بسم الله الرحمن الرحيم

مواد دیرگداز مصرفی در کوره‌های صنعت پتروشیمی

سیروس روشنفکر فلاح
شرکت تجهیز مواد پیشگام

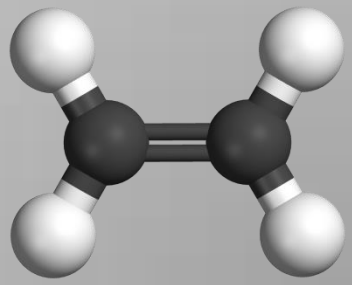
فهـــــرست

- مـــقدمـه
- مـــبانی طـراحـی کـوره‌ها
- نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی
- کـیفیـت نسـوزهـا
- نصـب و بـــهره‌برداری

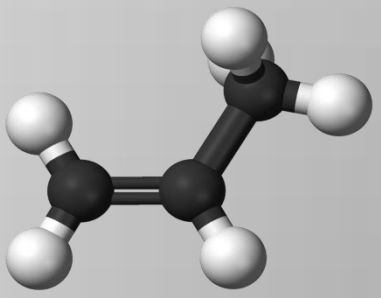
صنعت پتروشیمی

پتروشیمی:

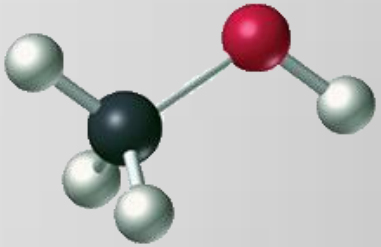
✓ صنایعی که در آن، هیدروکربن‌های موجود در نفت خام و گاز طبیعی پس از فرآوری در یکسری فرآیندهای شیمیایی به فرآورده‌های جدید شیمیایی تبدیل می‌شوند.



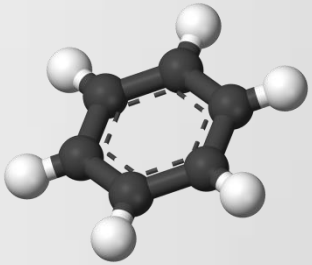
اتیلن



پروپیلن

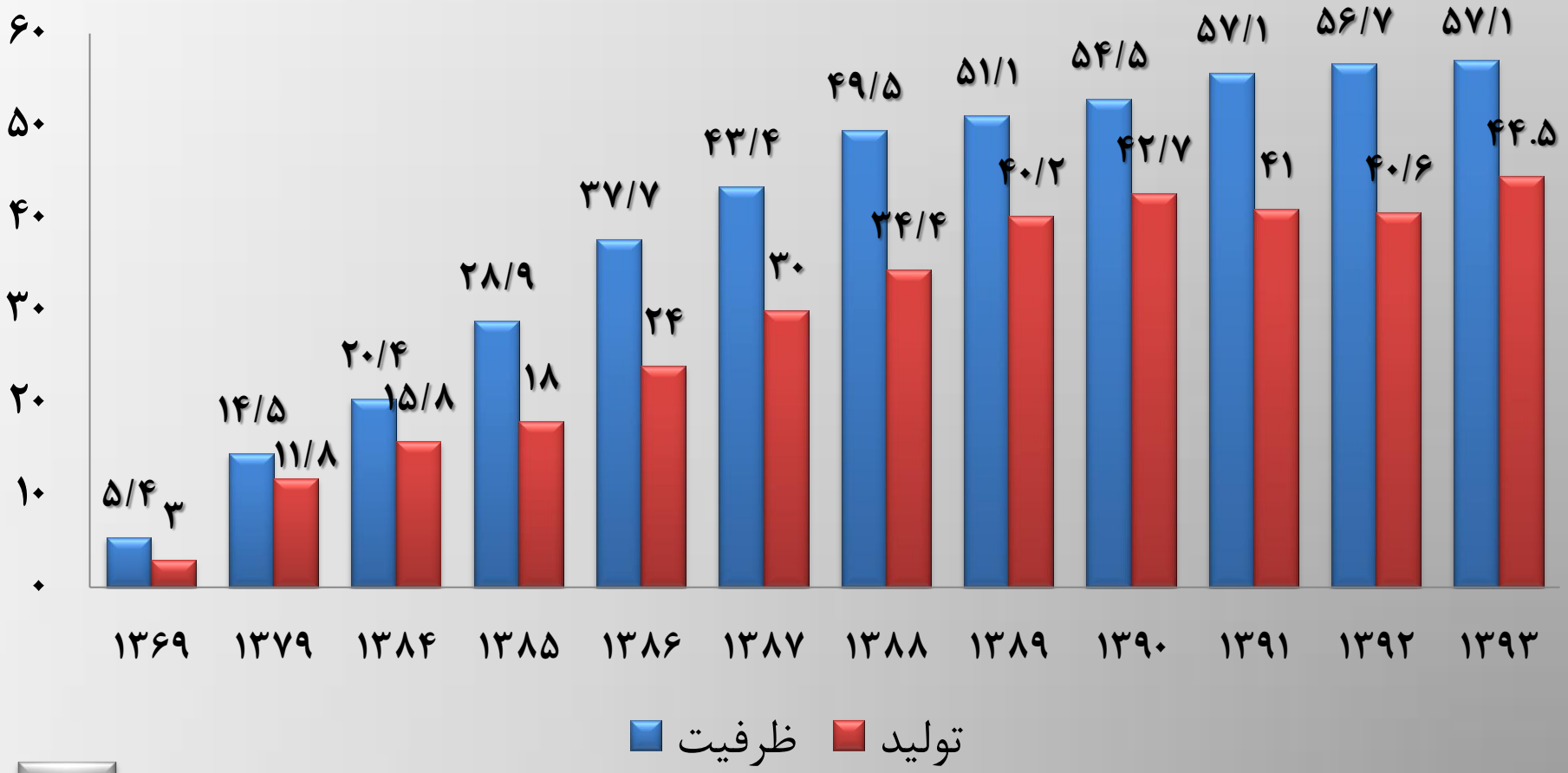


متانول



بنزن

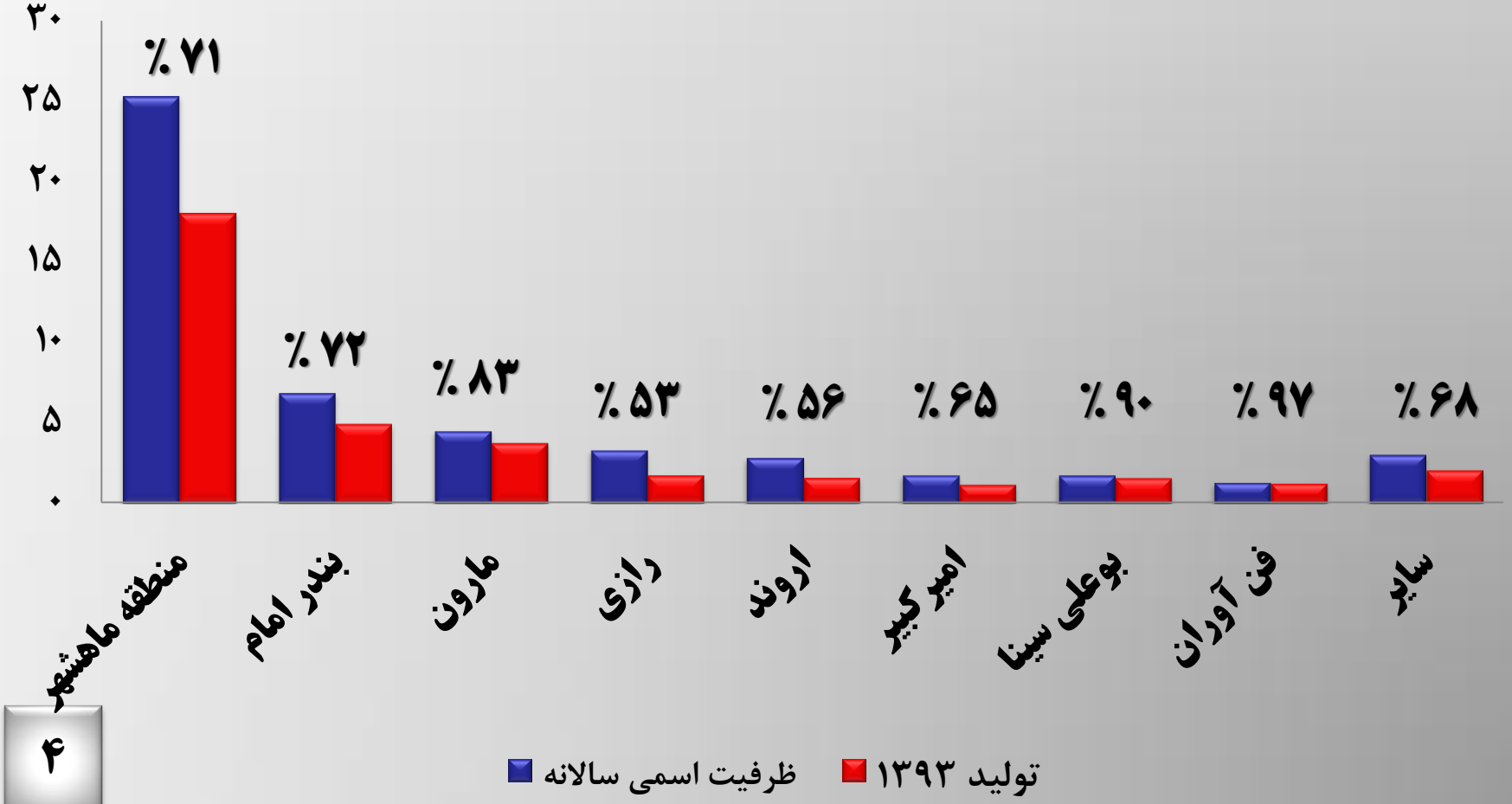
صنایع پتروشیمی ایران



میزان ظرفیت و تولید واحدهای فعال پتروشیمی کشور (۹۳-۶۹) – میلیون تن

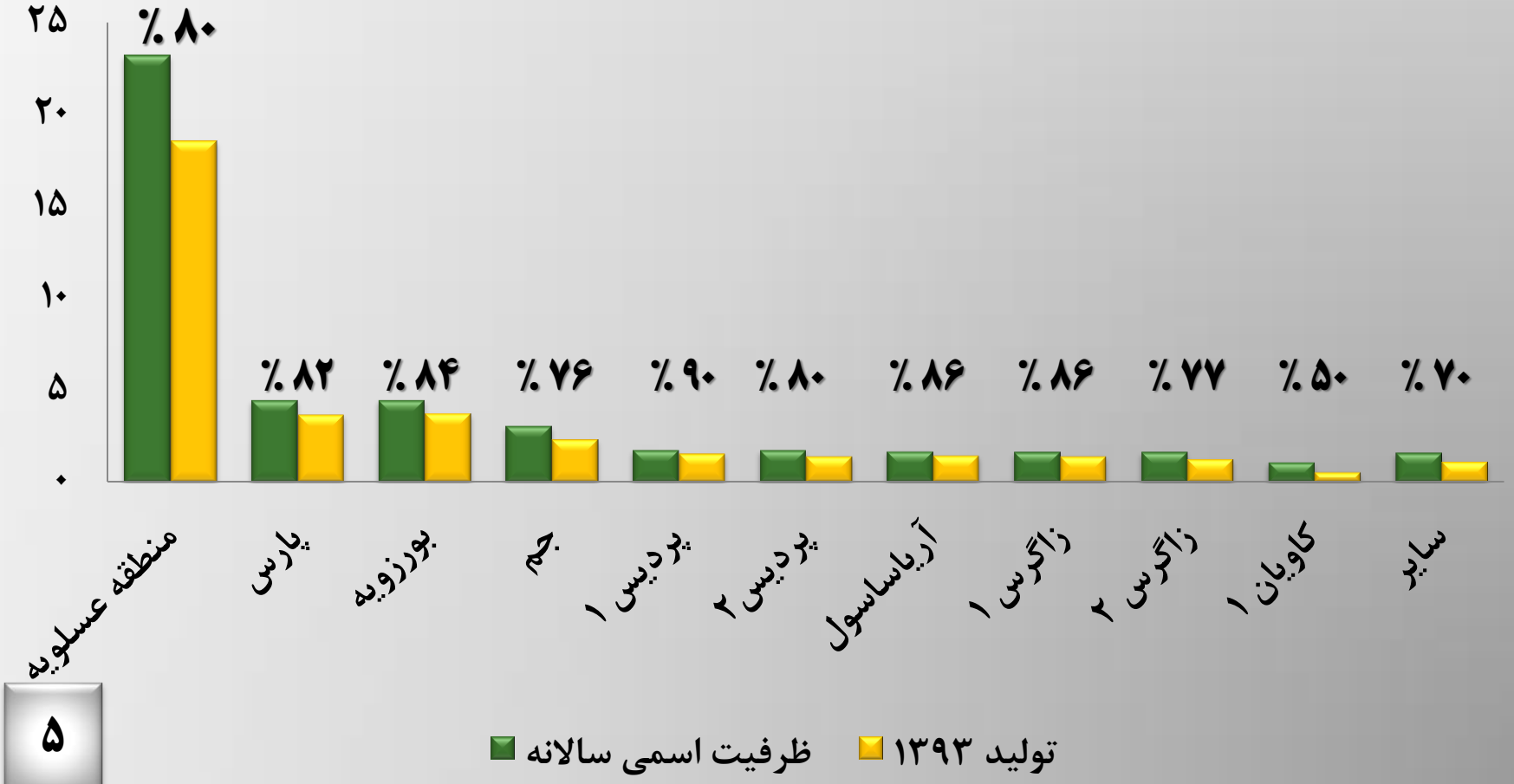
صنایع پتروشیمی ایران

میزان ظرفیت و تولید واحدهای فعال منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر) – میلیون تن



