

به نام خدا



# مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



# بتن های دیرگداز

دیرگدازهای سرامیکی

## مقدمه

تا چندی پیش، تقریباً همه آسترهای مقاوم در درجه حرارتهای بالا بصورت آجرهای از پیش ریخته و پخته شده با ابعاد نسبتاً کوچک و طرحهای مختلف ساخته می شد. مهمترین استثناء در این زمینه استفاده محدودی از بتن ها بود که به عنوان ملات، بتن کوبیدنی، بتن پاششی و پوششی برای کارهای تعمیراتی و سطحی بکار می رفت. اما در حال حاضر این جرمهای دیرگداز رواج بسیار زیادی یافته اند. بطوریکه امروزه بتن های دیرگداز نه تنها در صنایع متالورژیکی و سرامیکی مثل تولید آهن و فولاد و فلزات غیرآهنی، ریخته گری، کک سازی و... کاربرد وسیعی دارند بلکه جای خود را به نحو وسیعی در صنایع شیمیایی، برق هسته ای، هواپیمایی و حتی مصارف خانگی باز کرده است. دامنه وسیع کاربرد استحکام حرارتی بتن های دیرگداز و وسعت کارایی، اهمیت این جرم نسوز را نشان می دهد. استفاده از بتن در دمای بالا به کارهای مهندسین ساختمان در اوایل قرن بیستم برمی گردد و تا اوایل قرن بیستم هیچ توجه اساسی به این نوع مواد دیرگداز نشد. با شروع دهه ی ۱۹۳۰ افزایش قابل ملاحظه ای در تحقیق و توسعه در تعدادی از کشورها از جمله آمریکا و آلمان در این زمینه به چشم می خورد.

در واقع تا پایان جنگ جهانی امکاناتی که بتن های دیرگداز می توانستند در اختیار بشر قرار دهند، شناخته نشده بود.

## تعریف بتن های دیرگداز

بتن در مفهوم وسیع به هر ماده یا ترکیبی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد گفته می‌شود. این ماده چسبنده عموماً حاصل فعل و انفعال سیمانهای هیدرولیکی و آب می‌باشد.

بتن های دیرگداز بتن هایی هستند که خواص مکانیکی و فیزیکی آنها حتی بعد از مدت زمان زیادی که حرارت‌های بالا دید تا حد قابل قبولی باقی بماند. این بتن ها در درجه حرارت معمولی دارای اتصالات هیدرولیکی هستند و وقتی پخته می شوند (حرارت می بینند)، از مرحله اتصال هیدرولیکی به اتصال سرامیکی تبدیل می شوند، بدون آنکه استحکامشان کاهش پیدا کند . از دیدگاه متخصصان، بتن دیرگداز دارای ویژگی های خاص خود در نحوه تولید و کاربرد است. تکنولوژی مواد دیرگداز را می توان اینگونه ترسیم کرد: در آوردن مواد به شکل دلخواه و سپس خشک کردن در یک مدت زمان طولانی و نهایتاً در آتش قرار دادن، در حالیکه تکنولوژی بتن دیرگداز عبارت است از تهیه مخلوط، ریختن و لرزش که سرانجام در زمان کوتاهی خشک می شود. استحکام مورد نیاز بدون پختن بدست می آید بدین وسیله قادر به تولید شکلهای پیچیده و مختلف بدون ترک و تغییر فرم هستیم. در حال حاضر مزایای بتن های دیرگداز بر مواد دیرگداز معمولی برکسی پوشیده نیست. جاذبه های مختلف از قبیل صرفه جویی در هزینه های ساخت، تولید فراوان تر، وسعت کمتر کارخانجات مربوطه، سهولت استعمال، امکان استفاده به صورتهای متنوع و مختلفی چون ریخته گری در محل، پیش ساخته، ریخته گری به صورت آجر، بلوک ستونهای یکپارچه، ملات، مواد پاششی و . . . استحکام بالا حتی در حالت خام، امکان بکارگیری اجزای بزرگ در ساختمان کوره ها، کاهش زمان تعمیر آستر کوره ها، مقاومت سایشی بهتر، مقاومت در برابر حملات شیمیایی، شوکهای حرارتی، دوام و پایداری پوششها، سهولت در حمل و نقل و... همه و همه در گسترش روز افزون استفاده از این بتن تاثیر داشته است.

