



سلامت و رفاهیت

WWW

WWW



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات

دانشکده مهندسی مواد - سرامیک

گزارش کارآموزی

محل کارآموزی: کارخانجات آجرنمای امیری

آشنایی با فرآیند تولید انواع آجر نما (قرمز)

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر کاوه ارزانی

نام دانشجو:

محمود گودرزی

شماره دانشجویی: ۸۳۲۰۳۰۳۷

بهار ۸۷



فهرست مطالب

۱- تاریخچه	۱
۱-۱- تعریف	۱
۱-۲- تاریخچه استفاده از آجر	۱
۱-۲-۱- تاریخچه استفاده از آجر در ایران	۲
۱-۲-۲- سیر تکاملی آجر	۲
۱-۳- انواع آجر در ایران قدیم	۳
۲- تقسیم‌بندی رس‌ها	۴
۱-۲- خاک رس آجرپزی	۶
۲-۲- ویژگی‌های خاک در فرآوری آجر	۱۰
۱-۲-۲- ویژگی‌های شیمیایی	۱۴
۲-۲- آب در خاک آجر	۱۵
۳-۲- دانه‌بندی خاک آجر	۱۵
۳- چگونگی تولید	۱۵
۴- انواع آجر	۱۶
۱-۴- انواع آجرها از نظر نوع مصرف	۱۶
۲-۴- انواع آجرها از نظر کیفیت	۱۶
۳-۴- انواع آجرها از نظر شکل	۱۶
۵- روش‌های تولید آجر	۱۶
۶- انواع کوره	۱۸
۸- استاندارد آجر در ایران	۲۰
۱-۸- انواع آجر غیررسی و اشکال آن	۲۱
۹- کارخانجات آجرنمای امیری	۲۲
۱-۹- وسایل موجود در کارخانه	۲۲
۲-۹- مواد اولیه	۲۴
۱-۲-۹- کائولن	۲۴
۱-۱-۲-۹- استخراج و فرآوری	۲۸
۲-۱-۲-۹- تولید کائولن ایران و جهان	۳۱
۳-۱-۲-۹- صادرات کائولن ایران و جهان	۳۳
۴-۱-۲-۹- واردات کائولن ایران و جهان	۳۳
۳-۹- خط تولید	۳۴
۱-۳-۹- حمل و انبار کردن مواد اولیه	۳۴



۳۵	.....	۲-۳-۹- تانکرهای ذخیره سوخت
۳۵	.....	۳-۳-۹- دستگاه خردکن
۳۶	.....	۴-۳-۹- آسیاب
۳۸	.....	۵-۳-۹- دستگاه اماج
۳۹	.....	۶-۳-۹- پرس
۴۲	.....	۷-۳-۹- کوره
۴۵	.....	۸-۳-۹- بسته بندی
۴۶	.....	۴-۹- اهداف و عملیات انجام شده در آزمایشگاه
۴۷	.....	۱-۴-۹- هدف و دامنه کاربرد
۴۷	.....	۲-۴-۹- اصطلاحات و تعاریف
۴۷	.....	۳-۴-۹- طبقه بندی
۴۸	.....	۴-۴-۹- نمونه برداری
۴۹	.....	۵-۴-۹- ویژگی ها
۵۵	.....	۶-۴-۹- روش های آزمون
۵۵	.....	۱-۶-۴-۹- روش آزمون اندازه گیری ابعاد
۵۶	.....	۲-۶-۴-۹- روش آزمون تعیین تحدب و تقعر
۵۷	.....	۳-۶-۴-۹- روش تعیین مقاومت فشاری
۵۹	.....	۴-۶-۴-۹- روش تعیین جذب آب
۶۱	.....	۵-۶-۴-۹- روش اندازه گیری مواد محلول
۶۳	.....	۶-۶-۴-۹- روش آزمایش یخ زدگی



۱- تاریخچه

آجر از قدیمی ترین مصالح ساختمانی است که قدمت آن بنا به عقیده برخی از باستان شناسان به ده هزار سال پیش می‌رسد. در ایران بقایای کوره‌های سفال‌پزی و آجرپزی در شوش و سیلک کاشان که تاریخ آنها به هزاره چهارم پیش از میلاد می‌رسد پیدا شده است. همچنین نشانه‌هایی از تولید و مصرف آجر در هندوستان به دست آمده که حاکی از سابقه شش هزار ساله آجر در آن کشور است و از آجر بابلی و نام خشت‌هایی بوده که بر روی آنها منشورها قوانین و نظایر آنها را می‌نوشتند گمان می‌رود نخستین بار از پخته شدن خاک دیواره‌ها و کف اجاق‌ها به پختن آجر پی برده‌اند. کوره‌های آجرپزی ابتدایی بی‌گمان از مکان‌هایی تشکیل می‌شده که در آن لایه‌های هیزم و خشت متناوباً روی هم چیده می‌شده است. فن استفاده از آجر از آسیای غربی به سوی غرب مصر و سپس به روم و به سمت شرق هندوستان و چین رفته است در سده چهارم اروپایی‌ها شروع به استفاده از آجر کردند ولی پس از مدتی از رونق افتاده و رواج مجدد از سده ۱۲ میلادی بوده که ابتدا از ایتالیا شروع شد. در ایران باستان ساختمان‌های بزرگ و زیبایی بنا شده‌اند که پاره‌ای از آنها هنوز پا برجاستند. نظیر طاق کسری در غرب ایران قدیم آرامگاه شاه اسماعیل سامانی در گنبد کاووس و مسجد اصفهان را که با آجر ساخته‌اند همچنین پل‌ها و سدهای قدیمی مانند پل دختر سد کبار در قم از جمله بناهای قدیمی می‌باشند.

۱-۱- تعریف

آجر طبق تعریف سنگی است مصنوعی و دگرگون شده که از پختن خشت خام بدست می‌آید و خشت گلی است که به آن شکل داده می‌شود و از ورزیدن خاک و آب بدست می‌آید. غالباً خاک مخصوص آجر از جنس رس و مواد رسی می‌باشد، اما می‌توان از خاک‌های مارن هم جهت این منظور استفاده نمود. هر چقدر که خاک اکسید آلومینیوم و سیلیکات کلسیم بیشتری داشته باشد برای آجرسازی مناسب‌تر است و از مواد خارجی و زائد نظیر سنگ‌ریزه‌ها و آهک و نمک، گچ و ریشه گیاهان باید در تولید آجر پرهیز نمود.

جهت تولید آجر می‌توان از استانداردهای ایران به شماره ۷ و ۱۱۶۲ استفاده نمود. همین‌طور استانداردهای شماره ۳۹۲۱ سال ۱۹۷۴ انگلستان، ۲۱۶ آمریکا و ۱۲۵۰ ژاپن نیز از جمله استانداردهای معتبر برای تولید آجر می‌باشند.

۱-۲- تاریخچه استفاده از آجر

آجر یکی از قدیمی ترین مصالح ساختمانی است که در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. هزاران سال که بشر با نحوه پخت و ساخت آجر آشنا گردیده بناهای تاریخی ایران نشان می‌دهد که ایرانیان از آجر به شکل گسترده‌ای در ساختمان‌سازی‌های خود استفاده نموده‌اند. طبق آمار مربوط به سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۶۵ مشخص است که بیش از ۶۰ درصد واحدهای مسکونی معمولی در نقاط شهری ایران از آجر و آهن ساخته شده است و آمار بدست آمده حاکی از این است که بیش از ۴۰ درصد واحدهای مسکونی معمولی کل کشور آجری است. علاوه بر کشور ایران، در کشورهای پیشرفته غربی هم از آجر بطور وسیعی در صنعت ساختمان استفاده می‌شود. در انگلستان هر ساله متجاوز از ۶۰۰۰ میلیون قالب آجر ضرب می‌شود.



۱-۲-۱- تاریخچه استفاده از آجر در ایران

ایرانیان از زمان‌های قدیم از آجر استفاده می‌کردند. با پختن و مصرف آن آشنا بوده‌اند. پختن آجر همزمان با پیدایش آجر ابداع شد. بدین صورت نیز نخستین بار از پخته شدن گل دیواره‌های اجاق‌ها پی به این خاصیت بردند. در دوران ساسانیان مصرف آجر پیشرفت زیادی کرد و در آن زمان بناهای ساسانیان با آجرها به ابعاد $۷۷ \times ۴۰ \times ۴۰$ سانتیمتر ساخته می‌شده است. دالان مسجد جمعه اصفهان با آجرهای دوران ساسانیان فرش شده، این آجرها مربوط به آتشکده‌های ساسانیان است که بعد از خراب کردن از آجرهای آنها در ساختن و فرش نمودن مسجد استفاده کرده‌اند. ساختمان‌های بزرگ و زیبایی آجری که از زمان‌های خیلی قدیم به جا مانده مانند طاق کسری، برج گنبد کاووس و پل‌های مختلف و بالاخره کاروانسراهای متعدد که در اغلب نقاط ایران هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمونه هنر آجرکاری معماران ایرانی است.

قبل از جنگ اول روس‌های تزاری در ساختن قزاقخانه‌های خود آجر با ابعاد $۵ \times ۱۰ \times ۲۰$ سانتیمتر بکار بردند که بنام آجر قزاقی در ایران معروف است و با روش دستی تهیه شده است. نخستین کارخانه آجرپزی در ایران توسط حاج امین‌الضرب مهدوی در اواخر سلطنت ناصرالدین شاه در اطراف شهر ری ساخته شده که بعد از فوت نامبرده به حالت تعطیل درآمد.

بعد از جنگ جهانی دوم با پیشرفت صنعت در ایران کارخانه‌های متعدد آجرپزی در نقاط مختلف کشور ساخته شده که عمده‌ترین فرآورده‌های آنها: ۱- آجر فشاری ۲- آجر سفال ۳- آجر سقفی ۴- آجر بهمنی می‌باشد.

۱-۲-۲- سیر تکاملی آجر

احتمال داده شده است که در عصر پارینه سنگی با توجه به رد پای انسان‌ها بر روی گل توجه شکارچیان به استفاده از گل‌های (رسی) جلب شده است و در سیر تکاملی اولیه خود خشک کردن آن در آفتاب به اذهان انسان‌های آن زمان رسیده است و این سیر تکامل در عصر نوسنگی که شکارچیان به کشاورز تبدیل شدند پیشرفت نموده و نیاز به مسکن و سرپناه این تکامل در مورد استفاده از گل‌ها و خشک کردن آنها را سرعت بیشتری داد. دلیل عمده استفاده از گل‌ها و به خشت تبدیل کرن آنها، دو خصوصیت عمده گل‌ها (رس‌ها) بوده که یکی خمیری بودن خشت در هنگام تر بودن آن و دومی صلب بودن آن در زمان خشک شدن آن است. هنوز بطور دقیق مشخص نیست که پخت خشت‌های گلی در چه موقع و در چه مکانی شروع شد اما طبق نظر تاریخ‌نویسان در ۶۵۰۰ سال پیش قصر کیش در سومر باستان توسط خشت‌های پخته شده یعنی آجر مفروش گردیده است. نحوه پخت این آجرها بسیار ابتدائی بوده است و روش کار بدین صورت بوده که چند لایه آجر پخته شده بر روی سطح زمین قرار داده می‌شده بطوری که مجراهایی در جاهای مختلف بین آنها برای قرار دادن سوخت وجود داشته است.

سپس خشت‌های خشک شده را بر روی این پی آجری می‌چیدند. بین خشت‌ها فضاهائی را خالی می‌گذاشتند تا سوخت بیشتری در آنها جای داده شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارت، کل کوره را با خاک رس یا آجر پخته شده پوشش می‌دادند. بعد از آن سوخت را آتش می‌زدند تا کاملاً بسوزد این عمل ممکن بود روزهای زیادی بطول انجامد بعد از پختن دوره انتظار طولانی‌تر برای خنک شدن کوره تا حدی که بتوان آجرهای جدیداً پخته شده را خارج نمود پیش می‌آمد. این نوع از کوره‌ها دمائی تا حدود ۶۰۰ درجه سانتیگراد را تولید می‌کردند. چنین کوره‌هایی حدود ۴۰۰۰ سال پیش در مناطقی از خاورمیانه از جمله شهر سوخته سیستان مورد استفاده بوده است. اما بعد از آنها در قرن‌های اول و دوم میلادی این رومی‌ها بودند که کوره‌های خود را به درجه بالائی از پیچیدگی رسانده و از آنها در مقیاس بزرگ بهره‌برداری نمودند. در این نوع کوره که دارای ساختمانی آجری و سفالی بودند دو اتاقک وجود داشت. از اتاقک پایینی برای پخت و از اتاقک بالائی بعنوان گرمخانه استفاده



می‌گردید. این کوره‌ها را غالباً در کنار تپه‌هائی رو به بادهای غالب منطقه می‌ساختند تا جریان هوای خوبی برای تونل پخت فراهم شود. تقریباً تمامی اتاقک پخت و همچنین بخشی از اتاقک گرمخانه در دامنه تپه جای می‌گرفت. بدین ترتیب نه تنها اتلاف حرارت کاهش می‌یافت، بلکه کوره نیز در برابر تنش‌های ایجاد شده توسط حرارت بالا مقاوم می‌گردید. گازهای داغ خارج شده از اتاقک پائینی از طریق هواکش‌های کف گرمخانه به داخل آن وارد می‌شد. قسمت جلوی گرمخانه در دامنه تپه به سطح زمین بسیار نزدیک بود تا بارگیری و تخلیه بار آسان باشد. روش کوره‌های دستی و قالب‌گیری دستی تا اوایل قرن نوزدهم ادامه داشت و بعد از ورود به قرن نوزدهم هم آهسته آهسته روش‌های دستی کنار گذاشته شد و با سرعت زیادی روش‌های ماشینی جایگزین روش‌های دستی شد. هم اکنون آجرهای دستی به اندازه‌های غیرمعمول و شکل‌های پیچیده حتی در کشورهای پیشرفته هم تولید می‌شوند که بیشتر آنها کاربردهای خاص را دارند.

۱-۲-۳- انواع آجر در ایران قدیم

در ایران هر جا سنگ کم بوده و خاک خوب هم در دسترس بوده است آجرپزی و مصرف آجر معمول شده است اندازه آجر ایلامی حدود $10 \times 38 \times 38$ سانتی‌متر بوده پختن و مصرف آجر در زمان ساسانیان گسترش یافته و در ساختمان‌های بزرگ مانند آتشکده‌ها به کار رفته است اندازه آجر این دوره حدود $44 \times 44 \times 7$ تا 8 بوده است و بعدها آن $20 \times 20 \times 4$ سانتی‌متر کاهش یافت.

در فرش کردن کف ساختمان از آجر بزرگتری به نام ختائی به ابعاد $5 \times 25 \times 25$ سانتی‌متر و یا بزرگتر از آن به نام نظامی در ابعاد $40 \times 4 \times 5$ سانتی‌متر استفاده می‌شده است از انواع دیگر آجر در گذشته آجر قزاقی می‌باشد که پیش از جنگ جهانی اول روس‌ها آن را تولید می‌کردند که ابعاد آن $5 \times 10 \times 20$ بوده است آشنایی با آجر و مواد اولیه آن آجر نوعی سنگ مصنوعی است که از پختن خشت خام و دگرگونی آن بر اثر گرما به دست می‌آید خاک آجر مخلوطی است از خاک رس ماسه فلدسپات سنگ آهک سولفات‌ها سولفورها فسفات‌ها کانی‌های آهن منگنز منیزیم سدیم پتاسیم مواد آلی و...

