به مواد کاربرد آنها وجود دارد. برای مطالعه رفتار انبساطی فلزات و سرامیکهای غیر اکسیدی از سیستم هایی که تحت خلاء کار می کنند، یا کوره های بخصوصی که دسترسی به درجه حرارتی تا حداکثر 2500°C را ممکن می سازد استفاده می شود. یک کوره گرافیکی برای کار در اتمسفر آرگن تا 2500°C یا با لوله محافظ در شرایط اکسیدی 1500°C روی ریلهای هدایت کننده قرار دارد. میله فشار دهنده به LVDT در قسمت سر دستگاه که وسایل اندازه گیری قرار دارد جا داده شده است. برای اجتناب از هر گونه خطای ناشی از انتقال حرارت از کوره به سر اندازه گیری درجه حرارت بوسیله ترموستاتیک قابل کنترل است. نسبت به نوع جنس نگهدارنده نمونه، میله فشار دهنده و ضریب انبساط، چنانچه انبساط مواد نگهدارنده نمونه در مقایسه با نمونه قابل اغماض نباشد بایستی دستگاه مجدد با یک نمونه استاندارد کالیبره شود. ویژگیهای انتقال حرارتی مواد آزمایشی و اتمسفر محیط، در نگهدارنده نمونه شیب های دقیق، بایستی از اعداد بدست آمده در زمان کالیبره کردن برای تصحیح نتایج استفاده شود. اینکار با دست روی کاغذ ثبات یا با استفاده از منحنی های تصحیح ذخیره شده، توسط کامپیوتر انجام پذیر است. اندازه گیری های دیلاتومتر در حالی که میله فشار دهنده تحت فشار بسیار کم و ثابت با نمونه در تماس است انجام می گیرد بطوریکه در دستگاه TMA از یک بار متغیر یا بار نوسانی استفاده می شود مقدار بار متعارف در حالت استاتیک تا 100 gr و در حالت نوسانی 50 gr در یک محدوده فرکانس از 3٪ تا 5 هرتز قرار می گیرد. پلیمرها و کامپوزیت ها زمینه های کاربردی متعارف متاکوپلات توسط TMA با یک بار نوسانی روی نمونه هایی با رنگهای مختلف، اثر اضافه شونده ها روی خواص ویسکوالاستیک مواد تغییر دادن دامنه نوسات و

شیشه ای شدن در درجات مختلف را نشان می دهد. اصول ساختمان یک دستگاههای DTA/ DSC عمدتاً به محدوده دمایی که آنها مورد استفاده قرار می گیرند بستگی دارد. از آزمایشات انبساط حرارتی (دیلاتومتری) برای تعیین تغییرات برگشت پذیر در ابعاد استفاده می شود این تغییرات همراه با درجه حرارت در طول حرارت دهی به نقطه مورد آزمایش اندازه گیری می شوند. نتایج و آزمایشات یا بصورت ضریب انبساط وحرارتی خطی، یعنی تغییر در ابعاد در اثر تغییر دما به اندازه α_K و یا انبساط حرارتی خطی نسبی بصورت درصدی از طول اولیه قطعه آزمایشی بیان می شود.

شناخت انبساط حرارتی برای طرح ساختار نسوز حائز اهمیت است زیرا بر اساس درزهای انبساط تعیین گردیده یا از آن برای محاسبه تنش تغییر طول نسبی در نسوز کاری استفاده می شود. انبساط حرارتی روی مقاومت نسوزها در برابر شوک حرارتی نیز موثر است.

نتایج

$$1 \text{ mm} = 4 \text{ Mn}$$

$$L_0 = \text{طول نمونه} = 50 \text{ Mn}$$

$$T_0 = 20^\circ \text{C} = \text{دمای اولیه}$$

$T^\circ \text{C}$	ΔL^{mm}	$\Delta L^{\mu\text{m}}$	$\Delta L/L_0$ (نمونه)	$\Delta L/L_0$ (دستگاه)	$\Delta L/L_0$ (کل)	α
200	-3	-12		1/43		
300	-3	-12		3/16		
400	-2	8-		2/44		
500	0	0	0	3/70		
600	6	24		4/54		
700	2/5	10		5/40		
520	1	4		3/9		
580	5	20		4/26		
610	6	24		4/60		

9- آجرهای شاموتی

آجرهای سیلیسی بیشتر از مشتقات یک اکسید حاصل می شوند، حال آنکه آجرهای شاموتی از مشتقات دو اکسید، حدود 10 تا 44٪ آلومین و 50 تا 80٪ سیلیسیم دی اکسید تشکیل می گردند. مواد اولیه قابل استفاده برای ساخت آجرهای شاموتی از نظر خواص شیمیایی میزالوژیکی شامل کانی های رسی، مقداری مواد آلی، مقدار کم و بیش کوارتزیت، باقی مانده فلدسپات و آثار باقی مانده سنگها می شوند.

تولیدات شاموتی از خاکهای نسوز رسی پخته نشده با خاصیت پلاستیکی و چسبندگی و شاموتها که خود خاک رس نسوز پخته شده می باشند، و یا موادی درجه ناخالصی را پیین می آورند. مثل خاکهای رسی شایست یا کالوئن پخته شده و غیره ساخته می شوند. قابلیت مصرف آجرهای شاموتی به عنوان مواد نسوز بیشتر بستگی به میزان کافی مولیت دارد که در موقع پخت خاکهای رسی تشکیل می گردد، مقاومت نسوزندگی بالا و انبساط حرارتی پائین از خصوصیات ویژه این کانی می باشد.

برای پخت خاکهای رسی پلاستیکی و تبدیل آنها به شاموت از کوره های مختلفی مثل کوره های عمودی، کوره های حلقوی، وره های دوار و کوره های تونلی استفاده می شود. شاموتها را با خردکن و غربال به دانه بندی مورد نظر طبقه بندی می کنند، سپس در مخلوط کن مخصوص با مقدار کافی مواد آسیاب شده، غالباً رس بادی به عنوان چسبنده مخلوط می کنند و با افزودن مقدار آب به ماده ای شکل پذیر تبدیل می نمایند. با افزودن خاک رس چسبنده و مرغوب به مواد اولیه، قالبیت شکل پذیری به مراتب بهتر می گردد. جرم خمیری را اول به وسیله اکستروود به قطعاتی تبدیل می نمایند که با دهانه فرم اولیه آجرها مطابقت دارد، مجدداً این قطعات تحت فشار قرار گرفته اند و یا با سیستم های دستی فرم اصلی از آنها ساخته می شود با وجود شکل پذیری خوب کاربرد این جرمها از جهاتی اثرات منفی دارد، میزان رطوبت بالا و مقدار زیاد خاک رس باعث انقباض شدید می شود. به همین جهت بایستی قطعات تهیه شده با مراقبت زیاد و به آرامی خشک شوند.

آجرهای شاموتی پرس شده به روش پلاستیکی امروزه در سیستم های حرارتی کاربرد زیادی ندارند نیاز به آجرهای شاموتی با خاصیت بهتر با کاربرد آجرهای شاموتی پرس شده با روش نیمه خشک که توازن بهتر در اندازه ها و تخلخل کمتر دارند و یا خشک بر طرف می گردد.

آجرهای شکل گرفته به روش خشک با عنوان آجرهای شاموتی سخت در صنایع مصرف فراوانی دارند. در این آجرها به جای خاک رس چسبنده بیشتر ارز شاموت استفاده می شود. این آجرها با استحکام بالا و تخلخل کم، در مقابل شوک حرارتی پایدار می مانند.