<u>نوع بتن</u>	<u>درجه حرارت</u>	<u>درجه حرارت کار</u>
بتن با دیر گذاری پائین	کمتر از ۱۵۰۰	۲۰۰-۱۱۰۰
بتن با دیر گذاری متوسط	۱۷۹۰-۱۵۰۰	۱۱۰۰-۱۳۰۰
بتن با دیر گذاری بالا	بیشتر از ۱۷۹۰	بیشتر از ۱۳۰۰

## مشخصات و ویژگی های بتن های دیرگداز

مخلوطهای بتنی از نظر کارخانجات دیرگداز، مخلوطهای خشک شدنی در هوا هستند که از مواد اولیه مقاوم در برابر حرارت با اندازه دانه بندی (۳۰-۰ میلیمتر) و سیمان تشکیل شده اند .  
-عواملهای چسبندگی در چنین بتن هایی، چسبهای هیدرولیکی (معمولاً سیمانها) یا چسبهای غیرهیدرولیکی (مثل چسب شیشه) است. این نوع بتن ها، موادی هستند که دارای فسفات، چسب شیشه، ماگنزی (پریکلاس) هستند.

استحکام مورد نیاز بدون پخش بدست می آید و بدین وسیله قادر به تولید شکلهای پیچیده و مختلف از این بتون ها هستیم.

## خواص بتن های دیرگداز

بتن های دیرگداز خود خواص معینی را دارا می باشند که آگاه بودن از آنها نیز مهم است، بعلاوه در نظر داشتن آنها در هنگام انتخاب مواد و دستیابی به درک صحیح از رفتار بتن تحت شرایط کاری ضروری است. مهمترین این خواص در طبقه بندی زیر گنجانده شده است:  
- خواص فیزیکی و مکانیکی: مهمترین خواص فیزیکی و مکانیکی: چگالی، تخلخل، قابلیت هدایت حرارتی و انبساط حرارتی می باشد.

وزن مخصوص: وزن مخصوص بتن های مقاوم در برابر حرارت (دیرگداز) تابعی از ترکیب آنها، نمونه سیمان، پرکننده، مخلوط و نسبت های آنها می باشد.

- چگالی: چگالی بتن های نسوز تابعی از دانسیته، غلظت های مواد تشکیل دهنده و حجم تخلخل موجود در بتن است.

تخلخل و نفوذ پذیری: چگالی و تخلخل نسبت معکوس با یکدیگر دارند، هر چند اغلب در استفاده های عملی مجموع تخلخل مواد نسوز مهم نبوده بلکه مورد مصرف نسبت تخلخل بسته به تخلخل باز (ظاهری) که در تماس با اتمسفر است می باشد. بعد از پختن تخلخل زیاد می شود، زیاد شدن تخلخل بستگی به عواملی دارد که مهمترین آنها، دما و سطح واکنش است که بین عامل اتصال و پرکننده رخ می دهد. نفوذپذیری نیز تابعی از قطر و تخلخل بوده، نسبت آب به سیمان نیز عامل مهمی در نفوذپذیری است.

- انبساط حرارتی: ضریب انبساط حرارتی بتن های دیرگداز به مقدار زیادی به ضریب انبساط پرکننده ها بستگی دارد.

گرمای ویژه: در بتن های دیرگداز ظرفیت حرارتی پرکننده ها معمولاً به عنوان فاکتوری تعیین کننده در ترکیب اصلی محاسبه می شود. گرمای ویژه پرکننده ها باید بدون هیچ خطای محسوسی تعیین شود.

- هدایت حرارتی: هدایت حرارتی مواد دیرگداز یک خاصیت پیچیده است که به هدایت حرارتی اجزای تشکیل دهنده و همچنین به نحوه تراکم، تخلخل و درجه حرارت بستگی دارد.

- مقاومت سایشی و فرسایشی: در بسیاری از استفاده های صنعتی مواد دیرگداز، ساییده شدن و فرسایش مطرح است. در فرسایش تمام سطح ماده مورد حمله قرار می گیرد ولی در حالت سایشی فقط فازهای منیرالی که کمترین مقاومت را دارند مورد حمله قرار می گیرد. بنابراین یک رابطه مستقیم بین مقاومت فشاری با مقدار سیمان از یک طرف و میزان سایش از طرف دیگر وجود دارد.

- خواص شیمیایی: در علم دیرگداز واژه خواص شیمیایی که بکار برده می شود شامل رفتار مواد دیرگداز در ارتباط با سایر مواد است، که آستر با آنها تماس پیدا می کند، این امر

همچنین شامل خوردگی شیمیایی بوسیله مواد مذاب و ورود مواد خارجی بداخل آنها است که باعث تغییر خواص آنها می شود. برای بتن دیرگداز می توان، خواص شیمیایی را در حوزه های زیر بررسی کرد -رفتار بتن ها در حضور سرباره های حاوی اکسیدها و مواد مذاب -رفتار در برابر فلزات مذاب -رفتار در حضور گازها.