مراحل ساخت آجر عبارتند از:

- کندن و استخراج مواد خام
- آماده‌سازی مواد اولیه
- قالب‌گیری
- خشک کردن
- تخلیه و انبار کردن محصول
- انواع کوره‌های آجرپزی

پس از خشک شدن خشت‌ها را در کوره می‌چینند طرز چین آنها طوری است که بین آنها فاصله وجود دارد تا گازهای داغ و شعله بتواند از لای آنها عبور کند کوره‌های آجر پزی سه نوع هستند:

کوره تنوره‌ای هوفمان و تونلی قابل ذکر است که کوره‌های تونلی مدرن‌ترین کوره‌های آجرپزی می‌باشند که در آنها سرامیک‌های ممتاز و صنعتی نیز می‌پزند ویژگی‌های آجر خوب باید در برخورد با آجر دیگر صدای زنگ بدهد صدای زنگ نشانه سلامت توپری و مقاومت و کمی میزان جذب آب آن است آجر خوب باید در آتش‌سوزی مقاومت کند و خمیری و آب



نشود رنگ آجر خوب باید یکنواخت باشد و همچنین باید یکنواخت و سطح آن بدون حفره باشد سختی آجر باید به اندازه‌ای باشد که با ناخن خط نیفتد.

کاربرد گروه کانی‌های رسی در صنایع سفال و ساخت مصنوعات چینی و لعابی در کشور سابقه بسیار طولانی دارد. بطوری که از چندین صد سال قبل استفاده از انواع خاک‌های رسی برای ساخت ظروف سفالی رونق داشته است و بتدریج با شناخت بیشتر خواص شیمیایی و ساختمان رس‌ها و مشتقات آنها استفاده از آنها در سایر صنایع جدید از جمله کاشی‌کاری، سرامیک کاغذسازی، رنگ‌سازی، ریخته‌گری و لوازم بهداشتی، دارویی و الکتریکی و سایر صنایع کاربرد پیدا کرده است و علاوه بر آن با پی بردن به خواص و ترکیبات کامل این گروه از کانی‌ها هر روز موارد استفاده جدیدتری برای آنها پیدا می‌شود. با افزایش صنایع وابسته به این ماده معدنی، باعث فعالیت بیشتر در زمینه پی‌جوئی، اکتشاف و استخراج آنها گردیده است و از طرفی با توجه به غیرقابل بازیافت بودن این مواد پس از مصرف پیش‌بینی می‌شود در آینده با رشد ارزش اقتصادی و کمبود آنها در ردیف منابع استراتژیک جهان قرار گیرد. به طوری که امروزه میزان مصرف سالانه آنها به بیش از یکصد میلیون تن می‌رسد. لذا با پی‌جوئی بیشتر منابع مزبور و پیگیری عملیات اکتشافی به ذخایر بیشتر و تولید انبوه این مواد دست می‌یابیم و همچنین با کوشش در جهت شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی انواع کانی‌های رسی (کائولینیت، نسوز و معمولی) همراه با ترکیبات کانی شناسی و خواص مکانیکی و شیمیایی قابلیت استفاده بیشتر آنها در صنایع مختلف شناخته می‌شود.

کلیات:

رس خاکی است طبیعی، مواد آن دانه ریز و عموماً از گروهی کانی‌های متبلور بنام کانی‌های رسی و آلومینوسیلیکات‌ها تشکیل شده است. بسیاری از رس‌ها با جذب آب شکل‌پذیری از خود نشان داده ولی برخی از رس‌ها مثل هالوژیت و رس فلنیت دار این خاصیت را ندارند. از جهت ابعاد دانه‌بندی ماکزیمم اندازه دانه‌های رس در طبقه‌بندی گوناگون مقادیری ناهمسان دارد. برخی از پژوهشگران ذرات ریز ۲ میکرون را رس تعریف می‌کنند.

۲- تقسیم‌بندی رس‌ها

رس‌ها را در ۳ گروه کلی می‌توان طبقه‌بندی کرد:

الف - رس‌های کائولینیتی و نسوز

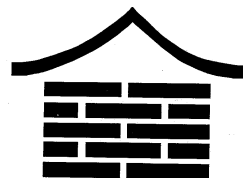
ب - رس‌های بنتونیتی

ج - رس‌های معمولی

الف - رس‌های کائولینیتی و نسوز

به خاک‌هایی گویند که قبل از رسیدن به درجه حرارت زیر ۱۵۲۰ درجه سلسیوس شکل خود را تغییر نداده و سیستم را حفظ کنند و تغییر فاز ندهند. خانواده اصلی رس‌های نسوز کائولینیت، هالوژیت، دیکیت، ناکریت و پیروفیلیت است.

ب - رس‌های بنتونیتی



اینگونه رس‌ها آبگیری، چسبانکی، شکل‌پذیری و جذب آب زیاد دارد. به طوری که پس از جذب آب وزن آن به چند برابر افزایش پیدا می‌کند و در سرامیک‌سازی مصرف می‌شود. مثل: بنتونیت (گل سرشو)

WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



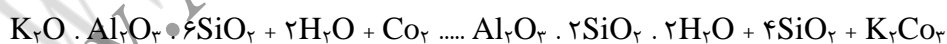
ج - رس معمولی

رس معمولی یا خاک رس حاکی است ریز دانه با ابعاد کوچکتر از $۱ \div ۲۵۶$ میلی‌متر که به اندازه کافی برای تهیه قالب شکل‌پذیر است و با کانی‌های رسی، ایلیتی و کلریتی، کائولن و برخی از کانی‌های کلسیت - کوارتز و فلدسپات‌های تجزیه نشده، میکا و آلومین همراه است که در نتیجه تخریب، فرسایش و تجزیه شیمیایی سنگ‌های سیلیکاتی پدید آمده است. درصد عناصر و مواد تشکیل دهنده خاک رس به جنس سنگ مادر و طول مسیر حمل شده، شرایط اقلیمی و توپوگرافی منطقه بستگی دارد. برخی از ناخالصی‌های موجود در خاک رس مانند: هماتیت و لیمونیت به خاک رنگ قرمز یا قهوه‌ای روشن و زرد می‌دهد و مواد آلی موجود رنگ خاک را به خاکستری تبدیل می‌کند.

۱-۲- خاک رس آجرپزی

آجر علاوه بر آنکه در زمره قدیمی‌ترین محصولات سرامیکی است در حال حاضر به دلایل گوناگون، از جمله فراوانی خاک رس در طبیعت، سهولت نسبی آن در شکل‌گیری در طول زمان‌های زمین‌شناسی، استحکام در هنگام خشک شدن و مقاومت در موقع پخت، از جمله مسالحتی است که مصرف آن رو به افزایش می‌رود. سنگ‌های بلورین، مانند گرانیت و گنایس که بخش بزرگی از پوسته زمین را تشکیل می‌دهند از عمده‌ترین منابع اولیه خاک رس می‌باشند. این سنگ‌های آمیزه‌ای است نامتجانس از فلدسپات، کوارتز، میکا و فراوانترین کانی آن فلدسپات می‌باشد.

فلدسپات‌ها گروهی از کانی‌های آلومینو سیلیکاتی می‌باشند که فلدسپات پتاسیم ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) و فلدسپات سدیم ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) در بین فراوان‌ترین آنها قرار دارند. سنگ‌های گرانیتی در معرض عوامل فیزیکی شیمیایی طبیعت از قبیل آب (اغلب کمی اسیدی)، یخبندان و باد (فرسایش و آلتزه شدن) قرار می‌گیرند. مشخص‌ترین اثر فیزیکی: خرد شدن تدریجی سنگ اولیه (به ویژه در نزدیکی سطح خارجی که در تماس با عوامل فرسایش قرار دارند) است. قطعات خرد شده دارای سطح بسیار بزرگتری در واحد حجم هستند و آسیب‌پذیری آنها در برابر جمله شیمیایی بیشتر است. با توجه به شرایط آب و هوایی بسیار متنوع در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی و عوامل گوناگون دیگر از جمله فرایندهای تکتونیکی چنین واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان عیناً با نتایج آزمایش‌های شیمیایی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی مطابقت داد. اما حداقل یک واکنش را که آب حاوی دی‌اکسید کربن در تماس طولانی با فلدسپات پتاسیم انجام می‌دهد می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:



کربنات پتاسیم سیلیس رس آب حاوی دی‌اکسید کربن فلدسپات پتاسیم ماده رسی ایجاد شده در واکنش بالا معمول‌ترین نوع رس است اما تنها نوع آن نیست. کربنات پتاسیم که در آب محلول است با آب شسته و حمل می‌گردد و رس تولید شده مخلوط با سیلیس می‌باشد که چون سنگ مادر علاوه بر فلدسپات پتاسیم، میکا و مواد دیگر را با خود دارد. رس تولید شده همراه با مقادیر کمی از سایر ناخالصی‌ها (نظیر اکسیدهای آهن و دی‌اکسید تیتانیوم) و مواد متشکله سنگ مادر تولید می‌شود. بعضی از ناخالصی‌های غیرآلی رنگ‌های متفاوتی به ماده رس می‌دهند. مثلاً اکسید فریک Fe_2O_3 آن را به رنگ زرد نخودی در می‌آورد. علاوه بر ناخالصی‌های غیرآلی، بقایای موجودات حیوانی و گیاهی می‌توانند سهم قابل ملاحظه‌ای در داخل بعضی از رس‌ها داشته باشند و آنها را به رنگ خاکستری یا تقریباً سیاه بدل کنند. در تولید آجر، سوختن این ماده آلی در طی پخت می‌تواند گاهی در صرفه‌جویی سوخت موثر واقع شود؛ اما احتمالاً از کیفیت خواص فیزیکی و مکانیکی آجر به علت خالی



ماندن فضای حاصل از سوختن مواد آلی کاسته خواهد شد و همچنین باید متذکر شد که رنگ آجر پخته شده مثل آن نخواهد بود. برای مثال Ball Clay که رس رسوبی و شدیداً خمیری است در حالت پخته تیره است ولی اگر پخته شود رنگ آن سفید یا کرم خواهد شد. رس‌هایی که در محل اولیه تشکیل خود یافت می‌شوند، رس‌های برجا یا اولیه نامیده می‌شوند.

این رس‌ها فراوان نیستند و اغلب در اعماق زیرزمین تشکیل می‌شوند. تغییرات شیمیائی مورد لزوم برای تشکیل رس‌های فوق‌الذکر با تاثیر آب اسیدی بسیار گرم تحت فشار، که از پائین به بالا حرکت می‌کند، ایجاد می‌شود.

معمولاً این نوع ذخایر رس با ضخامت زیادی که دارند (گاهی چند صد متر) شناخته می‌شوند. بطور مثال ذخیره رس در Corn Wall انگلستان از این نوع است. مهم‌ترین مشخصه بارز این ذخایر وجود کانی‌های اولیه درشت دانه نظیر کوارتز، میکا، فلدسپات است. رس‌های رسوبی یا رس‌های حمل شده بسیار فراوان‌تر از رس‌های برجا هستند. رس‌های رسوبی بنا بر شرایط نقل مکان و عمر (زمان تشکیل) ترکیب بسیار متفاوتی دارند.

رس‌هایی که توسط یخچال‌ها حرکت می‌کنند با ریگ یا شن مخلوط هستند و همراه با آنها کلوخه BOULDER تشکیل می‌دهند. بخش غنی شده از این رس‌ها را در محل تشکیل در نوشته‌های فوق‌الذکر را بنام رس کلوخه‌ای می‌نامند.

رودخانه‌های آرامی که دارای پیچ‌های شاخص بنام (Meander) هستند و باعث فرسایش کناره‌های خود شده و مسیرشان گاهگاهی تغییر کرده است می‌توانند تشکیل ذخیره رس بدهند. این ذخایر با مقادیر مختلفی از خاک و ماسه نرم در دو طرف رودخانه تشکیل می‌شود. ولی به علت اینکه چنین نهشته‌هایی دارای تغییرات زیادی در ترکیب بوده و عمق و گسترش آنها کم می‌باشد (دارای ذخیره کم هستند) استخراج آنها از نظر اقتصادی بعنوان ماده اولیه آجر بندرت توصیه می‌شود.

رودخانه‌های با سرعت زیاد که قطعات سنگ به اندازه‌های متفاوت را حمل می‌کنند با توجه به دبی رودخانه و مدت زمان فعالیت آن ممکن است این قطعات را به محلی که معمولاً نزدیک مصعب رودخانه است برساند. در محل مصعب رودخانه شیب بستر رودخانه شدیداً کاهش می‌یابد و به همین علت افت شدیدی در سرعت آب رودخانه در محل فوق پیدا خواهد شد و این باعث ته نشست ذرات ریز ماسه و سایر ذرات می‌گردد. ذخایر خاک رس ماسه‌داری که بدین ترتیب تشکیل و به جای می‌ماند اغلب به ویژه برای تولید آجر مناسب است. لایه‌های خاک رس به طور طبیعی دانه‌بندی شده بیشتر در جایی که رودخانه به دریاچه می‌ریزد تشکیل می‌شود. بزرگترین ذرات خرده‌سنگ در نزدیکی خشکی و ذرات ریزتر در نزدیکی مرکز دریاچه ته‌نشین می‌شوند. این نهشته‌ها در یک طرف لایه‌های ضخیمی از شن و ماسه، در قسمت میانی لایه‌هایی به ضخامت متوسط از ماسه و رس و در انتهای دیگر لایه‌های نازکی از خاک رس خالص ریزدانه تشکیل می‌دهند.

ذخایر مشابه ولی با وسعت بیشتر، از خاک رس، در محل ورود رودخانه‌های قدیمی به دریاچه‌هایی که اکنون عقب‌نشینی کرده‌اند تشکیل شده است. در این موارد خاک رس تقریباً همیشه با مقادیر متفاوتی از گچ یا آهک (Chalk, Line) مخلوط است و احتمالاً بقایای صدف‌های دریایی کوچک در آن وجود دارد. اگر رسوب‌گذاری در اعماق کم عمق دریا صورت گیرد رسوبات تبخیری مانند نمک و بعضی از کلروها نیز رسوب خواهند کرد. اولین رس‌هایی که تشکیل شده‌اند مرتبط به دوره پرکامبرین بالائی می‌باشند که تحت فازهای مختلف تکتونیکی و فشار عظیم از رسوبات بعدی (سازندهای مختلف) قرار گرفته‌اند که بطور واضح همان‌گونه قابل تشخیص و طبقه‌بندی نیستند و به صورت سنگ لوح (State) درآمده‌اند.

گونه دیگری از رسوبات رسی که رس‌های فلینت (Flint Clay) نامیده می‌شوند در طی دوره کربونیفر یعنی حدود ۲۵۰ میلیون سال قبل تشکیل شده‌اند که این رس تحت فشار طولانی و عظیم که تحمل کرده‌اند عمدتاً بصورت سنگ می‌باشند.



در دوره ترسیری رس‌های نرمتر و جوان تشکیل شده‌اند که عمده منابع خاک رس جهت مصرف و تولید آجر می‌باشند. و رس‌های کلوخ‌های در زمان یکی از یخبندان‌ها که در چند میلیون سال قبل اتفاق افتاده تشکیل شده‌اند و از منابع مهم ماده اولیه تولید آجر می‌باشند. بعضی از مواد مانند کائولن تجارتنی بیش از ۹۰ درصد مواد رسی دارند و برخی دیگر مانند بعضی خاک‌های رس آجرپزی تنها دارای ۲۵-۳۵ درصد رس هستند. کاربرد نام عمومی واحد برای همه رس‌ها بخاطر این است که آنها با توجه به بافت و خصوصیات فیزیکی و شیمیائی متفاوت در کل دارای کیفیت مهم مشخصی هستند یعنی اینکه همه آنها وقتی خیس هستند از خود حالت خمیری نشان می‌دهند و وقتی خشک می‌شوند سخت می‌گردند و چنانچه قبل از عمل پخت دوباره کاملاً خیس شوند حالت خمیری خود را باز می‌یابند، اگر پخته شوند بطور همیشگی حالت خمیری خود را از دست می‌دهند و از نظر مکانیکی و استحکام استوارتر می‌شوند.