جرمهای آماده شده شاموتی سخت با حالت بلغوری فاقد خاصیت پلاستیسیته هستند. این جرمها تحت فشار زیاد شکل می گیرند و یا با چکش بادی در قالبهای فولادی یا قالبهای چوبی با پوشش ورقه های فلزی فشرده می شوند. بدینوسیله حتی آجرهای سنگین کوره های بلند یا آجرهای کوره های شیشه سازی با اندازه دقیق ساخته می شوند. تولیدات شکل گرفته پس از خشک شدن در زمان پخت زیتر و سخت می گردند. دمای پخت بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد و یا بیشتر نیاز دارند. آجرهای شاموتی با حجم ثابت که از مواد اولیه خالص تر ساخته می شوند، برای پخت به دمای ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد و یا بیشتر نیاز دارند. امروزه کوره های تونلی به عنوان سیستم های پخت بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. پخت آجر در این کوره ها کاملاً یکنواخت است. از نظر مصرف انرژی، اقتصادی ترین سیستم های پخت به شمار می آیند. قطعات بخصوص و بسیار بزرگ مثل آجرهای کوره های شیشه سازی و کوره های بلند هنوز در کوره های دوه ای پخته می شوند. آجرهای شاموتی پس از پخت از مولیت، کویتوبالیت، کوارتز باقی مانده و فاز شیشه ای تشکیل می شوند و مانند بسیاری از تولیدات نسوز ساخته شده به روش سرامیکی درشت، کانی های تشکیل دهنده آنها حالت غیر تعادلی دارند. پس از نصب آجرهای شاموتی در کوره های صنعتی، بین آن قسمت از آجرها که با حرارت مستقیم در تماس اند تعادل برقرار می گردد. با بالا رفتن درجه حرارت و اثر طولانی آن، مقدار مولیت تقریباً بدون تغییر می نماید. خاصیت نرم شدگی آجرهای شاموتی را مقدار ترکیبات فاز شیشه لی آنها تعیین می نماید. این فاز شیشه ای بخاطر مواد قلیایی و سایر ناخالصی ها تقریباً در دمای ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد نرم می شود که با ویسکوزیته بالا در آجرهای شاموتی یک محدوده وسیع نرم شدگی را ایجاد می کند.

تعیین مدول شکست گرم فرآورده های نسوز عایق چگال

هدف

در پیشنهاد حاضر روش خاصی جهت تعیین مدول شکست در دماهای بالا برای مواد شکل دار و چگالی بی شکل و فرآورده های عایق تحت کنش افزایش بار با آهنگ ثابت بیان گردیده است.

مدول شکست

مدول شکست بصورت زیر تعریف می شود:

حداکثر بار تحمل شده بوسیله قطعه آزمایشی متوازی السطوح با ابعاد معلوم وقتی که قطعه در سه نقطه با دستگاه خمش تماس داشته باشد و تحت تنش قرار گیرد. مدول شکست (δ_F) از معادله قانون هوک که برای مواد الاستیک حاصل می شود و به صورت نسبت بین گشتاور خمشی (M_{max}) در نقطه شکست و گشتاور مقاوم (w) بیان می گردد.

$$\delta_F = \frac{M_{max}}{W}$$

دمای آزمایش

دمای آزمایش دمایی است که در مرکز هندسی وجهی از قطعه آزمایشی که تحت تنش کششی قرار می گیرد مشاهده می گردد.

اساس کار:

قطعات آزمایشی گرفته شده از نمونه تا دمای مورد نظر در آزمایش حرارت داده می شوند جهت توزیع کامل دما قطعات آزمایشی در این دما نگهداری می شوند. بطور منظم تنش کششی افزایش داده می شود تا شکست قطعات آزمایشی رخ دهد.

برای دید گدازه های چگال پخته شده این روش اعمال می گردد. اگر فراورده های اتصال شیمیایی یا قدیمی یا دید گدازه های بی شکل مورد آزمایش باشند، یک رژیم حرارتی مقدماتی ممکن است لازم باشد، شرایط بستگی به نوع محموله مورد نظر بایستی باشد.

لوازم آزمایش

لوازم آزمایش متشکل از میله ای برای اعمال بار، یک کوره و وسیله ای برای کنترل دما می باشد.

وسيله اعمال بار:

1. این وسیله بایستی متشکل از دو نگهدارنده موازی و یک ستون فشاری مرکزی باشد. نگهدارنده ها و ستون فشار بایستی موازی یکدیگر باشند. برای قطعات آزمایشی استاندارد فاصله بین نگهدارنده ها بایستی $mm(100 \pm 5)$ باشد. بایستی امکان تغییر موقعیت نگهدارنده ها برای قطعات آزمایشی با ابعاد دیگر وجود داشته باشد، همچنین باید ستون فشار در مرکز فاصله بین دو نگهدارنده با دقت $mm \pm 1$ قرار گیرد.
2. نبایستی هیچگونه تماس واکنش دار بین نگهدارنده و ستون فشار با جسم در دمای آزمایش انجام شود.

3. طول نگهدارنده ها بایستی از عرض قطعات آزمایشی به اندازه حداقل 5mm بیشتر باشد نگهدارنده ها دارای شعاعی برابر $mm(10 \pm 1)$ خواهند بود. بعلاوه این که ستون های فشار در اثر استفاده تخت می شوند بایستی بطور مرتب اطمینان از این که شعاع آنها هنوز در حدود مورد نظر است مورد بازدید قرار گیرند.
4. فاصله نگهدارنده ها با دقت $mm \pm 1$ اندازه گیری شوند. (این مقدار جهت محاسبه مدول شکست بکار خواهند رفت)

5. وسیله اعمال بار بایستی قادر به اعمال بار بطور یکنواخت در امتداد محور عرضی نقطه آزمایشی و با آهنگی ثابت باشد وسیله جهت ثبت بار شکست با دقت $mm \pm 1$ % بایستی در اختیار باشد .

کوره

1. کوره بایستی یکی از انواع زیر باشد.

الف- نوع پیوسته که در آن تعدادی قطعه آزمایشی به نوبت در دمای آزمایش گذاشته شده و به نوبت از میان دستگاه عبور می کنند.

ب- نوع پریودیکی که در آن قطعات آزمایشی به نوبت مورد آزمایش گذاشته شده و با هم تا دمای آزمایش در کوره گذاشته می شوند. (که در کارخانه نسوز آذر اصفهان از کوره های پریودیکی استفاده می شود زیرا مرتباً باید خاموش و روشن شوند).

2. در هر دو حالت کوره بایستی قادر به حرارت دادن باشد، طوری ساخته شده باشد که در طول آزمایش اختلاف دمای بین هر دو نقطه روی قطعه آزمایشی از $\pm 5^\circ\text{C}$ تجاوز نکند.
3. جو کوره بایستی اکسید کننده باشد و استفاده از گازی غیر از هوا بستگی به نوع و جنس محموله مورد آزمایش دارد.

دما

1. دمای وجه قطعه آزمایشی که تحت تنش کششی قرار گیرد در مجاورت مرکز هندسی آن توسط ترموکوپل کالیبره شده ای اندازه گیری می شود.
2. در ابتدا رابطه ای بین دمای اندازه گیری شده و دمای واقعی در مرکز وجهی که منقبض می شود ایجاد می گردد و بطور متناوب مورد بازدید قرار گیرد.
3. در طول آزمایش ترموکوپل را در دمایی نگه دارید بطوری که در مرکز وجه تحت کششی در دمای معین مورد نظر باقی بماند.

تعداد

تعداد قطعات آزمایشی از هر قطعه نمونه گرفته می شود و بستگی به نوع محموله دماهای آزمایش که لازم دارند برای آنها تعیین می گردد. این مقدار بایستی برای تمام قطعاتی که نمونه را تشکیل می دهند یکسان باشد. (دما 1000°C می باشد و به شرایط باند بستگی دارد).