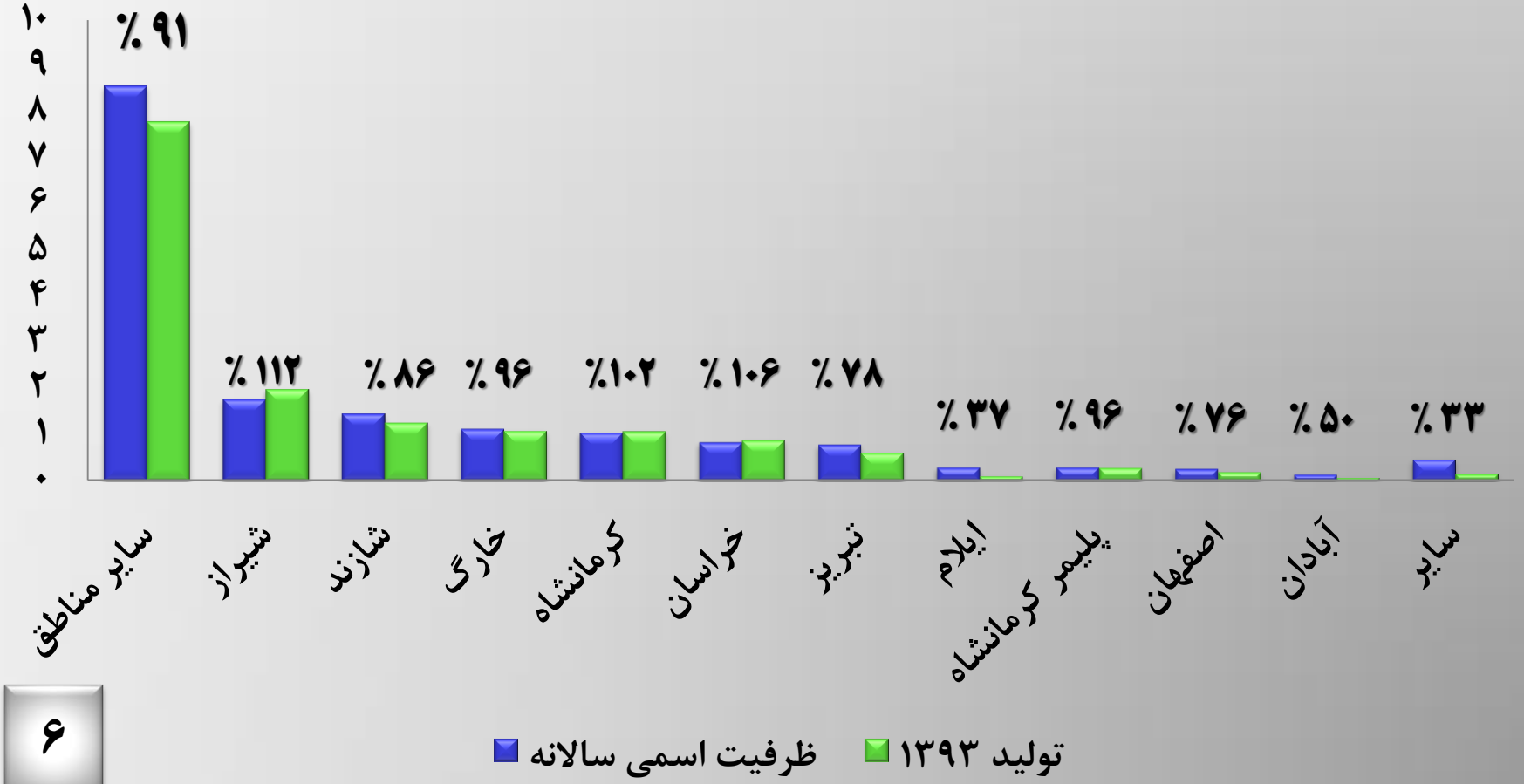
صنایع پتروشیمی ایران

میزان ظرفیت و تولید واحدهای فعال منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) – میلیون تن



صنایع پتروشیمی ایران

میزان ظرفیت و تولید واحدهای فعال در سایر مناطق – میلیون تن



صنایع پتروشیمی ایران

طرح‌های در دست اجرای صنعت پتروشیمی ایران

نام منطقه	تعداد طرح	ظرفیت (میلیون تن در سال)
ماهشهر	۸	۱/۴
عسلویه	۲۶	۳۵/۷
سایر مناطق	۳۳	۲۳/۹
مجموع	۶۶	۶۱

ظرفیت تولید صنایع پتروشیمی تا پایان برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۵) ← ۱۰۰ میلیون تن

ظرفیت تولید صنایع پتروشیمی تا پایان برنامه ششم توسعه (۱۳۹۹) ← ۱۲۶ میلیون تن

کوره در صنعت پتروشیمی

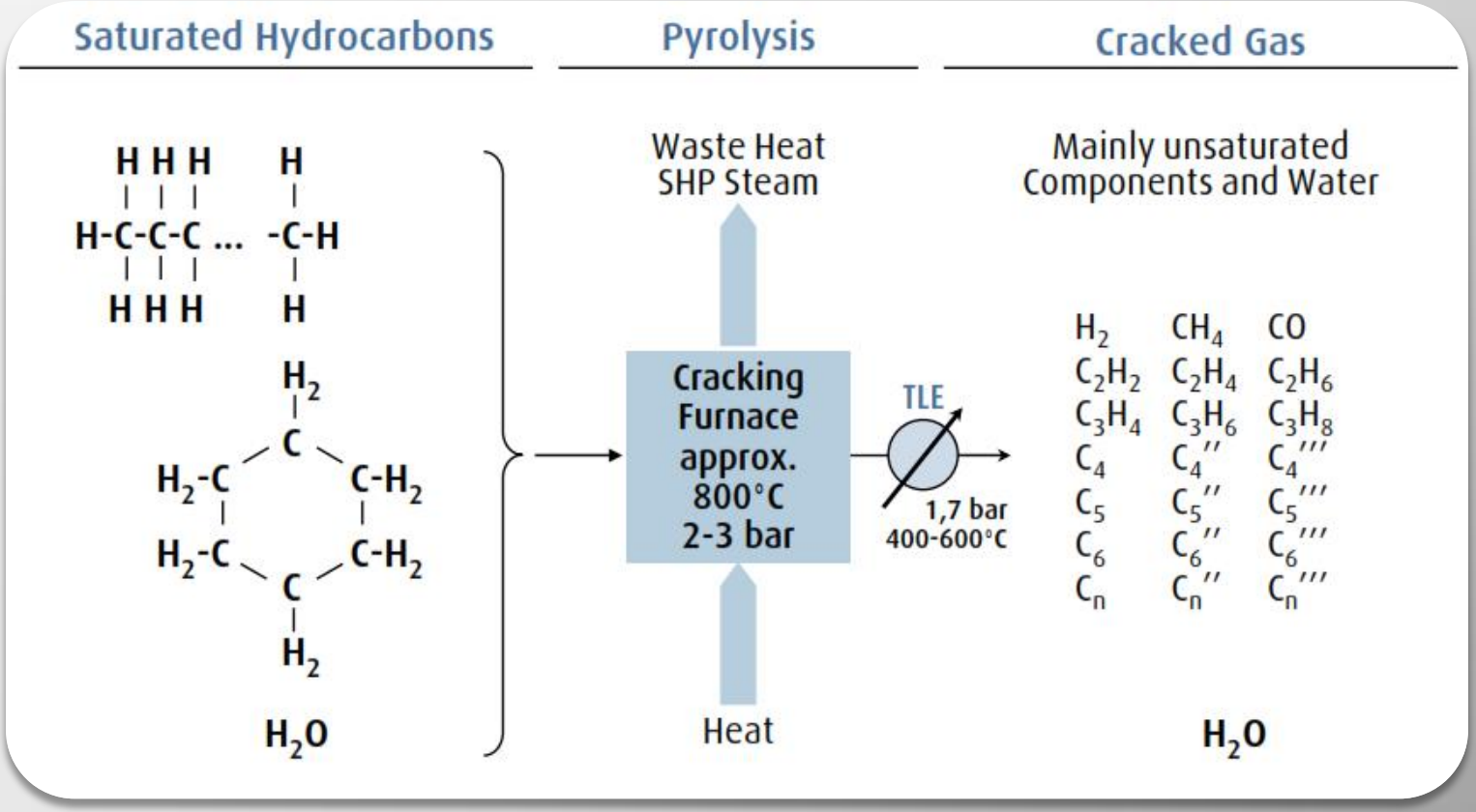
فرآیند تولید الفین‌ها :

۱- کراکینگ (پیرولیز)

۲- سرمایش سریع

۳- جداسازی و خالص‌سازی محصولات

کوره در صنعت پتروشیمی



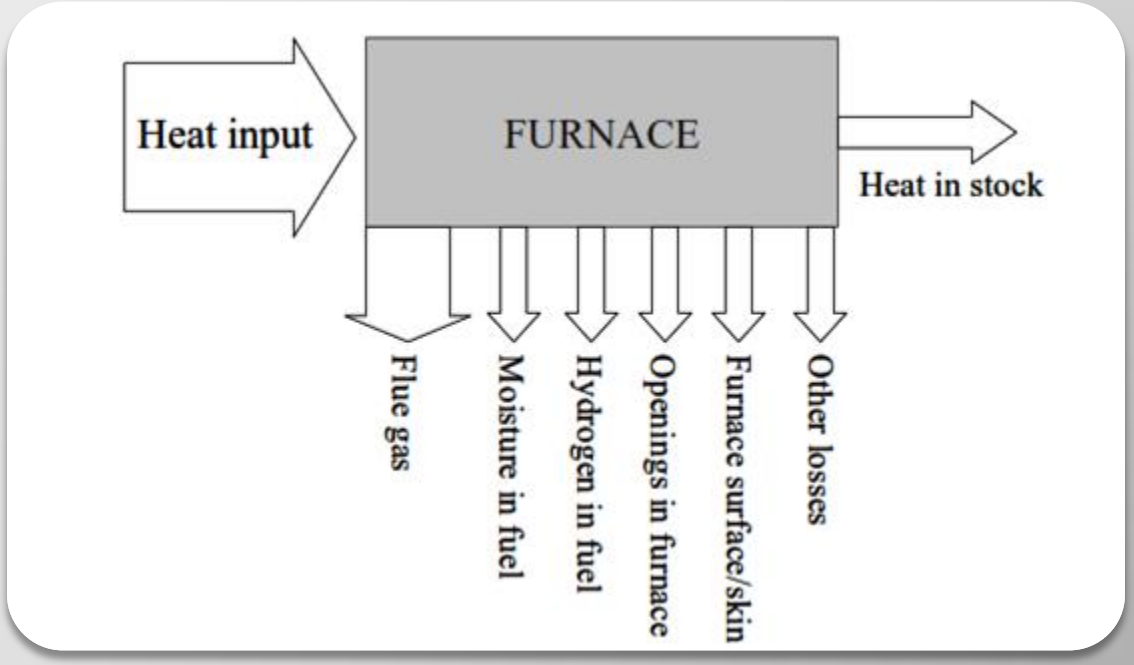
فرآیند تولید الفین‌ها

مبانی طراحی کوره

دسته‌بندی کوره‌ها

- نوع سوخت مصرفی
  - فسیلی
  - الکتریکی
- تغذیه مواد
  - مداوم (Continuous)
  - بچ (Batch)
- انتقال حرارت
  - Radiation
  - Convection
  - ترکیبی

مبانی طراحی کوره

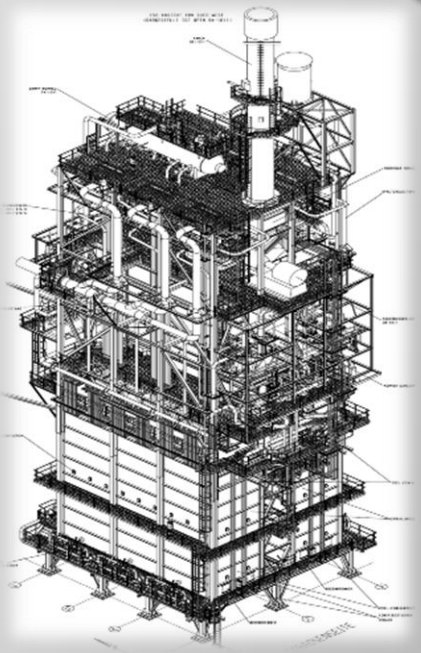


شماتیکی از اتلاف حرارت در کوره

مبانی طراحی کوره

عوامل طراحی کوره

- شرایط کاری
- پوشش کوره



مبانی طراحی کوره

شرایط کاری

- دمای کاری
- اتمسفر کوره
- بار حرارتی کوره
- بار مکانیکی

مبانی طراحی کوره

پوشش کوره

- ضخامت مورد نیاز
- انتخاب نسوز
- دیگر موارد مهم

- عملکرد دمایی
- پایداری سازه
- کنترل وزن
- کنترل هزینه

مبانی طراحی کوره

پوشش کوره

- ضخامت مورد نیاز
- انتخاب نسوز
- دیگر موارد مهم

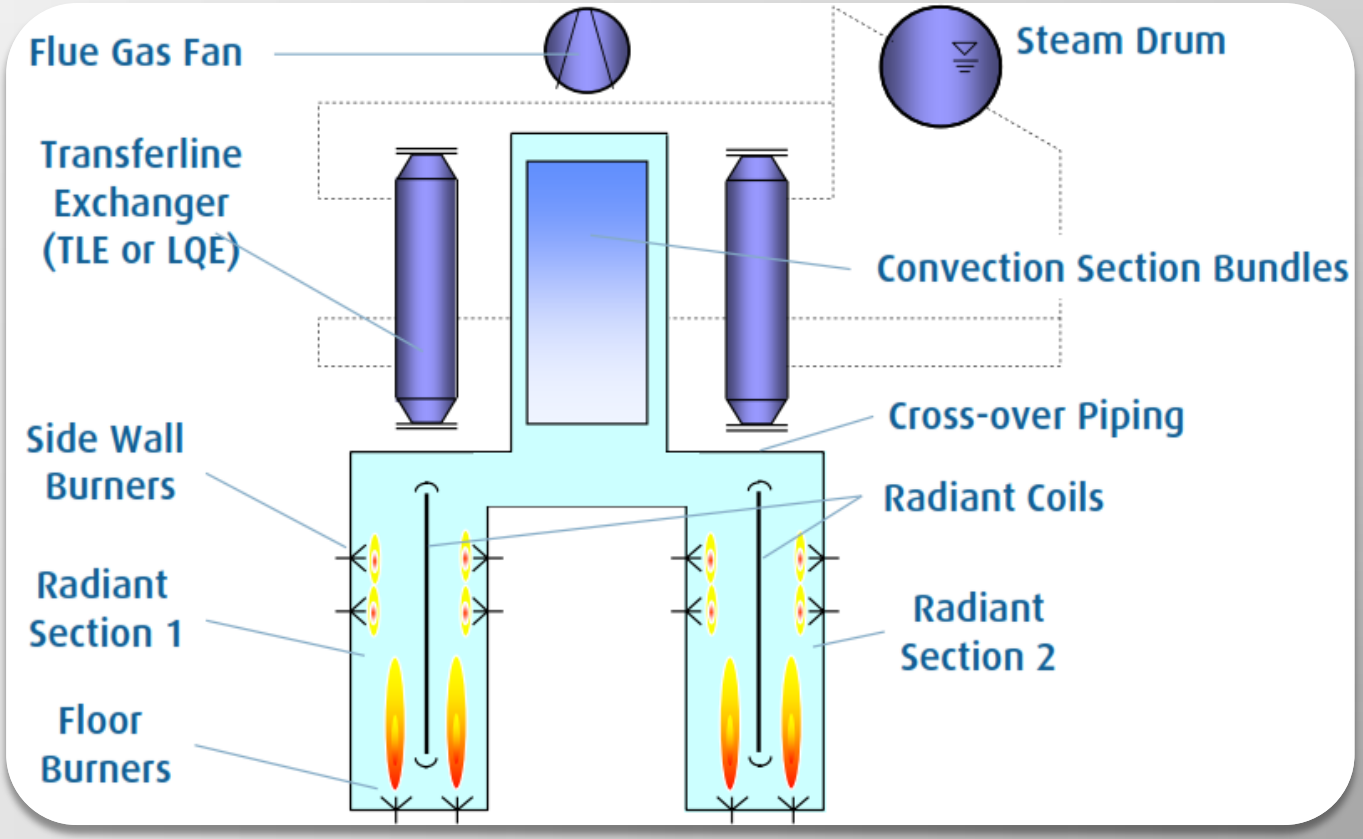
- خواص فیزیکی
- خواص شیمیایی
- خواص حرارتی
- هزینه
- در دسترس بودن