## تقسیم بندی بتن های دیرگداز

طبقه بندی جرم های نسوز براساس تک تک ویژگی های اصلی آنها که معمولاً دارای محدودیت هستند، انجام می شود. مواد اولیه مصرفی، همچنین روش های ساخت و کاربرد، فاکتورهای دیگری هستند که معیارهای طبقه بندی جرم های نسوز را تشکیل می دهند. از طرفی دیگر جرم های نسوز را می توان براساس درجه حرارت کار، نوع عامل های اتصال (چسبانده)، نوع مواد پرکننده نیز تقسیم بندی کرد.

## تقسیم بندی براساس نوع اتصالات

- بتن های دیرگداز ساخته شده از سیمان سرباره.
- بتن های دیرگداز ساخته شده از سیمان آلومینایی.
- بتن های دیرگداز با عامل چسباننده چسب شیشه.
- بتن های دیرگداز با عامل چسباننده ماگنیزیا
- بتن های دیرگداز با عامل اتصال هیدرولیکی
- بتن های دیرگداز با عامل اتصال شیمیایی

## تقسیم بندی براساس نوع مواد پرکننده

- بتن های دیرگداز با مواد پرکننده غیرمقاوم در برابر حرارت
- بتن های دیرگداز با شاموت
- بتن های دیرگداز با آلومینات بالا، با کراندوم، با سیلیس، با مگنیزیا، با کرومیت
- ماگنیزیا و بتن های دیرگداز با کاربید سیلسیم.

## مواد اصلی بتن های دیرگداز

مواد اصلی بتن های دیرگداز عبارتند از:

- عامل چسباننده: عاملهای چسباننده یکی از مهمترین بخش های متشکله بتن های دیرگدازند که به دو دسته سیمانها و چسب ها تقسیم بندی می شوند.
- سیمان ها: سیمان های صنعتی معمولاً بعد از ذوب و آسیاب کردن بصورت پودر ریزی در می آیند که هم دارای ساختمان کریستالی و هم غیرکریستالی هستند. از انواع سیمان ها که بطور معمولی تهیه شده و در ساخت بتن های دیرگداز استفاده می شود: سیمان پرتلند، سیمان پرتلند آهن، سیمان کوره بلند، سیمان آلومینای معمولی (صنعتی) و سیمان آلومینای بالا را می توان نام برد. سایر سیمان ها اهمیت محدود داشته و در تحقیقات علمی بکار برده می شود.

اجزاء اصلی سیمان ها عبارتند از:  $Al_2O_3, CaO, SiO_2, Fe_2O_3$ . سیمان ها را به طور کلی میتوان به دو دسته تقسیم نمود:

### ۱- سیمان های سیلیکاتی

مثال: پرتلند معمولی، سیمانهای سرباره



## ۲- سیمان های آلومینایی

جزء اصلی سیمان ها  $Al_2O_3, CaO, SiO_2$  است، لذا برای بیشتر سیمان های معمولی ، میتوان براساس سیستم سه تایی  $Al_2O_3, CaO, SiO_2$  خواص آنها را توجیه کرد.

### ۱-۲ سیمان پرتلند

سیمان پرتلند نوعی سیمان هیدرولیک است که از پودر کردن کلینکری که عمدتاً از اکسیدهای سیلیسی، آلومینیومی و آهنی که عامل تشکیل ترکیبات سیلیکاتی و آلومیناتی سیمان پرتلند می باشند، بدست می آید.

### تولید بتن

تمام عملیاتی که باید صورت گیرد تا بتن خیس آماده شود قبل از اینکه شکل نهایی را پیدا کند، تکنولوژی بتن گفته می شود. مهمترین قسمت این عملیات عبارتند از فرمول بندی ومخلوط کردن آب سیمان و شاموت است به نحوی که قابل شکل دادن باشد.

از دیدگاه نحوه تولید بتن می توان آن ها را به طرح اختلاط خشک و طرح اختلاط تر مجزا کرد.

در طرح اختلاط خشک، در ایستگاه تولید، سیمان و سنگدانه ها با یکدیگر طی نسبت های وزنی مورد نیاز به صورت خشک ترکیب شده، پس از انتقال به مخلوط کن به مخلوط خشک، آب اضافه شده و با چرخیدن میکسر، مخلوط بتن آماده بهره برداری می گردد. در کامیون های مخلوط کن که برای حمل بتن از این نوع ایستگاه ها استفاده می شود، باید مخزن نگهدارنده آب نیز بر روی آن نصب شده باشد.