مارن (گل آهک)

مارن مخلوط خاک رس و گرد سنگ آهک است که معمولاً به دلیل دارا بودن ناخالصی‌های ترکیبات آهن‌دار و مواد آلی و سایر عناصر موجود رنگ خاکستری متمایل به سبز و کبود مایل به قهوه‌ای به خاک می‌بخشد. منابع شناخته شده مارنی در کشور فراوان است که البته همه آنها برای تولید آجر مناسب نمی‌باشند. در ایران بجز زون زاگرس مناطقی که دارای شرایط مناسب برای مواد اولیه (خاک آجر) باشد به اندازه کافی یافت می‌شود و لذا منابع خاکی فراوانی وجود دارد که تاکنون بخش اندک از آنها مطالعه شده است.

بطوری که علاوه بر خاک‌های رسی، دشت‌ها و کوهپایه‌ها منابع رسی و مارنی در سازندهای مختلف زمین‌شناسی برای تولید و فرآوری خاک آجر وجود دارد که بایستی مورد مطالعه قرار گیرند. تعدادی از این سازندها و تشکیلات عبارتند از:

- ۱- قسمت‌هایی از بخش‌های مارنی سازند آغاچاری و میشان.
- ۲- برخی از سازندهای شیلی و استیلی که در ایران گسترش وسیعی دارند مانند بخش‌هایی از شیل‌های سازند سلطانیه، و بخش شیلی سازند کرج.
- ۳- بعضی از اسلیت‌ها و شیست‌های دگرگون.

با توجه به اینکه تهیه آجر و سفال از همه بخش‌های مزبور به دلیل نبود درصد عناصر و مواد مناسب میسر نیست و از طرفی همان‌طور که ذکر گردید هر روز با پیشرفت و تنوع صنایع مورد استفاده از خاک‌های مزبور و شناخت بیشتر در استفاده روزافزون از آنها، لذا پی‌جویی و اکتشاف خاک‌های رسی و مارنی با ذخایر و کیفیت مناسب برای استفاده صنایع حاضر و همچنین صنایع شناخته شده در آینده برای کشور امری الزامی است.

کاربرد و مصارف خاک رس و مارن

عمده‌ترین مصرف خاک مزبور در فرآوری آجر می‌باشد. در حال حاضر با وجود منابع فراوان خاک رس در کشور تولید آجر پاسخگوی نیاز کشور نیست. براساس آمار ایران تعداد ۲۰۰۰ کوره آجرپزی در ایران وجود داشته است که تولید ۳۵ درصد آنها به روش سنتی و ۶۴ درصد آنها کوره‌های هوفمن است و تنها یک درصد دارای سیستم تمام اتوماتیک با تاسیسات فرآوری و غیره است.



فرآوری و تولید سالیانه همه این کوره‌ها در سطح کشور ۱۱ میلیارد قطعه آجر است، در حالی که بر پایه آمار سال ۱۳۶۷ برای سال ۱۳۷۰ آجر مورد نیاز ۱۵۰ میلیارد قطعه پیش‌بینی شده بود. در همان سال امکانات موجود، اجازه تولید ۲۰ میلیارد آجر ای بیشتر نمی‌داد.

WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



تعریف محصول

آجر ماده ساختمانی سختی است که از پختن خشت خام بدست می‌آید، خشت کلی است که به آن شکل هندسی داده شده و از مخلوط کردن خاک با آب بدست می‌آید. جهت تهیه کل آب را در داخل خاک می‌ریزند و بعد از مخلوط نمودن آن را مالش می‌دهند بطوری که دانه‌های خاک با آب مخلوط شود. مواد خارجی و زائد نظیر سنگ‌ریزه، ریشه‌های گیاهان و... نبایستی در گلی که برای تولید خشت به کار می‌رود وجود داشته باشد و همچنین از نظر فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی ویژگی‌های خاص را بایستی دارا باشد که مشروح آن به ترتیب ذیل می‌باشد:

۲-۲- ویژگی‌های خاک در فرآوری آجر

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که مجموعه ایده‌آل برای تهیه آجر و بطور کلی صنعت سرامیک شامل ترکیبات عمده رسی و ترکیبات مشابه آن می‌باشد که بطور کلی می‌توان از ترکیبات ذیل در اندازه‌های کوچکتر از ۶۰ میکرون آجر تهیه کرد.

اساسی ترین مواد اولیه صنعت آجر عبارتند از:

- ۱- رس‌ها یا سیلیکات‌های هیدراته.
- ۲- فلدسپات‌ها یا سیلیکات‌های قلیائی.
- ۳- مارن‌ها یا مخلوط رس و آهک.
- ۴- میکاها یا سیلیکات‌های مضاعف.
- ۵- سیلیس.
- ۶- بوکسیت.
- ۷- آهک.

لازم به ذکر است کیفیت خاک مورد نیاز برای آجر پایین‌تر از کیفیت خاک چینی و نسوز است. لذا انواع زیادی از ترکیب‌های مختلف را می‌توان برای تهیه آجر بکار برد. مواد داخلی خاک آجر عبارتند از: کائولینیت، ایلیت (شامل مواد معدنی میکا)، کلریت (شامل لایه‌های متناوب میکا)، بروسیت همراه با کوارتز، اکسیدهای مختلف، کربنات‌ها و مواد آلی که این مواد را می‌توان با ترکیب درصد‌های مختلف در خاک آجر یافت. ممکن است ترکیبات مواد یک رگه از معدن در طول و عمق رگه تغییرات زیادی یابد. بطور کلی خاک آجر با مواد معدنی مختلفی همراه است از جمله: کوارتز، میکا، پیریت، اکسیدان، کلسیت، کربنات مضاعف کلسیم منیزیم، گچ و اکسید تینان. در تولید آجر خواصی که از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند عبارتند از:

پلاستیسیته، سختی در حالت مرطوب، انقباض در زمان پخت، تقلیل حجم در زمان آبشخوری، میل به ترک خوردن و تاب برداشتن، دامنه تکوین فاز شیشه‌ای و رنگ پس از ریخت که خواص ذکر شده بستگی به مواد کانی و دانه‌بندی خاک مورد نظر دارد.

بطور کلی در آزمایشگاه اکسیدها، عناصر و مواد زیر اندازه‌گیری می‌شوند. رس Al_2O_3 ، سیلیس SiO_2 ، آهک CaO ، اکسید آهن Fe_2O_3 ، اکسید منیزیم MgO ، اکسیدهای سدیم و پتاسیم Na_2O ، K_2O ، کلروهای محلول در آب، سولفات‌ها، و افت سرخ شدن.

وجود ناخالصی‌های ذکر شده در ترکیب شیشه‌ای و آبشخوری خاک‌ها موثر است. همچنین مقاومت و سختی در مقابل آبشخوری و انقباض خاک‌های رسی در زمان خشک شدن بستگی و رابطه مستقیم با ناخالصی‌های موجود در خاک رس دارد.



۱- سیلیس SiO_2 و ماسه

۲- سیلیس (SiO_2) در ترکیب کلیه سیلیکات‌ها وجود دارد.

این کانی از لحاظ فراوانی مهمترین مواد معدنی پوسته جامد زمین (لیتوسفر) می‌باشد.

با مطالعاتی که تا عمق ۱۶ کیلومتری در پوسته جامد زمین صورت گرفته نشان می‌دهد که سنگ‌های سطح زمین به

ترتیب فراوانی عبارتست از:

۱- سنگ‌های آذرین

۲- سنگ‌های دگرگونی

۳- سنگ‌های رسوبی

تجزیه شیمیائی نمونه‌های متعدد سنگ‌ها مقدار درصد عناصر موجود در قشر زمین را به صورت زیر نشان داده است:

عنصر	درصد جرم
اکسیژن	٪۴۶
سیلیسیوم	٪۲۸
آلومینیوم	٪۸/۱
آهن	٪۵
کلسیم	٪۳/۶
سدیم	٪۲/۷۶
پتاسیم	٪۲/۶
منیزیم	٪۲/۱
بقیه عناصر	٪۱/۱۵

۱- سیلیسیوم

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد سیلیسیوم که عنصر اصلی تشکیل‌دهنده سیلیکات‌ها است بعد از اکسیژن فراوان‌ترین

عنصر موجود در سنگ‌ها می‌باشد.

اندازه سیلیس خاک در سنگ‌های سیلیکات آلومینیوم بستگی به جنس خاک دارد و مقدار ماسه اگر بیش از حد باشد

چسبندگی کم می‌شود و از طرفی دانه‌های سیلیس با بالا رفتن درجه حرارت هنگام پختن آجر دائماً حجم آن افزایش می‌یابد و

با جمع شدن یکنواخت خشت هنگام پخت هماهنگی ندارد و در آجر دور دانه‌های سیلیس ترک‌های مویی ایجاد می‌شود. اگر

مقدار آن زیادتر باشد موجب تردی و پوکی آجر شده و از مقاومت آن کاسته می‌شود

۲- آلومین Al_2O_3



حدود قابل قبول اکسید آلومینیوم ۹ تا ۲۱ درصد می باشد. (استاندارد شماره ۸۴۸ ایران) و مناسبترین میزان نزدیک به ۱۵ درصد ذکر گردیده است (ن بیان ۱۳۶۳) اگر مقدار اکسید آلومینیوم بیش از مرز مجاز باشد هنگام خشک شدن خشت خام ترک بر می دارد و در هنگام پخت آجر می شکند.

۳- آهک $CaCO_3$

کربنات کلسیم به مقدار کم و به شکل پودر به آجر آسیب نمی رساند و آجر را سفید رنگ می کند ولی مقدار زیادتر از حد لزوم نقش گداز آور داشته و درجه ذوب شدن خاک رس را پایین می آورد و در گرمای کوره خشت خمیری شکل و ذوب می شود. ضمناً دانه های درشت سنگ آهک در کوره ریخته و به آهک زنده (CaO) تبدیل می شود و پس از حذف شدن آن آب ملات را جذب کرده و باد می کند و سبب ترکاندن آجر می شود که این عمل را آلوک زدن می گویند.

اکسید آهن Fe_2O_3

اگر آهن به صورت سولفور در خاک باشد در کوره آجر به اکسیدان و SO_3 تجزیه می شود که اکسید تولید شده با عنصری چون CaO ، K_2O ، MgO و Na_2O ترکیب شده و سولفات این عناصر را می دهد و همانطور که گفته شد آجر پس از مصرف سفیدک می زند. اکسید آهن در آجر نقش گداز آور داشته (در گرمای بیش از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد) و مقدار آن تا ۵ درصد وزن خاک موجب سرخی رنگ آجر می شود و در گرمای کم کوره، آجر نیم پز شده و آهن آن به FeO تبدیل شده و رنگ آجر کبود و پرک می شود.

سولفات ها

سولفات کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم که کم و بیش در رس ها وجود دارند مقدار بیش از حد معمول این مواد موجب سفیدک زدن آن پس از مصرف می شوند و علت آن جذب آب به وسیله سولفات های موجود در خاک رس است. اندازه سولفات منیزیم در خاک آجر تا ۶ درصد وزن خاک قابل قبول است و بایستی حتی الامکان ذرات ریز دانه باشند و زیاد بودن مقدار آن در خاک باعث شکستگی زودرس در آجر می شود.

سنگ گچ

سولفات سدیم و پتاسیم تا ۴ درصد وزن خاک قابل قبول است. سنگ گچ در خاک آجر تا ۲/۵ درصد وزنش پذیرفته است و در گچ به دلیل وجود گوگرد در معرض آب باران قرار گرفته و تولید سولفات می کند.

نمک خوراکی ($NaCl$)

نمک خوراکی به خاک آسیب نمی رساند و سایر نمک ها تا ۰/۵ درصد مجاز می باشند زیرا با مقدار بیشتر تولید اسید می شود.

اکسید تیتان (TiO_2)



اکسید تیتان به دلیل داشتن نقطه ذوب بالا در آجر مشکل ایجاد نمی‌کند.

WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



مواد آلی

گیاهان موجود در خاک هنگام قرار گرفتن آجر در کوره می‌سوزند و محل آنها در آجر خالی می‌ماند و آجر پوک می‌شود. قابل ذکر است برای ساختن آجر سبک به گل خاک اره اضافه می‌کنند.

ویژگی‌ها

به طور کلی هر نوع خاک مورد مصرف برای ساخت آجر باید عاری از هرگونه مواد رستنی بوده و با ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مشخص شده در استانداردهای تهیه شده ذیل مطابقت داشته باشد.

۱-۲-۲- ویژگی‌های شیمیایی

عناصر متشکله ترکیبی خاک باید طبق جدول شماره ۱ باشد. ویژگی‌های فیزیکی خاک:

ردیف	شرح آزمایش	حدود قابل قبول
۱	مانده روی الک ۱۴۹ میکرون (۱۰۰ مش) حداکثر درصد وزنی	۷/۵
۲	حد حالت روانی (۱)	-
۳	حد حالت خمیری (۲)	۱۷ تا ۳۰
۴	نقطه ذوب درجه سلسیوس	-
۵	انقباض	-

- عوامل موجود در خاک که روی کیفیت آجر اثر نامطلوب دارند:

ردیف	ترکیب شیمیایی	حدود قابل قبول
۱	انیدرید کربنیک (CO_2) حداکثر	۸/۵
۲	انیدرید سولفوریک (SO_3) حداکثر	۰/۵
۳	کلورهای سدیم و پتاسیم حداکثر	۰/۱
۴	افت وزن در اثر سرخ شدن در ۱۰۰۰ درجه سلسیوس حداکثر	۱۶

یادآوری ۱- نقطه ذوب در صورت ضرورت برای تعیین نوع خاک اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۲- درصد انقباض خشت پس از خشک شدن برای تعیین ابعاد استاندارد قالب استفاده می‌شود.

یادآوری ۳- برای جلوگیری از متلاشی شدن آجر در اثر شکفته شدن آهک در صورتیکه میزان CaO از ۱۵ درصد بیشتر باشد باید خاک آجر را از الک ۲۰ مش (۰/۸۵ میلی‌متر) گذراند.

یادآوری ۴- در مواردی که مقدار سیلیس کمتر از حد مجاز می‌باشد در بخش فرآوری آجر بایستی به مقدار مورد لزوم سیلیس اضافه شود.



۲-۲-۲- آب در خاک آجر

آب معمولاً به دو صورت در خاک یافت می‌شود:

الف - آب بین دانه‌ای که معمولاً با فشار دادن از خاک جدا می‌شود.

ب - آب بین ملکولی که در اثر تبخیر آزاد می‌شود.

از خاک به علت داشتن نفوذناپذیری جهت آب‌بندی پشت بام‌ها استفاده می‌شود. برای اینکه خاک در موقع خشک شدن به علت از دست دادن آب ترک نخورد به آن مقداری کاه و در بعضی مواقع مو اضافه می‌نمایند.

پودر خاک تا خشک است خاصیت چسبندگی ندارد ولی موقعی که به حالت گل درآید چسبناک می‌شود و با افزایش میزان

آب خاصیت چسبندگی خود را از دست می‌دهد و به حال سیال در می‌آید.