مبانی طراحی کوره

پوشش کوره

- ضخامت مورد نیاز
- انتخاب نسوز
- دیگر موارد مهم
  - سهولت نصب
  - تعمیرات آتی

مبانی طراحی کوره

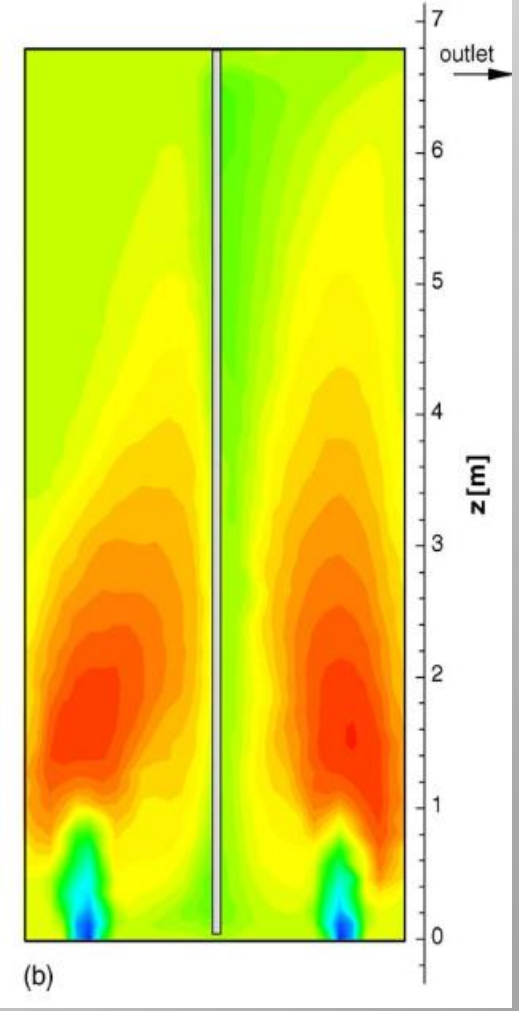


شماتیک کوره کراکینگ الفین

مبانی طراحی کوره

پروفایل حرارتی دیواره کوره

Height (m)	Refractory Temperature Profile (°C)
10.95	1007
9.91	1007
8.87	1047
7.83	1057
6.79	1079
5.75	1092
4.71	1090
3.67	1078
2.63	1064
1.59	1078
0.55	1102



نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

نسوزهای متعارف مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

- آجرهای نسوز سبک گرید ۲۳، ۲۶ و ۲۸
- سرامیک فایبرها به صورت پتو، مدول، طناب و...
- بردهای کلسیم سیلیکاتی
- جرم‌های ریختنی سبک و سنگین
- آنکرهای فلزی با کیفیت‌های مختلف مانند S304، S310 ، inconel

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

آجرهای عایق گرید ۲۳، ۲۶ و ۲۸

- **مزایای استفاده از آجرهای عایق**

- کاهش اتلاف حرارتی
- سرعت بالای گرم کردن
- وزن کم‌تر کوره
- ضخامت کم‌تر لایه‌های نسوز جهت دست‌یابی به پروفایل حرارتی دلخواه

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

آجرهای سبک گرید ۲۳، ۲۶ و ۲۸

- **معایب استفاده از آجرهای عایق**
  - استحکام مکانیکی پایین
  - مقاومت به خوردگی شیمیایی پایین
  - مقاومت کم‌تر در برابر Spalling

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی آجرهای عایق گرید ۲۳،۲۶ و۲۸

	Grade 23	Grade 26	Grade 28
Max. Service Temp °C	1260	1430	1540
Bulk Density gr/cm^3	<0.75	<0.85	<0.95
CCS kg/cm^2	≥12	>18	≥20
Cold Bending Strength kg/cm^2	8-12	>12	12-15
Permanent Linear Change (%)	-0.2@1200°C 24h	-0.2@1400°C 24h	-0.7@1510°C 24h
Thermal Conductivity (W/mk)			
600	≤0.31	≤0.35	≤0.35
800	≤0.33	≤0.38	≤0.38
1000	≤0.35	≤0.40	≤0.40
1200	≤0.37	≤0.41	≤0.41

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی آجرهای عایق گرید ۲۳،۲۶ و۲۸

Chemical Composition (%)	Grade 23	Grade 26	Grade 28
Al_2O_3	>36	>52	>65
SiO_2	<52	<45	<32
Fe_2O_3	<1	<0.7	<0.5
Alkali	<0.5	<0.2	<1.5

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

سرامیک فایبرها به صورت پتو، مدول، طناب و...

- **خواص سرامیک فایبرها**

ضریب هدایت حرارتی پایین

ظرفیت گرمایی پایین

دانسیته بسیار پایین

مقاومت بسیار بالا به شوک حرارتی

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

سرامیک فایبرها به صورت پتو، مدول، طناب و...

- **مزایای استفاده از سرامیک فایبرها**

- مصرف پایین‌تر سوخت
- راندمان بالاتر کوره‌ها
- سهولت نصب
- عمر طولانی‌تر و هزینه نگهداری پایین‌تر کوره‌ها

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

سرامیک فایبرها به صورت پتو، مدول، طناب و...

- **معایب استفاده از سرامیک فایبرها**

- تشدید انقباض در درجه حرارت‌های بالا
- مقاومت مکانیکی پایین
- نامناسب برای محیط‌های با شرایط حاد
- قیمت بیش‌تر در مقایسه با دیگر نسوزها

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی سرامیک فایبرها

	unit	Ceramic fiber blanket 1260	Ceramic fiber blanket 1427
Max. Service Temp	°C	1200	1400
Bulk Density	kg/m^3	64-192	64-192
Fiber Dia.	µm	2.5-4	2.5-4
Linear Shrinkage	%	(-2)-(-3.5)@1200°C 24h	(-2)-(-3.5)@1400°C 24h
Tensile Strength	Mpa	0.055 min	0.055 min
Thermal Conductivity 500 °C	W/mk	0.08-0.15	0.08-0.15

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی سرامیک فایبرها

Chemical analysis	Ceramic fiber blanket 1260	Ceramic fiber blanket 1427
Al_2O_3	42-47 %	30-34 %
SiO_2	53-58 %	48-55 %
ZrO_2	-	13-18%

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

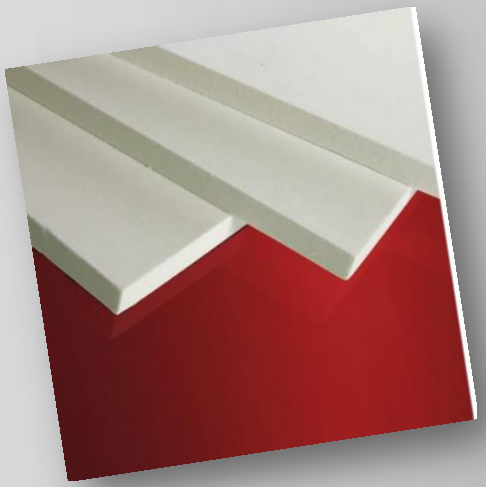
مشخصات فنی عمومی سرامیک فایبرها

	unit	Ceramic fiber board 1260°C	Ceramic fiber board 1430°C
Max. Service Temp	°C	1200	1400
Bulk Density	kg/m^3	240-380	240-380
Compressive Strength	MPa	0.28 min 10% deformation	0.28 min 10% deformation
Linear Shrinkage	%	(-2)-(-3.5)@1200°C 24h	(-2)-(-3.5)@1400°C 24h
Thermal Conductivity 600 °C 800 °C 1000 °C	W/mk	 0.11 0.15 0.2	 0.11 0.15 0.2

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی سرامیک فایبرها

Chemical analysis	Ceramic fiber board 1260°C	Ceramic fiber board 1430°C
Al_2O_3	43-45 %	29-31 %
SiO_2	54-56 %	54-58 %
ZrO_2	-	12-14%



نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

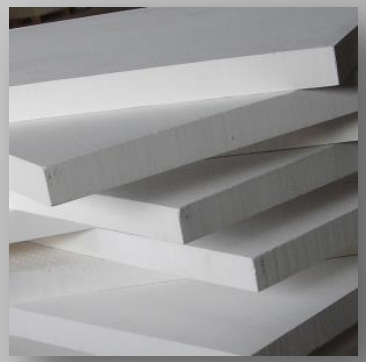
مشخصات فنی عمومی بردهای کلسیم سیلیکاتی

	unit	Calcium Silicate Board 1000
Max. Service Temp	°C	1000
Bulk Density	kg/m^3	240-380
Flexural Strength	MPa	0.6
Compressive Strength	MPa	0.7
Linear Shrinkage	%	<2 @Service Temp. 24h
LOI	%	10-14@Service Temp.
Thermal Conductivity	W/mk	<0.11

نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

مشخصات فنی عمومی بردهای کلسیم سیلیکاتی

Chemical analysis	Calcium Silicate Board 1000
Al_2O_3	3.5-4.5 %
SiO_2	44-48 %
CaO	35-38%
Fe_2O_3	<0.7 %
MgO	<1.3



نسوزهای مصرفی در کوره‌های پتروشیمی

آنکرهای فلزی؛ کیفیت‌های مختلف

Anchors Alloy	Max Service Temp.
Stainless Steel 304 Anchors	800 °C
Stainless Steel 310 Anchors	1100 °C
Inconel Alloy 601	1150-1230 °C

خریداری نسوزهای مصرفی

نکاتی که در خرید دیرگدازها باید رعایت شود:

- اکتفا نکردن به برگه مشخصات محصول جهت ارزیابی کیفی
- بررسی امکانات و تجهیزات تولید
- روش کنترل کیفی تولید کننده
- ارزیابی کیفی دیرگدازها قبل از مصرف

کنـــترل کیـــفی

فعالیت‌های انجام شده در کنترل کیفی

ارزیابی حجم سفارش و امکان سنجی خرید

نظارت بر خرید و عقد قرارداد و هماهنگی جهت برنامه تولید و توافق در زمینه استاندارد تعیین سطح دقت (AQL)

حضور در محل واحدهای تولیدی طرف قرارداد کارفرما و نظارت بر فرآیند تولید

بازرسی خواص ظاهری و ابعاد محصولات و انجام نمونه برداری و آزمایشات مورد نیاز طبق استاندارد

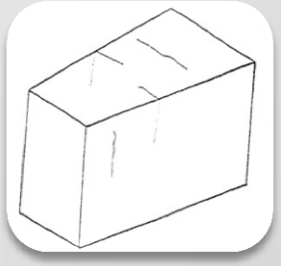
صدور گواهی حمل جهت محصولات مورد تایید، تهیه گزارش و اظهار نظر فنی در خصوص میزان تطابق

کیــفیت نســوزها

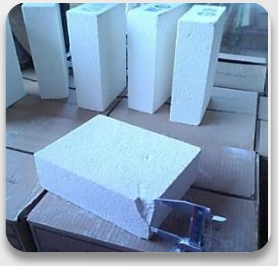
کیــفیت نســوزها

عیوب ظاهری

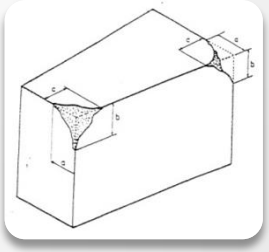
- ترک
- شکستگی
- برآمدگی سطحی
- جوش‌های سطحی
- رنگ
- وجود ناخالصی در بافت



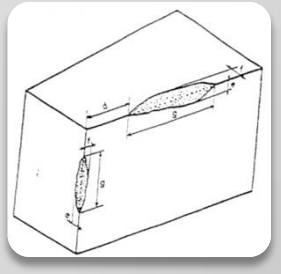
ترک‌های سطحی



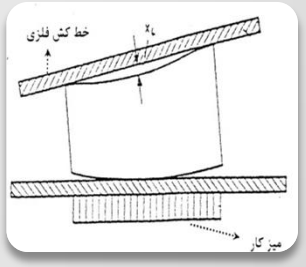
لب پریدگی



لب پریدگی



پریدگی گوشه‌ها



برآمدگی سطحی

برآمدگی سطحی

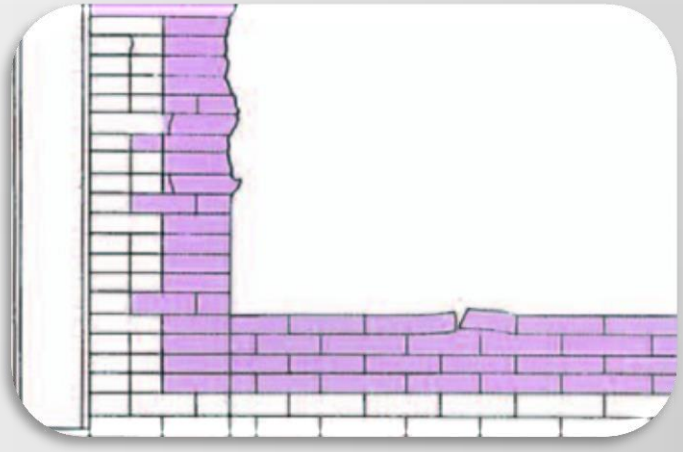
جوش‌های سطحی

رنگ

کیــفیت نســوزها

وضعیت ظاهری

کنترل ابعادی



کیــفیت نســوزها

- وضعیت ظاهری
- کنترل ابعادی
- خواص فیزیکی

سـرد

- دانسیته
- تخلخل
- مقاومت فشاری سرد
- مقاومت خمشی

گـرم

- مقاومت خمشی گرم
- انقباض خطی
- نسوزندگی تحت بار
- خزش
- انبساط

کیــفیت نســوزها

Typical Oxides
Al_2O_3
SiO_2
CaO
Fe_2O_3
Na_2O
K_2O
TiO_2
ZrO_2

- وضعیت ظاهری
- کنترل ابعادی
- خواص فیزیکی
- خواص شیمیایی

کیــفیت نســوزها

وضعیت ظاهری

کنترل ابعادی

خواص فیزیکی

خواص شیمیایی

بسته بندی

مناسب جهت حمل طولانی و جابجایی

مقاوم در برابر رطوبت

نصـــب نسوزها

نکات عمومی نصـب

- تمیز بودن محل اجرای کار
- آموزش و توجیه نیروهای اجرایی در خصوص روش اجرای کار
- رعایت دستورالعمل‌ها
- آماده‌سازی تجهیزات نصب (میکسر، دستگاه جوش، شابلون‌ها و ...)
- دقت در حمل و انبار مواد نسوز در محل اجرای عملیات