در طرح اختلاط تر، دانه های سنگی، سیمان و آب در دیگ بتن که در ایستگاه تولید قرار دارد ترکیب شده و بتنی که به کامیون مخلوط کن (تراک میکسر) منتقل می شود بلافاصله آماده استفاده است. در ایران سیستم طرح اختلاط تر متداول تر از سیستم طرح اختلاط خشک

است. در ادامه بخش‌های ایستگاه طرح اختلاط تر، برای تولید بتن معمولی که در اغلب کارگاه‌های بتن سازی رایج است، آورده شده است.

### ترکیب مواد برای ساختن بتن مقاوم در برابر حرارت

ترکیب مواد بتن های مقاوم که از سیمان آلومینا استفاده می شود :

سیمان آلومینایی	۵۰ کیلوگرم
شاموت نپخته ی ۰ تا ۳ میلیمتر	۱۱۰ کیلو گرم
شاموت پخته ی ۳ تا ۸ میلیمتر	۱۱۰ کیلوگرم

نسبت سیمان به آب تقریبا ۶/۰

در صورتی که سیمان پرتلند نوع ۳۵۰ مصرف شود ترکیب زیر استفاده می گردد :

سیمان پرتلند ۳۵۰	۵۰ کیلوگرم
شاموت نپخته ی ۰ تا ۳ میلیمتر	۵۷ کیلوگرم
شاموت پخته ی ۳ تا ۸ میلیمتر	۹۰ کیلو گرم
سر باره ی کوره ۰ تا ۳ میلیمتر	۶۰ کیلو گرم
کلی ۰ تا ۱ میلیمتر	۱۳ کیلوگرم

نسبت آب به سیمان تقریبا ۷/۰

مخلوط دیگری که نسبت سیمان به شاموت آن برابر ۸۰/۲۰ است در دو نوع شاموت با مشخصات زیر مورد استفاده قرار می گیرد

نقطه ی ذوب = ۱۷۳۰ = شاموت نوع یک

نقطه ی ذوب = ۱۶۸۰ = شاموت نوع دو

- چسب ها: در اکثر موارد یک چسب مناسب یا ترکیبی از چسب ها به مخلوط های پودری افزوده می شود. این چسبها استحکام کافی قطعات خام را در هنگام اجرای تمام مراحل فرآیند ساخت و حتی در مرحله مصرف تامین می کند. انواع چسب ها عبارتند از: چسب شیشه، چسب های ماگزیایی، دولومیت، اسید فسفریک و فسفات.

مواد پرکننده: خواص حرارتی بتن های درجه حرارت بالا به مقدار زیادی بوسیله مواد پرکننده تامین می شود. بنابراین با انتخاب مواد مناسب مقاوم در برابر حرارت، امکان تهیه بتن هایی با مقاومت حرارتی بالا وجود دارد. در بتن نسوز تنها مواد درشت تر که دارای اندازه دانه های بزرگتر از ۲/۰ میلیمتر می باشد باید مورد استفاده قرار گیرد. مواد پرکننده ریز که دانه های آن کوچکتر از ۱/۰ میلیمتر است به عنوان تثبیت کننده (مخصوصاً در بتن دیرگداز ساخته شده با سیمان پرتلند) مورد استفاده قرار می گیرند. انواع پرکننده ها را می توان بصورت زیر نام برد:

پرکننده های معدنی، خاک نسوز پوک شده، شاموت، موادی با آلومنیای بالا، کراندوم، دولوما، کرومیت و کرومیت منیزیت، فورستریت و کاربید سیلسیم.

- **افزودنی ها:** افزودنی های خاص به منظور بهبود کارپذیری و شکل دادن و یا کنترل ریز ساختار و محصولات دیرگداز برای دستیابی به خواص ویژه بکار گرفته می شوند. افزودنی ها تحت عناوین مواد پرکننده و چسب ها قرار نمی گیرند. عمده ترین افزودنی ها مواد پودری شکل هستند که تثبیت کننده سرامیکی نیز نامیده می شوند و برای بتن های ساخته شده با سیمان پرتلند و چسب شیشه بکار می روند.

آب دو نقش اساسی دارد:

۱- مخلوط خشک مواد پرکننده و عامل چسباننده را قابل مصرف می سازد.

۲- با عامل چسباننده واکنش انجام داده و واکنش های آگیری (هیدراسیون) و سخت شدن (گیرش) را سبب می شود.

نسبت آب در هر یک از بتن هایی که احتیاج به آب دارند باید بدقت مراعات شود.