شکل

در صورت نبودن هر گونه اندازه خاص، قطعه آزمایشی استاندارد از منشور مکعب مستطیل شکل با ابعاد سطح مقطع $(10 \pm 0.1) \text{ mm} \times (10 \pm 0.1) \text{ mm}$ خشک کرده تا به وزن ثابتی برسند.

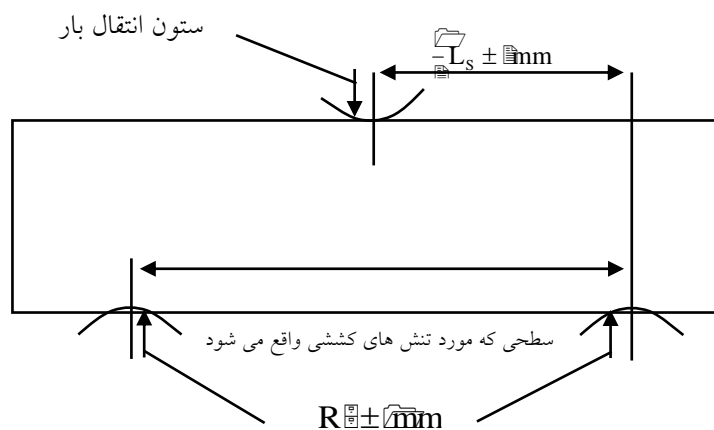
روش کار

حرارت دادن

1. دمای آزمایش بایستی بستگی به نوع محموله مورد آزمایش باشد، توصیه می گردد برای دما ضرایبی استفاده می شود، در صورت لزوم ضرایب $k \pm 0.05$ می تواند استفاده گردد.
2. هنگامی که به دمای آزمایش رسیده شد قطعه آزمایشی در این دما بمدت نسبتاً کافی نگه داشته می شود تا اختلاف دمای بین هر دو نقطه از قطعه آزمایشی از $k \pm 0.5$ بیشتر تجاوز نکند.
3. دما را با ترموکوپلی که در نزدیکی میانه وجهی از قطعه آزمایشی که مود تنش کششی قرار می گیرد، اندازه می گیرند، نباید نوسانی بیشتر از $\pm 0.5^\circ\text{C}$ در طول آزمایش داشته باشد.

اعمال بار

1. قطعه آزمایشی روی نگهدارنده های پایین تر بطو متقارن قرار داده می شود. وجهی از قطعه آزمایشی که تحت تنش فشاری قرار می گیرد، وجه اصلی آجر است که باقی نگه داشته می شود.
2. در صوت معلوم بودن جهت پرس شدگی آجر، بار را در جهت موازی آن با آهنگ افزایش یافته اعمال کنید تا تنش خمشی قطعه را بشکند. بار واقعی اعمال شده به هر قطعه در واحد زمان از فرمول زیر محاسبه می گردد.



$$\delta_F = \frac{F_{\text{Max}} \cdot L_s}{bh^3}$$

$$F_{\text{Max}} = \text{حداکثر بار}$$

$$L_s = \text{فاصله بین نگهدارنده ها}$$

$$b = \text{عرض قطعه}$$

$$H = \text{ارتفاع}$$

نتایج را بر حسب $\text{N} \cdot \text{mm}^{-3}$ بیان می کنند.

ابعاد نمونه $100 \times 100 \times 125 \text{ mm}$ می باشد و فاصله بین دو پایه 125 mm می باشد.

پیکنومتر

تعیین وزن حجمی پیکنومتر (وزن حجمی پودر):

ابتدا وزن پیکنومتر را بدست می آوریم (w_1)، سپس پودر را در داخل پیکنومتر می ریزیم بطوری که نصف حجم را یا حداقل $\frac{1}{3}$ حجم را پر کند.

(وزن پودر = $w_2 - w_1$) و (وزن ظرف و پودر = w_2)

بعد از آنکه پیکنومتر را از مایع پر می کنیم و با یک سیم نازک پودر را بهم می زنیم که اگر هوا لابه لای پودر بود خارج شود. حین هم زدن تغییر جهت می دهیم. بعد از آن آب اضافی را که اطراف پیکنومتر ریخته پاک کرده و دو مرتبه وزن می کنیم (w_3). (وزن آب همراه پودر = $w_3 - w_2$)

پودر و آب را خارج کرده، پیکنومتر را شستشو می دهیم و آن را پر از آب کرده و وزن می کنیم.

$$w_{\text{آب}} - w_{\text{ظرف}} = \text{وزن آب} \Rightarrow V_{\text{آب}} = \frac{w_{\text{آب}} - w_{\text{ظرف}}}{\rho_{\text{آب}}}$$

$$V_{\text{آب}} - V_{\text{پودر}} = V_{\text{پودر}} \Rightarrow V_{\text{پودر}} = \frac{w_{\text{آب}} - w_{\text{پودر}}}{\rho_{\text{آب}}}$$

$$\Rightarrow \text{دانیسته پودر} = P' = \frac{w_{\text{آب}} - w_{\text{پودر}}}{w_{\text{پودر}}}$$

باید دقت شود تمام اندازه گیریهای در یک دما انجام گیرد. ترمومتر برای سنجش دما و در نتیجه تعیین وزن مخصوص آب در آن دما می باشد. توجه: در این آزمایش اگر پودر در آب حل شود دقیق نیست و اگر پودر نامحلول بود جواب دقیق تر می باشد.

مثال: پودر: شاموت خالص (2/5-0/4mm)

$$w_{\text{ظرف}} = 12.5 \text{ gr}$$

$$w_{\text{آب}} = 100.0 \text{ gr} \quad w_{\text{پودر}} = 10.0 \text{ gr}$$

$$w_{\text{آب}} = 100.0 \text{ gr} \quad w_{\text{آب}} - w_{\text{پودر}} = 90.0 \text{ gr}$$

$$w_{\text{آب}} = 100.0 \text{ gr} \quad \text{وزن آب همراه با پودر}$$

$$\text{پیکنومتر} \times \text{حجم} = 100.0 \text{ gr} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_{\text{آب}} = \frac{w_{\text{آب}} - w_{\text{پودر}}}{\rho_{\text{آب}}} = \frac{90.0 \text{ gr}}{1.0 \text{ gr/ml}} = 90 \text{ ml}$$

$$V_{\text{پودر}} = 10 \text{ ml} \Rightarrow V_{\text{پودر}} = 10 \text{ ml} \Rightarrow P' = \frac{100.0 \text{ gr} - 10.0 \text{ gr}}{10 \text{ ml}} = 9.0 \text{ gr/ml}$$

11- تعیین چگالی حجمی، تخلخل ظاهری، تخلخل واقعی فرآورده های نسوز

هدف

این روش برای تعیین چگالی حجمی، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی فرآورده های نسوز شکل دار وزین (چگال) بکار می رود.

اساس کار:

ابتدا جرم خشک نمونه آزمایشی تعیین می گردد، سپس جرم ظاهری آن هنگامی که تحت خلاء در مایعی که به آن تزریق شده تا بصورت مخلوط و در مایع در آید و بالاخره جرم آن در هوا زمانیکه هنوز خیس از مایع است تعیین می شود. چگالی حجمی، تخلخل ظاهری و تخلخل حقیقی توسط محاسبه تعیین می گردد.