نصـــب نسوزها

✓ نکات تخصصی نصب

Joints

- Assemble Items
- Absorb Thermal Expansion

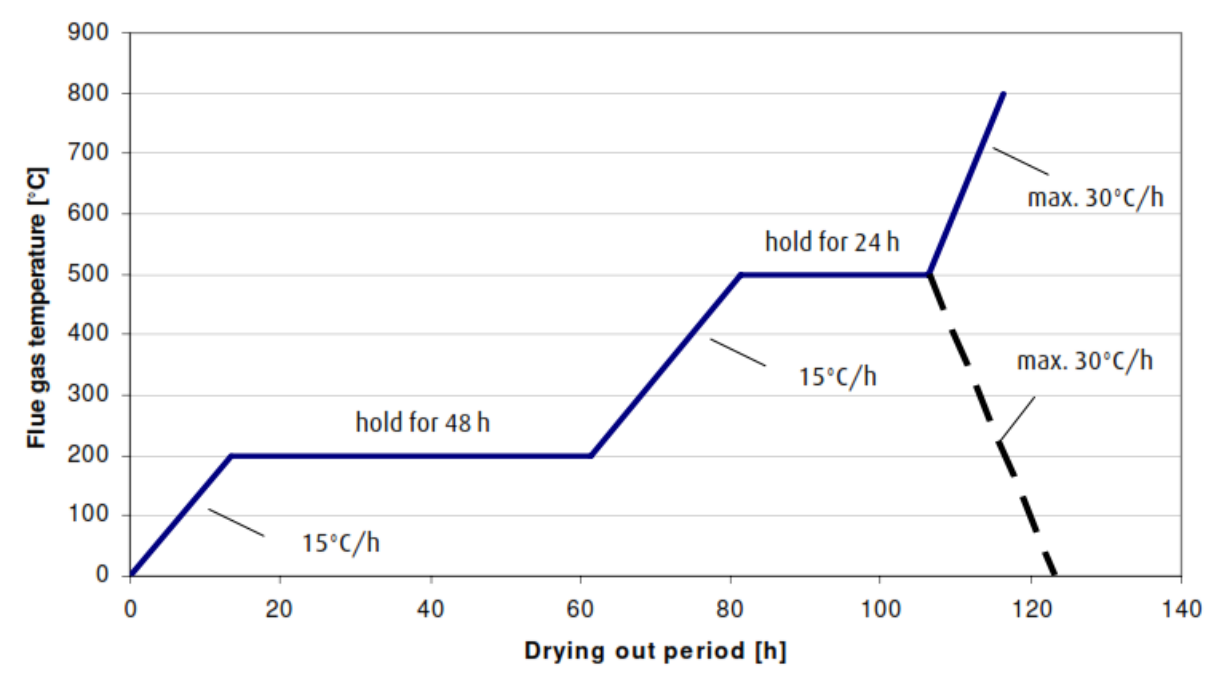
Expansion Joints

Structural Joints

بهــره‌بــرداری

✓ بهره‌برداری

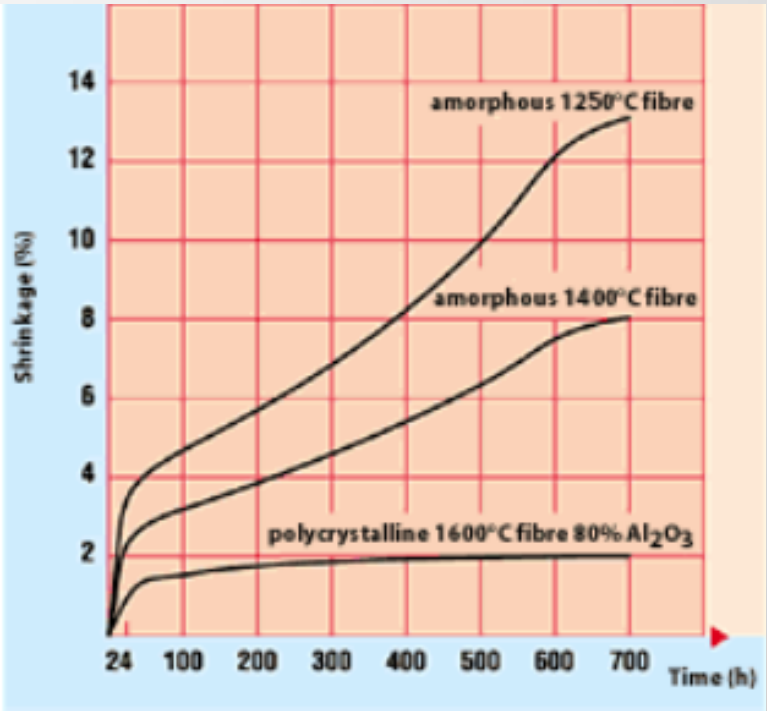
فرآیند خشک‌کردن



بهــره‌بــرداری

بهره‌برداری

- فرآیند خشک‌کردن
- نوسانات حرارتی کوره



تغییرات انقباضی سرامیک فایبرها در دمای کاری بر حسب زمان

بهــره‌بــرداری

بهره‌برداری

- فرآیند خشک‌کردن
- نوسانات حرارتی کوره
- تغییرات اتمسفر کوره

بهــره‌بــرداری

✓ بهره‌برداری

- فرآیند خشک‌کردن
- نوسانات حرارتی کوره
- تغییرات اتمسفر کوره
- تنظیمات مشعل

تجهیز مواد
پیشگام

با تشکر

از توجه شما

بسم الله الرحمن الرحيم

شرکت تمام مواد مهندسی

دوره آموزشی:
دیرگدازهای عایق حرارت

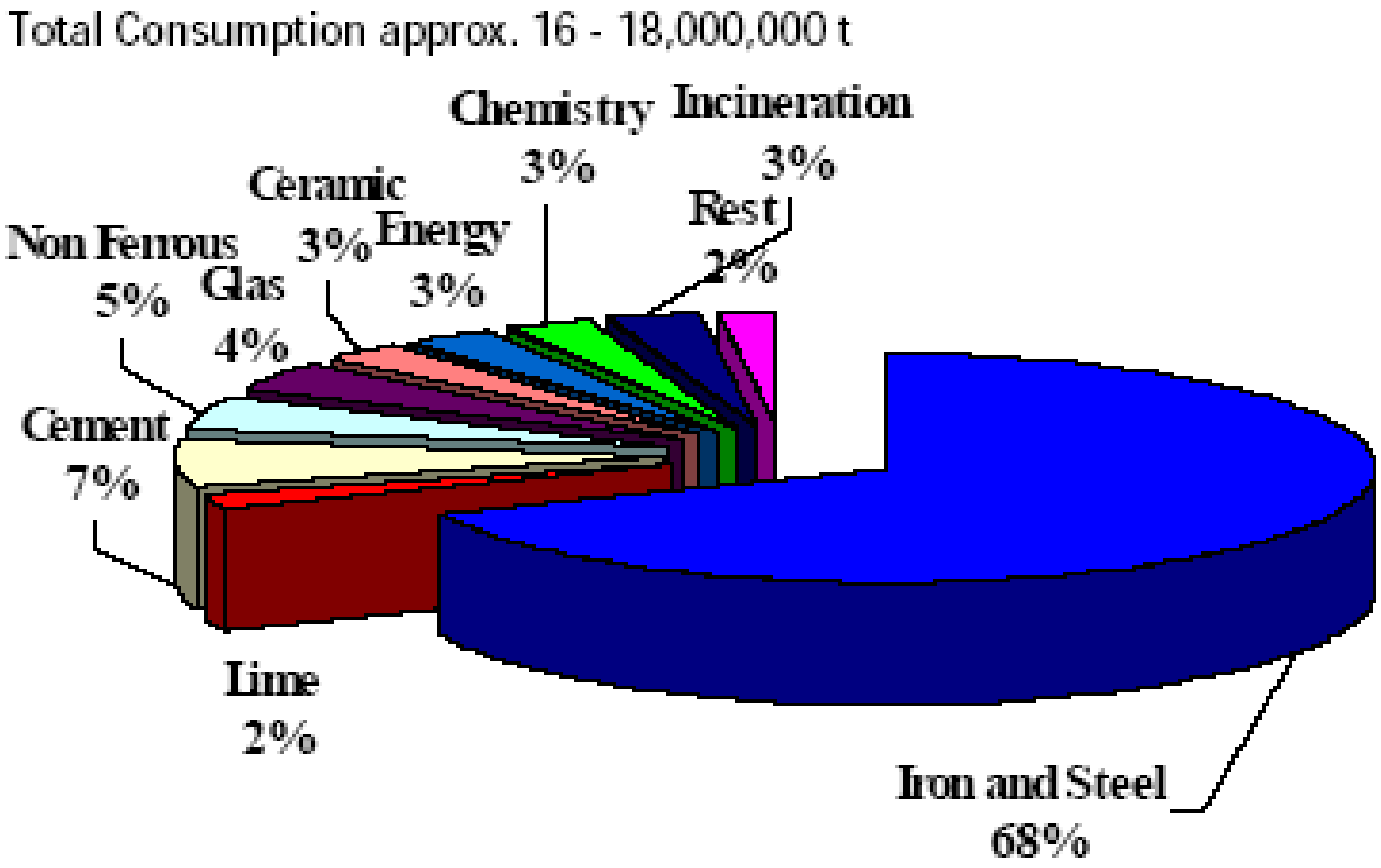
حسین سرپولکی

دانشکده مهندسی مواد و متالورزی- دانشگاه علم و صنعت ایران

تعریف:

- سرامیک علم و هنر ساخت و بکار بردن جامداتی! است که عموما ابتدا شکل داده شده و سپس بمنظور افزایش استحکام پخت میشوند.
- دیرگدازها گروه کوچکی از مواد سرامیکی هستند که بمنظور حفظ حرارت و کار در شرایط سخت طراحی و ساخته میشوند.
- بخش اعظم دیرگدازها در صنایع غیر سرامیک بکار میروند.

مصرف دیرگدازها

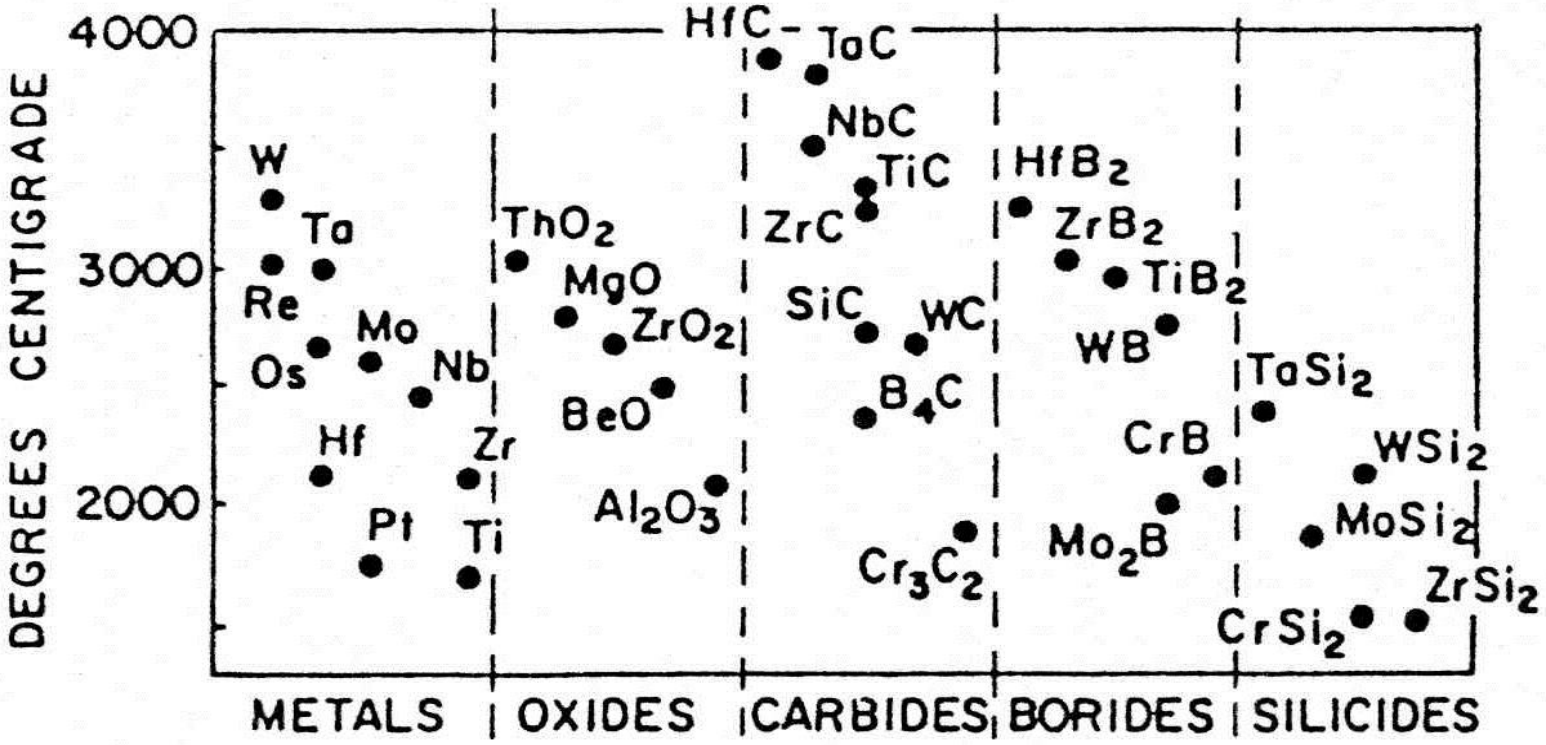


تعاریف و تقسیم بندی دیرگدازها

- انواع مواد دیرگداز
- فلزی: به فلزاتی دیرگداز گویند که نقطه ذوب آنها بالاتر از $1650\ ^{\circ}C$ باشد.
- سرامیکی : سرامیک هایی که دیرگدازی آنها بالاتر از $1520\ ^{\circ}C$ باشد.

این مواد عموما دارای پیوند یونی یا کووالانت باشد.

