مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

مصالح ساختمانی:

عبارت است از موادی که برای ساخت و ساز و در پروژه های عمرانی استفاده می شوند.

عملیات عمرانی:

- **ساختمان های مسکونی، اداری، خدماتی و ...**
- **راه، پل، تونل و سد و ...**
- **شریان های حیاتی مثل خطوط انتقال آب، نفت، گاز و شبکه های مخابراتی**
- **یادمان های تاریخی**

منابع:

- **جزوه درسی**
- **مصالح ساختمانی تالیف مرحوم مهندس احمد حامی**
- **مصالح ساختمانی تالیف محمدرضا شاه نظری**
- **مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

دسته بندی کلی مصالح ساختمانی

دسته بندی مصالح از لحاظ جنس:

مصالح ساختمانی به طورکلی به دو دسته آلی با منشأ کربنی و موجودات زنده و غیر آلی که عمدتاً ساخته دست بشرند دسته بندی می شوند.

دسته بندی مصالح از لحاظ قدمت:

۱. **مصالح سنتی: از ابتدا مورد استفاده بوده اند.**
۲. **مصالح نوین: به نوعی نتیجه صنعتی شدن ساخت و ساز ها هستند.**

دسته بندی مصالح از لحاظ کاربرد:

۱. **مصالح با کاربرد سازه ای: دارای کارکرد سازه ای بوده و باربر می باشند.**
۲. **مصالح با کاربرد های غیر سازه ای: عمدتاً کارکرد باربری ندارند مثل انواع کاشی و قرنیز**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

دسته بندی جزئی مصالح ساختمانی

۱. مصالح طبیعی: مصالحی هستند که به صورت طبیعی در طبیعت یافته می شوند.

مصالح طبیعی شامل:

- **خاک رس**
- **خاک های غیر رسی**
- **مصالح سنگی یا سنگدانه ها- این مصالح به طور مستقیم در ساختمان استفاده شده و یا به عنوان سنگدانه در بتن استفاده می شوند.**

۲. چسباننده ها: مصالحی هستند که برای چسباندن مصالح ساختمانی دیگر مورد استفاده قرار می گیرند.

مصالح چسباننده شامل:

- **سیمان**
- **گچ**
- **آهک**
- **قیر**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

دسته بندی جزئی مصالح ساختمانی

۳. ملات ها:

- **ملات های آبی: موادی هستند که در اثر واکنش با آب خاصیت چسبانندگی پیدا می کنند و یا به عنوان خاصیت پر کنندگی از آنها استفاده می شود.**
- **ملات های هوایی: در اثر هوا یا خشک شدن، خاصیت پر کنندگی یا چسبانندگی پیدا می کنند.**

۴. قطعات: شامل سنگ، آجر، بلوک سیمانی، بلوک سفالی، پانل گچی، کاشی، سرامیک، موزائیک و شیشه

۵. فلزات: شامل آهن، چدن، فولاد، آلومینیوم، مس، روی و سرب

۶. مواد آلی: شامل قیر، آسفالت، رنگ، چسب ها، پلاستیک و پی وی سی و مواد مشابه

۷. سایر مصالح: شامل چوب و فرآورده های آن، پشم شیشه، چوب پنبه، آزبست گونی وگونی قیر اندود

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

انتخاب مصالح

فاکتورهای موثر در انتخاب مصالح عبارتند از:

۱. **رفتار سازه: شناسایی انتظارات از سازه و استفاده های آن و انتخاب مصالح مورد استفاده با توجه به آنها**

۲. **مسائل اقتصادی: انتخاب مصالح بر اساس صرفه اقتصادی طولانی مدت با در نظر گرفتن هزینه های چرخه عمر.**

- **هزینه ها شامل استخراج، تولید، توزیع، استفاده و نگهداری، ترمیم، دوریز و بازیافت**

۳. **انتخاب مصالح با توجه به شرایط تاثیر عوامل بیرونی و محیطی**

۴. **سازگاری با دیگر مصال بکار رفته و نیز زیبایی**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

نکات مورد اشاره در محث پنجم مقررات ملی ساختمان

۱. لزوم انطباق ویژگی های و روش آزمایش مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی با استاندارد ایران

۲. اجازه استفاده از استانداردهای معتبر بین المللی در مواردی که استاندارد ملی ایران وجود نداشته باشد.

۳. لزوم تامین ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی توسط تولیدکنندگان و واردکنندگان طبق استاندارد ملی یران.

۴. الزام تولید کننده، توزیع کننده و وارد کننده مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی به ارائه مدرک مربوط به انطباق محصول با استاندارد ملی ایران در صورت درخواست مصرف کننده.