وسائل کار:

خشک کن، ترازوی هیدرواستاتیک، ترازو با دقت $\pm 0.01\%$ gr، رسی کاتورخلاء دستگاه تخلیه: قادر به کاهش فشار تا حدود 25 m bar با وسیله اندازه گیری فشار، مایع غوطه ور ساز: در مواردی که ماده در تماس با آب واکنش نداشته باشد از آب مقطر سرد می توان استفاده کرد. برای مواردی که در تماس با آب حساسند یک مایع ارگانیک، مثل پارافین استفاده خواهد شد.

تعداد و شکل

در حالتیکه آجرهای متعددی بایستی آزمایش شوند تعداد مشابهی از قطعات مورد آزمایش بایستی از هر آجر که بطور آماری نمونه برداری شده مورد سنجش قرار گیرد. قطعات شکسته شده، تمام قطعات، و یا دیگر قطعات مورد آزمایش بایستی به شکل مکعب و یا استوانه های بریده شده بطوریکه حجم هر کدام حداقل 50cm باشد. تا جایی که ممکن است پوسته سطحی (حدود 1 به ضخامت 3mm) که ممکن است دارای تخلخل مختلف باشد بایستی برداشته شود. لبه های تیز یا نرد با سائیدن و هر گونه فرآورده چسبیده و یا ریخته شده به جسم بایستی برداشته شود. هر گاه قطعه مورد آزمایش بخاطر آماده سازی دارای ترکهای شود، حضور آنها در تعیین حجم جثه ایجاد خطا می کند که بایستی برداشته شود.

روش آزمایش

تعیین m_1 جرم قطعه مورد آزمایش خشک شده:

قطعه مورد آزمایش در $^{\circ}\text{C}$ (خشک گردد) تا جرم ثابت بدست آید. یعنی تا انجام و توزین متوالی قبل و بعد از 2 ساعت در خشک کن اختلاف نبایستی بیشتر از 0/1% باشد. قبل از هر توزین باید قطعه مورد آزمایش در یک رسی کاتور گذاشته شود تا سرد شده و به دمای اطاق برسد. توزین ها باید با دقت 5٪ گرم انجام گیرد.

خیساندن قطعه

قطعه مورد آزمایش خشک و سرد شده را در یک ظرف محفوظ از هوا قرار دهید. بعد از بستن ظرف آنرا تا دستیابی به فشار 25 میلی بار تخلیه کنید. حداقل 15 دقیقه صبر کنید به منظور اطمینان از این که تمام هوا از قطعه مورد آزمایش خارج شده است، تماس ظرف با پمپ را قطع کنید و با استفاده از یک فشار سنج فشار را باز بین کنید که افزایش نیافته باشد سپس مایع تزریقی را وارد ظرف کنید بطوریکه بعد از 3 دقیقه در حدود 20mm مایع روی نمونه را بگیرد. فشار کاهش یافته را تا 3 دقیقه بعد از وارد کردن مایع نگهدارید. سپس خلاء را بشکنید و ظرف را باز کنید.

تعیین m_2 جرم ظاهری قطعه مورد آزمایش غوطه ور:

قطعه مورد آزمایش که هنوز غوطه ور است را در یک ترازوی هیدرواستاتیک قرار داده و وقتی که کاملاً غوطه ور است آنرا توزین کنید. کفه غوطه ور ترازو بایستی توسط یک نخ نازک به ترازو آویزان شده باشد. از این طریق m_2 جرم ظاهری قطعه مورد آزمایش غوطه ور تعیین می شود توزین بایستی با دقت نزدیک به 5٪ گرم انجام گیرد.

تعیین m_3 جرم قطعه مورد آزمایش خیس شده:

قطعه مورد آزمایش را سریعاً در هوا وزن کنید، برای اطمینان مواظب باشید که تبخیر مایع غوطه ور ساز باعث نشود که در طول عملیات توزین مقدار محسوسی از جرم از دست رود. بدین طریق m_3 جرم قطعه مورد آزمایش خیس شده تعیین می شود. توزین ها بایستی با دقت نزدیک به 5٪ گرم انجام گیرد.

تعیین چگالی مایع

چگالی مایع مورد استفاده در همان درجه حرارت آزمایش مربوطه تعیین می گردد.

چگالی g/am^3	درجه حرارت
0/999099	15
0/998943	16
0/998774	17
0/998595	18
0/998405	19

چگالی حجمی D_b (g/ am^3) از رابطه زیر بدست می آید.

$$D_b = \frac{m_{\text{ظ}}}{m_{\text{ظ}} - m_{\text{ظ}}} \cdot p \quad , \quad p_a = \frac{m_{\text{ظ}} - m_{\text{ظ}}}{m_{\text{ظ}} - m_{\text{ظ}}}$$

P_a = تخلخل ظاهری بصورت درصدی

نتایج:

m_1	m_2	m_3	\Rightarrow	D_b	p_a
121/11	82/76	135/05		2/31	26/65
	...			2/34	27/95
	...			2/30	27/81
	...			2/28	27/11
	...			2/18	29/47

12- تعیین هدایت حرارتی مواد نسوز و مواد عایق حرارت

روش سیم داغ

تنها روش استاندارد شده بین المللی (7) یک رویه پویا بر اساس اندازه گیری افزایش دما می باشد.

الف- اندازه گیری افزایش دمای منبع حرارتی خطی (آرایش متقاطع - شکل a)

ب- اندازه گیری افزایش دما در یک فاصله مشخص از منبع حرارتی خطی (آرایش این منبع حرارتی

خطی بین دو قطعه آزمایشی (آجرها) جاسازی می شود).

به قطعات آزمایشی در یک کوره تا دمای مشخصی حرارت داده می شود و در آن درجه حرارت

نگهداشته می شوند. علاوه بر این توسط یک هادی الکتریکی خطی (سیم داغ ثابت است بطور محلی

حرارت ایجاد می گردد).

یک ترموکوپل (معمولاً $t_{\text{trh}} - t_{\text{pt}}$)

الف- به وسط سیم داغ جوش داده می شود (آرایش متقاطع) یا ب- در فاصله مشخصی (معمولاً

15mm) از سیم داغ نصب می شود (آرایش موازی) برای اندازه گیری تغییرات دما، ترموکوپل اندازه گیری

در جهت مخالف ترکوپل مرجع قرار داده میشود. افزایش دما بصورت تابعی از زمان که از لحاظ برقراری

جریان اندازه گیری می شود، تناسبی است برای تعیین هدایت حرارتی موادی که قطعات مورد آزمایش از

آن ساخته شده اند. در صورت استفاده از آرایش متقاطع، هدایت حرارتی (λ) از معادله زیر بدست می آید:

$$\lambda = \frac{Q}{\Delta V_{t_1, t_2}} - \log \frac{t_1}{t_2}$$

که در آن Q گویایی است که متناسب با واحد طول از سیم داغ به قطعه مورد آزمایش منتقل می شود و

t_1, t_2 زمانهای سپری شده پس از بستن مدار گرما هستند (معمولاً 2 و 10 دقیقه)، Δ_{t_1, t_2} تفاوت دمای اندازه

گیری شده روی سیم داغ در فاصله زمانی t_1, t_2 است. روش سیم داغ با آرایش متقاطع در موادی که هدایت

حرارتیشان کمتر از $0.7 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ است قابل استفاده است. در آرایش موازی سیم داغ و ترموکوپل، هدایت

حرارتی (λ) از معادله زیر محاسبه می شود:

$$\lambda = \frac{Q}{\Delta v(t)} \cdot \frac{-E_i \left(\frac{-r}{\Delta v(t)} \right)}{\Delta v(t)}$$


$\Delta v(t)$ تفاوت دما بین ترموکوپل های مرجع و اندازه گیری در زمان t پس از برقراری a انتقال حرارت می باشد. $-E_i(\frac{r}{a})$ یک انتگرال اکسپتانیسیلی است که پس از تعیین $\frac{\Delta v(t)}{\Delta v(t)}$ از جدولی که در استاندارد ISO 8894-2 آورده شده محاسبه می گردد. روش سیم داغ با آرایش موازی در دماهایی تا 1700°C برای موادی که هدایت حرارتی آنها کمتر از $0.001 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ است اعمال می شود با استفاده از یک ظرف مناسب، این روش را می توان برای تعیین هدایت حرارتی مواد بی شکل هم بکار برد. پیشرفت بیشتر در این زمینه درجهت اندازه گیری هدایت حرارتی مواد هادی الکتریسیته (مثلاً مواد حاوی کربن) صورت می گیرد. روش سیم داغ مزایای قابل توجهی برای تعیین هدایت حرارتی در درجات بالا دارد. این تنها فرایند غیر ایستایی مطلق استاندارد شده در سطح بین المللی را می توان بطور کاملاً اتوماتیک انجام داد و با کامپیوتر کنترل نمود. بطور دیجیتالی شب و همه مقادیر اندازه گیری شده را ارزیابی کرد.