نقاط ذوب مواد مختلف



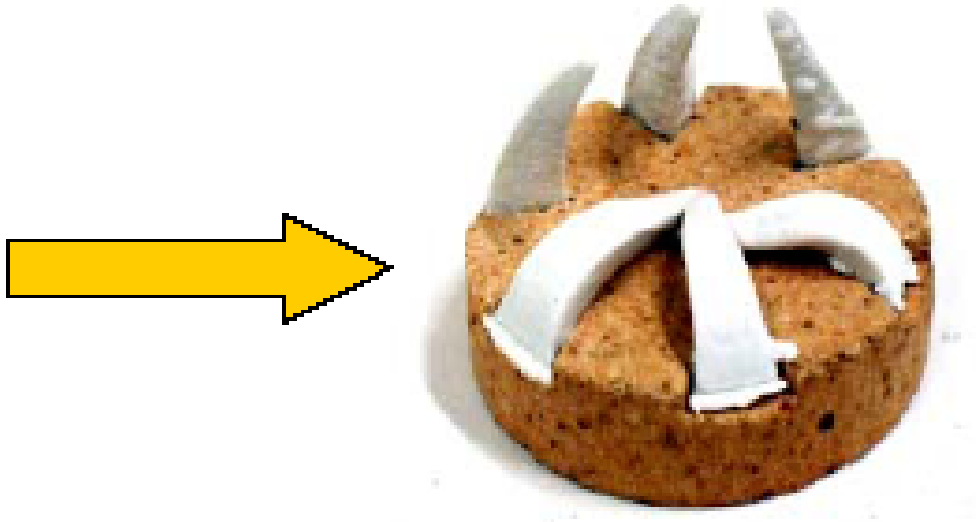
A product is called „REFRACTORY",

if the Seger cone is $\geq$ 18 (1520 °C)

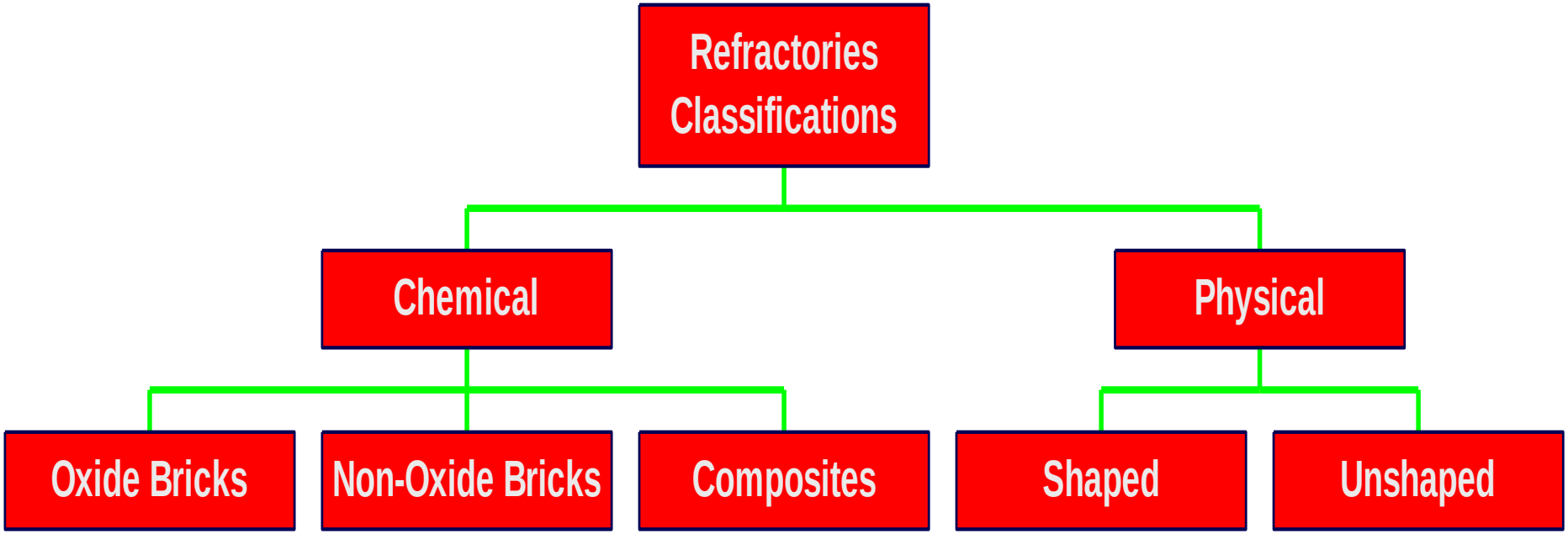
A product is called „HIGHLY REFRACTORY",

if the Seger cone is $\geq$ 37 (1830 °C)

A Seger cone is of a certain ceramic composition with a distinctive melting point indicating its ability to withstand heat



مقدمه :


Refractories Classifications
Chemical
Physical
Oxide Bricks
Non-Oxide Bricks
Composites
Shaped
Unshaped

کلیات:
دیرگدازها، اصول – کاربرد - خواص

- تعاریف و تقسیم بندی دیرگدازها
  - تقسیم بندی دیرگدازها از نظر شیمیایی
- اسیدی: شامل سیلیسی، شاموتی، سیلیمانیتی و زیرکونیایی
- خنثی: شامل آلومینایی، کربنی و سیلیکون کاربایدی
- بازی: شامل دیرگدازهای منیزیتی، منیزیت – کرومیتی و دولومیتی

ادامه- تعاریف و تقسیم بندی دیرگدازها

۱- تقسیم بندی از نظر دانسیته و تخلخل

- متراکم: با درصد تخلخل کمتر از ۳۰ درصد
- سبک یا عایق: بادرصد تخلخل بالاتر از ۴۵ درصد

۲- تقسیم بندی از نظر دانه بندی

- در اندازه میلیمتری(Coarse): مانند اگریگیت ها در آجر، بلوک، بوته و جرمهای دیرگداز
- دانه بندی کمتر از میلیمتر(Fine) : مانند ذرات سازنده رولر کوره، بوته ها و قایقک های آزمایشگاهی و غلاف ترموکوپل

ادامه- تعاریف و تقسیم بندی دیرگدازها

۳- تقسیم بندی از نظر شکل

- شکل دار
- بی شکل یا مونولیتیک
- تقسیم بندی از دیدگاه پخت
- خام
- زینتری
- ذوبی

دیرگدازهای عایق حرارت :

- عایقهای حرارتی شامل ترکیبی از موادی با ضریب هدایت حرارتی کم می باشند که برای دستیابی به محصولاتی با ضریب هدایت حرارتی خیلی کوچک بکار می روند.

- در محصولات دیرگداز عایق حرارت مواد جامد مختلفی (الیاف، پودر و ورقه) بصورت ریز در سر تا سر یک حجم مشخص مملو از هوا پخش شده‌اند.
- این مخلوط ماده دیرگداز-هوا مانع هدایت حرارت میشوند.

کاربرد دیرگدازهای عایق های حرارتی

- جلوگیری از اتلاف انرژی و حرارت
- در کوره های صنعتی اتلاف حرارت عموما ۲۵٪ می باشد
- **بالا بردن و حفظ دمای کوره**

برای جلوگیری از انتقال حرارت می توان از مواد زیر استفاده کرد .

- ۱-استفاده از دانه های سبک یا متخلخل(پوک)
- ۲-استفاده از جرمهای ریختنی عایق
- ۳-استفاده از الیاف یا بوردهای حاوی الیاف
- ۴-استفاده از آجرهای عایق

دانه های سبک یا متخلخل(پوک)

- ۱- پرلیت Perlit :
- سنگ آتشفشانی حاوی:
- ٪۷۵-۶۵ SiO2،
- ٪۲۰-۱۰ Al2O3
- و ٪۵-۲ Cao+K2O+Na2O

- این ماده حین گرم شدن منبسط می شود و ماده سبک وزنی می دهد که در بتن ها و گچ های سبک ، عایق های حرارتی و صوتی بکار می رود .
- همچنین در باغبانی بعنوان نگهدارنده رطوبت در کارخانجات قند و شکر بعنوان فیلتر ، در لاستیک سازی بعنوان پرکننده و غیره کاربرد دارد .

- در ایران پرلیت در سفید خانه میانه و همچنین در بیرجند ، طبس و کاشان ذخایر پرلیت وجود دارد .
- پرلیت استخراج شده از معدن را در کوره های عمودی یا افقی در مدت زمان کوتاه به دمای حدود $800^{\circ}c$ می رسانند که در اثر این عمل منبسط می شود .

دیاتومیت : *Diatomite*

- دیاتومیت نوع فشرده خاک دیاتومیتی **diatomaceous earth** است .
- خاک دیاتومیتی ماده سیلیسی سبکی است که از اسکلت دیاتوم **diatom** حاصل شده است .
- نقطه ذوب دیاتومیت **1000-1750 ° c** ، وزن مخصوص آن ۱/۹ تا ۲/۳۵ است .
- دیاتومیت بعنوان عایق گرما و صوت ، بعنوان صافی در صنایع قند ، بعنوان پر کننده در کاغذسازی و ساینده نرم بکار می رود . در ایران در اردبیل و تبریز وجود دارد .

ورمیکولیت :Vermiculite

- جزء میکاهای آبدار است
- که فرمول کلی آن را به این صورت نمایش می دهند .

- وقتی گرم می شود حجم آن ۲۰-۱۶[redacted]
sec ۸-۴) که به این عمل exfoliation گویند .

شاموت سبک Lightweight chamotte

- برای تهیه شاموت متخلخل (سبک) از راههای مختلفی عمل می کنند .
- مثلاً بریکت هایی از رس دیرگداز حاوی کک به میزان مناسب تهیه کرده و سپس آن را می پزند .
- پس از پخت ، بریکت ها آسیاب می شوند و شاموت سبک حاصل می شود .
- همچنین می توان از رسها و شیل های طبیعی حاوی زغال سنگ استفاده کرد .

آلومینای حبابی : (بابل آلومینا)
bubble alumina

- **از طریق ذوب آلومینا و دمش هوا در مذاب حاصل می شود .**

عایق های سیلیکات کلسیمی :

- نحوه ساخت این عایقها بدین ترتیب است که مواد آهکی و مواد سیلیسی مخلوط شده و سپس تحت فشار بخار در اتوکلاو قرار می گیرند .
- بنابراین نیازی به پخت ندارند .
- این فرآیند در مورد آجرهای ساختمانی معروف به ماسه آهکی از سال ۱۸۸۰ به بعد انجام می گیرد .

- برای تهیه آجر عایق از این روش ، بدنه ساخته شده در یک چارچوب فلزی ریخته گری می شود تا تخلخل مناسبی ایجاد شود .
- پارامتری مهم در تهیه نمونه نسبت مولی ، فشار بخار اشباع شده ، زمان اعمال فشار بخار ، عوامل کمکی برای استحکام مثل گچ و سیمان ، عوامل کمکی برای ایجاد تخلخل مثل پودر آلومینیوم و نوع سیلیس و دانه بندی و سطح مخصوص آن می باشد .
- فشار بخار اشباع شده معمولاً ۱۰۰-۷۰ و زمان اعمال آن ۸-۶ ساخت می باشد .

- . در حین اعمال فشار بخار واکنش بین اجزاء رخ داده و فازهای هیدراته توبوموریک و اگزونوتولیت (تارهای C-S-H با نسبت های مختلف) و فاز غیر هیدراته ولاستونیت را بوجود می آورند .
- دمای کارکرد محصولات سیلیکات کلسیمی $^{\circ}c$ ۱۱۰۰-۶۰۰ و دانسیته آنها از ۰/۳۵ تا ۰/۶۸ با استحکام فشاری ۸۵-۲۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد .

شیشه های فومی :

- شیشه بسیار ریز و کربن و عامل اکسید کننده مخلوط شده و سپس در کوره ذوب می شوند . در حین ذوب بدلیل ایجاد مذاب پر از حباب می گردد .
- در شیشه حاصله بیش از ۳۵۰ میلیون سلول هوا در یک متر مکعب وجود دارد .
- شیشه های فومی بسیار سبک اند و به راحتی بریده می شوند .
- علاوه بر استفاده بعنوان عایق حرارت می توانند در صنایع سرماسازی جایگزین چوب پنبه گردند . دانسیته یک محصول شرکت کورنینگ، برابر ۰/۱۴ می باشد .

جرمهای ریختنی سبک یا عایق :

- برای طراحی و ساخت جرمهای ریختنی عایق (سبک) از مواد سبک و عایق ذکر شده در قسمت قبل استفاده می کنند .

محصولات حاوی الیاف :

- الیاف (fibers) و پشم (wool) از جنس های مختلف نظیر آسبست ـ آزبست (asbestos) ، پشم سنگ (rockwool) ، پشم شیشه (glass wool) و الیاف آلومینوسیلیکاتی (silica – alumina fibres) ، الیاف آلومینایی (alumina fibers) ، الیاف زیرکونیایی ، الیاف شیشه ، الیاف کربنی و غیره کاربرد فراوانی در عایق های گرمایی پیدا کرده اند .

- الیاف در کامپوزیت ها نیز بکار می روند (fibre – reinforced composite) که به دلیل مقاومت مکانیکی بالای الیاف است .
- اگر الیاف تک کریستال باشد به آن ویسکر (whisker) می گویند .
- همچنین الیاف می توانند پلی کریستال و یا آمورف باشند.
- همچنین الیاف کاربردهای دیگری همانند کاربرد آنها در انتقال پیام و نور (optical fiber) و در سنسورهای مختلف دارند .

معرفی انواع بتونهای دیرگداز وچگونگی نصب آنها

انواع دیرگداز ها

بی شکل

- انواع جرمها

باشکل

- آجرها

(ISO 836, DIN 51 060)

مزایای استفاده از بتن های دیرگداز در مقایسه با آجرها

- نصب سریع و آسان
- پیشرفتهای قابل توجه در کیفیت بایندرو روش نصب
- نصب ارزانتر
- عدم نیاز به اشکال خاص
- درزهای بسیار کمتر

(DIN EN 1402-1,ISO 1927)

مواد اولیه مصرفی در بتون های دیرگداز

آلومینای فیوزد (سفید و قهوه‌ای)

آلومینای ذوبی سفید: >۹۹٪

آلومینای ذوبی قهوه ای:۹۹-۹۵ ٪

آلومینای تبولار:>۹۹٪

آندالوزیت ۶۰-۵۵٪

سیلیکون کارباید

شاموت سبک

ورمیکولیت

پرلیت

سیمانهای کلسیم آلومینایی

انواع آلومینای کلسینه و راکتیو

بوکسیت کلسینه: ۸۷-۸۲٪

شاموت ۴۴-۴۰٪

- ✓ مقاومت به س
- ✓ مقاومت به شوک عال
- ✓ مقاومت
- ✓ دیرگدازی عالی
- ✓ دیرگدازی بالا
- ✓ مقاومت به خزش بالا
- ✓ قیمت مناسب
- ✓ دیرگداز متراکم و عایق
- ✓ قیمت مناسب

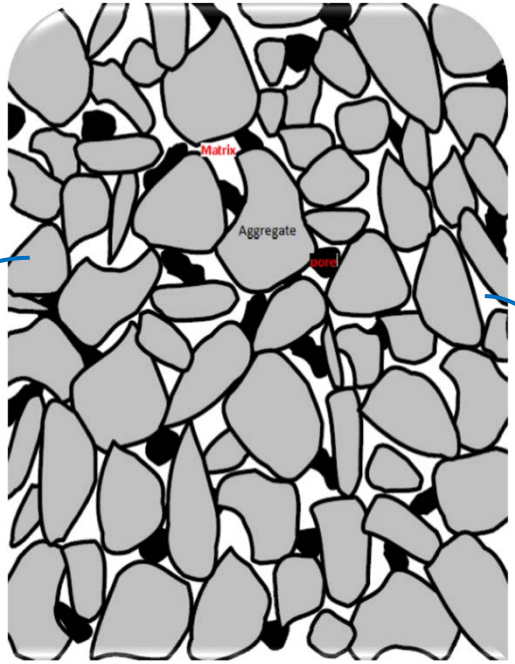
بتن های دیرگداز

متراکم

عایق

JIS

ASTM



اگریگیت

فاز زمینه

JIS(R2641)