۵. مجاز نبودن استفاده از مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی با ویژگی های نامشخص و غیر قابل قبول

۶. الزام طراحان و مجریان به تعیین مشخصات مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی در نقشه ها و مدارک فنی مربوطه

۷. دقت در انبار کردن مواد و مصالح و فرآورده های ساختمانی

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی

منظور از خواص مصالح رفتاری است که مصالح در طول زمان و در شرایط محیطی مختلف از خود بروز می دهند؛ بنابراین در انتخاب مصالح محل مصرف آنها و شرایط محیطی حاکم از اهمیت ویژه ای برخوردارند. این خواص شامل:

۱. خواص فیزیکی

- **خواصی هستند که به اندرکنش مصالح با شکل های مختلف انرژی و یا تعامل مصالح با انوع دیگری از مواد یا پدیده های فیزیک ربط پیدا می کند.**

۲. خواص شیمیایی

- **ویژگی های مصالح که به ساختار، ترکیبات اولیه، واکنش زایی، نحوه زوال مصالح تحت اثر شرایط مختلف و ... مربوط می شود. به طورمثال پدیده خوردگی و زنگ زدگی فولاد و آرماتور در محیط های دریایی**

۳. خواص مکانیکی

- **ویژگی هایی که رفتار مصالح را در برابر نیرو و بارهای مختلف ارزیابی می کند و یا ایجاد تنش در آنها را تحت اثر عوامل مختلف نشان می دهد.**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی

خواص فیزیک مصالح را از سه بعد کلی می توان مورد بررسی قرار داد:

۱. وضع ظاهری مصالح

۲. تاثیر مایعات و گازها بر روی مصالح

۳. مسائل حرارتی

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– ظاهری

- جرم **m**: مجموع اجزای تشکیل دهنده یک جسم بر حسب کیلوگرم یا پوند
- وزن **W**: تاثیرگذاری جاذبه مرکزی زمین بر روی اجرام بر حسب نیوتن یا اسلاگ
- حجم جامد V_s: فضایی که قسمت جامد جسم بدون محاسبه فضاهای خالی و سوراخ ها اشغال می کند.
- حجم کل **V**: فضایی که جسم جامد به همراه منافذش اشغال می کند.
- وزن مخصوص جامد: نسبت وزن جسم به حجم دانه های جامد. $\gamma_s=W/V_s$
- وزن مخصوص فضایی: سبت وزن جسم به حجم کل $\gamma=W/V$
- چگالی نسبی:نسبت چگالی جسم به چگالی جسم مرجع (آب) ρ_s
- پوکی **e**: نسبت حجم فضاهای خالی به حجم دانه های جامد
- تخلخل **n**: نسبت حجم فضاهای خالی به حجم کل
- ❋ فضاهای خالی به دو صورت هستند:

۱. خلل **Pores**: فضاهای خالی و منافذ موجود در درون ذرات جسم جامد وابسته به ساختار آن- خاصیت ذاتی

۲. فرج **Voids**: فضاهای خالی و منافذ موجود بین ذرات جسم جامد وابسته به نحوه قرارگیری ذرات

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– ظاهری

$e=V_v/V_s*100$

$Vv=V-V_s \rightarrow e=(V-V_s)/V_s*100$

$V=W/\gamma \ , \ V_s=W/\gamma_s \rightarrow e=(W/\gamma-W/\gamma_s)/(W/\gamma_s)=(\gamma_s-\gamma)/\gamma=\gamma_s/\gamma-1$

$e= \gamma_s/\gamma-1$

می توان با داشتن وزن مخصوص مصالح جامد و وزن مخصوص کل، پوکی را بدست آورد.

$n=V_v/V*100$

$V=W/\gamma \ , \ V_s=W/\gamma_s \ , \ Vv=V-V_s$

$n=(V-V_s)/V=1-(V_s/V)=1-(W/\gamma_s)/(W/\gamma)=1- \gamma/\gamma_s$

رابطه پوکی و تخلخل:

$e= \gamma_s/\gamma-1 \rightarrow e+1= \gamma_s/\gamma \rightarrow \gamma/\gamma_s=1/(1+e)=1-n$

$n=1-1/(1+e)=e/(1+e)$

تخلخل در مصالح جامد بیانگر فضاهای خالی و منافذ موجود در آنهاست که با آب و هوا پر شده اند.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

در حالت کلی تأثیر سیالات به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. **تخلخل و پوکی: در حالت عادی با هوا پر شده اند. هرچه تخلخل بیشتر باشد نفوذ سیالات در آن بیشتر است که در فصل سرما باعث یخ زدگی و تغییر حجم جسم شده که نتیجه آن شکست و ترک است.**