13- اثر حرارت بر روی مواد مختلف سرامیکی

اثر حرارت بر روی مواد رسی:

منحنی DTA برای چند رس:

توسط این منحنی می توان کوچکترین تغییراتی که در ماده رخ می دهد در حین گرم کردن شناسایی کنید به این صورت که: دو بوتله داریم از جنس پلاتین (pt) که در یکی از آنها آلومینا و در دیگری ماده ای که می خواهیم تغییراتش را بر حسب درجه حرارت بررسی کنید. با افزایش دما تغییراتی که در ماده صورت می گیرد یا گرمازا است یا گرما گیر و ΔT یعنی اختلاف درجه حرارت بین نمونه استاندارد (آلومینا) و نمونه مورد آزمایش را بر حسب T رسم کنید. آن پیک هایی که پایین است گرما گیر بودن و آن قله ای ها گرما زا بودن واکنش نشان می دهند.

در China caly در زیر  هیچ تغییری صورت نگرفته ولی در مورد نبتونیت یک پیک گرما گیر شدید رخ داده است. این پیک مربوط به خروج آب جذب شده می شود. میزان تبونیت چون بسیار ریزدانه است و در بین خود آب جذب می کند پس هنگام گرم کردن آب زیادی تبخیر می شود. درمورد فایر کلی یک پیک وجود دارد که در بقیه دیده نمی شود زیرا فایر کلی یک سوی مواد آلی گرما زا دارد که باعث به وجود آمدن این پیک می شود. در دمای بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ و تبونیت در دمای بالاتر، هر چهار تا یک پیکی را نشان می دهند که این بستگی به ساختمان دارد. خروج آب تبلور در تمام رسها رخ می دهد. پیک بعدی که در همه مشاهده می شود بین ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ است که ساختمان تغییر می کند و به مولایت تبدیل می شوند در تبونیت قبل از این تغییر یک پیک کوچک گرما گیر وجود دارد.

بررسی انرژی مواد به روش (DTA)

Differential Thermal Analysis

در این روش، اختلاف درجه حرارت بین نمونه مورد آزمایش و نمونه مرجع که تحت یک برنامه مشخص حرارت دادن یا سرد کردن قرار گرفته است، ثبت می شود. این اختلاف درجه حرارت در اثر تغییرات فیزیکی و شیمیایی ایجاد شده در نمونه مورد آزمایش، می باشد یعنی در این روش اختلاف درجه حرارت بر حسب درجه حرارت ثبت می شود که در واقع آزاد شدن یا جذب انرژی توسط نمونه مورد آزمایش، روی منحنی نمایش داده می شود.

روش کار

اختلاف ΔT از طریق بستن یک سوترموکوپلها به هم، توسط دو سو دیگر آنها اندازه گیری می شود و T از طریق ترموکوپل نمونه مرجع اندازه گیری می شود منحنی رسم شده ممکن است بصورت زیر باشد:

(وقتی انرژی جذب می کند مثلاً آب بصورت بخار خارج می شود یک لحظه ترموکوپل سرد و در منحنی یک کاهش داریم.) عواملی که در این روش موثر است را می توان به دو دسته تقسیم نمود:

1. عوامل دستگاهی 2. عوامل مربوط به ماهیت نمونه

عوامل دستگاهی:

الف- اتمسفر کوره که حرارت دادن نمونه در چه اتمسفری انجام شود.

ب- سرعت گرم کردن: سرعت گرم کردن نمونه ها، هم روی موقعیت پیکهای منحنی و هم واضح بودن این پیکها اثر دارد.

ج- جنس بوته: که روی انتقال گرما به نمونه موثر است.

د- سرعت کاغذ ثبات: که هر چه سریعتر باشد پیکها پهن تر می شود.

عوامل مربوط به ماهیت نمونه ها: الف) اندازه دانه ها: دانه های ریز نسبت به دانه های درشت تر، در درجه حرارت پایین تری کسب انرژی می کنند.

ب) وزن نمونه: هر چه وزن نمونه کمتر باشد، تعادل حرارتی آن سریعتر است.

در این روش، نمونه مرجع باید طوری انتخاب شود که خاصیت هماهنگی سازگاری هدایت حرارتی را داشته باشد و گرمای ویژه آن نزدیک به نمونه باشد. ولی بطور کلی چون هدایت حرارتی نمونه مرجع و نمونه مورد آزمایش متفاوت است Base Line کج می باشد. برای اینکه Base Line افقی باشد، می توان: 1.

نمونه مرجع را طوری انتخاب کرد که حرارت ویژه آن حتی المقدور نزدیک نمونه مورد آزمایش باشد. 2. وزن نمونه تست شونده را تغییر دهیم. 3. هدایت حرارتی نمونه را تغییر دهیم.

ج- فشردگی نمونه (packing desity)

د- درجه کریستالی شدن: هر چه کریستال کاملتر باشد، شکستن باندهای آن مشکل تر است.

رسم منحنی دیفرانسیل درجه حرارت

رنج اندازه گیری، روی تقویت کننده در رنج های $1/2 \text{ mv} / \text{recording width}$ ، $0/5$ ، $0/2$ ، $0/1$ ، $0/05$ ، 25٪ انتخاب و تنظیم می شود. حذف صفر اتوماتیک، 5 واحد فاصله در هر طرف پهنای کاغذ (پهنای کاغذ ثابت 2750 mm است).



میزان حساسیت ورودی، بدون تقویت کردن، 5 و 10 و 20 و 50 و 100 میلی ولت می باشد و ولتاژ خروجی 0-5 میلی ولت است حساسیت کالوریمتدیک، باری آنالیز کمی DTA در رنج $0/4 \dots 4 \text{ MV/mw}$ است.

رسم منحنی DTA (مشتق منحنی)

6 رنج اندازه گیری قابل انتخاب، 5 مرحله فیلتر کردن، حذف صفر اتوماتیک با 15 فاصله در هر طرف کاغذ ثبت (پهنای کاغذ 4000 mm است) رنج های اندازه گیری برای ورودی بر حسب mr $5, 1, 2, 0/5, 0/2, 0/1, 0/5 \text{ mv} / \text{recording with}$

T، ثبت درجه حرارت

نمایش درجه حرارت بصورت پیوسته به درجه حرارت، با قدرت تفکیک $\frac{1}{100}^\circ\text{C}$ و دقت $\pm \frac{1}{100}^\circ\text{C}$ ، جبران الکترونیکی درجه حرارت محیط، استفاده از 3 نوع ترموکوپل، که با تعویض ساده یک P.C برد می توان از ترموکوپلهای اضافی دیگری نیز استفاده کرد.