۲-۲-۳- دانه‌بندی خاک آجر

دانه‌بندی در رس‌ها حائز اهمیت است و اندازه دانه‌های رس معمولاً کمتر از 0.075 میلی‌متر است و دارای شکلی سوزنی، پولکی، صفحه‌ای، نواری و غیره است.

خاصیت چسبندگی خاک رس به علت دانه‌ریزی و شکل دانه‌های آن است، تماس دانه‌ها با همدیگر در یک سطح می‌باشد،

معمولاً دانه‌های درشت‌تر از 0.06 میلی‌متر کروی شکل هستند و تماسشان با یکدیگر نقطه‌ای است.

دانه‌های ریزتر از 0.02 میلی‌متر در خاک رس مقدارش از 20 تا 30 درصد تجاوز کند برای آجر مناسب نیست زیرا آجر ترک بر

می‌دارد. برای داشتن آجر مرغوب در صورتی که مقدار ماسه آن کم باشد می‌بایستی مقداری ماسه بین 10 تا 15 درصد به خاک رس

اضافه نمود، ماسه در این حالت نقش استخوان‌بندی آجر را دارد، فضای بین دانه‌های ماسه را خاک رس پر می‌کند.

۳- چگونگی تولید

با ترکیب خاک مناسب (به میزان 95%) و مواد افزودنی (داخلی) تولید آجر امکان‌پذیر است. ابتدا خاک محل استقرار کارخانه

مورد برداشت و آزمایش قرار می‌گیرد. بعد از دستیابی به جواب‌های مورد نظر در حیطه استانداردها مواد اولیه به انبار خاک

خشک توسط تسمه نقاله وارد آسیاب می‌شود و بعد از پودر شدن به غربال رفته و در آنجا ضایعات جدا گردیده و پودرهای

مناسب به انبار خاک پودر شده، منتقل می‌گردد. بعد از این مرحله خاک پودر شده با آب داخل مخلوط‌کن شده تا گل مناسب

پدید آید. این گل توسط نقاله به داخل اکسترودر، خلاء وارد شده و مجدداً مخلوط می‌شود و گل به صورت تکه تکه شده

درآمده و به داخل محفظه خلاء رفته تا هوای اضافی داخل آن خارج شود. بعد از این مرحله گل موجود توسط اکسترودر

متراکم شده و گل بصورت شمش از دستگاه اکسترودر خارج می‌شود. بعد از طی این مرحله و تولید شمش گل این شمش به

طرف دستگاه برش خشک (توسط تسمه نقاله) حمل شده و به ابعاد مورد نظر برش داده می‌شود بعد از این مرحله خشک

کردن خشت‌ها صورت می‌پذیرد و استفاده از یکی از روش‌های موجود نظیر خشک‌کن اتاکی، خشک‌کن تونلی و یا فضای باز،

خشت‌ها خشک می‌گردند. بعد از خشک شدن خشت‌ها وارد کوره می‌شوند تا پخت آنها صورت پذیرد.



۴- انواع آجر

۴-۱- انواع آجرها از نظر نوع مصرف

آجر معمولی: آجرهایی هستند که برای کارهای عمومی ساختمان مناسب هستند و به روش دستی یا ماشینی تولید می‌شوند.
آجر نما: بطریق خاصی ساخته می‌شود تا هنگام مصرف بدون نیاز به اندودکاری یا روکش‌های دیگر خود، دارای ظاهر مناسبی باشد، این نوع آجر هم می‌تواند به روش دستی (قزاقی) یا ماشینی تولید شود.
آجر مهندسی مرغوب: این آجر دارای جسمی متراکم، پرقدرت و نیمه شیشه‌ای است و عمدتاً در سازه‌های با قدرت تحمل بار زیاد بکار برده می‌شود. این آجر منحصراً به روش ماشینی تولید می‌شود.

۴-۲- انواع آجرها از نظر کیفیت

آجر با کیفیت مناسب برای مصارف داخلی (توکار): این آجر برای مصارف معمولی در داخل ساختمان بکار می‌رود.
آجر با کیفیت معمولی: این نوع آجرها دارای دوامی کمتر از آجرهای با کیفیت ویژه ولیکن معمولاً در نماهای خارجی ساختمان دوام کافی را خواهد داشت.
آجر با کیفیت ویژه: این نوع آجر در شرایط سخت و ویژه کاربرد دارد نظیر مناطقی که از آب اشباع شده یا یخ‌زدگی ممکن است رخ دهد نظیر: دیوارهای حائل، کانال‌های فاضلاب، فرش پیاده‌روها و غیره.
 درجه حرارت لازم برای پخت آجر بستگی به نوع خاک و تعداد عناصر معدنی موجود در خاک دارد. درجه حرارت مناسب بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه می‌باشد.

۴-۳- انواع آجرها از نظر شکل

آجر توپیر که در آن حجم سوراخ‌ها از ۲۵ درصد حجم آجر (یا در حالت آجرهای پرسی، حجم فرورفتگی از ۲۰ درصد آجر) تجاوز نمی‌کند. در این نوع آجر سوراخ‌ها کاملاً یا تقریباً از میان آجر عبور می‌کنند.
آجر سوراخ‌دار: که در آن حجم سوراخ‌هایی که از میان آجر می‌گذرد از ۲۵٪ حجم آجر بیشتر باشد.
آجر توخالی: که در آن حجم سوراخ‌هایی که از میان آجر عبور می‌کنند از ۲۵٪ حجم آن بیشتر است و هیچ‌گونه محدودیتی در ابعاد سوراخ‌ها وجود ندارد.
آجر متخلخل: که در آن حجم منافذ (سوراخ‌های بسته شده در یک انتها) بیش از ۲۰٪ حجم آجر باشد. نکته مورد توجه این است که آجرهای متخلخل معمولاً با روش‌های پرسی تولید می‌شوند و آجرهای سوراخ‌دار و توخالی با استفاده از روش دکسترودر (برون رونده) ساخته می‌شوند.
آجر با شکل مخصوص: که دارای شکل هندسی بغیر از مکعب مستطیل معمولی هستند.

۵- روش‌های تولید آجر

سه روش اصلی آجرپزی وجود دارد:

- ۱- روش سیم برش خمیری
- ۲- روش خمیری سفت



۳- روش نیمه خشک یا پرس خشک

یک کارخانه بزرگ و مدرن تولید آجر می‌تواند بین یکصد هزار تا یک میلیون آجر در روز داشته باشد، پس قبل از هر چیز روش تولید و قبل از آن میزان ذخیره خاک مورد نظر و بعد مسافت آن کاملاً اقتصادی باشد و تمام جوانب در نظر گرفته شده باشند.

جهت تولید آجر ابتدا می‌توان از یک سنگ‌شکن فکی استفاده نمود تا قطعات خرد شده را به قطر حداکثر ۲۵/۱ سانتی‌متر تبدیل نماید، بعد از این مرحله نوبت سایر خردکننده‌ها و آسیاها می‌رسد. عمل خردایش و آسیا کردن تا حدی صورت می‌پذیرد تا حداکثر ۱۰ درصد ذرات قطری برابر ۰/۲۵ سانتی‌متر داشته باشند. بعد از مرحله خرد کردن به استثناء روش نیمه خشک، خاک مورد نظر همراه با مقدار کافی آب، وارد مخلوط‌کن‌های (Through-Mixer) می‌شود تا میزان مورد نیاز برای خمیری بودن مخلوط بدست بیاید. جهت متراکم ساختن مخلوط خمیری از دستگاه ملات ساز (Pug Mill) استفاده می‌شود. این دستگاه که شامل یک استوانه بزرگ مارپیچی شکل است، مخلوط را ضمن جلو راندن به خوبی ورز داده و متراکم می‌کند. در روش سیم برش خمیری یا گل سفت گل از دستگاه ملات ساز به داخل یک قالب فشرده و بصورت یک ستون پیوسته به بیرون رانده می‌شود و بعد از انتقال توسط نوار نقاله به روی میز برش هدایت می‌شود و در آنجا دستگاه برش، ستون گل را به قطعاتی می‌برد که ضخامت آنها قدری بیشتر از ضخامت آجر است و این خشت‌ها هم بعد از خشک شدن و پخت به اندازه مطلوب می‌رسند.

در روش خمیری سفت که رطوبت گل آن کمتر از روش قبلی است (در روش قبلی رطوبت بین ۱۳ و ۱۱ و در این روش بین ۵ تا ۱۸ درصد می‌باشد) و بیشتر این روش مناسب خاک‌هایی است که مقدار رس آن از نوع لایه‌های سخت (شیلی) یا مقدار آهک بالا (مارنی) می‌باشد. مخلوط بدست آمده در این روش خمیر سفتی است که تنها تحت فشار بالا جریان خواهد یافت.

این خمیر از یک ملات‌ساز به داخل تعدادی قالب که بر روی یک میز دوار قرار گرفته است با فشار وارد می‌شود. سپس میز می‌چرخد تا به نقطه‌ای برسد که در آنجا پرس‌های مکانیکی، خمیر داخل قالب‌ها را تحت فشار قرار دهند. در مرحله بعدی چرخش، خشت‌های شکل گرفته از داخل قالب‌ها به بیرون رانده و از میز خارج می‌شوند. سپس خشت‌ها به داخل دستگاه دیگری برده شده و در آنجا برای بار دوم برای بهبود پرداخت سطح آن فشرده می‌شوند. در روش نیمه خشک یا پرس خشک، خاک باید در حالتی باشد که بدون دارا بودن حالت خمیری (بالا) بتوان آن را به روش خشک آسیا نمود. البته در عین حال خاک باید دارای آب آزاد کافی باشد تا چنانچه خاک آسیا شده در داخل یک جعبه قالب فشرده شود، تغییر شکل خمیری لازم صورت پذیرفته و محصول مورد نظر تولید گردد. روش‌های دیگری هم وجود دارد ولی نکته قابل توجه این است که چنانچه بخواهیم از آجرهایی با شکل‌های ظریف هندسی استفاده کنیم، بهتر است از قالب‌های دستی استفاده شود تا بتوان انواع مختلفی را با شکل‌های پیچیده بدست آورد. بعد از اینکه یکی از روش‌های فوق جهت شکل دادن اولیه آجر (خشت) صورت پذیرفت باید آب داخل آن از طریق فضاهای خالی و لوله‌های مؤئنه خارج شود. خشک کردن خشت‌ها نباید به سرعت انجام پذیرد تا از ایجاد ترک‌ها جلوگیری شود. خشک کردن باید در داخل و خارج محصول صورت پذیرد. از آنجا که آجرها معمولاً دارای نسبت سطح به حجم کوچکی هستند، خشک کردن به کندی صورت می‌پذیرد. قدیمی‌ترین روش خشک کردن آجرها، قرار دادن آنها در یک لایه و خشک کردن در هوا و آفتاب است ولیکن برای کارخانه‌های بزرگ، آجرها در محفظه‌های مخصوصی که با هوای داغ تغذیه می‌شوند یا در خشک‌کن‌های تونلی طولی که در طول آنها دما و رطوبت کنترل شده و



پروانه‌هایی برای چرخش هوا تعبیه شده خشک می‌شوند. گرمای خشک‌کن تونلی معمولاً از حرارت تلف شده کوره تامین می‌شود. بعد از مرحله خشک کردن به مرحله پخت آجر می‌رسیم.

در طول فرایند پخت، همچنان که فضاهای خالی موجود در خشت خشک شده از بین می‌روند، انقباض بیشتری ایجاد می‌شود. هر چند انقباض با بالا رفتن دما افزایش می‌یابد، عوامل دیگری نیز در آن تاثیر دارند.

هر چه اندازه ذرات ماده اولیه کوچکتر باشد، میزان انقباض بیشتر خواهد بود. مقادیر زیاد مواد نسوز مانند آلومینا، انقباض را کاهش داده و مقادیر بالای گدازآورها (FLUX) مثل میکا و فلدسپات، انقباض را افزایش خواهد داد. در آجرهای ساختمانی معمولی، مقادیر معینی از تخلخل مطلوبست. چون باعث تاثیر بر ارزش آجر از لحاظ عایق حرارتی می‌شود. ضمن اینکه بین آجر و ملات پیوند لازم بوجود می‌آید. چنانچه تخلخل و در نتیجه جذب آب بالا باشد، آجر آب ملات را به مقدار زیادی مکیده و اتصال لازم بین آجر و ملات برقرار نمی‌شود و در عین حال، کم بودن تخلخل و در نتیجه جذب آب کم باعث کم شدن پیوند آجر و ملات می‌گردد زیرا مقدار نفوذ ملات به داخل خلل و فرج آجر را کم می‌کند. آجرهای مهندسی در جاهایی مصرف دارند که مقاومت مکانیکی بالائی مورد نظر است و خصوصیت عایق حرارتی، اهمیت کمتری دارد. از کاربردهای این آجرها در ساخت دیواره تونل‌های راه آهن و کانال‌های آبرسانی می‌باشد. این نوع آجرها باید تا حد امکان متراکم و غیر متخلخل باشند. تفاوت در پخت (و در ترکیب و اندازه ماده خام) نه تنها بر چگالی آجر، بلکه بر رنگ آن نیز تاثیر دارد.

قبل از ورود به بحث پخت لازم است که انواع کوره‌ها را نام برد. کوره‌ها را می‌توان بر حسب موارد گوناگون نظیر سیستم پخت، ترتیب مشعل‌ها، شکل ساختمانی، هدف مورد نظر و یاروش انتقال حرارت به منطقه پخت تقسیم‌بندی نمود. در اینجا انواع اصلی کوره بر حسب روش کار دسته‌بندی شده‌اند:

۶- انواع کوره

۱- کوره‌های متناوب یا دوره‌ای:

در این نوع کوره‌ها، هر دوره پخت عبارتست از قرار دادن محصولات خام دو کوره، مسدود کردن و بستن درهای آن، حرارت دادن، پخت تا دمای نهائی، خنک کردن، باز کردن محفظه کوره و تخلیه آجرهای پخته شده. این عملیات به همین روش در پخت بعدی تکرار می‌شود. کوره‌های دستی تنوره‌ای و کوره‌های رومی از نوع متناوبند. در طول قرن‌ها تغییرات زیادی در این نوع کوره‌ها حاصل شده‌اند. در بعضی از آنها تنها یک اتاقک پخت پیش‌بینی شده، در حالی که بعضی دیگر دو یا بیشتر از این نوع اتاقک‌ها دارند. سوخت امروزه اینها گاز، نفت یا گازوئیل است. بزرگ‌ترین عیب این کوره‌ها، اتلاف حرارت ناشی از خنک کردن متناوب بدنه کوره است. هر چند که بخشی از حرارت تلف شده ناشی از مرحله ماقبل خنک کردن می‌تواند به مصرف خشک کردن یا گرم کردن محیط برسد.

۲- کوره‌های با عملکرد نیمه پیوسته:

این گروه شامل تمامی کوره‌های چند قمیری است (قمیر = اتاقک پخت) که یا بصورت مستقیم به یکدیگر پیوسته‌اند و یا اینکه با یکدیگر جفت شده‌اند. کوره‌های نیمه پیوسته برای پاسخگویی به نیاز به ظرفیت‌های بیشتر ساخته شده‌اند و هدف آنها استفاده از گازهای خروجی برای گرم کردن خشت‌ها در قمیر مجاور بوده است. جهت تسهیل ساخت می‌توان دو قمیر را با استفاده از یک دیوار مشترک ساخت که به این نوع، قمیرهای جفت می‌گویند. هر اتاقک پخت دارای دری است که در سمت



آزاد دیوار قرار دارد و از آن برای پر و خالی کردن محصول استفاده می‌شود. اتاقک پخت بعدی در فاصله ۲ تا ۴ متری قرار گرفته است، لذا جای کافی برای پر و خالی کردن بین کوره‌ها وجود دارد و مجراهای ارتباط دهنده گاز خروجی، طول زیادی ندارند.