۲. **درجه حرارات محیط: میزان حلالیت وابسته به دمای محیط است.**

۳. **درجه رطوبت هوا**

۴. **سطح تماس**

۵. **ساختار مولکولی**

۶. **مواد تشکیل دهنده**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

قابلیت جذب رطوبت Humidity Absorption: توانایی مواد در جذ و نهداری رطوب هوا ه با اندازه گیری وزن نونه خشک و وزن نمونه معمولی بدست می آید.

$$\omega_h=(W_1-W_2)/W_2*100$$

•این شاخص به عواملی مثل دمای محیط درصد رطوبت، پوکی و تخلخل، سطح ویژه، ترکیب مولکولی و ... بستگی دارد.

• بعضی مواد مانند گچ، سیمان و آهک رطوبت هوا را راحت تر جذب می کنند و برخی مثل شیشه و گرانیت به طور کلی یا

•جاذب رطوبت نیستند و یا سخت جذب می کنند.

قابلیت جذب آبWater Absorption: توانایی مواد در جذب و نگداری آب

•با اندازه گیری وزن نمونه خشک و وزن نمونه فرو برده شده در آب (اشباع شده) بدست می آید که به صورت وزنی یا حجمی بیان می شود:

$$\omega_w=(W_{sat}-W_{dry})/W_{dry}*100$$ **وزنی**

$$\omega_v=(V_{sat}-V_{dry})/V_{dry}100$$ **حجمی**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

- جذب آب به عواملی همچون تخلخل، ابعاد منافذ، سطح ویژه، جنس ماده و رطوبت و دمای محیط بستگی دارد.
- در موادی با تخلخل یکسان آنهایی که منافذ ریزتر و شکاف های موئینه دارند آب بیشتری جذب می کنند.
- همیشه مقدار آب جذب شده در مواد از میزان واقعی قابل جذب کمتر است زیرا برخی از منافذ بسته بوده و امکان نفوذ آب در آنها وجود ندارد.
- میزان جذب آب حجمی همیشه کمتر از ۱۰۰ درصد است ولی میزان جذب آب وزنی در مصالحی با تخلخل زیاد ممکن است بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد زیرا حداکثر مقدار که جذب آب حجم می تواند باشد پر کردن فضاهای خالی است ولی جذب آب وزنی می تواند بشتر از وزن جسم باشد.
- از نظر جذب آب، ۴ حالت برای یک ماده وجود دارد:

۱. خشک کوره **Oven Dry**: ماده هیچ گونه رطوبتی در خود ندارد.
۲. خشک در محیط **Air Dry**: ماده در حالت عادی رطوبت کمی دارد نه رطوبت صفر و نه اشباع
۳. اشباع با سطح خشک **Saturated surface Dry**: ماده اشباع شده ولی روی سطح خود رطوبتی اضافه ندارد.
۴. خیس **Wet**: علاه بر جذب آب در فضای داخلی، ماده می تواند مقداری رطوبت را در سطح خود نگه دارد.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

- جذب آب به عواملی همچون تخلخل، ابعاد منافذ، سطح ویژه، جنس ماده و رطوبت و دمای محیط بستگی دارد.
- در موادی با تخلخل یکسان آنهایی که منافذ ریزتر و شکاف های موئینه دارند آب بیشتری جذب می کنند.
- همیشه مقدار آب جذب شده در مواد از میزان واقعی قابل جذب کمتر است زیرا برخی از منافذ بسته بوده و امکان نفوذ آب در آنها وجود ندارد.
- میزان جذب آب حجمی همیشه کمتر از ۱۰۰ درصد است ولی میزان جذب آب وزنی در مصالحی با تخلخل زیاد ممکن است بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد زیرا حداکثر مقدار که جذب آب حجم می تواند باشد پر کردن فضاهای خالی است ولی جذب آب وزنی می تواند بشتر از وزن جسم باشد.
- از نظر جذب آب، ۴ حالت برای یک ماده وجود دارد:

۱. خشک کوره **Oven Dry**: ماده هیچ گونه رطوبتی در خود ندارد.
۲. خشک در محیط **Air Dry**: ماده در حالت عادی رطوبت کمی دارد نه رطوبت صفر و نه اشباع
۳. اشباع با سطح خشک **Saturated surface Dry**: ماده اشباع شده ولی روی سطح خود رطوبتی اضافه ندارد.
۴. خیس **Wet**: علاه بر جذب آب در فضای داخلی، ماده می تواند مقداری رطوبت را در سطح خود نگه دارد.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

ظرفیت جذب: کل مقدار رطبتی که ماده می تواند در منافذش جا دهد از حالت خشک کوره تا حالت اشباع با سطح خشک – در واقع تفاوت حالت است نه مقدار رطوبت

$(W_{SSD}-W_{OD})/W_{OD}$

جذب مفید: چون معمولاً مواد در حالت خشک در محیط هستند به مقدار رطوبتی که ماده از حالت عادی خودش تا حالت اشباع با سطح خشک جذب می کند گفته می شود. مثل بالا تفاوت دو حالت است.