## انواع بتن های دیرگداز

انواع بتن های دیرگداز را می توان به صورت زیر نام برد:

- بتن های دیرگداز با عامل اتصال سیمانی.
- بتن های دیرگداز با عامل اتصال چسب شیشه
- بتن های دیرگداز ساخته شده با چسب منیزیایی.
- مواد دیرگداز شبه بتنی با عامل اتصال فسفات.
- بتن مسلح دیرگداز

بتن های دیر گداز ساخته شده با سیمان پرتلند و سیمان سرباره :

سیمان پرتلند از لحاظ رفتار شیمیائی حرارتی اساسا با سیمان آلومینیائی متفاوت است در حالی که سیمان سرباره جائی بین این دو قرار می گیرد , یکی از این مهمترین عوامل این است که آهک آزاد در اثر حرارت در سیمان پرتلند ظهور می کند .

در یک حالت معین ممکن است خواص آن و حد استفاده از آن تغییر کرد باید در تهیه ی بتن از سیمان پرتلند مراحل معینی را طی نمود .

مشکل آهک :

هیدراته شدن سیلیکات های بازی که مهمترین مینرال های کلینگر را تشکیل می دهند منجر به تشکیل می دهند منجر به تشکیل فاز هائی شبیه توبرمریت و آزاد شدن مقادیر زیادی  $\text{Ca(OH)}_2$  می شود. در مورد سیمان سرباره و سیمان پوزولانی بی شک این مقادیر به علت حجم کم کلینگر سیمان پرتلند و ترکیب آهک آزاد با سرباره یا پوزولانی بی اهمیت است . وقتی که درجه ی حرارت به ۵۰۰ درجه ی سانتیگراد افزایش می یابد هیدرات کلسیم آب ترکیبی خودش را از دست می دهد و به  $\text{CaO}$  خیلی فعال تبدیل می شود ممکن است وقتی این  $\text{CaO}$  خنک می شود با رطوبت موجود در هوا وارد واکنش شده که منجر به تشکیل مجدد  $\text{Ca(OH)}_2$

بشود و به دنبال آن باد کردن سمت و بنابر این تخریب ساختار سخت شده صورت می گیرد .

دانسیتته ی  $\text{CaO}$  برابر  $73/3 \text{ gr/cm}^3$  می باشد در حالی که دانسیته ی  $\text{Ca(OH)}_2$  برابر با

$146 \text{ gr/cm}^3$  است بنا بر این  $\text{CaO}$  با عمل هیدراته شدن تقریبا ۴۴٪ منبسط می شود .

احتمال دیگر آن است که آهک در درجه حرارت بالا یا برای اولین بار که درجه ی حرارت آن بالا برده می شود یا در حین استفاده ترکیب شود .

به این ترتیب در طول واکنشهای پیرو شیمیائی با موادی با دانه های خیلی ریز ترکیب شود .

این موضوع مثل سابق با استفاده از سرباره ها و پازولانی ها نیز قابل حصول است ولی در تکنولوژی بتن دیر گداز از مواد مصرفی معمولا دانه های خیلی ریز و مقاوم حرارت تثبیت کننده ی سرامیک هستند مهمتر از این نوع واکنشها حتما با تجمع افزایش ماده همراه هستند ولی تاکنون هیچ اثری از امکان باد کردن "blowing" مشاهده نشده است .

تشکیل فاز های جدید :

وقتی سیمان نسوز حرارت داده می شود واکنش هایی اتفاق می افتد که از یک طرف با تجزیه ی ساختمان سخت شده مشخص می شود که همزمان و توام با تشکیل فاز های جدید می باشد . و از طرف دیگر با واکنش بین این فاز های بینا بینی و مواد اضافه شونده و پر کننده ها .

از جمله تاثیرات مهم روی خواص بتن دیر گداز پیدایش مینرال جدید مختلف است که در پروسه های نهایی در اثر ترکیب با پر کننده های ریز خاک نسوز بوجود می آید . تجزیه ی سیمان سخت شده بین ۲۰۰ تا ۸۰۰ درجه ی سانتیگراد اتفاق می افتد که با پس دادن آبی که بصورت (gel) و در بین لایه های فاز تو برمریت مانند موجود است شروع می شود .

در درجات خیلی بالا دوباره آهک آزاد شده قدری کاهش می یابد چون تحت واکنش هایی مانند  $CS \rightarrow C_2S$  قرار می گیرد اما این واکنشها هیچ گاه به طور جداگانه انجام نمی شوند بلکه همیشه در سیمان همراه با واکنشهای بین اجزای

ترکیبی سیمان و مواد پرکننده اتفاق می افتد این نوع واکنشها در فاز جامد قبل از این که هیچ ماده ای ذوب شود بین درجه حرارت تخمینی 800 C تا 700 C روی دهد .