۳- کوره‌های پیوسته:

پیدایش این نوع حدود سال ۱۸۴۹ آغاز شد که شکل ابتدائی آن یک کوره حلقوی بود که در آن قمیرها به صورت یک دایره به دور یک دودکش مرکزی قرار داشتند. بعدها این حلقه پیوسته طوری ساخته شده تا امکان مشتعل شدن کوره از بالا وجود داشته باشد. این نوع کوره‌ها در سال ۱۸۷۰ بنا بر قانون هوفمن بنام کوره‌های هوفمن شناخته شدند. بعد از چند سالی شکل دایره‌ای اولیه کوره حلقه‌ای هوفمن کنار گذاشته شد زیرا معلوم شد که کانال قوس دار طولی با دو انتهای گرد یا مربع بازده بیشتری داشته و نتایج پخت بهتری را فراهم می‌کند. موضوع اصلی بیان شده توسط هوفمن به تولیدکنندگان آجر آن بود که در مقایسه با کوره‌های متناوب یا حتی نیمه پیوسته به کار گرفتن کوره‌های حلقوی، دوسوم در مصرف سوخت صرفه‌جویی به عمل می‌آورد.

۴- کوره‌های حلقوی:

کوره‌های هوفمن بین ۱۸ تا ۸۰ اتاقک پخت (قمیر) متصل بهم دارد که مجموعاً مداربست‌های را تشکیل می‌دهد. هر قمیر دارای در خروجی برای پر کردن و خالی کردن آجرهاست. در هر زمان سوخت تنها در چند قمیر هم‌جوار مشتعل است. این منطقه پخت حرکت می‌کند و قمیر به قمیر، دور تا دور مدار می‌گردد. بنابراین منطقه پخت به سمت خست‌های چیده شده حرکت می‌کند، نه خست‌ها به سمت منطقه پخت. حرارت تلف شده قمیرهایی که پخت خست‌ها در آنها به تازگی به پایان رسیده و در حال حاضر خنک می‌شوند، هوا را برای احتراق با سوخت در منطقه پخت جدید پیش گرم می‌کند. گازهای حاصل از احتراق در منطقه پخت فعلی برای پیش گرم کن خست‌های خشک شده جدیداً چیده شده استفاده می‌شوند.

۵- کوره‌های تونلی:

پس از سال‌ها تلاش در جهت رفع نقاط ضعف کوره‌های تونلی، پیشرفت‌های زیادی برای این نوع حاصل گردیده، بطوری که کوره‌های تونلی کامل‌ترین و اقتصادی‌ترین کوره‌ها می‌باشند. دقیقاً روشن نیست که اولین کوره تونلی در چه سالی ابداع گردیده ولی عصر آن بیش از ۲۵۰ سال نمی‌باشد. در کوره‌های تونلی آجرها در حرکت هستند و در آن آتش کوره ثابت می‌باشد و به عبارت دیگر بدنه متحرک و آتش ثابت است.

کوره‌های تونلی شرایط کاری بسیار بهتری را برای کارگران فراهم می‌کنند. زیرا کارگران مجبور به تحمل گرما و گرد و غبار نیستند و صاحب کوره هم مزیت دیگر کوره تونلی در مقایسه با سایر انواع کوره‌ها، سرعت بیشتر افزایش دما، پخت و خنک شدن و در نتیجه ظرفیت بالای آن است.

در کوره‌های تونلی پیوسته امروزه با پیشرفت‌ها و تکنیک‌هایی که در مورد درزبندی‌ها، حمل و نقل، ماشین کوره، مصالح دیوار و سقف و کنترل پخت بوجود آمده، صرفه‌جویی در سوخت به اوج خود رسیده است.

در منطقه اصلی پخت که در وسط کوره قرار دارد، بیشترین مشعله‌ای گاز یا نفت واقع است و بنابراین بیشترین دمای کوره در همانجاست. خست‌ها بر روی واگن حمل می‌گردند و از یک سر کوره بطور پیوسته وارد و از انتهای دیگر آن خار می‌شوند.



در این حالت هوای خنک که در جهت مخالف یعنی از انتهای کوره به سمت منطقه پخت در جریان است، از توده آجرهایی که به تازگی به دمای پخت حداکثر رسیده‌اند عبور کرده و آنها را خنک می‌کند.

بنابراین هوای داغ وقتی به منطقه پخت می‌رسد، احتراق بهتری را با سوخت خواهد داشت. هوای داغی که منطقه پخت را ترک می‌کند به سمت ورودی کوره حرکت کرده و خشت‌های خشک شده را در سر راه خود به منطقه پخت گرم می‌کند. کوره بطور پیوسته برای سال‌ها بدون وقفه کار می‌کند و دمای قسمت‌های مختلف آن ثابت باقی می‌ماند. هنگامی که کوره به دمای مورد نظر رسید. فقط باید دما را ثابت نگه داشت. این امر باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در سوخت می‌شود. استفاده از بخشی از حرارت تلف شده برای خشک کردن خشت‌ها و گرم کردن محوطه سبب صرفه‌جویی بیشتر می‌شود. چون کوره تونلی پیوسته همانند کوره متناوب دائماً گرم و سرد نمی‌شود، لذا کمتر در معرض تخریب سازه‌های قرار دارد.

۸- استاندارد آجر در ایران

بنابر آخرین استاندارد ایران به تاریخ ۷ خرداد ۱۳۵۷ در مورد آجرهای رسی آجرها به دو گروه دستی و ماشینی تقسیم‌بندی می‌شوند آجرهای دستی خود به دو نوع فشاری و قزاقی سفید و آجر ماشینی نیز به توپر و سوراخ‌دار گروه‌بندی شده‌اند میزان جذب آب مطابق استاندارد ایران در آجرهای دستی حداکثر ۲۰٪ در آجرهای ماشینی ۱۶٪ و حداقل برای هر دو نوع آجر ۸٪ تعیین شده است.

ویژگی‌های آجر

ویژگی‌های هر نوع آجر از لحاظ فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی باید مطابق جدول ذیل باشد:

جدول ۱- حداکثر مقادیر مواد محلول آجر مهندسی مرغوب

ردیف	نوع مواد	مهندسی مرغوب درجه ۱	مهندسی مرغوب درجه ۲ و ۳
۱	حداکثر درصد وزنی سولفات	۰/۵	۰/۶
۲	حداکثر درصد وزنی کلسیم	۰/۳	۰/۶
۳	حداکثر درصد وزنی منیزیم	۰/۰۳	۰/۶
۴	حداکثر درصد وزنی سدیم و پتاسیم	۰/۰۶	۰/۶

جدول ۲- ویژگی‌های ابعاد آجر مهندسی مرغوب

ردیف	ضلع	ابعاد (میلی‌متر)
۱	طول	220 ± 2
۲	عرض	105 ± 1
۳	ارتفاع	55 ± 1

جدول ۳- ویژگی‌های اندازه آجر نما و معمولی با کیفیت ویژه و معمولی

ضلع	آجرنمای ۵۵ میلی‌متری	آجرنمای ۴۰ میلی‌متری	آجرنمای ۳۰ میلی‌متری
-----	----------------------	----------------------	----------------------



دستی	ماشینی	دستی	ماشینی	دستی	پرسی	ماشینی	
210 ± 3	220 ± 2	210 ± 3	220 ± 2	210 ± 3	220 ± 3	220 ± 2	طول
$100 \pm 1/5$	105 ± 1	$100 \pm 1/5$	105 ± 1	$100 \pm 1/5$	$105 \pm 1/5$	105 ± 1	عرض
30 ± 1	30 ± 1	40 ± 1	40 ± 1	$55 \pm 1/5$	$55 \pm 1/5$	$55 \pm 1/5$	ارتفاع

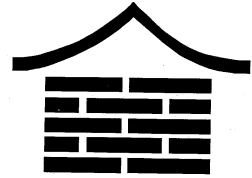
جدول ۴- ویژگی‌های ابعاد آجر با کیفیت مناسب برای مصارف داخلی

دستی و فشاری	ماشینی و نیمه ماشینی	طول
210 ± 5	200 ± 3	طول
$100 \pm 2/5$	$105 \pm 1/5$	عرض
55 ± 2	$55 \pm 1/5$	ارتفاع

ردیف	نوع آجر	مقاومت فشاری	حداقل درصد وزنی جذب آب	شورمزدگی	املاح محلول حداکثر درصد وزنی	یخزدگی	ابعاد	پیچیدگی در اثر تذبذب و تقعر
۱	معمولی مرغوب	درجه ۱	۲۵۰	۱۵	کم	مشخص نمی‌شود	طبق جدول ۲	پیچیدگی لبه بزرگترین سطح آن نباید از یک میلیمتر و در سطح متوسط از ۰/۵ میلیمتر باشد.
		درجه ۲	۲۵۰	۱۶	کم	مشخص نمی‌شود	طبق جدول ۲	پیچیدگی لبه بزرگترین سطح آن نباید از ۲ میلیمتر و در سطح متوسط از یک میلیمتر تجاوز نماید.
		درجه ۳	۱۵۰	۱۸	کم	۰/۶	درصد افت وزنی کمتر از ۰/۳ درصد	طبق جدول ۳	مطابق درجه دو
۲	بسیار	درجه ۱	۱۲۰	۲۰	کم	محافظة در کارگاه قبل از مصرف	طبق جدول ۳	پیچیدگی لبه بزرگترین سطح آن نباید از ۲ میلیمتر و در سطح متوسط از یک میلیمتر باشد.
		درجه ۲	۱۰۰	۲۳	بیشتر از درجه یک	۰/۶	مشخص نمی‌گردد	طبق جدول ۳
۳	معمولی	معمولی	۶۰	الزامی ندارد	ناباید بیش از حد متوسط باشد	الزامی ندارد	طبق جدول ۴	پیچیدگی لبه بزرگترین سطح آن نباید از ۵ میلیمتر و در سطح متوسط از ۲ میلیمتر تجاوز کند.

۸-۱- انواع آجر غیر رسی و اشکال آن

آجر جوش آجر خاص در صنعت سفال‌پزی است که در کشورهای صنعتی دارای اهمیت ویژه‌ای است از این آجر برای نماسازی ساختمان‌ها فرش کف پیاده‌روها پوشش بدنه و کف آبروها و مجراهای فاضلاب و تونل‌ها و ساختن دودکش‌ها فرش کف کارخانه‌ها انبارهای کشاورزی و سالن‌های دامداری پرورش طیور استخرهای صنعتی و جز اینها استفاده می‌شود.



انواع خاص آجر تولیدی در کشورهای اروپایی آجرهایی در کشورهای صنعتی اروپا تولید می‌شوند که هنوز تولید آن در ایران مرسوم نشده است از آن جمله بلوک‌های تو خالی آتش‌بند برای نصب دور ستون‌ها به منظور جلوگیری از نفوذ آتش قطعات ویژه به شکل منحنی‌های کوژ و کاس قطعات درپوش روی دیوار قطعاتی که از اجزا هستند مانند کلوک سرقد گوشه و جز اینها که هنوز در ایران تولید نمی‌شوند.

۹- کارخانجات آجرنمای امیری

کارخانه آجرنمای امیری (قرمز) که به عنوان محل کارآموزی در نظر گرفته شده است در سال ۱۳۸۰ و طی سه سال در زمینی به مساحت ۶ هکتار به بهره‌برداری رسیده است. زیربنای کارخانه ۲۵۰۰ متر می‌باشد و ۵۰۰ متر ساختمان اداری در نظر گرفته شده است.

و همچنین کارخانه آجرنمای زرد نیز که در ورامین قرار دارد از سری این کارخانجات می‌باشد.



۹-۱- وسایل موجود در کارخانه

در خط تولید کارخانه: یک دستگاه سنگ‌شکن؛ یک دستگاه آسیاب؛ یک دستگاه اماج؛ سه دستگاه پرس ۳۰۰ تن؛ هفت خط نوار نقاله به طول حدود ۱۰۰ متر و ۲۴ کوره به همراه حدوداً ۴۰ کارگر قرار دارد.

اتاق فرمان به همراه تابلوهای برق صنعتی، چاه آب، انبار کارتن، مخزن‌های سوخت، تراکتور، خانه‌های کارگری، ساختمان اداری و فروشگاه مواد غذایی جهت رفاه کارگران در داخل کارخانه از دیگر امکانات جانبی است.

در کلیه مراحل تولید نظارت آگاهانه‌ای از زمان دپو خاک از معدن تا هنگام بارگیری در ماشین وجود دارد. تعداد کارمندان در دفتر مرکزی واقع در کرج جهت قبول سفارش، هماهنگی، ارسال بار و حسابداری ۶ نفر می‌باشند.

در حال حاضر محصولات تولیدی کارخانه تنها از طریق دفتر مرکزی برای کلیه شهرستان‌ها و بازارهای خارجی به فروش



می‌رسد. از اهداف آینده کارخانه مجهز شدن به کوره‌های پخت لیزری و یا پخت آجر در کوره‌های تونلی - ریلی و یا کوره‌های شاتل می‌باشد.

WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



۹-۲- مواد اولیه

۹-۲-۱- کائولن

کائولن یک اصطلاح اقتصادی است که برای کانسارهای رسی تقریباً سفید به کار می‌رود. این کانسارها اغلب شامل کانی کائولینیت و یا فرآورده‌های بدست آمده از آن می‌باشند. در گذشته اصطلاح خاک چینی به عنوان مترادف کائولن استفاده می‌شد. نام کائولن از کلمه کائولینگ چینی به معنای تپه سفید مشتق شده است که از آن خاک کائولن استخراج می‌شده است. کائولن از مجموعه‌ی کانی‌های رسی بوده و فرمول شیمیایی آن $H_4Al_4Si_4O_{20}$ می‌باشد. کانی‌های کائولن شامل کائولینیت، دیکیت، ناکریت وهالوزیت می‌باشد. فراوان‌ترین کانی این گروه کائولینیت می‌باشد. همه این کانی‌ها جزء کانی‌های آلومینو - سیلیکات می‌باشند که در سیستم مونوکلینیک و یا تری کلینیک متبلور می‌شوند. از مهم‌ترین خصوصیات کانی‌شناسی رس‌های کائولن نرمی و عدم سایندگی آنها می‌باشد. سختی کائولن در مقیاس موه‌ر در حدود ۲-۲/۵ می‌باشد. این نرمی در کاربردهای صنعتی آن یک مزیت محسوب می‌شود.

رس‌های کائولن اکثراً از آلتراسیون کانی‌های آلومینیوم سیلیکات در نواحی گرم و مرطوب بوجود می‌آیند. فلدسپات‌ها از جمله کانی‌های عمومی منشاء پیدایش آنها می‌باشد. پلاژیوکلاز فلدسپارها (سدیم یا پتاسیم) معمولاً در ابتدا کائولینه می‌شوند. فلدسپارهای پتاسیک به کندی آتره شده و تولید کائولن‌های مخلوط با سرسیت دانه ریز، ایلیت یا هیدروموسکویت می‌کند.

کائولن یا خاک چینی به رنگ سفید بیشترین کاربرد را در تولید چینی و سرامیک دارد.

آمریکا، روسیه، جمهوری چک و برزیل بزرگترین تولیدکنندگان کائولن می‌باشند.