• مدار رطوبت ماده روی خواص ماده خصوصاً روی خواص مکانیکی تأثیر به سزایی دارد. مثلاً بعضی مصالح خاکی مثل خاک رس پس از جذب رطوبت ازدیاد حجم قابل توجهی پید می کنند.

ظرفیت جذب آب بر روی موارد زیر تأثیرگذار ست:

1. **هدایت حرارتی، صوتی و ...**
2. **هدایت الکتریکی**
3. **وزن مخصوص**
4. **مقاومت**
5. **دوام مصالح**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

ضریب نرمی K_S: بیانگر تأثیر جذب آب بر روی مقاومت مصالح است و به صورت نسبت مقاومت جسم در حالت اشباع به مقاومت جسم در حالت خشک کوره گفته می شود:

$$K_S=R_{sat}/R_{dry}=R_{SSD}/R_{OD}$$

- **در اثر اشباع شدن جسم، مقاومت آن تحت تأثیر قرار می گیرد که این کار به دلیل ایجاد ضعف در پیوندهای ملکولی جسم و نیز خستگی حاصل از فشارهای منفذی می باشد. فشارهای منفذی به دلیل فشاری است که به صورت هیدرواستاتیکی به جسم وارد می شود.**
- **ضریب نرمی مصالح مختلف بین صفر مثل خاک های رس تحکیم نشده که به شدت جاذب آب هستند تا یک مثل شیشه و فولاد متغیر است.**
- **ضریب نرمی گچ حود ۰.۴ است یعنی در اثر جذب رطوبت ۶۰ درصد مقاومت خود را از دست می دهد.**
- **موادی که ضریب نرمی آنها بیش از ۰.۸ باشد را آب بند یا ضد آب می گویند که می توان از آنها در مجاورت سیالات استفاده نمود.**
- **با انتخاب مناسب مصالح (کنترل نسبت آب به سیمان، دانه بندی مناسب و استفاده از افزودنی ها) و کنترل کیفیت ساخت می توان بتنی با ضریب نرمی بالای ۰.۸ تولید کرد.**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

• بتن آب بند در مواردی نظیر سد سازی، دیوارهای ساحلی، دیوارهای حائل، دیوارهای مخازن نگهداری آب، سکوهای نفتی و کانال ها و ... کاربرد دارد.

قابلیت خشک شدن: بر اساس ASTM و BS عبارت است از درصد آبی که جسم در ۲۴ ساعت و در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد از دست می دهد.

قابلیت نفوذپذیری: مقدار آبی که جسم تحت فشار جذب می کند و یا از داخل آن عبور می نماید.

• مقدار نفوذپذیری به بافت، فشردگی جسم، درصد تخلخل یا پوکی و ساختمان مولکولی بستگی دارد.

• نفوذپذیری کم مثل قیر، شیشه، فولاد و ... و نفوذپذیری زیاد مثل رس، گچ، چوب و ...

• نفوذپذیری ارتباط بین فضاهای خالی را نشان می دهد. در حالیکه دو ماده با تخلخل یکسان می توانند نفوذپذیری متفاوتی داشته باشند و این به دلیل عدم ارتباط میان فضاهای خالی ست.

مقاومت در برابریخ زدگی: مقاومت مصالح اشباع را در برابر یخ زدن های متناوب بیان می کند. معمولاً مقدار این پارامتر بعد از تعداد مشخصی چرخه های یخ زدگی و آب شدن اندازه گیری می شود.

$K_{fr}=R_{fr}/R_{ws}$ مقاومت در حالت اشباع معمولی/مقاومت جسم بعد از چند بار یخ زدن=

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

• در صورتی که بعد از ۴۰ چرخه مقدار آن بیش از ۷۵ درصد باشد و نشانه هایی از ترک خوردگی و پوسته شدن در آنها ظاهر نشود، مصالح مقاومت مناسبی دارند.