## مزیت های بتن دیرگداز نسبت به نسوزهای معمولی

مصرف بتن های دیرگداز با قاب فلزی این امکان را بوجود می آورد که از پوشش یک لایه بتنی استفاده شود و از مصرف آجرهای چند لایه و پیچیده جلوگیری شود، بعلاوه به علت سادگی کار صرفه جویی زیادی در زمان ساخت خواهد داشت.

- برای مصرف کننده به علت عوامل زیر کاهش هزینه در بردارد:

- کاهش تعداد کارگر لازم.

- کاهش زمان ساخت و تعمیر پوشش های لازم.

- صرفه جویی در هزینه و بهبود تولید.

در مقایسه با آجرهای نسوز بتن های دیرگداز اغلب در مقابل حملات شیمیایی مقاومت بالا دارند.

ساییدگی و سایش کمتر و سیکل های حرارتی و سادگی مصرف، باعث افزایش روز افزون استفاده از این نوع جرم دیرگداز شده است.

عواملی در تولید بتن دیرگداز وجود دارند که سبب کاهش هزینه تولید می شوند که عبارتند از: نبود یا کاهش فرآیند پرس، خشک کردن، پختن و کم کردن تعداد کارگاهها و وسایل لازم. با مصرف قطعات بزرگ پیش ساخته این امکان بوجود می آید که از این روش جهت ساخت بدنه کوره ها استفاده شود.

ساخت قطعات پیش ساخته توسط بتن دیرگداز منجر به افزایش راندمان تولید و امکان مکانیزه شدن فرآیند تولید در کارخانجات می شود.

### تاثیر تغییرات غیر قابل برگشت درجه حرارت روی خواص فیزیکی، مکانیکی بتن :

واکنشهای تجزیه و تشکیل فاز بتن دیر گداز که در نتیجه ی حرارت دادن بسیار بالا می باشد منجر تغییراتی دیگر روی خواص بتن دیر گداز می باشند .

این تغییرات بستگی به نوع عملیات حرارتی که سیمان نسوز در معرض آن قرار گرفته است و مستلزم آن است که قبل از آن که به مرحله ی نهائی برسد بوسیله ی خواص ویژه ی خودش در

مراحل میانی مشخص می شود . در مرحله ی نهایی بتن دیر گداز تحت بالاترین درجه ی حرارت قرار میگیرد و در یک پریود طولانی بطور ثابت در دمای کار قرار داده شده است که باعث می شود سیمان به مرحله ای برسد که خواص آن بازسازی شده و بعد از این در اثر تغییرات مکرر درجه ی حرارت این خواص یا کمی تغییر کند و یا ابداء تغییری نکند . این موضوع مهم است که درک صحیحی از تغییرات خواص تحت تاثیر درجه حرارت داشته باشیم تا خصوصیات سیمان در شرایطی که مصرف خواهند شد مورد ارزیابی قرار گیرند و تنها با این وسیله میتوان از مشکلات کار جلوگیری کرد .

### استحکام فشاری سرد :

سیمانها هنگامی که در معرض حرارت قرار میگیرند معمولا یک مرحله استحکام مینماید را طی می کنند. درجه حرارتی که در آن مسئله اتفاق می افتد بطور قابل توجهی بسته به نوع سیمان فرق



می کند و در بتن دیر گداز نیز ظاهراً پدیده ی مشابهی اتفاق می افتد که موقعی که حرارت داده می شوند استحکام آن ها بوسیله ی باند هیدرولیکی تعیین می شود .

زمانی که استحکام مواد نسوز پرکننده با درجه حرارت کم تغییر کند یا اصلاً تغییر نکند استحکام ساختمان بتن سخت شده در اثر تغییرات ساختمان آن تغییر می کند بنابراین ساختمان سیمان ضعیف ترین عضو سیستم میباشد که در رنج بین فاز های پیوند هیدرولیک و سرامیک قرار می گیرد و

لذا ساختمان برای تمام تغییرات استحکام ماده یک مرحله ی بحرانی است رفتار بتن نسوز معمولاً توسط تغییرات استحکام ( معمولاً منظور استحکام فشاری است ) تابع تغییر درجه ی حرارت که در پیش گرم کردن صورت می گیرد ارزیابی می شود یک روش ساده برای انجام این ارزیابی این است که استحکام فشاری سرد را بعد از این که تحت شرایط ویژه ی عملیاتی قرار گرفت اندازه گیری کنیم . به خوبی می دانیم که اگر رفتار " maxima exhibited "

که از شاموت و سیلیکا در درجه حرارت بالا ظاهر شده را به خاطر بیاوریم با این وجود نکراسف نشان داده است که استحکام فشاری داغ سیمان که از سیمان پرتلند ساخته شده به همان اندازه استحکام فشاری سرد که بعد از رسیدن به درجه حرارت محیط اندازه گیری شده باشد .