۱- ژئوشیمی:

کائولن از نظر صنعتی به مجموعه‌ی کانی‌های رسی اطلاق می‌شود که دارای مقدار قابل توجهی کائولینیت باشد و فرمول شیمیایی آن $H_4Al_4Si_4O_{20}$ می‌باشد. کائولن از نظر کانی‌شناسی جزء کانی‌های سیلیکاته آلومینیوم آبدار است. کانی‌های این گروه عبارتند از: کائولینیت، دیکیت، ناکریت وهالوزیت. کائولینیت فراوان‌ترین کانی این گروه است. ترکیب شیمیایی تمامی آنها یکسان و شامل $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ است. کائولینیت فراوان‌ترین کانی گروه کائولن است و در سیستم تری کلینیک متبلور می‌شود و دیکیت و ناکریت در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شوند.

سنگ کائولن برحسب نوع پیوند هایش به دو گروه پیوند نرم و سخت طبقه‌بندی می‌شود.

یکی از مهم‌ترین خصوصیات صنعتی کائولن ماهیت شیمیایی خنثی آن می‌باشد. کائولن تحت شرایط شیمیایی صنعتی و در محدوده PH بین ۳ تا ۹ پایدار می‌باشد. بنابراین می‌تواند به راحتی به عنوان رنگدانه، پوشش و پرکننده با سایر ترکیبات استفاده شود.

خصوصیات نوری کائولن بسیار حائز اهمیت هستند که از جمله آنها سفیدی، رنگ و اپسیتی می‌باشد. سفیدی مقداری از انعکاس‌دهندگی کائولن می‌باشد و ۶ اسپسیتی از خصوصیات مهم کانی‌های رنگدانه است و براساس توانایی پنهان‌سازی الگوها و مرزهای انعکاس‌دهنده پشت آن از دید تعریف می‌شود.

از جمله خصوصیات اقتصادی مهم کائولن اندازه ریز ذرات آن می‌باشد. اغلب دیگر موادی که به عنوان رنگدانه، پرکننده، پوشش‌دهنده و روان‌ساز استفاده می‌شوند، باید به وسیله عملیات هزینه بر خردایش و آسیا کردن، کاهش اندازه داده و به پودر



تبدیل شوند. علاوه بر هزینه‌بری، تقلیل اندازه آنها نیز تصادفی بوده و به طور غیرمنظم شکسته می‌شوند. کائولن از مجموعه‌های سستی از بلورهای ریز که بیشتر شکل و اندازه ثابتی دارند، تشکیل شده است و نیز اندازه مورد استفاده در صنعت کمتر از دو میکرون بوده و این یک مزیت اقتصادی برای آن محسوب می‌شود. بنابراین در صنعت نیز اندازه ذرات کائولن را بر حسب درصد وزنی ذرات کوچک‌تر از دو میکرون بیان می‌کند.

شکل ذرات نیز یکی دیگر از خصوصیات مهم کائولن بوده و تعیین‌کننده ویسکوزیته و اپسیتی آن می‌باشد. صفحات بلوری نازک قدرت پوشش‌دهی خوبی را فراهم می‌آورد و برای پوشش روی کاغذ و رنگ بهتر است. کائولن اغلب در فرآیندهای صنعتی به عنوان سوسپانسیون پلیمر مایع یا آب به کار می‌رود. ویسکوزیته یا گرانیروی این اسلاری‌های مایع نکته‌ای مهم می‌باشد. اساساً ارزش کائولن به علت گرانیروی خیلی کم آن در درصد‌های جامد بالا می‌باشد. این خصوصیت برخلاف ویژگی بنتونیت است.

به طور خلاصه خصوصیات مهم کائولن، که مصارف متعدد آن را سبب شده است می‌توان به صورت زیر نام برد:

از نظر شیمیایی در گستره وسیعی از تغییرات PH بدون تغییر می‌ماند.

داشتن رنگ سفید که آن را به صورت ماده رنگی قابل استفاده می‌سازد.

دارا بودن خاصیت پوششی بسیار خوب

نرمی و غیرسایشی بودن آن

قابلیت اندک هدایت جریان الکتریسیته و گرما

قیمت ارزان

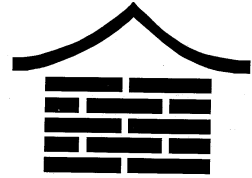
۲- کانی‌های مهم کائولن:

کائولینیت: Kaolinit

کائولن با نام کانی‌شناسی کائولینیت با فرمول شیمیایی $\text{Si}_2\text{O}_5 \cdot \text{Al}_2(\text{OH})_4$ در سیستم تری کلینیک و سختی حدود ۱-۲/۵، دارای ۳۹/۵ درصد Al_2O_3 ، ۴۶/۵ درصد SiO_2 و ۱۴ درصد آب بوده و وزن مخصوص ۲/۶ - ۲/۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب و نقطه ذوب آن 1785°C است. رنگ آن سفید مایل به زرد و گاهی هم کمی سبز یا آبی رنگ بوده و طعم خاک دارد و به صورت مرطوب، بوی شدید خاک می‌دهد. این کانی اغلب دارای پلاستیسیته بوده و عملاً در آب، اسیدهای سرد و رقیق، اسید کلریدریک و اسید سولفوریک گرم و غلیظ و ئیدروکسیدهای قلیایی نامحلول حل می‌شود.

اغلب ذخایر کائولینی در اثر هوازدگی و تجزیه سنگ‌های ولکانیکی حاوی سیلیکات آلومینیوم بوجود می‌آیند. سنگ‌ها گرانیتی، گنایس‌ها، کوارتز، پورفیری‌ها و همچنین رسوبات حاوی فلدسپات‌ها، میکا و زئولیت جهت ایجاد کائولینیت مناسب می‌باشند که در اثر هوازدگی و تجزیه شیمیایی مواد قلیائی و مقداری از SiO_2 خارج شده و کوارتز و سایر کانی‌های همراه بصورت ترکیب باقی می‌مانند.

کائولن ممکن است نتیجه آلتراسیون هیدروترمال باشد. در این صورت، محلول هیدروترمال سردتر از 300°C درجه سانتی‌گراد در داخل سنگ‌های با فلدسپات بالا، سبب شستن یون‌ها Na^+ ، K^+ ، Ca^{++} و سایر کاتیون‌ها و رسوب آنها با H^+ بیشتر می‌شود.



اغلب این گونه ذخایر در ارتباط با سیستم متئوریک هیدروترمال، که حرارت از سنگ‌های ولکانیکی مشتق می‌شود، می‌باشند.

ذخایر بزرگی از کائولینیت در منطقه CORNWALL انگلستان در خارجی‌ترین قسمت‌های سیستم هیدروترمالی، مرتبط با باتولیت‌های گرانیته وجود دارند که به عمق چندین کیلومتر تشکیل شده‌اند.

کائولینیت در مقایسه با ناکریت - دیکیت از نظم کمتری برخوردار است و به همین دلیل اندازه بلور و ذرات اندازه بلور و ذرات هالوزیت در مقایسه با بقیه کوچکتر است.

کائولینیت در زون‌های هوازده و آلتراسیون سنگ‌های آذرین و دگرگونی به ویژه فلدسپارها تشکیل می‌شود.

رس توپی:

رس توپی یک نوع سنگ رسوبی است که حاوی کائولینیت و مقدار جزئی ایلیت، کلریت، کوارتز و مونتموریونیت است. ذرات کائولینیت در رس توپی در مقایسه با سایر منابع رس دار کوچکتر است. مقدار کائولینیت رس توپی ۲۰ تا ۹۵ درصد، کوارتز آن ۱۰ تا ۷۰ درصد و ایلیت و کلریت آن ۵ تا ۴۵ درصد است. مواد آلی، مونتموریونیت، ترکیبات آهن، اکسید تیتان و نمک‌های محلول از جمله ناخالصی‌های رس توپی هستند. رس توپی بیشتر همراه با لایه‌های زغال‌دار است و از آن جا که ذرات ریز کانی‌های رسی را به همراه دارد، خاصیت شکل‌پذیری آن بسیار خوب است. رنگ رس توپی قهوه‌ای مایل به سیاه است و مصارف آن عبارتند از: سرامیک‌های بهداشتی، چینی‌های الکتریکی، انواع کاشی‌ها، ظروف غذاخوری، صنایع دستی و دیرگذاها.

هالوزیت:

هالوزیت نوعی کائولین است که به دو حالت آبدار و بدون آب یافت می‌شود و ترکیب نوع آبدار آن مشابه بقیه است و تنها دو مولکول اضافی آب دارد. $(2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O)$ تشخیص هالوزیت به کمک پراش اشعه ایکس امکان‌پذیر است. هالوزیت بیشتر در زون‌های آلتراسیون و بندرت در زون‌های هوازده ساپروولیت یافت می‌گردد. عمده مصارف آن در تهیه سیمان پورتلند و تهیه نسوزها و سرامیک است.

دیکیت:

دیکیت نوعی کائولین است که در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شود و عمدتاً در زون‌های آلتراسیون تشکیل می‌شود.

ناکریت:

ناکریت نوعی کائولین است که در سیستم مونوکلینیک متبلور می‌شود. نحوه قرارگیری ورقه‌های کائولینیت در ناکریت منظم است و بر همین اساس بلورهای آنها بزرگترند و به سمت هالوزیت کاملاً بی‌نظم است (ناکریت - دیکیت - کائولینیت - هالوزیت). ناکریت کمیاب بوده و در زون‌های آلتراسیون تشکیل می‌شود.



خاک رس آتشیخوار:

بیشتر خاک رس آتشیخوار از کائولینیت تشکیل گردیده، کائولین در آن به خوبی متبلور می‌شد و نظم مطلوبی در شبکه آن وجود دارد. خاک رس آتشیخوار، علاوه بر کائولین حاوی اکسید و هیدروکسیدهای آلومینیوم نیز هست. هر نوع خاکی که دمای بیش از ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کند و میزان Al_2O_3 موجود در آن قابل توجه باشد، به خاک رس آتشیخوار معروف است. خاک رس آتشیخوار به انواع شکل‌پذیر، نیمه شکل‌پذیر و بی‌شکل تقسیم می‌گردد. خاک رس آتشیخوار، بیشتر در افق‌های پایین لایه‌های زغال‌دار پیدا می‌شود. مصرف عمده این خاک در تهیه آجرهای آتشیخوار است که به شاموت معروفند. دیگر مصارف آن در ساخت قطعات کوره‌ها، دیگ‌های گرمایی و کاشی‌های نسوز است.

ژنز کائولن:

کائولینیت در زون‌های هوازده و آلتراسیون سنگ‌های آذرین و دگرگونی به ویژه فلدسپارها تشکیل می‌شود. ذخایر کائولین به انواع زیر تقسیم می‌شوند: ذخایر هوازده، ذخایر گرمایی، ذخایر حمل شده، ذخایر دیاژنزی.

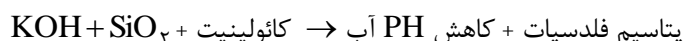
ذخایر هوازده:

سنگ‌های غنی از آلومینیوم نظیر شیل‌ها، آركوزهای غنی از الکالی فلدسپات، آذرین فلدسپاتوئیددار (نفلین سینیت)، بازالت کالک آلکان و آلکان، گرانیت‌های فوق آلومینیوم و... در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب در سطح زمین تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی واقع شده و تغییرات زیادی در ترکیب شیمیایی و کانی شناختی آنها ایجاد می‌شود. آب کافی و دمای مناسب موجب رویش گیاهان شده و در نتیجه PH آب کاهش می‌یابد. پایداری کانی‌های متشکله سنگ‌ها متفاوت بوده و نوع تغییرات آنها نیز یکسان نیست.

عوامل مهم و مؤثر در تشکیل ذخایر کائولین هوازده عبارتند از:

آب و هوای گرم و مرطوب، کاهش PH آب، سنگ مادر غنی از آلومینیوم، بالا بودن خلل و فرج و درزه و شکستگی در سنگ، پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی، زمان کافی، بالا بودن میزان آبی که در سنگ جریان داشته است و شست‌وشو و حمل کاتیون‌ها.

در شرایط مناسب یاد شده اکثر کانی‌های سنگ به استثنای کوارتز تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی واقع شده و به ترکیبات دیگر تغییر می‌کنند. پتاسیم فلدسپات با کاهش PH به کائولینیت و یا ایلیت تبدیل می‌شود:



در صورتی که تمامی KOH شسته شود، کائولینیت تشکیل خواهد شد (پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی موجب شست‌وشوی کامل بیشتر کاتیون‌ها می‌شود). (اگر سطح آب زیرزمینی بالا باشد تمامی Ca, Na, K شسته نخواهد شد و در این حالت ایلیت و اسمکتیت تشکیل می‌شود.



ذخایر گرمایی:

از تأثیر محلول‌های گرمایی (که PH آنها اسیدی است) بر سنگ‌های حاوی کانی‌های آلومین سیلیکات (نظیر فلدسپات‌ها، فلدسپاتوئیدها، میکاها و...) در شرایط مناسب کاتولینیت تشکیل می‌شود. ذخایر کاتولینیت گرمایی غالباً در زون‌های گسلی قرار دارند، مگر در کنسارهای پورفیری (نوع قلع - مولیبدن و تنگستن) که منطقه گسترده‌ای را شامل می‌شوند. کاتولینیت بخشی از زون‌های آلتراسیون کنسارهای گرمایی را تشکیل می‌دهد.

در اکتشاف کنسارهای گرمایی F، Hg، As، Sb، Ag، Au زون کاتولینیت راهنمای مناسبی برای تعیین موقعیت این ذخایر محسوب می‌شود.

خاستگاه کنسارهای کاتولین به سه گروه برجا، رسوبی و گرمایی طبقه‌بندی می‌شوند. عمده ذخایر کاتولین ایران در اثر دگرسانی سنگ‌های آذرین (ریولیت و آندزیت) و عمدتاً در کمرندهای آتشفشانی دوران سوم به ویژه در ائوسن جای دارند. معادن کاتولین زنون، کوشک نصرت و قازان راغی از این نوع معادن می‌باشد.

ذخایر کاتولین براساس نحوه تشکیل به دو صورت اولیه و ثانویه تشکیل می‌شوند:

- ذخایر کاتولین اولیه: هوازدگی، گرمایی و سولفات
- ذخایر کاتولین ثانویه: رسوبی، کاتولینیتی، یال کلی و خاک نسوز.

۹-۲-۱- استخراج و فرآوری

روش‌های استخراج:

به روش‌های مختلف روباز استخراج می‌شود. انواع بیل‌ها، کج‌بیل‌ها، اسکرپر و... در استخراج کاتولین بکار می‌رود. همچنین استخراج بوسیله لدرهای هیدرولیکی یا شیارکش‌ها صورت گرفته و انتقال آن به محل کارخانه با کامیون، تسمه نقاله، خطوط لوله و... انجام می‌پذیرد.

کاتولین‌های نرم و شکننده با فشار آب که از دور توسط مونیتر کنترل می‌شود، برداشت می‌شود. معدن‌کاری به صورت انتخابی براساس داده‌های حفاری صورت می‌گیرد.

روش‌های فرآوری:

کاتولین ابتدا به صورت خشک فرآوری می‌شود که شامل خردکن، خشک کردن و نرم کردن است، که محصول آن کاتولین با کاربری در سرامیک، رنگ و لاستیک است. فرآوری تر، یا شستشو با آب کانی‌های غیر کاتولین را از مایع رس‌دار جدا می‌کند، که در این مرحله کاتولین با کاربری به عنوان پرکننده و پوشش حاصل می‌شود. در انواع سرندها، هیدروسیکلون‌ها و... مایع رسی را می‌توان تا حد ۳۰٪ جامد در مخزن ته‌نشینی غلیظ کرد و با سانتریفوژ کردن، ۷۵٪ ذرات با اندازه ۲ میکرومتری را از آن جدا کرد، ذرات درشت با اولترافلوئاسیون ریز شده و بعد مراحل تورق‌زدایی، غربال کردن، فیلتر کردن و خشک کردن و گاهی تکلیس بر روی آن انجام می‌شود.