•آب موجود در مصالح در اثر یخ زدن حداکثر ۹ درصد انبساط جمی پیدا می کند که این امر موجب ایجاد ترک در جسم و کاهش مقاومت می شود.

• مصالح متخلخلی که تا بیش از ۹۰ درصد منافذ آنها از آب پر شده باشد مقاومت خوبی در برابر یخ بندان دارند؛ زیرادر اثر انجماد باید در حدود ۱۰ درصد فضای خالی در جسم باشد تا وقتی یخ زد، ماده توانایی انبساط بدون ترک خوردگی را داشته باشد.

• مقاومت مصالح در برابر یخ زدگی به چگالی، تخلخل، میزان جذب آب و شکل هندسی جسم بستگی دارد.

•می توان از پارامتر های دیگری برای تعیین مقاومت مواد در برابر یخ زدگی استفاده کرد مثل معیار پوسته پوسته شدن و یا کاهش وزن جسم بعد از ۴۰ چرخه که نباید بیش از ۵ درصد باشد.

•مصالحی که در سطوح خارجی ساختمان از قبیل دیوارهای مخازن و آب انبارها، سقف های پوششی یا دیوارهای کانال های جریان آب بکار می روند؛ چنانچه در طی یخ زدن و آب شدن های متوالی تغییر حجم قابل توجهی داشته باشند، بسیاری از خواص فیزیکی و شیمیایی خود را از دست خواهند داد.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

• بنابراین باید تمهیداتی اندیشید از قبیل:

۱. مسیر منافذ بسته شود (جنس نفوذناپذیر)

۲. کاهش تخلخل با توپر ساختن

۳. استفاده از پلاستیک یا رویه های ضد آب

۴. استفاه از مواد ذوب کننده یخ De-icing

نفوذپذیری در برابر گازها: این خاصیت از نظر رفتار و عکس العمل مصالح در مقابل فشارهای ناشی از گازها اهمیت دارد مانند مخازن گاز

•نفوذپذیری در برابر گازها به درجه اشباع جسم بستگی دارد؛ اگر مرطوب باشد یعنی فضاهای خالی پر شده اند پس نفوذپذیری گاز کم می شود.

•مصالحی که در نیروگاه های هسته ای و محل هایی با خطر تشعشع اشعه های گاما، ایکس، نوترون و ... استفاده می شوند باید ویژگی های خاصی داشته باشند تا اگر نشتی اتفاق افتاد هم نرخ آن پایین باشد و هم زمان بیشتری را برای اتخاذ تدابیر جلوگیری کننده فراهم کرد. بدین منظور از بتن های سنگین با چگالی بیش از ۲۴۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده می شود که با کاربرد دانه های سنگین و قراضه های آهن و سرب بدست می آیند.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– تأثیر مایعات و گازها

• برای غیر قابل نفوذ کردن مصالح معمولی معمولاً از ملات ماسه سیمان با شرایط و کیفیت خوب با قیرگونی ویژه استفاده می شود.

• در محل های مهم مثل حائل ها ساختمان هی اتمی از حائل های چند لایه استفاده می شود که در میان حائل می تواند سیال آب سنگین بوده و یا از بتن های سنگین با ورقه های فلزی سنگین استفاده شود.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– مسائل حرارتی

تأثیر حرارتی: نحوه عبور حرارت از مواد و مصالح

قابلیت دایت حراتی λ : مقدار انرژی حرارتی که از یک سطح به مساحت ۱ متر مربع و ضخامت ۱ متر به ازای اختلاف دمای ۱ درجه سانتی گراد در مدت ۱ ساعت عبور می کند:

$$Q=(A.\Delta T.t.\ \lambda)/d$$

A سطح مقطع، T دما، t زمان، d ضخامت مقطع است.

- **مقاومت مصلح در برابر حرارت عکس قابلیت حراتی است:**

$$R=1/\ \lambda$$

با توجه به پر شدن فضای خالی با هوا و اینکه هوا رسانای خوبی نیست، برای قطعاتی که از مواد مرکب ساخته شده اند داریم:

تخلخل مصالح↑ ← قابلیت هدایت حراراتی ↓

چگالی مصالح ↑ ← قابلیت هدایت حراراتی ↑

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– مسائل حرارتی

ظرفیت حرارتی (ظرفیت گرمایی) C: توانایی جسم برای جذب گرما در اثر افزایش حرارت یا به طور دقیق تر مقدار انرژی حرارتی که باید به جسمی به وزن ۱ کیلوگرم داده شود تا دمای آن ۱ درجه سانتی گراد افزایش یابد:

$$Q=mC\Delta T$$

• به دلیل نزدیک بودن ذرات به یکدیگر، هر چه جسم به جامد بودن نزدیک تر شود ظرفیت گرمایی آن کاهش می یابد.