### **بتن دیر گداز با درجه حرارت بالا :**

استحکام فشاری سرد بتن دیر گداز به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهمترین آن ها عبارتند از :

عامل پیوندی ( چسب ) , نسبت مواد پرکننده به سیمان , نسبت سیمان به آب , نوع , شکل و دانه بندی مواد پر کننده - دانسیته ی نهائی میزان پایداری رطوبت سیمان و واکنش

های بین مواد پرکننده خیلی ریز با عامل پیوند. اما بطور قطع استحکام تحت تاثیر رفتار حرارتی عوامل چسبی قرار خواهد گرفت. مینرالهای کلینگر شده در این مورد تغییرات زیادی را نشان می دهند مثلاً پرکننده های خیلی ریز در تماس با رلیت " alit " هیدراته شده و C3A به مراتب موثرتر از تماس با " belit " هیدراته عمل می کند. از مشخصات این نوع بتن دیرگداز با درجه حرارت بالا آنست که ابتدا تا ۳۰۰ درجه

ی سانتیگراد استحکام افزایش می یابد و به دنبال آن در درجه حرارت های متوسط کاهش می یابد.

استحکام مینیمم در رنج ۱۰۰۰ - ۶۰۰ درجه ی سانتیگراد قرار دارد، کاهش استحکام بسیار متغیر است و تغییرات آن از ۲۰ الی ۵۰٪ مقدار اولیه می باشد.

تثبیت کننده

های سرامیکی تاثیر خیلی خوبی بر روی استحکام در درجه حرارت پائین دارند اینها

نه تنها از افت سریع استحکام جلوگیری می کنند بلکه معمولاً در رنج ۳۰۰ - ۲۰۰ استحکام را از استحکام اولیه افزایش می دهند.

نوع پر کننده های ریز مصرفی می تواند تاثیر مهمی روی استحکام داشته باشد و معمولاً به نظر می آید که شاموت در این مورد بهترین خاصیت را دارا می باشد. خاک رس نسز به همین ترتیب عمل می کند اگر نسبت صحیحی از پر کننده های خیلی ریز استفاده شود امکان آن خواهد بود کاهش استحکام را به مقادیر بسیار کوچکی برسانیم.

عامل دیگری که بر روی استحکام فشاری سیمان بعد از حرارت دادن اثر می کند زمانی است که سیمان از بدو تولید تا اولین وقتی که برای اولین بار تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد .

محققین ثابت کرده

اند که استحکام فشاری سرد بعد از حرارت دادن با گذشت زمان مانند استحکام نرمال افزایش می یابد بنا بر این هیدراته شدن کامل مینرال های کلینگر منجر به واکنش های شیمیائی مطلوبی می شود . این موضوع موقعی خوب درک می شود که یاد آوری کنیم که در نتیجه ی تشکیل ژل ها و فاز های مینرالی تجزیه شده در طول پروسس هیدراته شدن علاوه بر تشکیل هیدرات آهک موادی تشکیل می شوند که خودشان از مینرال های کلینگر فعال تر هستند .

پوشیده شدن ذرات مواد اضافه شونده و مواد پر کننده و واکنشهای مرتبی که انجام می شود و حالتی که هیدراته شدن کامل انجام شود بهتر از حالتی است که هیدرته شدن جزئی اتفاق بیفتد .

تاثیر گذشت زمان مهم است اما فقط در درجه حرارت پائین که بر استحکام هیدراته شدن اثر می گذارد و در درجه حرارت های بالا به مراتب اثر کمتری دارد .

در رابطه با هماهنگی با شرایط عمل مهم است بدانیم که کمک سخت کننده ها مثل کلرور کلسیم چه تاثیری روی خواص حرارتی و مکانیکی و دیر گدازی آن دارد . بررسی ها نشان می دهد که

برای این منظور خیلی مناسب نیست معمولا استحکام سیمان در حالتی که از کمک سخت کننده ها استفاده شده کمتر از حالتی است که در آن مصرف نشده است و تنها برای سیمان ۶۰۰ درجه مناسب است.

## کاربرد های بتن مقاوم حرارتی :

کاربرد های بتن دیر گداز در صنایع مختلفی که در درجه حرارت های بالا کار می کنند استفاده می شود . در این قسمت عنوان صناعی که از این تکنولوژی استفاده می کنند را ذکر خواهیم کرد .

بسته به نوع و کیفیت بتن دیر گداز و مواد اولیه ی ساخت آن در ممالک صنعتی از آن ها در قسمت های مختلفی استفاده می شود .