در حالت دیگر مایع کاتولین‌دار به دو دسته ریز و درشت با استفاده از سانتریفوژ، هیدروسیکلون یا جداسازی با آب بطور ممتد تقسیم شده و بعد ترکیبات آهن‌دار رنگزا از آن شسته می‌شود. بعد از آگیری با تبخیر، فیلتر مکش چرخان یا فشاری، کیک کاتولنی را می‌توان خارج کرد و خشک نمود و یا به صورت ماده با ۷۰٪ جامد برای داد و ستد منتقل کرد.



در تورق‌زدایی، ذرات کائولن به صورت مکانیکی به ذرات روشن و نازکی جدا شده و در دما 500°C تکلیس می‌شوند تا ساختار بلوری مجزایی در آن بوجود آید. این عمل سبب افزایش درخشندگی و کدری کائولن می‌شود. حتی بهترین کائولن‌های دنیا هم در حدود ۲۰٪ ناخالصی دارند. بنابراین بایستی آنها را تغلیظ کرد و مواد قلیایی آن را به کمتر از ۱/۵٪ رساند.

کائولن مصرفی باید دارای مشخصات ذیل باشد:

درصد Al_2O_3 باید از ۳۰٪ بیشتر باشد.

میزان اکسیدهای آهن Fe_2O_3 نباید از ۱ درصد بیشتر شود.

میزان اکسید تیتانیوم TiO_2 باید به ۰/۲ درصد کاهش یابد.

اکسیدهای قلیایی نباید از ۲ درصد بیشتر شود.

حداکثر میزان CaO ، ۲ درصد و MgO ، ۳ درصد باشد.

افزایش میزان کائولینیت نسبت به سایر کانی‌های موجود باعث مرغوبیت کائولن می‌شود.

دیرگدازی کائولن باید در حدود ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد باشد.

مدول گسیختگی آن باید بیش از ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع باشد.

موارد استفاده:

بیشترین مصارف کائولن در کاغذسازی، سرامیک، رنگسازی، دیرگداز، پلاستیک، لاستیک، دارویی، حشره‌کش، جذب‌کننده، مواد پاک‌کننده، مواد غذایی، تهیه داروها و تهیه کودهای شیمیایی است.

حدود ۵۰ درصد از کائولن در کاغذسازی به عنوان پرکننده و روکش، ۲۰ درصد در صنایع سرامیک و دیرگداز، ۱۰ درصد در لاستیک‌سازی به عنوان پرکننده و ۲۰ درصد در رنگ‌سازی پلاستیک استفاده می‌شود.

خواص ذیل در کائولن باعث شده است که این کانی مصارف بسیاری داشته باشد:

از نظر شیمیایی در گستره وسیعی از تغییرات PH بدون تغییر باقی می‌ماند.

به عنوان جذب‌کننده مناسب مرکب و رنگ‌ها.

به عنوان سخت‌کننده در صنایع پتروشیمی.

داشتن رنگ سفید که آن را به صورت ماده رنگی قابل استفاده می‌سازد.

جلای خاص و قابلیت سفیدکنندگی.

خواص کاتالیزوری.

دارا بودن خاصیت پرکنندگی و پوششی بسیار خوب.

نرمی و غیرسایشی بودن آن.

قابلیت اندک هدایت جریان الکتریسیته و گرما.

ارزانی قیمت آن.

قیمت مناسب کائولن طی سال‌های اخیر سبب شده است تا صنایع مصرف‌کننده این محصول علاقه‌مند به استفاده از کائولن شوند.



کائولن یا خاک چینی به رنگ سفید بیشترین کاربرد را در تولید چینی و سرامیک دارد. سنگ کائولین برحسب نوع پیوندهایش به دو گروه پیوند نرم و سخت طبقه‌بندی می‌شود. مصارف سنگ کائولین با پیوند نرم عمدتاً در صنایع کاشی، چینی و سرامیک‌سازی استفاده می‌شود و مصارف سنگ کائولین با پیوند سخت در صنایع لاستیک‌سازی و کاغذسازی استفاده می‌شود.

رنگدانه:

کائولن که به عنوان رنگدانه مورد استفاده قرار می‌گیرد به نوع پرکننده و پوشش کاغذ تقسیم می‌شود که این تقسیم‌بندی براساس درخشندگی، اندازه ذرات و ویسکوزیته آن است. کائولن کانی پرکننده ارزان، سفید یا نزدیک به سفید است که در یک دامنه وسیع از PH خنثی است. غیرساینده و اندازه ذرات کوچک ولی قابل کنترل، هدایت گرمایی و الکتریکی کم و درخشندگی خوب است، در کاغذ، پلاستیک، رنگ، لاستیک، چسب، بتونه و... کاربرد دارد.

ترکیب شیمیایی آن بحرانی نیست به جز اینکه در رنگ تاثیر می‌گذارد، همچنین جذب روغن یا نفت آن به ویژه برای رنگ یا لاستیک مهم است. خواص فوق به همراه شکل دانه‌ها، ویسکوزیته و PH به آن اجازه می‌دهد تا به عنوان رنگدانه پوششی کاغذ بکار رود. درخشندگی، صافی و پذیرش جوهر در کاغذهای چاپ و نوشتاری، هنری و... از خواص آن است.

در پلاستیک، کائولن برای ایجاد سطح صاف، پایداری در جهات مختلف و مقاوت در برابر مواد شیمیایی مصرف می‌شود PVC، پلیاستر ترموپلاستیک، نایلون و...

کاغذسازی:

استفاده از کائولن در کاغذسازی باعث نرمی کاغذ خواهد شد و جذب جوهر، درخشندگی، ارزانی و پوشش مناسب از دیگر مزیت‌های استفاده از کائولن در صنایع کاغذسازی است.

رنگ‌سازی:

استفاده از کائولن در رنگ‌سازی پلاستیک سبب کنترل ویسکوزیته می‌شود.

۱۰٪ کائولن در رنگ‌سازی مورد مصرف دارد و باعث بالا رفتن قدرت پوشش‌دهی، روان‌کنندگی و پخش کردن رنگ می‌شود. در رنگ‌سازی از کائولن مرغوب و خالص به صورت ماده رنگی و پرکننده بهره می‌گیرند. در رنگ‌هایی که با آب شسته می‌شوند نیز انواع کائولن درشت دانه نوع مات و انواع کائولن ریزدانه نوع شیش‌های را ایجاد می‌کنند.

لاستیک‌سازی:

در صنعت لاستیک‌سازی نیز کائولن را به عنوان ماده پرکننده به کار می‌برند. کائولن مقاومت در برابر سایش و صلبیت آن را افزایش می‌دهد.

از کائولن خالص و نرم در لاستیک‌های نرم نظیر کاشی‌های لاستیکی و کائولن ناخالص در تهیه در لاستیک‌های سخت نظیر پاشنه و کف در کفش‌ها و لاستیک خودروها استفاده می‌شود.



سرامیک‌سازی:

۲۰٪ کائولن به عنوان یکی از مواد اولیه و اساسی در صنایع کاشی، چینی و سرامیک‌سازی است. کائولن از انواع نسوزهای آلومینیایی است که میزان Al_2O_3 در آنها بسته به نوع آنها متغیر است. انواع کم آلومینا کائولن تکلیس شده، فلینت (۴۵-۳۵٪) و انواع پرآلومینا مانند آندالوزیت، کیانیت و سیلیمانیت (۶۰-۴۰٪)

کاربرد شیمیایی:

کائولن دارای آلومینا و سیلیکا است و در افزودنی سیمان، تولید زئولیت و سولفات آلومینیم، تولید فایبرگلاس، کاتالیزور و عمل‌کننده‌های کاتالیزور، ظروف دارویی، حشره‌کش‌ها، غذای حیوانات کاربرد دارد.

بازارهای عمده جهانی:

ذخایر کائولن ایران و جهان:

ذخیره کائولن دارای گستردگی لازم جهت تأمین نیازهای این ماده معدنی در طی سالیان آینده می‌باشد و مقدار آن در حدود ۲۰ میلیارد تن در جهان تخمین زده شده است. ذخایر کمر بند جورجیا، کارولینای جنوبی در ایالات متحده آمریکا بین ۵ تا ۱۰ میلیارد تن برآورد شده است. کشورهای هندوستان، برزیل، چین، انگلستان و اکراین دارای ذخایر عظیم کائولن می‌باشند. ایران در بین کشورهای جهان با دارا بودن ذخیره‌ای در حدود ۴۰ میلیون تن، کمتر از ۱٪ از کل ذخایر کائولن جهان را به خود اختصاص داده است.

در حال حاضر ذخایر احتمالی کائولن در کشور بیش از ۲۳۰ میلیون تن تخمین زده شده است و در سنگ‌های آذرین اسیدی از پرکامبرین تا میوسن در استان‌های فارس، اصفهان، آذربایجان، زنجان، خراسان، مرکزی، قزوین و تهران پراکنده شده‌اند. مصرف عمده ایران در آجرهای شاموتی، پوشش داخلی کوره‌ها، دیگ‌های گرمایی و کاشی می‌باشد. کانسارهای کائولن و رس‌های کائولینی در ۴ گروه زیر براساس موقعیت جغرافیایی تقسیم‌بندی می‌شوند:

- الف) ذخایر رس‌های کائولینی در بخش‌های مرکزی ایران
- ب) ذخایر رس‌های کائولینی در بخش‌های خاور ایران
- ج) رس‌های کائولینی در بخش‌های شمال و شمال باختر ایران
- د) ذخایر کائولینی در بخش‌های جنوب و جنوب باختر ایران

۹-۲-۱-۲- تولید کائولن ایران و جهان

تولید کائولن در جهان، طی سال‌های اخیر هرچند روند صعودی داشته است ولیکن متوسط نرخ رشد بسیار پایین ۰/۰۱٪ آن حاکی از ثبات و تعادل نسبی در بحث تولید، عرضه و تقاضا می‌باشد. دلایل اصلی این ثبات را می‌توان موارد ذیل دانست:



۱- کاهش شدید تولید کشورهای ایالات متحده آمریکا و انگلستان که این کاهش در تولید به دلیل کاهش تقاضای کشورهای اروپایی و این کاهش تقاضا نیز خود نتیجه استفاده کشورهای اروپایی از جایگزین‌های کائولن (کربنات کلسیم) می‌باشد.

۲- به دلیل ارزان بودن کائولن تولیدی کشور برزیل نسبت به ایالات متحده، کشورهای امریکای لاتین، کائولن مصرفی خود را از کشور برزیل تأمین می‌کنند و این مسئله خود باعث افزایش تولید کشور برزیل و کاهش تولید ایالات متحده آمریکا (به عنوان بزرگترین تولیدکننده کائولن جهان) شده است.

۳- با توسعه تکنولوژی معدن کاری در کشورهای خاور دور، این کشورها با افزایش تولید کائولن قادر به تأمین نیاز کارخانجات کاغذسازی و سرامیک‌سازی خود شده‌اند که این امر باعث افزایش تولید کشورهای خاور دور و کاهش تولید ایالات متحده شده است.

تغییر در هر یک از موارد فوق می‌تواند یک نوسان در میزان تولید کائولن در جهان را شاهد بود که این تغییر می‌تواند کاهش یا افزایش باشد.

علاوه بر مسائل اقتصادی و سیاسی کشورهای جهان، بحث عرضه و تقاضا نیز تأثیر به‌سزایی در میزان تولید جهانی مواد معدنی دارد.

میانگین تولید جهانی کائولن ۲۱۷۸۰ هزار تن با متوسط نرخ رشد ۱/۰۰٪ افزایش از ۲۱۴۰۰ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۲۲۰۰۰ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

در بین تولیدکنندگان کائولن، کشور ایالات متحده آمریکا با میانگین تولید سالیانه ۸۹۹۸ هزار تن در رتبه اول قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۲/۴٪ کاهش از ۹۲۸۰ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۸۱۱۰ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

کشور انگلستان با میانگین تولید سالیانه ۲۳۲۷/۲ هزار تن در رتبه دوم قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۱/۶۶٪ کاهش از ۲۳۶۰ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۲۲۰۴ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

کشور برزیل با میانگین تولید سالیانه ۱۶۶۵/۸ هزار تن در رتبه سوم قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۲۸/۷٪ افزایش از ۱۳۴۹ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۲۰۰۰ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است. چین و کره جنوبی در مکان‌های بعدی قرار دارند.

تولیدکنندگان اصلی کائولن تصفیه شده آمریکا، انگلیس، برزیل، استرالیا، آلمان، چک و اسلواکی هستند که صادرکننده اصلی بازار انواع کائولن با کیفیت بالا را که در رنگ‌سازی، کاغذ و پلاستیک بکار می‌رود، را به خود اختصاص داده‌اند. کائولن با کیفیت کمتر که در نسوز، سرامیک و... کاربرد دارد، توسط کلمبیا، کره جنوبی، ازبکستان و اکرین کنترل می‌شود. در این میان تولید ایران براساس گزارشات راسکیل ۵۰۰ هزار تن بر سال می‌باشد.

تعداد ۶۵ معدن کائولن و خاک نسوز در کشور در حال بهره‌برداری هستند که به طور متوسط حدود ۲/۱ میلیون تن کائولن و خاک نسوز در سال تولید می‌نمایند که حدود ۱ میلیون تن آن به فروش رسانده می‌شود. به طور کلی روند تولید صعودی است ولیکن در بعضی سال‌ها نوساناتی داشته است.



میزان تولید در سال ۱۳۸۰ بیش از ۱۲٪ نسبت به سال ۱۳۷۶ افزایش داشته است و این در حالی است که میزان فروش حدود ۲۶٪ رشد نشان می‌دهد. با توجه به این اعداد و ارقام می‌توان گفت که تعداد و یا ظرفیت مصرف‌کنندگان در طی سال‌های تخریب افزایش یافته است.

ایران در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ از نظر میزان تولید منگنز مقام ۱۱ جهان (۰/۳۸٪ تولید جهان) را به خود اختصاص داده است. (World Mining Data /Vienna 2003).

۹-۲-۱-۳- صادرات کائولن ایران و جهان

در حدود ۳۳٪ کائولن تولید شده در جهان در بین کشورها مورد داد و ستد قرار می‌گیرد که عمدتاً از نوع پوششی و پراکنده می‌باشند.

ایالات متحده آمریکا، انگلستان و برزیل منابع اصلی تأمین‌کننده این نوع کائولن در تجارت بین‌المللی هستند. این سه کشور کائولن تولیدی خود را به کشورهای ژاپن، فنلاند، کانادا و تایوان که دارای اقتصاد توسعه یافته و صنایع عظیم تولید کاغذ و سرامیک بوده و از طرفی فاقد تولید کائولن می‌باشند، صادر می‌نماید.

میانگین تولید جهانی کائولن ۱۰۴۶۷/۲ هزار تن با متوسط نرخ رشد ۱٪ افزایش از ۹۸۰۳ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۰۵۱۹ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

در بین تولیدکنندگان کائولن، کشور ایالات متحده آمریکا با میانگین تولید سالیانه ۳۵۰۸/۲ هزار تن در رتبه اول قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۷۷٪ افزایش از ۳۲۹۵ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۳۴۸۲ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

کشور انگلستان با میانگین تولید سالیانه ۲۰۳۳/۶ هزار تن در رتبه دوم قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۱/۴۸٪ کاهش از ۲۰۵۳ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۹۲۸ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

کشور برزیل با میانگین تولید سالیانه ۱۱۴۲/۸ هزار تن در رتبه سوم قرار دارد. تولید این کشور با متوسط نرخ رشد ۱/۱۴٪ افزایش از ۷۶۵ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۴۳۷ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است. چین در مکان بعدی قرار دارد.