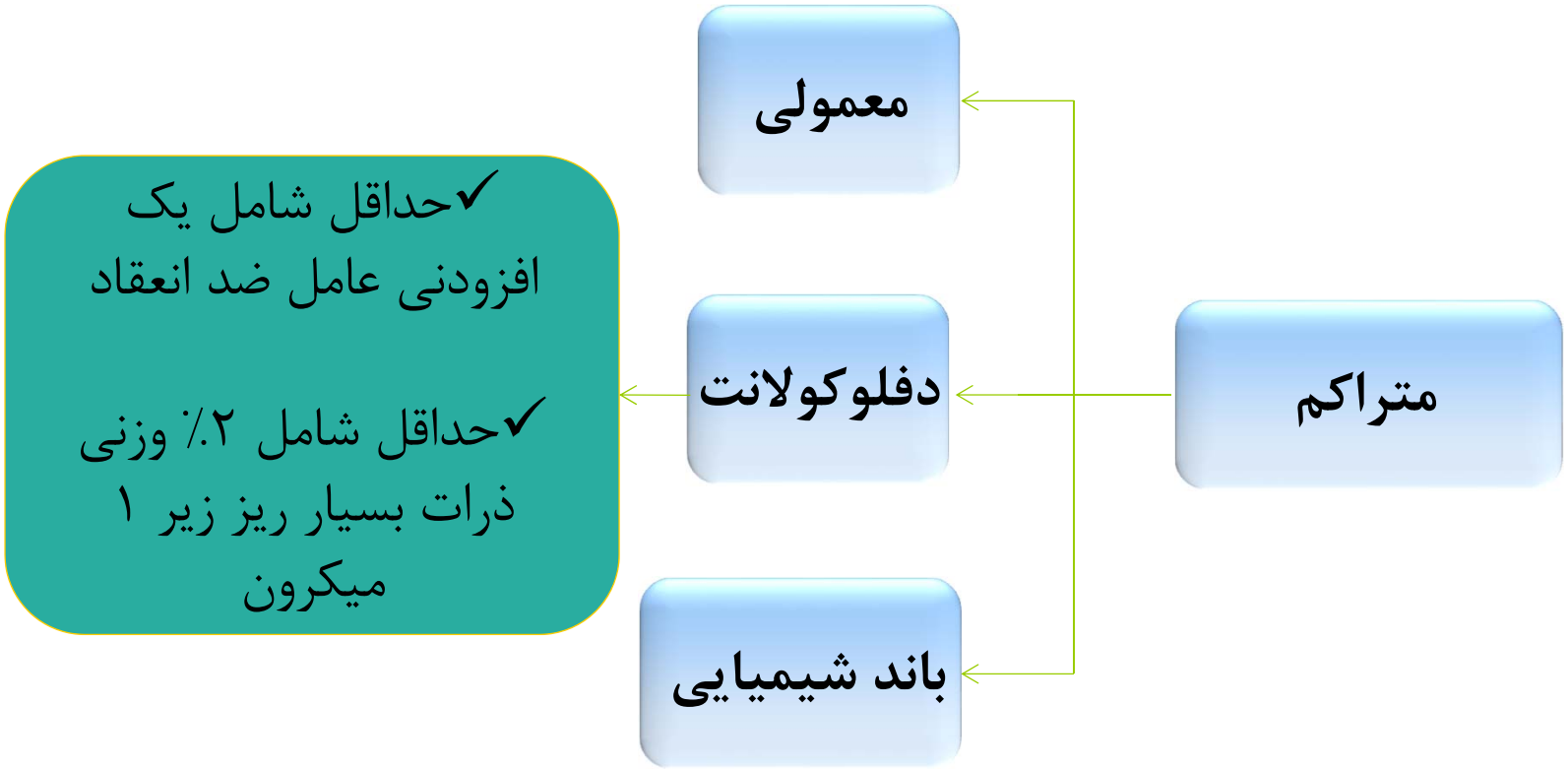
Test Classes		PLC± 1.5 when fired for 3 h at	Bulk Density After drying at 105-110°C, Max.	Strength after drying at 105-110°C		Thermal Conductivity at 350°C Kcal / m.h.°C, Reference value
				Modulus of rupture. Min. Kgf/cm²	Cold crushing strength. Min. Kgf/cm²	
A	1	1400°C	1.2	10	30	0.25-0.3
	2	1300°C	1.2	10	30	
	3	1200°C	1.0	7	20	0.2-0.25
	4	1100°C	1.0	7	20	
	5	1000°C	0.7	5	15	0.15-0.2
	6	800°C	0.5	5	5	0.10-0.15
B	1	1400°C	1.5	20	60	0.35-0.4
	2	1300°C	1.5	20	60	
	3	1200°C	1.3	12	40	0.30-0.35
	4	1100°C	1.3	12	40	
	5	1000°C	1.0	10	25	0.2-0.25
	6	800°C	0.8	5	15	0.15-0.20

ASTM (C 401)

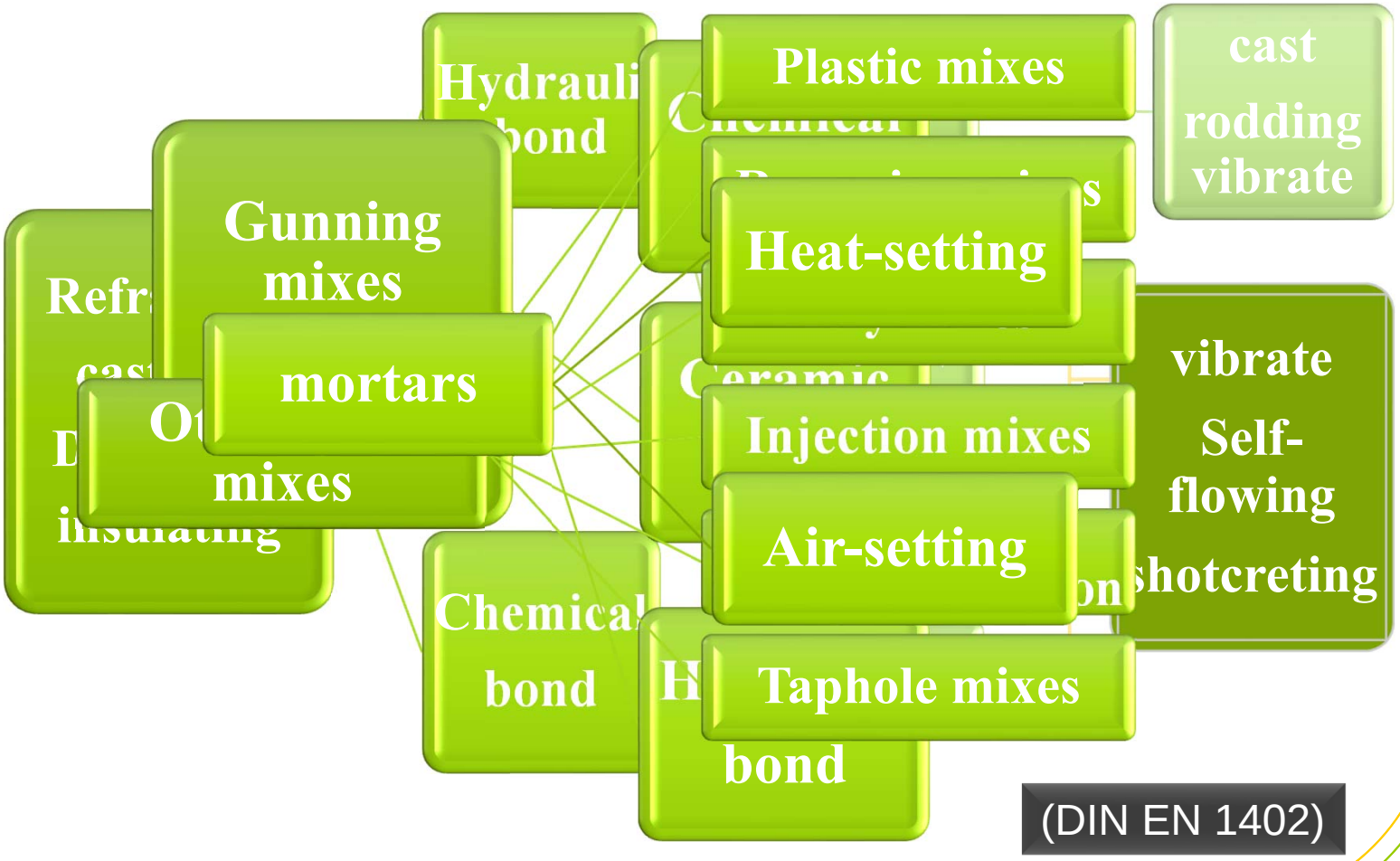
Test requirements	Classes of insulating castable refractories				
	Class N	Class O	Class P	Class Q	Class R
PLC, not more than 1.5% when fired for 5h at Maximum bulk density, after drying at 105 to 110°C	925°C 0.88	1040 °C 1.04	1150 °C 1.2	1260 °C 1.44	1370 °C 1.52

Test requirements	Classes of insulating castable refractories			
	Class S	Class T	Class U	Class V
PLC, not more than 1.5% when fired for 5h at Maximum bulk density, after drying at 105 to 110°C	1480°C 1.52	1595 °C 1.60	1650 °C 1.68	1760 °C 1.68

انواع جرم های متراکم



سایر جرمها



(DIN EN 1402)

مزایای جرمهای دفلوکولانت

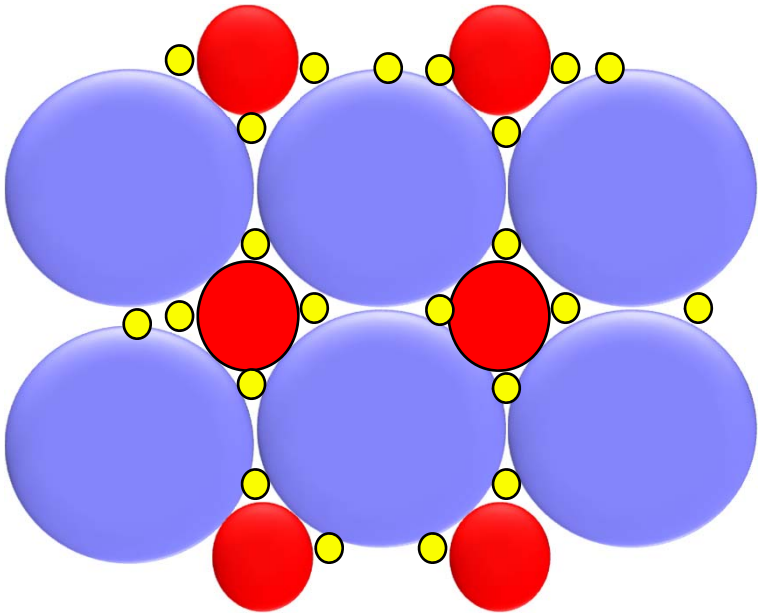
A ساختار متراکم

B دیرگدازی بالاتر

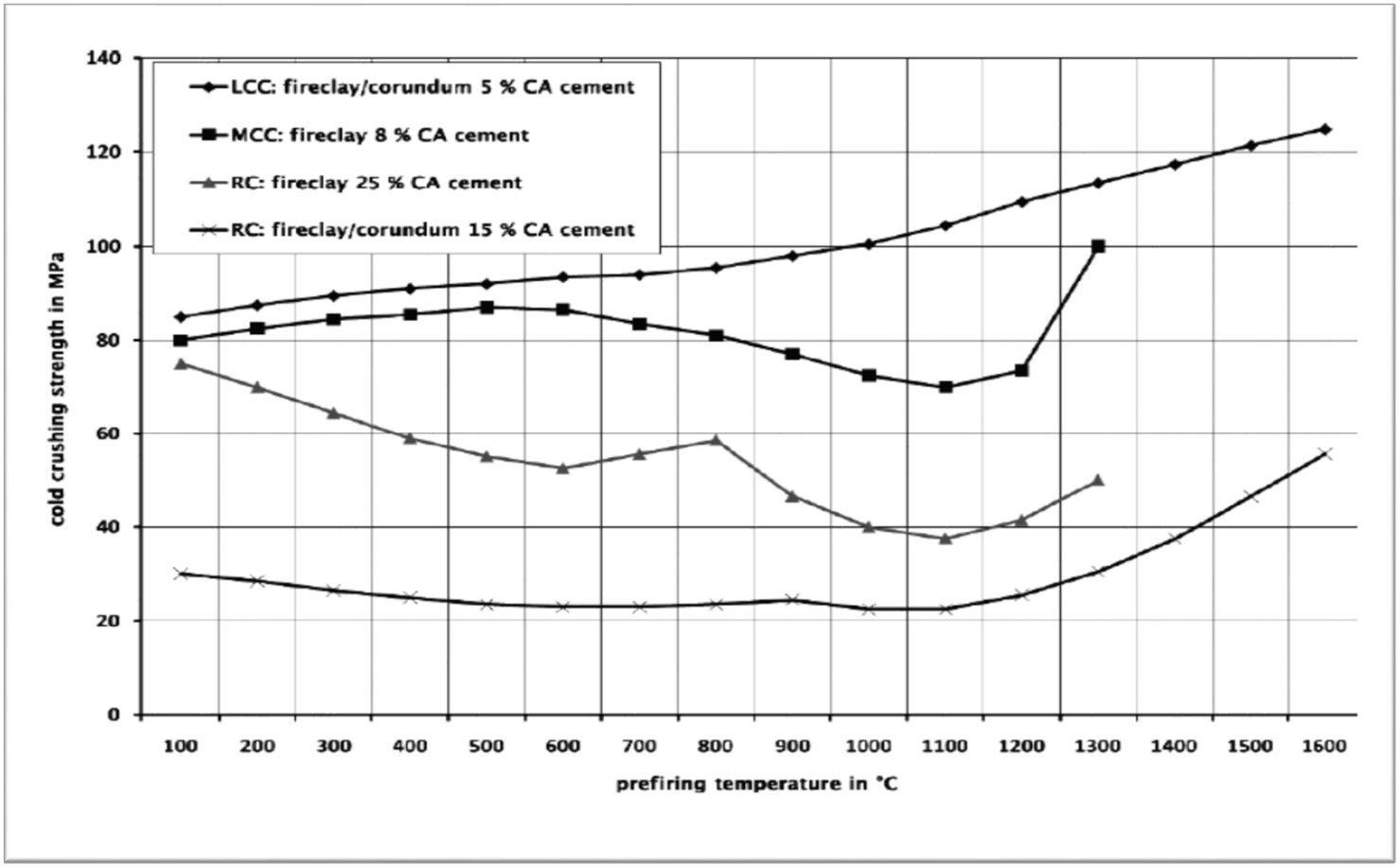
C حفظ استحکام در دماهای مختلف

D نفوذ پذیری کمتر

ساختار متراکم جرمهای دفلوکولانت



مقایسه استحکام فشاری سرد جرمهای مختلف



مقایسه انواع جرمهای ریختنی

	ULCC	LCC	RCC
درصد آب	3.5-4.5	4-6.5	7-15
مخلوط سازی	با دقت	با دقت	آسان
نصب	نیاز به مهارت	نیاز به مهارت	آسان
زمینه	بسیار متراکم	متراکم	تخلخل نسبتا بالا
تاثیر دمای محیط	بسیار حساس	حساس	کم
گرمایش	بسیار حساس	حساس	نسبتا بالا