کوشش های بسیاری در کشور های شرقی صورت گرفته است که تا از این مواد در سطح وسیع تری استفاده شود در کشور آمریکا ۹٪ مواد دیر گداز مصرفی از این نوع بتن می باشد . از این نوع مواد در کشور های فرانسه ، چکسلواکی ، آلمان غربی و شرقی ، هلند ، انگلستان در کارخانجات صنعتی که در درجه حرارت های بالا کار می کنند استفاده می شود . همزمان با افزایش تولید این نوع بتن تعداد کشور های صنعتی که از این نوع بتن جهت مقاصد دیر گداز استفاده می کنند در حال افزایش می باشد .

در چند سال اخیر استفاده از آستر یکپارچه در کارخانه ها معمول شده که تمایل به استفاده از بتن های دیر گداز را بیشتر کرده است لذا مصرف این نوع مواد در هر شاخه ای از صنعت که نیاز به مواد نسوز دارند در حال توسعه و گسترش می باشند .

به همین ترتیب استفاده از این نوع مواد در ساختمان کوره ها در حال رو به رشد است زیرا هم از نظر تکنیکی و هم اقتصادی رو به رشد است .

حال به ذکر موارد استفاده از این تکنولوژی می پردازیم :

(۱) تکنولوژی کوره های معمولی

(۲) متالورژی آهن و فولاد

(۳) کارخانجات فورج ونورد

- (۴) ریخته گری
- (۵) سایر فرایندهای کا با فلزات
- (۶) کارخانجات تولید فلزات غیر آهنی
- (۷) صنایع سرامیک
- (۸) صنایع شیشه سازی
- (۹) صنایع سیمان و آهک
- (۱۰) صنایع کک سازی و تولید گاز
- (۱۱) صنعت نیرو
- (۱۲) صنایع شیمیائی
- (۱۳) فرودگاه و صنایع هواپیما سازی
- (۱۴) مهندسی هسته ای
- (۱۵) مصارف خانگی

## کاربردهای بتن دیرگداز

بسته به نوع و کیفیت بتن دیرگداز و مواد اولیه ساخت آن، در ممالک صنعتی از آنها در قسمت های مختلفی استفاده می شود. از این مواد در کشورهای آمریکا، آلمان، فرانسه، انگلیس، چکسلواکی، هلند، رومانی و چین در کارخانه های صنعتی که در درجه حرارتهای بالا کار می کنند، استفاده می نمایند. موارد کاربرد این بتن ها عبارتند از استفاده در ساخت دودکش ها، کوره های حرارتی، متالورژی آهن و فولاد، تعمیر آستر کوره ها، کارخانجات تولید فلزات غیرآهنی، صنایع سرامیکی، صنایع شیشه سازی، صنایع سیمان و آهک، صنایع کک سازی و تولید گاز، صنعت نیرو (بویلرهای حرارتی)، صنایع شیمیایی، فرودگاه و صنایع هواپیما سازی و مهندسی هسته ای و مصارف خانگی.

## پیش بینی روند توسعه

- با توجه به روند تغییرات جهانی تولید و مصرف مواد دیرگداز بخصوص جرم های نسوز در سالهای اخیر می توان ویژگی های آینده را به شرح زیر پیش بینی کرد:
  - افزایش مصرف بتن های دیرگداز
  - استفاده هرچه بیشتر از تکنیک های تعمیرات موضعی در جداره های دیرگداز به جای تعویض کامل آنها.
  - بهینه سازی روشهای تولید و تعمیر.
  - کاربرد هرچه بیشتر مواد اولیه بازیافتی از مواد دیرگداز مستعمل برای تولید محصولات جدید.
  - بهبود خواص جهت افزایش طول عمر و کشف عامل های چسباننده و پرکننده مقاوم تر در برابر حرارتهای بالا.

## نتیجه گیری

بتن های دیرگداز به مواد معمولاً غیرفلزی گفته می شوند که می توانند در درجه حرارتهای بالا پایدار باشند. بنابراین جرم های نسوز باید قابلیت حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی را در درجه حرارتهای بالا و شرایط عمل داشته باشد قدرت پایداری در درجه حرارتهای بالا اگر چه یک عامل تعیین کننده بوده ولی با این حال بتن دیرگداز باید در مقابل عوامل مخرب دیگری از جمله سایش، ضربه، شوک حرارتی، حمله شیمیایی و بار مکانیکی زیاد در شرایط دمایی بالا نیز مقاوم باشد. از طرفی دیگر طول عمر، قابل دسترس و شکل پذیر بودن، اقتصادی بودن و سهولت استعمال نسبت به دیگر مواد دیرگداز، عامل توسعه این جرم نسوز می باشد که در حال کاربرد وسیعی را برای خود در صنایع مختلف باز کرده است.