• تغییرات حرارت باعث انبساط و انقباض اجسام می شود و در بعضی اوقات این درجه حرارت می تواند بسیار شدید باشد مانند دودکش ها، شومینه، پشت بام و دیوارهایی که در معرض تابش مستقیم آفتاب هستند.

بارگذاری حرارتی: تحت اثر تغییر دما، مصالح دچار تغییر شکل (تغییر طول) می شوند.

$$\Delta L=L\alpha\Delta T$$

کرنش حرارتی $\varepsilon= \Delta L/L= \alpha\Delta T$

تنش حرارتی $\sigma=E\ \varepsilon=E\ \alpha\Delta T$

αضریب انبساط حرارتی خطی و E مدول ارتجاعی است. اگر این تنش حرارتی در بتن روی دهد و باعث کشش آن شود خرابی در سازه ایجا دمی گردد. پس بخاطر کرنش حرارتی، جسم متناسب با مدول ارتجاعی دچار تنش می شود.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص فیزیکی– مسائل حرارتی

• بخاطر تغییرات متوالی دما، کرنش حرارتی می تواند باعث ایجاد ترک در نازک کاری های ساختمان شود. مخصوصاً این ترک ها باعث جذب گرد و آلاینده ها می شوند و لذا اطراف دودکش های شومینه، اطراف تیر آهن ها در ساختمان های اسکلت فلزی و اطرف بادبندها پس از مدت کوتاهی از بهره برداری خودنمایی می کند.

مقاومت در برابر آتش: این ویژگی پایداری اجسام در برابر آتش و اثرات ناشی از آن را بدون تغییر شکل اساسی یا از دست دادن مقاومت بررسی می کند.

• در حقیقت درجه حرارتی که مصالح قبل از شعله ور شدن یا ذوب شدن می توانند تحمل کنند اهمیت دارد.

•مقاومت در برابر آتش به جنس جسم و تخلخل بستگی دارد و اجسام متخلخل نظیر موادسلولزی به علت وجود هوای بیشر درون آنها راحت تر از مواد دیگر می سوزند.

•موا از نظر مقاومت در برابر آتش به ۳ دسته تقسیم می شوند:

۱. مواد نسوز یا غیر قابل احتراق: این مواد تا دمای بالاتر از ۱۵۸۰ درجه را تحمل می کنند نظیر مواد معدنی، کاشی، سرامیک، آجر، بتن، گرانیت. البته این مواد نیز تحت تأثیر طولانی مدت آتش تغییر شکل و تغییر مقاومت می دهند.

۲. مواد دیر سوز یا دیرگداز یا ضد آتش: این مواد تا دمای ۱۵۸۰ درجه را تحمل می کنند.

۳. مواد زودگداز: حداکثر تا دمای ۱۳۵۰ درجه را تحمل می کنند.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی

• خواص شیمیایی شامل آن دسته از ویژگی هایی هستند که به ساختار، ترکیبات اولیه، واکنش زایی، نحوه زوال مصالح تحت تأثیر شرایط مختلف مربوط می شود.

• واکنش های شیمیایی که در مصالح رخ می دهند معمولاً با تغییر حجم و جذب یا آزاد کردن گرما همراه بوده و برگشت ناپذیرند.

•از جمله رایج ترین این واکنش ها می توان به شکفته شدن آهک، گیرش سیمان، گرفتن ماستیک و چسب ها، خوردگی فلزات و ... اشاره کرد.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی

خوردگی Corrosion: تباهی و زوال مصالح یا کاهش مشخصه های آن در اثر واکنش با محیط خصوصاً در سازه های فلزی. زنگ زدگی جزء خواص فولاد می باشد اما خوردگی جزء خواص فولاد محسوب نمی شود.

• برای خوردگی شرایط محیطی باید مساعد باشد. مثلاً رطوبت بسیار کمک می کند؛ بنابراین در مجاورت آب شور و خاک شور خصوصاً در سواحل دریا شرایط بسیار مساعد است.

• در سازه های بتنی نیز امکان خوردگی وجود دارد البته در خود بتن نیست بلکه در آرماتورهای آن ست. با خورده شدن آرماتور تمام خواص سازه بتنی از دست می رود.

•وقتی آرماتورها خورده می شوند، پوسته اندازی صورت گرفته که خود سبب افزایش حجم آرماتور شده و باعث ترکیدگی بتن می شود. مکانیزم خوردگی بسیار شبیه به اکسیدسیون است.