جرم گانینگ

Dry Gunning

- انتقال جرم خشک گانینگ با فشار باد
- افزودن آب به نازل
- پاشش جرم به همراه آب

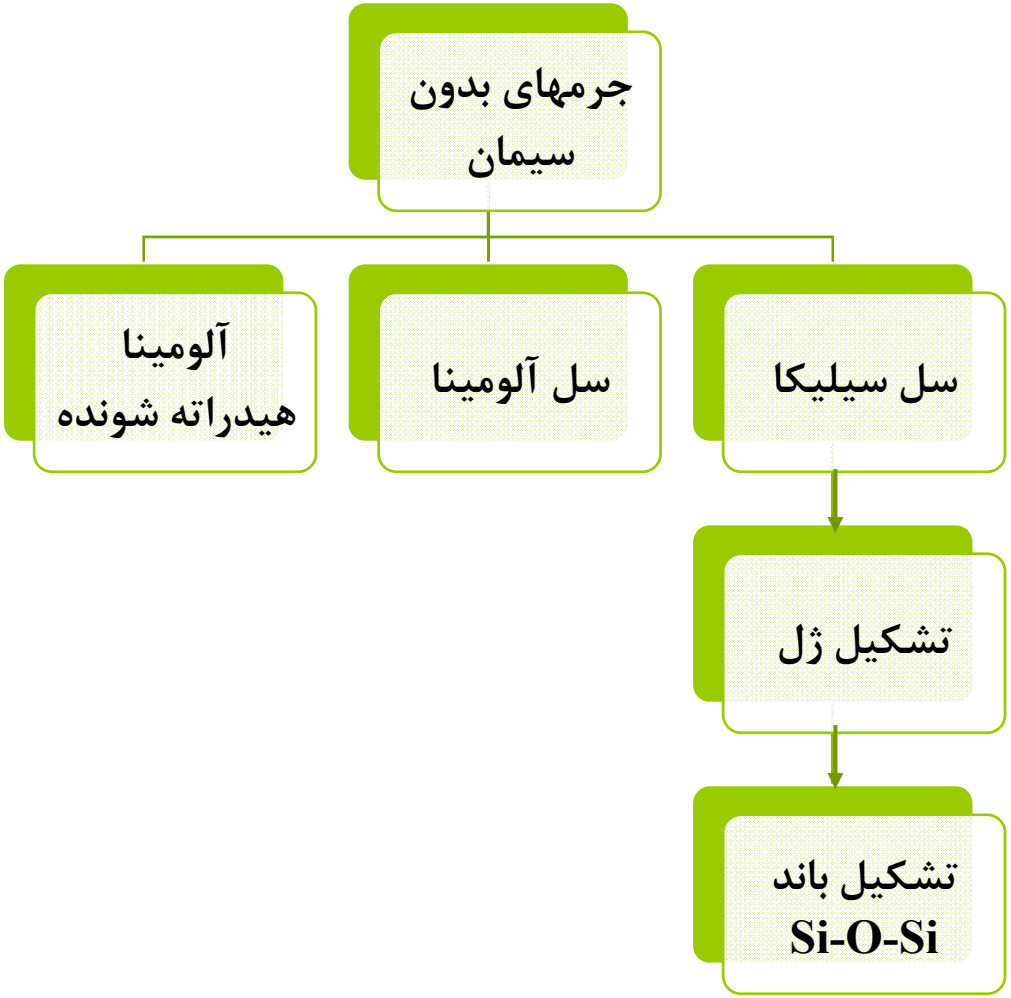
Wet Gunning(Shotcrete)

- میکس جرم دفلوکولانت به همراه آب در میکسر پارویی
- انتقال جرم از طریق پمپ پیستونی به نازل گانینگ
- افزودن یک عامل منعقد کننده به نوک نازل پیش از پاشش جرم

مقایسه روشهای مختلف نصب

روش	مزایا	معایب
ریختن، ویبره	دانسیته و استحکام بالا تخلخل کمتر و نفوذپذیری بالاتر گرد و خاک کم، پرت کم جرم	قالب بندی و هزینه های آن زمان نصب تاخیر ناشی از تشکیل باندینگ و بازکردن شابلونها
گانینگ خشک	نصب سریع عدم نیاز به شابلون تجهیزات استاندارد دسترسی به مناطق دور از دسترس کاهش نقش نیروی انسانی	گرد و خاک استحکام کمتر CaO بالاتر دانسیته کمتر، تخلخل بالاتر ریباند جرم
گانینگ تر(شاتکریت)	بسیار سریع عدم نیاز به شابلون دسترسی به مناطق دور از دسترس خواص شبیه جرمهای ریختنی عدم گرد و خاک، ریباند ناچیز	پیچدگی ماشین‌آلات سرمایه‌گذاری بالاتر هزینه‌های نگهداری بالاتر نیاز به نیروی انسانی بیشتر عدم کارایی برای مقادیر کمتر از ۲۰تن

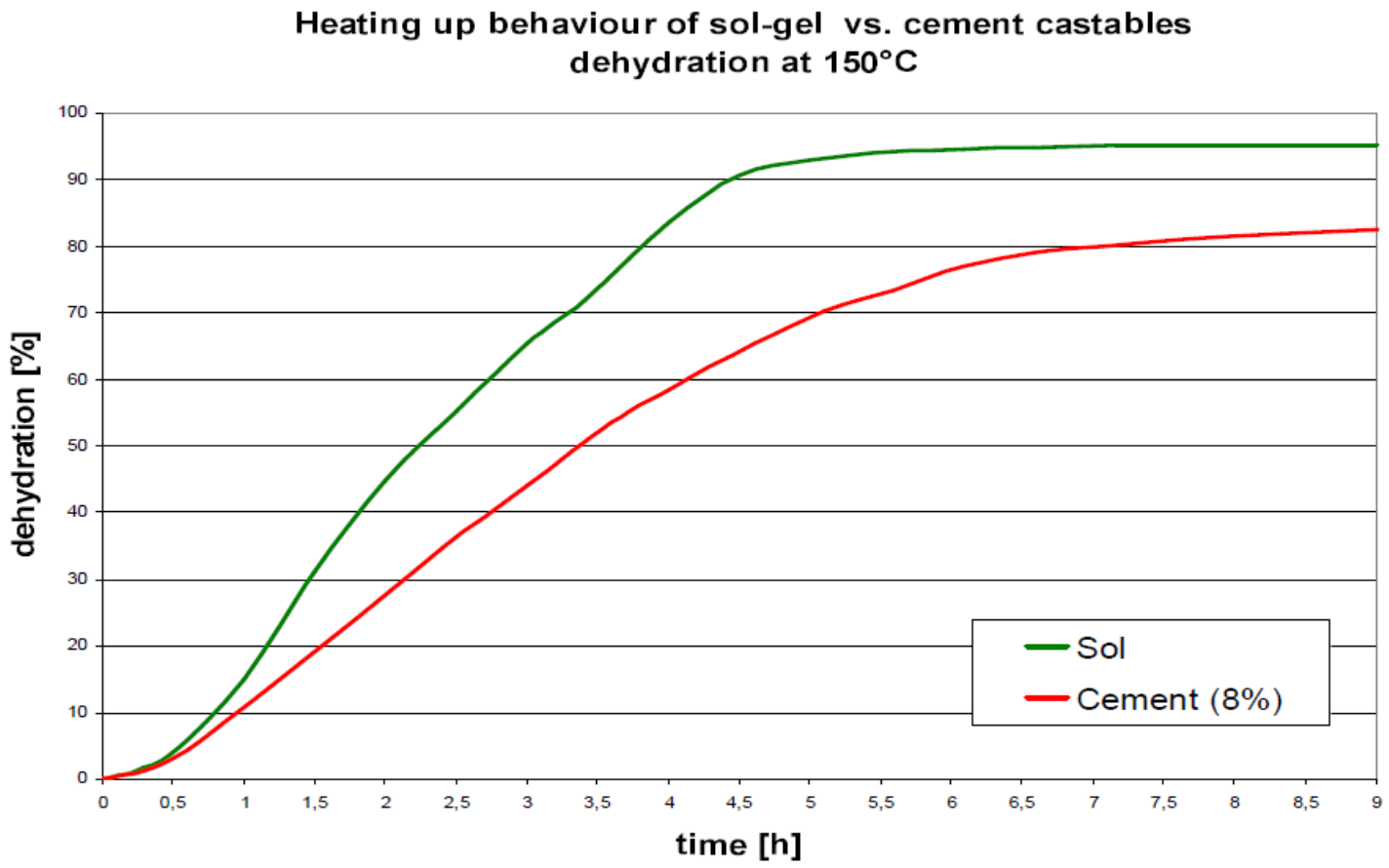
جرمهای بدون سیمان



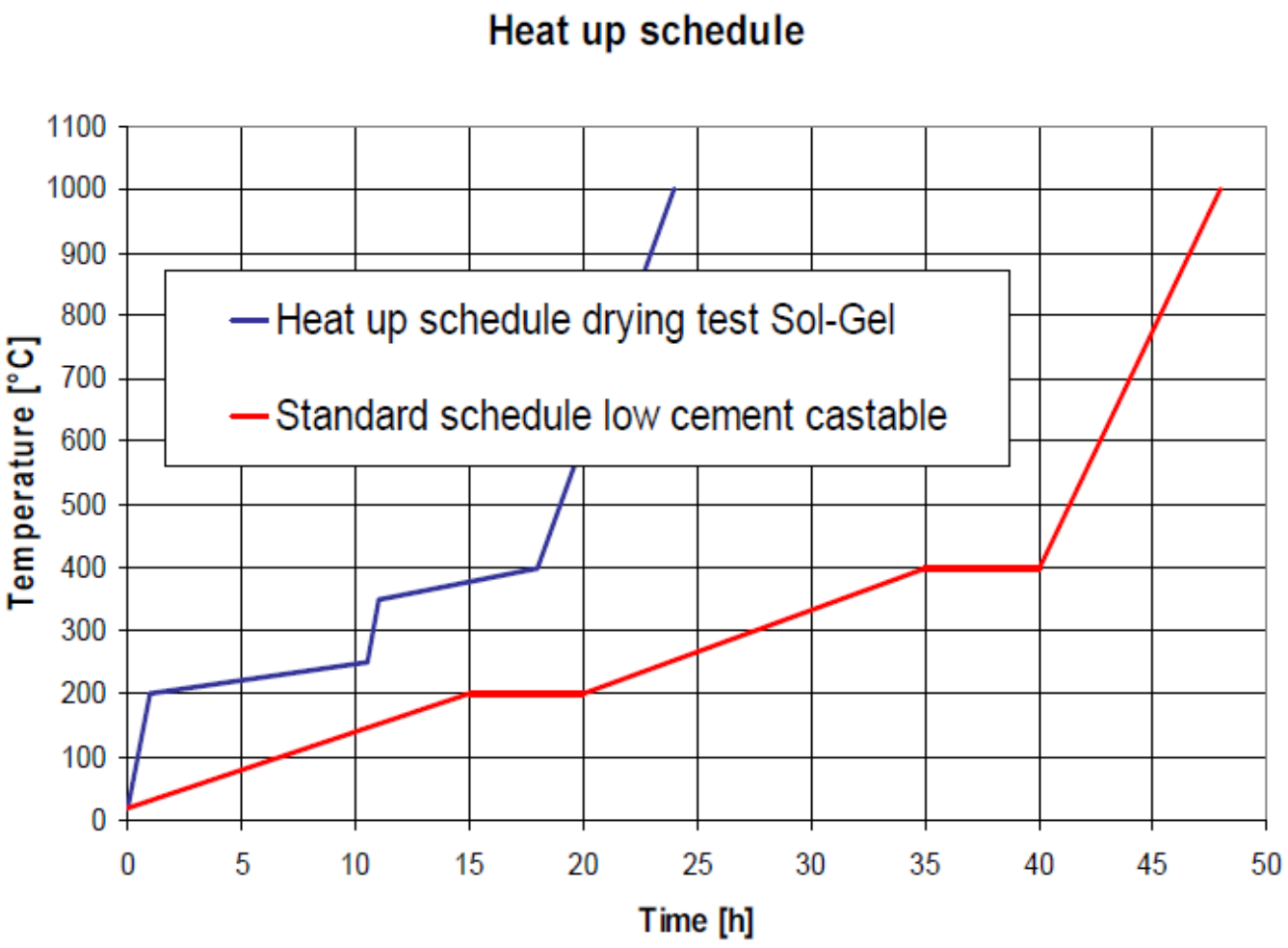
مقایسه جرمهای بدون سیمان یا حاوی سیمان

- ✓ عدم ایجاد آب شیمیایی و امکان گرمایش سریعتر
- ✓ کاهش اندازه تخلخل ها و نفوذپذیری کمتر
- ✓ عدم افزایش تخلخل در دماهای بالاتر
- ✓ مقاومت به شوک حرارتی عالی
- ✓ دیرگدازی تحت بار بالاتر
- ✓ افزایش مقاومت به سولفور
- ✓ افزایش مقاومت به سرباره
- ✓ وابستگی کمتر گیرش به دمای محیط
- ✓ وابستگی کمتر خواص نهایی به درصد آب
- ✗ محدودیت در انبارداری سل
- ✗ استحکام اولیه پایین تر

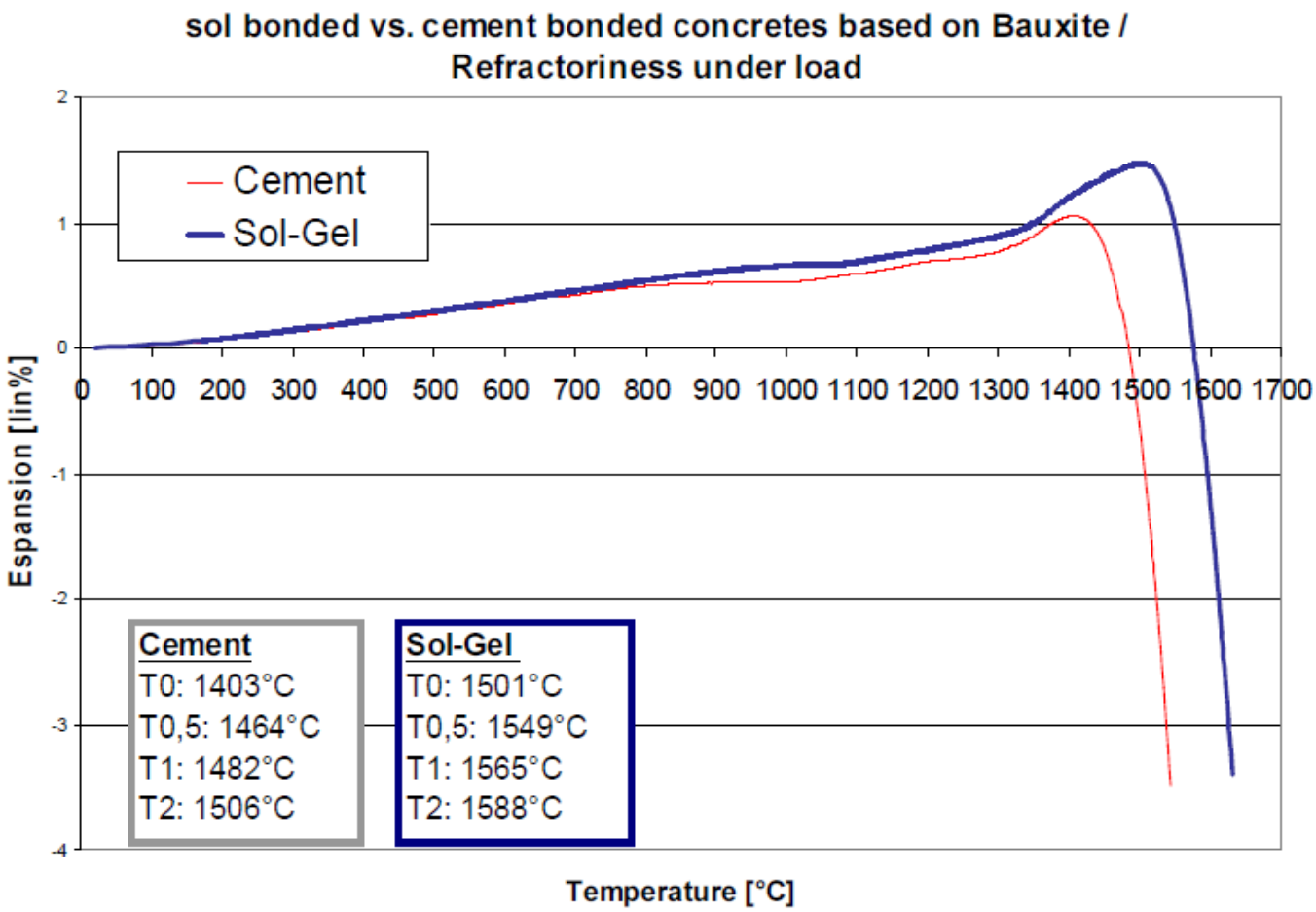
مقایسه منحنی خشک شدن جرم سل باند و جرم حاوی سیمان