رسم منحنی بطور خطی در فواصل  برای هر mm پهنای کاغذ یعنی ، انجام می شود که برای این منظور، 15 مرتبه صفر اتوماتیک حذف می شود. ولتاژ آنالوگ خروجی $5-0\text{ mv}$ است. در صورت نیاز می توان خروجی را به صورت دیجیتالی (BCD) داشته باشیم. اطلاعات مربوط به درجه حرارت نمونه از طریق اتصال حرارتی که می توان رنجهای اندازه گیری را از طریق سوئیچ تغییر دهیم، به سیستم داده می شود. رنجهای کالبره شده:

واحد ثبات

سیستم کنترل درجه حرارت میروپروسوری (413)

تجهیزات فرعی:

وقتی در قسمتهای اندازه گیری از رنج اندازه گیری حساسی استفاده می شود، درجه حرارت آب گردشی سیستم بصورت ترمواستاتیکی کنترل می شود. تغییرات درجه حرارت کمتر از 0/1 k و با برق 220 v/50 Hz کار می کند.

سیستم خلاء

سیستم پمپ خلاء، با پمپ روغنی دیفیوژن و پمپ با دو سرعت، براق 210 v/50 Hz کار می کند سیستم های حمل نمونه، بوتله ها و صفحات، بر حسب نیازهای مختلف می تواند به شکلها و مواد مختلف ساخته شود. آنالیز گازهای تولید شده Evolved gas Analysis برای تعیین کمی گازهایی که از نمونه تست شونده، درحین پروسه حرارتی آزاد می شود.

سنگ شکن ها:

شکستن و خرد کردن سنگها معمولاً در دو مرحله اول سنگهای درشت را شکسته و به ابعاد 4-6 سانتی متر در می آورند و محصول حاصله را در سنگ شکنهای دیگری دو مرتبه خرد نموده و به ابعاد حدود یک سانتی متر می رسانند.

الف- سنگ شکن های فکی: این وسایل اولین مرحله خرد کردن مواد معدنی را در یک کارخانه کانی آرایشی تشکیل می دهد. این وسایل توسط نیروی فشاری یا برشی بین دو فک صاف یا موجدار، یکی ثابت و دیگری متحرک مواد را خرد می کنند. فک ثابت در اکثر سنگ شکن ها بطور قائم بوده و فک متحرک زاویه با آن می سازد.

مشخصات عمومی سنگ شکن فکی

در یک سنگ شکن فکی فاصله سمت بالایی دو فک را دهنه و فاصله قسمت تحتانی آنرا گلوگاه می نامند. نسبت این دو فاصله بطور معمول 4-5 می باشد. در قسمت گلوگاه پیچی قرار دارد که توسط آن می توان فاصله دو فک را بهم نزدیک یا دور نمود. سرعت حرکت فک متحرک بستگی به ابعاد دستگاه داشته و هر قدر سنگ شکن دارای ابعاد بزرگتری باشد تعداد نوسانات آن کمتر است این تعداد در سنگ شکن های بزرگ 90 بار

در دقیقه و درمورد دستگاههای کوچک به 300 بار می رسد. ضریب خرد کردن سنگ شکن را معمولاً 85٪ نسبت به فاصله دو فک در قسمت دهانه گلوگاه می گیرند. اگر D فاصله دو فک در قسمت دهانه و d همسن فاصله در قسمت گلوگاه باشد در اینصورت R ضریب خرد کردن عبارت خواهد بود از:

$$R = \frac{P}{d}$$

ضریب خرد کردن در سنگ شکن های فکی در حدود 4-5 بوده و کمتر از این حدود تجاوز می کند. مقدار رطوبت در سنگ شکن های اولیه تاثیر مهمی ندارد در صورتی که در مراحل بعدی مستقیماً روی ظرفیت اثر نموده و از مقدار آن می کاهد. سختی سنگ نیز روی ظرفیت اثر نموده و از مقدار آن می کاهد فک سنگ شکن باید طوری باشد که مقاومت لازم را داشته باشد چون این فک ها با اصطکاک و فشار و ضربه کار می کنند جنس فولادی که بکار برده می شود باید دارای هر سه خواص باشد. کار فکها بعلت آنکه تقریباً از قسمت وسط به پائین انجام می شود در قسمتهای پائین سائیده شده و از بین می روند و قسمتهای فوقانی کم و بیش سالم می مانند. اینست که فکها یکپارچه نبوده و از چند تکه ساخته شده است که می توان محل آنها را با یکدیگر تعویض کرد و از طرف دیگر در بعضی از دستگاهها سطح سخت فک قابل جدا شدن می باشد تا پس از فرسودگی کامل بتوان فقط سطح رویی را تعویض نمود. دوام فکها بستگی به سختی سنگ داشته و بطور متوسط در حدود یکسال می باشد. در روی سطح فک شیارهایی موجود است تا از لغزش سنگ جلوگیری کند. سطح فک در بعضی از سنگ شکن ها صاف و در بعضی دیگر منحنی می باشد. انحنای فک باعث می شود که مقداری از سطح دهانه کم شود و در نتیجه سنگهای کوچکتری دارد. دهانه آن گودند ولی در عوض فرسایش فک یکنواخت تر بوده و قسمتهای مختلف آن کم و بیش یکنواخت سائیده می شود. همچنین از گیر کردن مواد داخل سنگ شکن در دهانه خروجی جلوگیری می کند سنگ شکن های فکی را با ابعاد مختلف می سازند که از 2 تا 1000 تن در ساعت ظرفیت دارند، قدرت این سنگ شکن ها بین 5 تا 400 اسب می باشد، وزن آنها از 3 الی 200 تن می باشد. مصرف انرژی در سنگ شکن های فکی بستگی به سختی سنگ و ظرفیت آن دارد. این سنگ شکن ها بر حسب نوع حرکت فک متحرک تقسیم بندی می شود، دو نوع Blake فک متحرک در قسمت بالایی خود ثابت بوده و در قسمت انتهائی خود دارای حرکت رفت و آمد می باشد. حرکت خارج از مرکز توسط

یک میل لنگ ایجاد می شود. یک فنر خیلی قوی فک متحرک را در وضعیت عقب نگاه می دارد و بدین ترتیب ایمنی لازم را در صورت ورود قطعات خیلی سخت تامین می کند.

این سنگ شکن بویژه برای خرد کردن قطعات بزرگ و سخت مواد معدنی بکار برده می شود. فکها معمولاً از جنس فولاد منگنز دار بوده، سطح آنها صاف و زاویه بین آنها 27 درجه می باشد. در این سنگ شکن معمولاً 10 تا 30٪ از مواد خرد شده دارای ابعادی بزرگتر از دهانه خروجی سنگ شکن می باشد نسبت خرد کردن در آن بندرت از 4 تجاوز می کند. بتدریج که ماده معدنی بین دو فک پائین می رود، حجم فضایی که ماده معدنی در آن قرار گرفته کمتر شده، در نتیجه ماده متراکم تر می شود بدین ترتیب ماده معدنی از سه جهت تحت تنش قرار می گیرد. انواع دیگر: بافک متحرک در حول محوری در قسمت پائین فک، نوع Dodge، امکان گیر کردن سنگ زیاد می باشد. با فک کاملاً متحرک، فک متحرک در این سنگ شکن مستقیماً روی قسمت اکسانتویک چرخ طیار نصب شده است و در نتیجه فک متحرک دارای یک حرکت رفت و آمد بجلو و پائین است. بطوریکه فک دارای یک حرکت بیضی شکل می باشد. ضریب خرد کردن در این نوع بالاست ولی بعلت فرسایش سریع تر فکها و تحمل نیروی بیشتر توسط میل لنگ، برای مواد نرم تر بکار می رود- با دو فک متحرک، در میان سنگ شکن های فکی از همه بیشتر نوع Blake مورد استعمال دارد و نوع Dodge بعلت آنکه حرکت در بالای فک می باشد دارای لرزشهای شدید بوده و از طرف دیگر ون قسمت گلوگاه ثابت می باشد ذرات در این قسمت جمع شده و پس از مدتی گلوگاه را پر کرده و عمل خرد کردن را متوقف می کنند.