• سواحل خلیج فارس و دریاچه ارومیه از خورنده ترین مناطق می باشند.

انواع خوردگی:

۱. خوردگی شیمیایی: مصالح در تماس مستقیم با مواد شیمیایی خورنده قرار می گیرند.

۲. خوردگی الکتروشیمیایی:در مصالح و سازه های فولادی بر اساس قانون الکترولیز فارادی

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی

• نحوه خوردگی الکتروشیمیایی به این صورت است که سازه های فولادی در حضور یک محیط الکترولیت تشکیل پیل الکتریکی داده که این امر باعث ایجاد خوردگی می شود.

•جریان الکتریکی از آند (فولاد) به کاتد؛ جریان الکتریکی که از آند به کاتد برقرار می شود بسیار ضعیف است – حدود ۵.۵ ولت – اما ماندگاری آن باعث می شود سازه مرتباً خورده شود.

• برای خوردگی الکتروشیمیایی، آب دریا بسیار مساعد است. علاوه بر این پل ها و لوله های آب و لوله های نفت محیط های مساعدی را برای فرآیند خوردگی ایجاد می کنند.

• وجود ترک در بتن باعث می شود محیط مایع الکترولیت بتواند با آرماتورها واکنش داده و فرآیند خوردگی را شروع نماید.

<u>روش های کنترل خوردگی:</u>

۱. روش های غیر فعال: روش هایی مانند پوشش یا گالوانیزه نمودن، قیراندود کردن، پوشاندن داخل بتن، استفاده از پوشش های اپوکسی برای آرماتورها

۲. روش های فعال: روش هایی مهم تر از روش های غیر فعالند که در صورت درست انجام شدن می توانند کاملاً ایمن باشند.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی– روش های غیر فعال

انواع روش های غیرفعال

گالوانیزه نمودن: گالوانیزه نمودن معمولاً با روی انجام می شود اما با روی اندود کردن تفاوت دارد.

• نحوه کلی گالوانیزه نمودن به این صورت است که در پیل الکتریکی تشکیل شده، روی در قسمت آند می رود بر روی فلزی که می خواهیم آن را گالوانیزه کنیم سوار می شود.

•گالوانیزه نمودن برای قطعات کوچک مانند پیچ و مهره مناسب است ولی برای قطعات بزرگ مثل ستون ها کاربردی ندارد. البته بعضی از سازه ها مانند تیرهای انتقال برق را گالوانیزه می کنند.

• دو نوع روش گالوانیزه نمودن داریم؛ روش گرم و روش سرد که بیشتر در ایران روش گرم صورت می گیرد.

قیر اندود کردن: این روش برای سازه های بتنی بسیار مناسب است. برای سازه های فولادی نیز در مناطقی که زیاد به خورنده بودن آب و خاک اطمینان نداریم می توانیم از این روش استفاده کنیم.

• اساس این روش بر این نکته استوار است که قیر از نفوذ مواد خورنده به داخل سازه جلوگیری می کند.

پوشاندن داخل بتن: این روش در کوتاه مدت و در شرایطی که زیاد به خورنده بودن آب و خاک اطمینان نداریم می تواند مناسب باشد ولی در کل به هیچ عنوان نمی تواند روش موثری باشد.

• یکی از اولین کارها در هر پروژه بررسی شرایط آب و خاک منطقه است و اگر این کار به درستی انجام نشود امکان دارد با به کار بردن روش های نامناسب خسارات فراوانی بوجود آید.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی– روش های غیر فعال

استفاده از پوشش های اپوکسی: این روش شبیه گالوانیزه کردن است و یا به طور دقیق تر چیزی میان رنگ کردن و گالوانیزه کردن- همانند رنگ کردن باعث افزایش ضخامت سازه نمی شود.

•این روش هم در شرایطی که محیط خیلی خورنده نمی باشد می تواند مناسب باشد اما به صورت مشخص محدودیت هایی دارد.

• برای کنترل خوردگی آرماتور نمی توانیم آن را رنگ بزنیم زیرا آج آرماتور با بتن درگیر است. به طور کلی رنگ زدن در کنترل خوردگی موثر نیست اما در کنترل اکسیداسیون کاربرد دارد.

• در پل دریاچه ارومیه همه آرماتورها گالوانیزه شده اند و از پوشش های اپوکسی در آنها استفاده نشده است.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی– روش های فعال

همانطور که گفته شده است روش های فعال بسیار موثرتر از روش های غیرفعال در کنترل خوردگی در سازه ها است.