مقایسه منحنی گرمایش جرم سل باند و حاوی سیمان



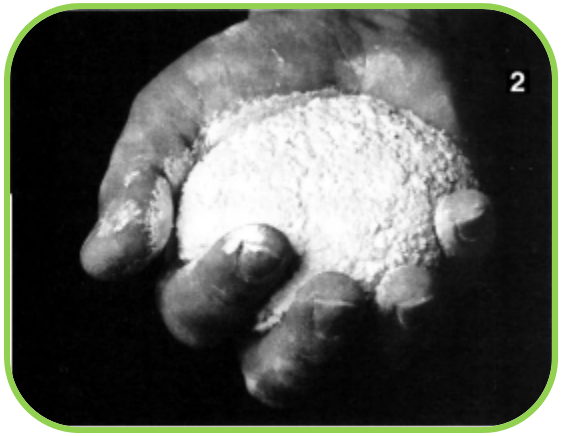
مقایسه دیرگدازی تحت بار جرم سل باند و حاوی سیمان



- نصب دیرگدازها

تست "ball-in-hand"

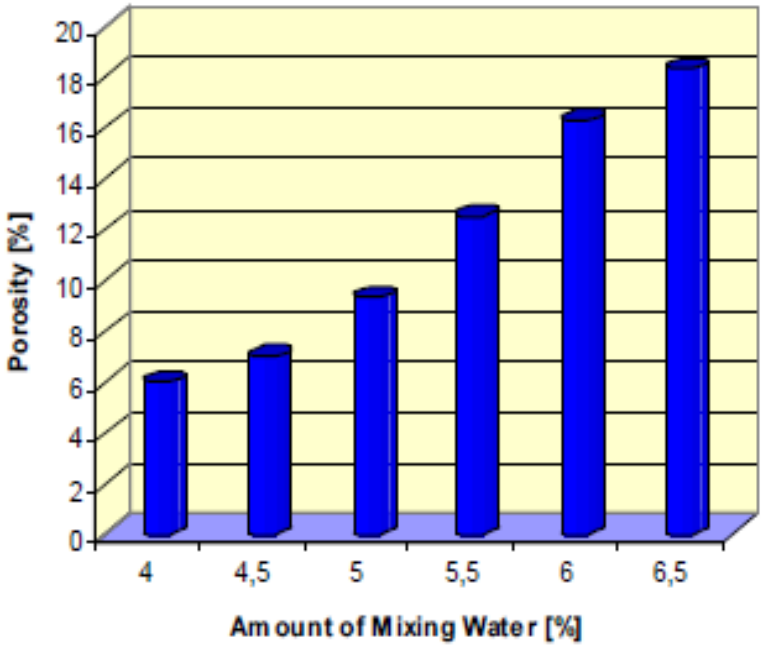
آب کم

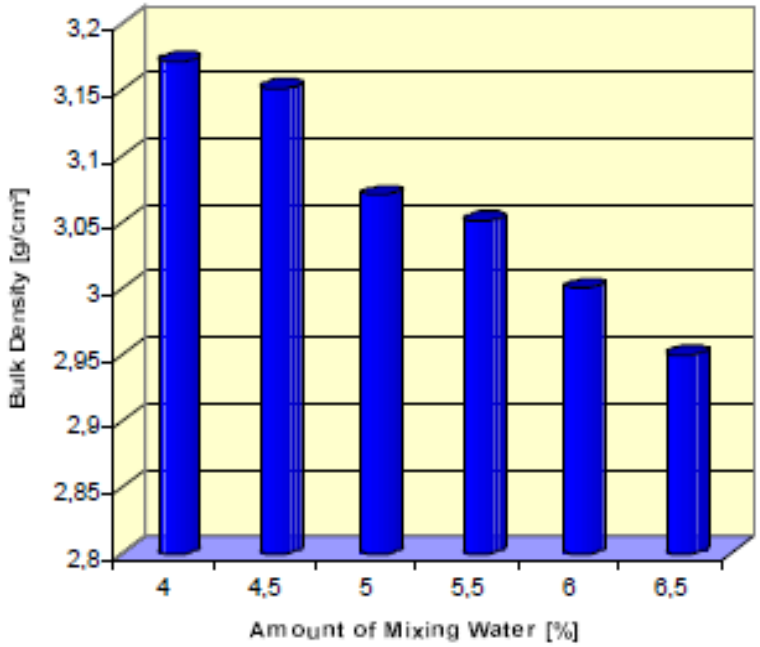


مناسب

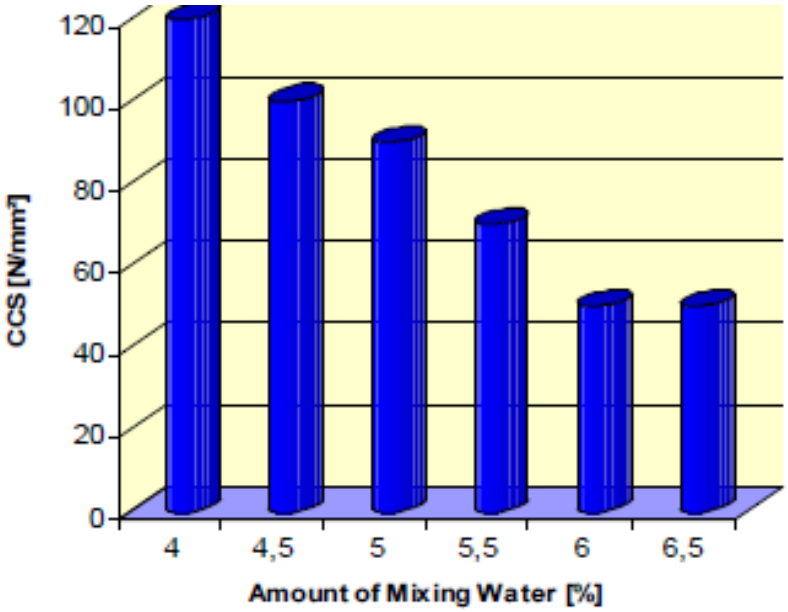
آب زیاد

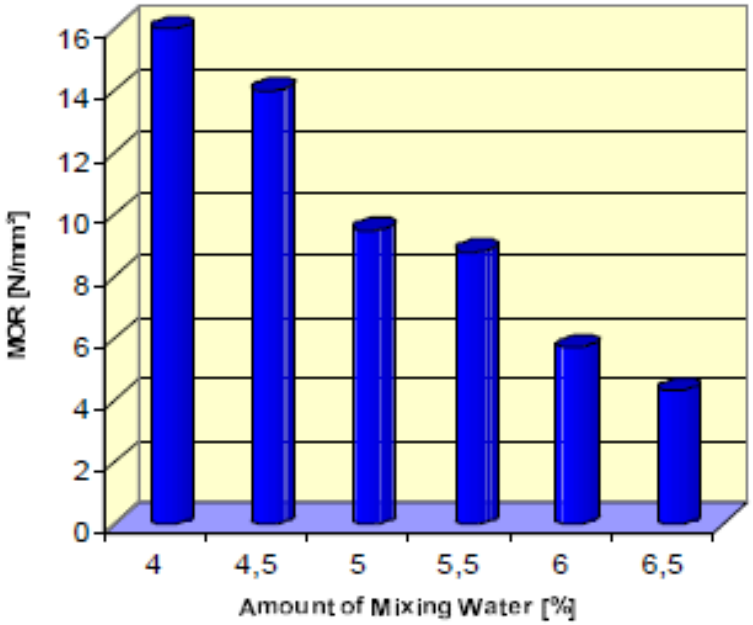
مقایسه استحکام فشاری سرد و درصد تخلخل بر اساس درصد آب





مقایسه استحکام فشاری سرد و استحکام خمشی بر اساس درصد آب





میکسر پارویی(Paddle Mixer)

آماده سازی جرم

- ✓ صرفا آب شرب
  - ✗ آب دریا
  - ✗ آب حاوی شکر
- ✓ در بهترین حالت، دمای محیط و مواد بین ۱۶ـ۲۹°C و برای جرمهای سلف فلوئوردمای مواد وزیر آب ۲۴°C
  - ✗ آب با ناخالصیهای بیشتر از ppm ۱۰۰ مانند سولفات، کلرید منیزیم
- ✓ استفاده از ابزارآلات تمیز
- ✓ ضد آب کردن همه سطوح و شابلونها

شرکت PLICRICO	استاندارد ژاپن برای آب شهری	
5.5-8.6	5.5-8.6	PH
Less than 300 PPM	Less than 300 PPM in total	Ca^{2+}
Less than 300 PPM	Less than 500 PPM	Mg^{2+}
Less than 1000 PPM	Less than 200 PPM	residue after evaporation
Less than 200 PPM	Less than 0.3 PPM	Cl^{-}
Less than 500 PPM		Fe^{3+}
-	2	Turbidity
Less than 200 PPM	-	SO_4^{2-}

مخلوط کردن

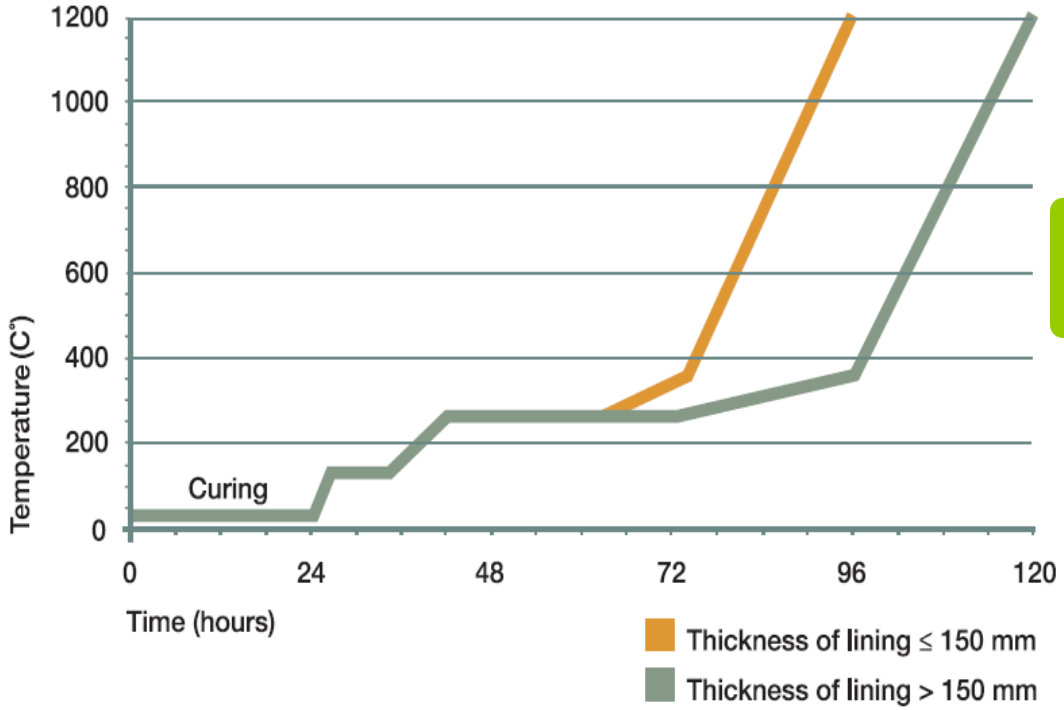
- ✓ لزوم استفاده از میکسر پارویی
- ✓ مرطوب کردن میکسر قبل از میکس اولین بچ
- ✓ مخلوط سازی اولیه خشک به مدت ۱ دقیقه جهت هموژن سازی مواد
- ✓ افزودن ۸۰٪ از آب و مخلوط کردن به مدت ۱-۲ دقیقه
- ✓ افزودن بقیه آب و مخلوط سازی به مدت ۲-۳ دقیقه
- ✓ به عنوان قاعده کلی، کل زمان میکس جرمهای رگولار ۵ دقیقه و جرمهای کم سیمان ۶ دقیقه است
- ✓ عدم اضافه کردن آب بیش از مقدار ذکر شده در مشخصات فنی
- ✓ مخلوط کردن تنها به اندازه ای که بلافاصله نصب شود
- ✓ تحت شرایط ایده‌آل حداکثر زمان نصب جرم حدود ۲۰ دقیقه

ریختن و گانینگ

- ✓ استفاده از ویبراتور با قطر ۳۵-۶۰ میلیمتر
- ✓ خارج کردن هوا از بتن
- ✓ ویبره تا زمانیکه سطح صاف و براق بوجود آید
- ✓ ویبره زیاد باعث جدایش می شود
- ✓ گانینگ با زاویه ۴۵-۹۰ درجه
- ✓ اعمال گانینگ در یک مرحله و نه لایه لایه
- ✓ سطح گا نینگ را به صورت ناصاف

کیورینگ و گرمایش اولیه

- ✓ پوشاندن سطوح باز با روکش پلی اتیلن
- ✓ حداقل زمان کیورینگ ۲۴ ساعت
- ✓ **منحنی گرمایش**
  - **ضخامت لایه بتن**
  - **نوع بتن دیرگداز**



انفجار بتن

انکر

نوع انکر	دمای انکر
Carbon Steel	کمتر از ۴۵۰ ^{o}C
SUS-410, SUS-405 (13cr)	کمتر از ۶۵۰ ^{o}C
SUS-304 (18cr-8Ni)	کمتر از ۹۰۰ ^{o}C
SUS-309S (22cr-12Ni)	کمتر از ۱۰۰۰ ^{o}C
SUS-310S (25cr-20Ni)	کمتر از ۱۱۰۰ ^{o}C
سرامیکي(Sk-36)	کمتر از ۱۴۰۰ ^{o}C
سرامیکي(SK-38)	بیشتر و ۱۴۰۰ ^{o}C

قطر انکر ضخامت دیرگداز(mm)	6علامت فی(قطر)	8	10	13
75یا کمتر	50-100			
75-100		100-200		
100-200			200-300	
200 یا بیشتر				300-350

لایه دیرگداز روی انکر

لایه روی انکر فلزی بستگی به ضخامت لایه دیرگداز دارد

	دیواره	
ضخامت	40	200
طول انکر	30	150
لایه دیرگداز روی انکر	10	50

	سقف	
ضخامت	40	200
طول انکر	30	30
لایه دیرگداز روی انکر	10	70