فلوتاسیون

تعلیظ مواد معدنی توسط فلوتاسیون یکی از مهمترین طرق عملی موجود می باشد معهدا عمل فلوتاسیون یک طریقه جدید نبوده و دارای سابقه تاریخی زیادی می باشد. مزیت عمده فلوتاسیون بر سایر طرق پر عیار کردن آن است که سنگهاییکه عیار آنها بسیار کم می باشد ممکن است توسط این طریقه عمل شده و نتایج نیکوئی بدست آورد.

مزایای عمده طریقه فلوتاسیون بر طرق فیزیکی عبارتند از: در طرق فیزیکی که اکثراً بر اساس وزن مخصوص گذاشته شده است چنانچه اختلاف وزن مخصوص ماده معدنی مورد نظر با گانگ زیاد نباشد عملاً پر عیار کردن نتیجه نیکویی نداشته و تلفات فلز در تیلینگ زیاد خواهد بود و از طرف دیگر عیار قسمت پر عیار شده نیز بالا نخواهد بود در صورتیکه د طریقه لوتاسیون چون جریان کار بستگی به وزن مخصوص ندارد عمل جدا کردن تقریباً کامل می باشد. در فلوتاسیون چنانچه یک سنگ معدنی شامل چند ماده معدنی باشد می توان آنها را به ترتیب از همدیگر جدا نموده و چندین محصول پر عیار شده بدست آورد که هر یک از آنها شامل یکی از مواد معدنی بوده و عیار سایر مواد معدنی در آن بسیار کم می باشد این عمل که فلوتاسیون انتخابی نام دارد عملاً در دستگاههای فیزیکی غیر ممکن است یا آنکه نتیجه خوبی ندارد و در مقابل جمیع این مزایا باید ذکر کرد که طریقه فلوتاسیون یک طریقه گران بوده و چنانچه مقدار و حجم کار از مقدار معین کمتر باشد مخارج فلوتاسیون بالا رفته و بکار بردن آن مقرون بصرفه نیست. در صورتی که مورد دستگاه بر اساس خواص فیزیکی و شیمیایی مطبوع و فصل مشترک جامدات در یک محیط سیال و یک گاز که معمولاً هوا می باشد استوار است.

اصول فلوتاسیون

ذرات جامدی که در حالت ایده آل متشکل از یک فاز می باشند در داخل آب بحالت معلق در می آیند. این پالپ (مخلوط جامد - سیال) با بعضی مواد شیمیایی که نقش آنها هیدروفوب (آبران) کردن سطح جامد معینی است تهیه می شود. اثر مواد شیمیایی که نقش آنها این است که سطح جامد گرایش جذب بیشتری به هوا نسبت به آب داشته باشد. مواد سمی که باعث هیدروفوب شدن سطح جامد می شوند کلکتور نامیده می شوند و سایر مواد شیمیایی که در فلوتاسیون مصرف می شوند و نقش عمده آنها انتخاب کردن عمل کلکتور است، اطلاق کننده نام دارد. در خاتمه فاز آمادگی (Conditioning)، سطح ذرات که متشکل از یک فاز جامد می باشد و باید جدا شود به تنهائی هیدروفوب شده است. پالپی که بدین ترتیب آماده شده است بداخل سلولهای فلوتاسیون منتقل می شود. سلول فلوتاسیون عبارتست از ظرفی که دارای بهم زدن و دیاگرام یا الکترونیایی برای پراکندن یا ایجاد حباب هوا در پالپ می باشد. حبابهای هوا که ابعاد

آنها توسط خود دستگاه شدت بهم زدن و حضور مواد شیمیایی موثر در فصل مشترک مایع گاز (کف ساز) قابل کنترل می باشد روی ذراتی که سطح آنها هیدروفوب شده است متصل می شوند. در اثر نتیجه نیروی ارشمیدس مجموعه ذره و حباب هوا به سطح پالپ منتقل می شود. با توجه به مقدار و نوع کف ساز مصرف شده میتوان کفی باندازه کافی پایدار در قسمت خروجی سلول فلوتاسیون بدست آورد. این کف حاوی ذرات جامد هیدروفوب می باشد که با خارج کردن آن از سلول تشکیل محصول پر عیار شده را میدهد.

معرفهایی که در فلوتاسیون بکار می روند به هشت دسته تقسیم می شوند:

الف- تنظیم کننده ها (Regulators): این معرفها درجه اسید بودن یا بازی محلولها را تنظیم نموده و PH محیط را ثابت نگه دارند. اکثراً عملیات فلوتاسیون در محیط قلیایی انجام می گیرد و فلوتاسیون در محیط اسیدی بسیار نادر می باشد. زیرا وجود اسید باعث خورده شدن فلزات دستگاههای فلوتاسیون می شود. از طرف دیگر روی سنگ معدنی نیز تاثیر نموده و ممکن است فرمول شیمیایی آنرا تغییر دهد. معرفهایی که در این دسته بیشتر بکار می روند عبارتست از آهک و کربنات دو سود. برای محیط های اسیدی از اسید سولفوریک برای خنثی نمودن محلولهای قلیایی استفاده می کنند تا به VPH برسند و گر نه استعمال اسید سولفوریک برای اسیدی نمودن محلولها مورد استعمال چندانی ندارد.

ب- کف سازها: این مواد شامل اجسام آلی هستند که در محیط فلوتاسیون تولید کف می کنند. برای تولید کف در مرحله اول باید جسم آلی که معمولاً یکنوع روغن می باشد جذب حباب هوا نموده و کف را تشکیل می دهند. پس برای تشکیل کف علاوه بر جسم آلی هوا نیز از عناصر اصلی تشکیل دهنده کف می باشد. عمل جسم آلی در ایجاد کف فقط تشکیل قشر نازکی برای حباب هوا می باشد که در درون آن حباب هوا محبوس بوده و این قشر نازک که از ماده آلی تشکیل شده در روی سطح آب از کشش سطحی آب می کاهد ولی مواد معدنی تاثیر بسیار کمی دارند و مقدار زیادی مواد معدنی لازم است تا کمی کشش سطحی آب را بالا ببرند. در فلوتاسیون کف کننده ای که اغلب بکار می روند عبارتند از: روغن کاج که از بخار تقطیر شده چوب درخت کاج بدست می آورند، اسیدکرزیلیک و روغنهایی که از تقطیر چوب یا ذغال بدست می آیند.

پ- رسوب دهنده ها : این دسته معرفها اجسامی هستند که اضافه کردن آنها به محیط فلوتاسیون باعث می شود که بعضی از سولفورها یا کانی ها در مجاورت این اجسام شناور نشود. در این اجسام آلی که دارای این خاصیت می باشند باید از اجسام زیر نام برد: ژلاتین، گازیئین، نشاسته، کبراکو، ولی قویترین رسوب دهنده ها را باید در بین مواد معدنی جستجو نمود که عبارتند از: سولفات روی، سو لفور سدیم، روی کوماتها، ایندرید سولفورو، آب آهک، سولفیت دو سود.