انواع روش های فعال

روش آند قربانی: در این روش فلزاتی مانند منگنز را روی فلز اصلی که می خواهیم از آن حفاظت کنیم سوار می کنیم تا بجای فلز اصلی خورده شده و از فلز اصلی محافظت شود.

- **این روش برای سازه های طویل مانند خطوط ریلی قطار و مترو کاربرد دارد.**
- **در گالوانیزه شدن فلز روی محافظت شده و مثل منگنز خورده نمی شود.**

حفاظت کاتدی: این روش برای سازه های متمرکز مانند ساختمان ها، سکوها و ... بیشتر کاربرد دارد و از روش آند قربانی مهم تر است. اساس کار این روش بر این اصل استوار است که جریان معکوسی از کاتد به آند فرستاده شده تا از سرعت جریان اصلی کم شود و این خود از سرعت خورده شدن کم می کند. این کار معمولاً توسط باتری انجام می پذیرد و در عین حال سازه مرتباً در حین کار باید بازرسی شود.

- **در محیط های دریایی یون های -CL و -SO32 در مجاورت اکسیژن باعث ایجاد خوردگی در سازه ها می کردند.**

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– خوردگی– روش های فعال

- معمولاً در محیط های خورنده نرخ خوردگی معلوم می باشد. مثلاً نرخ ۲ میلی متر در سال در خلیج فارس به معنی کاهش ضخامت سازه ای در هر سال است.
- اکر ضخامت فولاد در سازه مورد نظر ۳ سانتی متر باشد با توجه به نرخ خوردگی سالانه در محیط مورد نظر، ضخامتی حدود ۴.۵ سانتی متر در نظر کرفته می شود که اکر روش های کنترل خوردگی جواب نداد عملکرد سازه هنگام بهره برداری دچار اختلال نشود.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– اکسیداسیون

اکسیداسیون: اکسیداسیون عبارت است از ترکیب با اکسیژن هوا همانند مصالح فلزی یا پلیمری – زنگ زدن

•زنگ زدگی در مصالح فولادی از نظر سازه ای اشکال ندارد زیرا وقتی لایه رویین زنگ می زند، نقش محافظ یافته و مانع زنگ زدگی بقیه لایه های فلز می شوند.

•پدیده زنگ زدگی مشکل معماری ایجاد می کند لذا از رنگ برای لایه ضد زنگ استفاده می شود.

• برای حفاظت فلزات در برابر زنگ زدگی ۱. ماسه پاشی یا سند بلاست و ۲. پوشش اپوکسی شامل آستری یا ضد زنگ و رویه یا رنگ

• برای رنگ زدن یک سطح باید آن سطح کاملاً عاری از هر گونه کثیفی باشد به این شکل که قطعه فولادی ساخته شده در کارخانه را در یک محفظه در بسته قرار می دهند و با پمپ دانه های ریز و سخت ماسه را با فشار بالا روی آن می پاشند و سپس بلافاصله رنگ زده می شود.

• در فلزات ساختمانی لایه آستری زده شده اما در پل ها هم لایه آستری و هم رویه.

• ضخامت لایه ها بستگی به محیطی دارد که سازه در آنجا ساخته می شود مثلاً مجموع لایه آستری و رویه در تهران ۷۰ میکرون و در بندرعباس ۲۰۰ میکرون

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– گرمازائی و جذب گرما

گرمازائی و جذب گرما: برخی از مصالح وجود دارند که در پروسه تولید، گرما کرفته و حین مصرف، گرما پس می دهند مانند گچ، آهک، سیمان.

• در گچ و آهک پدیده گرما زائی مخرب نیست ولی در سیمان بسته به اینکه در کجا مورد استفاده قرار می گیرد می تواند بسیار مخرب باشد. مانند بتن های حجیم در سدهای بتنی

• بتن شامل سنگدانه، سیمان و آب است. بین آب و سیمان واکنش شیمیایی رخ می دهد به نام هیدراتاسیون که واکنشی گرمازاست. برای دفع حرارت ایجا شده در بتن، آن قسمت هایی از سازه که در تماس مستقیم با هوا هستند به راحتی تبادل گرمایی می کنند و خنک می شوند اما قسمت های داخلی ترک برداشته و خراب می شوند.

•روش های کنترل بتن شامل استفاده از یخ بجای آب، استفاده از سیمان هایی با حرارت زایی کم، کنترل از طریق روش های اجرایی مناسب مثل بلوک بلوک بتن ریزی، ساختن بلوک ها به صورت تقدمی و تأخری.

مصالح ساختمانی و ابنیه فنی

خواص مصالح ساختمانی– خواص شیمیایی– دمای نرم شدن