ت- کلکتورها: اجسامی هستند که به مقدار کم به سلولهای فلوتاسیون اضافه شده و تشکیل یک قشر نازک در روی ذرات کانی می دهند و باعث می شوند که ذرات جذب حباب هوا نموده و شناور شوند.

ث- تقویت کننده ها: موادی هستند که خاصیت شناور شدن بعضی از مواد معدنی را تقویت می کنند بطوریکه یک کانی که قبلاً شناور نمی شد با اضافه نمودن این مواد شناور می شود.

ج- دوباره شناور کننده ها: اجسامی هستند که همیشه در فلوتاسیون انتخابی بکار می روند و باعث دوبار شناور کردن ذرات معدنی که در مرحله اول فلوتاسیون انتخابی رسوب داده شده اند می شوند.

چ- خیس کننده ها: موادی هستند که مستقیماً در شناور کردن ذرات کانی تاثیری ندارند بلکه تاثیر آنها بیشتر در رسوب دادن گانگ ها می باشد و یا آنکه تاثیر سایر مواد را روی تقویت خاصیت شناور شدن گانگ خشی می کنند.

ح- سمها و ضد سمها: بعضی از اجسام در محیط فلوتاسیون خاصیت سم داشته و وجود کمی از آن باعث می شود که عمل فلوتاسیون متوقف گشته و ذرات کانی بکلی خاصیت شناور شدن خود را از دست بدهند.

ماشین فلوتاسیون

ماشین بهم زدن مکانیکی: در این ماشین ها مخلوط مواد با آب و معرفهای مربوطه توسط بهم زندهای مکانیکی بشدت مخلوط می شوند این دستگاهها در مورد سنگهای معدنی یا معرفهایی که زمان cofotioning زیادی لازم دارند دارای راندمان بیشتری بوده و از طرف دیگر با این ماشین ها می توان ذرات نسبتاً درشتی را شناورنمود. این دستگاهها عبارت است از سلولهایی است که معمولاً بطور سری قرار گرفته و در داخل

آنها یک بهم زن مکانیکی مخلوط را بهم می زند. هوا در اثر گردش پروانه بهم زن بداخل مخلوط کشیده می شود و در بسیاری از ماشین ها همین کشش برای دمیدن هوا بداخل مخلوط کافی است ولی در بعضی از دستگاههای بزرگ باید هوا را توسط کمپرسور بداخل مخلوط رمید. بهم زن مکانیکی با سرعت های بین 250 تا 500 دور در دقیقه گردش نموده و قطر قسمت بهم زن آنها در انتها 30-60 cm می باشد. ظرفیت این دستگاهها 500-50 تن در روز می باشد.

در دستگاههای فلورسانس اشعه x نخست اشعه ای را با طیف وسیع انرژی تولید می کنند و این طیف پر انرژی را به جسم می تابانند اتم های مختلف موجود در قطعه با گرفتن امواج پر انرژی در یال های جذب (طول موج هایی که در آن طول موج ها مقدار جذب ماکزیمم است) تحریک خواهند شد و الکترونهای خود را به مدارات بالاتر خواهند فرستاد و متعاقباً الکترونهای دیگری جایگزین آن الکترونهای بیرون جهیده خواهد گشت و طول موج هایی ساطع خواهد شد که آن طول موج ها از مشخصه های آن عناصر بوده و با فلورانس اشعه x پی به حضور عناصر مختلف در قطعه و شناسایی آنها خواهیم کرد.

ابتدا قطعه را پودر کرده و پرس می کنند سپس آنها را درون ظرف قرار می دهند که سپس اشعه x را به ظرف می تابانند که اتم های آن را تحریک می کند و شروع به ساطع کردن اشعه های مربوط به خود می کنند (O, Si, AL تحریک می شوند) که هر کدام در انرژی مربوط به خود تحریک می شوند و از مدارات مختلف الکترونیایی بجای الکترونهای تحریک شده قرار می گیرد و انرژی ساطع می کنند که این انرژی ها مثبت می کنند و اساس شناسایی عناصر با X-ray فلورسانس می شود و می توان فهمید که مثلاً Si ساطع کرده یا AL. از روی مقدار اشعه می توان مقدار عناصر را پیش بینی کرد. روی مونیته ها اشعه های ساطع شده بررسی می شود. سپس از طریق جدول تناوبی طول موج های عناصر را تعیین می کنند. بعضی از عناصر پیکهای قوی و بعضی پیکهای ضعیف می دهند که این بخاطر طبیعت خود عناصر است که هر چه این عناصر حضورشان زیاد باشد پیکهای قوی تر می شود سپس آنها را کالیره می کنند.

در شناسایی مقدار عناصر یا تجزیه کمی با X-RF سه موضوع وجود دارد: یکی طبیعت عناصر در جذب انرژی و ساطع کردن انرژی که برای یک عنصر پیکهای قوی تر و برای عنصر دیگری ضعیف تر است. دوم مسئله حضور عناصر و مقدار آنهاست که هر چه بیشتر وجود داشته باشد پیکهای قوی تری ساطع می کند.

(منظور از شدت بیشتر مساحت زیر منحنی آن پیک است) و بهترین راه اندازه گیری آن بعد از انتگرال گیری که توسط کامپیوتر در مواردی انجام می شود از طریق هندسی ضرب کردن ارتفاع پیک در پهنای آن در نصف ارتفاع است. با وجود مقدار بیشتری از عنصر ما طبعاً پیکهای قوی تری داریم. دومین مسئله که ایجاد مشکل می کند حضور سایر عناصر در کنار عنصر مورد نظر است که مقدار جذب متفاوتی دارد. برای روشن شدن موضوع سوم فرض کنید، 10٪ Si در کنار 90٪ Li دارید و در نمونه دیگری 10٪ Si در کنار 90٪ Ca دارید. اگر چه در مورد هر دو نمونه 10٪ Si داریم ولی پیکهای آن در نمونه اول قوی تر می شود زیرا کمتر از Ca اشعه را جذب می کند. بنابراین مقدار بیشتری اشعه می تواند در اختیار سیلیسیم قرار گیرد. چیزی که ما دریافت می کنیم انرژی ساطع شده می باشد. با داشتن متغیرهای مختلف ما باید برای آنالیز کمی نمونه های خود را با منحنی های کالیبره یا هم سنجی بسنجیم. مثلاً اگر نمونه ما ترکیبی از Si و Ca است نمونه های مصنوعی با مثلاً 10٪ و 30٪ و 50٪ و 70٪ و 90٪ Si و بقیه Ca تهیه می کنیم و بعد از آزمایش منحنی آنرا می کشیم پس از آن نمونه مجهول را آزمایش کرده و پیک آنرا روی محور عمودی برده و در محور افقی درصد آنرا می خوانیم.

فهرست منابع و مآخذ

1. مطالعه ای بر روی روشهای مختلف اندازه گیری طلا در مواد معدنی، خانم مینا بناکار
 2. چگونگی تشکیل طلا در رگه های معدنی منطقه موته، آقای دکتر حسین پایدار
 3. مواد نسوز در کوره های دوار، مهندس منوچهر بکائیان
 4. آنالیز حرارتی و کاربرد آن، Frantisek Tomsu
 5. آزمایشات فیزیکی مواد اولیه و فراورده های نسوز مرکز تحقیقات و آزمایشگاه نسوز- رضا متفکر
- فرد
6. مواد نسوز صنعتی و ویژگیهای آنها (DIDIER)، دکتر طاهر محمودیان (مترجم)
 7. کاربرد آنالیز حرارتی در زمینه سرامیکهای فنی - E. Kaisersberger - J. Janoschek، مهندس حسین امامی (مترجم)
 8. کانه آرایبی، جلال تجدد (تهیه کننده)