صادرات کائولن قبل از سال ۱۳۷۵ در ایران تحرک کمی داشت که دلایل زیر را می‌توان برای آن برشمرد:

عدم کیفیت مناسب

عدم تولید کائولن فرآوری شده مناسب جهت صادرات

ارزان بودن و کیفیت مناسب کائولن‌های مشابه در دنیا.

میزان صادرات ایران از سال ۸۰-۱۳۷۶ در مدت ۵ سال ۲۱/۵ برابر شده است که این رشد بالا ناشی از احداث چند کارخانه کائولن شویی در ایران از جمله کارخانه کائولن شویی خراسان و نوز می‌باشد.

۹-۲-۱-۴- واردات کائولن ایران و جهان

میزان واردات کائولن در سال‌های اخیر، رشد چشمگیری نداشته است و تنها به طور متوسط ۰/۳٪ افزایش نشان می‌دهد. بزرگترین واردکنندگان کائولن در جهان، کشورهای فنلاند، اسپانیا، ایتالیا، ژاپن، آلمان، هلند، کانادا، سوئد و بیلوروس هستند که متجاوز از ۶۰٪ واردات جهان را به خود اختصاص داده‌اند.



میانگین واردات جهانی کائولن ۱۱۷۶۸/۴ هزار تن با متوسط نرخ رشد ۰/۳۳٪ افزایش از ۱۱۴۸۴ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۱۸۲۸ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

در بین کشورهای واردکننده کائولن، کشور ژاپن با میانگین واردات ۱۳۷۴/۲ هزار تن در رتبه اول قرار دارد. واردات این کشور با متوسط نرخ رشد ۰/۴۹٪ کاهش از ۱۳۳۳ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۳۹۷ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است. کشور فنلاند با میانگین واردات ۱۳۷۱/۶ هزارتن در رتبه دوم قرار دارد. واردات این کشور با متوسط نرخ رشد ۲/۳۶٪ کاهش از ۱۴۰۲ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۱۳۵۵ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

کشور کانادا با میانگین واردات ۸۷۳/۸ هزار تن در رتبه سوم قرار دارد. واردات این کشور با متوسط نرخ رشد ۶/۱۷٪ افزایش از ۷۱۷ هزار تن در سال ۱۹۹۷ به ۹۶۸ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسیده است. کشورهای ایتالیا و اسپانیا در مکان‌های بعدی قرار دارند.

میزان واردات کائولن در سال‌های اخیر، رشد چشمگیری (متجاوز از ۳۰٪) داشته و از ۸/۳ هزار تن در سال ۱۳۶۱ به ۲۵/۵ هزار تن در سال ۱۳۶۹ رسیده است.

البته در سال‌های ۶۷-۱۳۶۵ کاهش واردات ناشی از سقوط قیمت نفت و کاهش مصرف این ماده به عنوان مواد تشکیل‌دهنده را در برداشت.

۹-۳- خط تولید

۹-۳-۱- حمل و انبار کردن مواد اولیه

خاک کائولن به کارخانه آورده می‌شود. چون این کائولن آورده شده از معدن به صورت سنگ و کلوخه است برای استفاده از کائولن آورده شده از معدن این خاک را که همراه با کلوخه و سنگ است خرد می‌کنند. برای خرد کردن خاک آورده شده را به وسیله‌ی تراکتور درون سنگ‌شکن می‌ریزند.

انبار خاک ۱۰۰۰ تن است (این سنگ و کلوخه‌ها را قبل از استفاده چندین روز در فضای آزاد قرار می‌دهد تا در معرض آفتاب و باد قرار گیرد).





۹-۳-۲- تانکرهای ذخیره سوخت

سوخت مورد استفاده در کوره‌های کارخانه گازوئیل می‌باشد. که به مقدار کافی در داخل تانکرهایی ذخیره شده است. نکته جالب توجه این است که با توجه به شیب و وسعت زمین کارخانه محل قرارگیری تانکرها و سیستم لوله‌کشی از تانکرها تا محل مصرف در کوره‌ها به گونه‌ای طراحی شده است که برای انتقال سوخت نیازی به استفاده از پمپ نمی‌باشد. این طراحی سبب شده تا از خطرات احتمالی قرار دادن یک تانکر در ارتفاع زیاد و در نزدیکی کوره کاسته شود. چراکه که در یک چنین طراحی ممکن است انتقال سوخت به طور پیوسته صورت نگیرد و در صورت قطع انتقال سوخت به هر دلیلی از جمله قطع برق، سهل‌انگاری توسط کارگر و باز ماندن شیرهای انتقال سوخت سبب شود سوخت به مقدار بیش از حد زیاد در فضای کوره‌ی خاموش انتشار یابد که با ایجاد جرقه می‌تواند به تخریب کوره منجر شود.

۹-۳-۳- دستگاه خردکن

سنگ و کلوخ‌ها به وسیله تراکتور میریزند در قیف دستگاه خردکننده و بعد از خرد شدن این ذرات قطره‌ای در حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر پیدا می‌کنند.

این مواد پس از خرد شدن به وسیله نوار نقاله به سالن خاک بورده می‌شود (این خاک‌ها را برای زمستان انبار می‌کنند. زیرا در زمستان احتمال خیس شدن این محصولات وجود دارد و اگر مواد اولیه خیس باشند هم در سنگ‌شکن و هم در آسیاب گیر می‌کند.)

در مرحله‌ی بعد ذرات خرد شده در مرحله‌ی اول را توسط تراکتور می‌ریزند درون قیف آسیاب و به وسیله‌ی نوار نقاله به درون آسیاب برده می‌شوند.

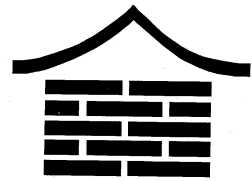


۹-۳-۴- آسیاب

روزی ۹ تا ۱۰ بار قیف آسیاب پودر می‌شود. آسیاب حالت توری مانند دارد. برای فصول مختلف از توری‌های مختلفی استفاده می‌کنند. مثلاً برای تابستان از توری با قطر روزنه‌ی ۵ میلیمتر و در زمستان از توری با قطر روزنه‌ی ۴ میلیمتر استفاده می‌کنند.

خاک خشک سریع پودر می‌شود اگر از توری با قطر روزنه‌ی کوچک‌تر از ۴ میلیمتر استفاده شود زمان آسیاب کردن طولانی می‌شود.



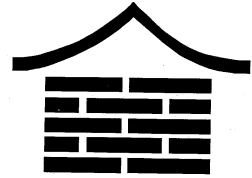


خاک پودر شده‌ی بدست آمده از آسیاب را در سالتی جمع می‌کنند

افزودن خاک اخرا و آب:

به خاک پودر شده‌ی بدست آمده از آسیاب، خاک اخرا اضافه می‌کنند، ۵ درصد هم آب به آن اضافه می‌کنند. به عبارت دیگر به ازاء هر قیف ۲۰۰ کیلوگرم خاک اخرا و ۱۰ سطل آب اضافه می‌کنند. این کار را لایه به لایه انجام می‌دهند.





بعد از اضافه کردن خاک اخرا و آب این مخلوط به دستگاه اماج ریخته می‌شود

۹-۳-۵- دستگاه اماج

وظیفه‌ی دستگاه اماج این است که مخلوط به دست آمده از مرحله‌ی قبل را خوب مخلوط می‌کند تا کاملاً همگن شده و محصول یک دستی به وجود آید. محصول بدست آمده در این قسمت، یک مقدار کوروی می‌شود. بعد از این مرحله خاک همگن شده توسط نوار نقاله به پشت دستگاه پرس انتقال داده می‌شود. خاک جمع شده در پشت پرس توسط کارگران کارخانه به درون یک نوار نقاله‌ی دیگر که به دستگاه پرس وصل است ریخته می‌شود.



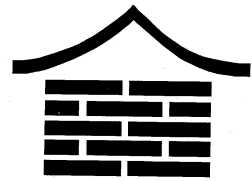


۹-۳-۶- پرس

پس اضافه شدن آب لازم برای کارپذیری و اخرا برای تامین رنگ مناسب مواد اولیه توسط تسمه نفااله به دستگاه‌های پرس منتقل می‌شود.



کارخانه‌ی آجرنمای امیری دارای ۲ دستگاه پرس است. یکی از این پرس‌ها هیدرولیکی است که به وسیله‌ی این پرس قالب‌های L شکل ۵.۴ و ۵.۵ سانتیمتری ساخته می‌شود.



پرس دیگر از نوع ضربه‌ای (دیسک و صفحه‌ای) است. ماکزیمم قدرت فشار این پرس ۳۰۰ تن است. از این پرس برای قالب‌های پلاک ۴ و ۵ سانتیمتری استفاده می‌شود.



پس از آنکه قطعه توسط پرس شکل داده شد، قطعه‌ی از پرس درآمد چند روزی در داخل سالن تولید می‌ماند (حدود ۱ هفته) تا کاملا خشک شود. این کار برای این است که رطوبت باقی‌مانده در آجر از بین برود تا بعد از خشک شدن آجرها را به کوره منتقل کنند.



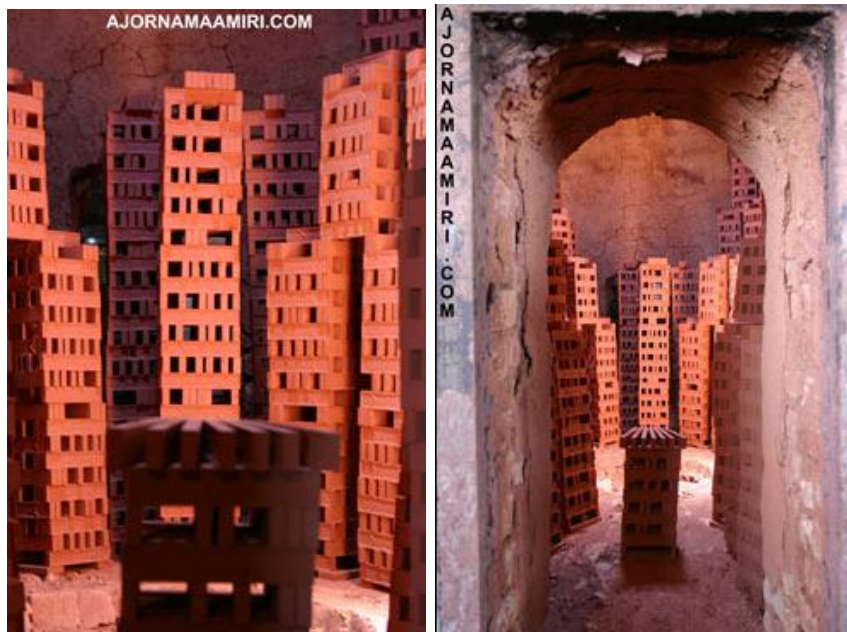


۹-۳-۷- کوره

کوره‌ی مورد استفاده در این کارخانه از نوع خمیره‌ای است. که دمایی در حدود ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد تولید می‌کند. طرز چین این کوره‌ها به این صورت است که در ردیف جلو ۱۷ در ردیف دوم ۱۳ و در ردیف سوم ۱۰ ردیف آجر روی هم می‌چینند. بعد درهای کوره را گل می‌گیرند و سپس مشعل کوره از وسط کوره روشن می‌شود. در ابتدای حدود ۴ تا ۵ ساعت مشعل را روی کم می‌گذارند تا اگر رطوبتی مانده از بین برود (اگر این کار را نکنند آجرها ترک می‌خورد).



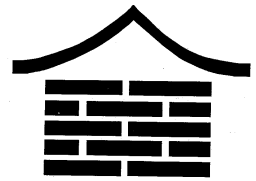
کوره در دمای ۱۰۵۰ درجه سانتی‌گراد



نحوه چیدمان کوره

بعد از ۵ ساعت دمای شعله را افزایش می‌دهند. حدود ۱۸ ساعت در دمای حدود ۱۰۰۰ درجه باقی می‌ماند. در بالای هر کوره یک سوراخ به قطر تقریبی ۱ متر موجود است که هم باعث سریع سرد شدن کوره می‌شود و هم در اول کار اگر به آجرها اکسیژن نخورد آجرها سیاه می‌شوند. هر کوره حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر گازوئیل مصرف می‌کند.





بستن درب کوره توسط آجر و ملات خاک رس





پشت بام کوره و نمایی از دودکشها

۹-۳-۸- بسته بندی

بعد از سرد شدن کوره آجرها را در سالنی می چینند تا آنها را بسته بندی کنند.





- در کارتن‌های قرمز رنگ ۵۰ قالب L4 قرار می‌گیرد.
- در کارتن‌های سبز رنگ ۴۰ قالب L5.5 قرار می‌گیرد.
- در کارتن‌های آبی رنگ ۷۶ قالب پلاک 5.5 قرار می‌گیرد.
- در کارتن‌های مشکی رنگ ۱۰۰ قالب پلاک 4 قرار می‌گیرد.



آجر نما امیری (قرمز)				
ردیف	نوع کالا	ابعاد (سانتی‌متر)	قیمت هر قالب (ریال) کارتن شرینگ	قیمت هر قالب (ریال) کارتن در بسته
۱	پلاک ۴	$۴ \times ۲۰ \times ۱/۸$	۲۰۰	۱۹۰
۲	ال ۴	$۴ \times (۱۰ + ۲۰) \times ۴$	۳۵۰	۳۳۰
۳	پلاک ۵/۵	$۵/۵ \times ۲۰ \times ۱/۸$	۲۸۰	۲۷۰
۴	ال ۵/۵	$۵/۵ \times (۱۰ + ۲۰) \times ۴$	۶۲۰	۶۰۰
۵	دندان موشی	۴×۲۰	۳۷۰	۳۵۰
۶	الماسی	۴×۲۰	۳۷۰	۳۵۰
۷	ال نیمه ۴	$۴ \times (۱۰ + ۱۰) \times ۴$	۳۵۰	۳۳۰
۸	ال نیمه ۵/۵	$۵/۵ (۱۰ + ۱۰) \times ۴$	۶۲۰	۶۰۰

قیمت تحویل درب کارخانه

۹-۴- اهداف و عملیات انجام شده در آزمایشگاه

آزمایشگاه تخصصی‌ترین قسمت کارخانه است و عملیاتی که در این قسمت انجام می‌شود به دقت توسط موسسه استاندارد کنترل می‌شود. این بخش دارای اصطلاحات و تعاریف و اهداف خاص خود است. کارها و آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه با توجه به استانداردهای از پیش تعیین شده توسط موسسه استاندارد انجام می‌شود.



۹-۴-۱- هدف و دامنه کاربرد

- هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌ها و روش آزمون لازم برای آجرهای رسی جهت استفاده در ساختمان می‌باشد.

- این استاندارد شامل تعاریف، طبقه‌بندی، ویژگی‌ها، روش‌های نمونه‌برداری و آزمون به منظور تعیین ابعاد، تحدب و تقعر، مقاومت فشاری، جذب آب، در مواد محلول، یخ‌زدگی و ویژگی‌های ظاهری آجر می‌باشد.

- این استاندارد شامل بلوک‌های سقفی، بلوک‌های دیواری (تیغه‌ای) و آجرهای سبک نمی‌شود.

۹-۴-۲- اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و یا واژه‌ها با تعاریف زیر بکار می‌رود:

آجر رسی: فرآورده‌ای است مصنوعی که از پختن (درهم جوشی) خشت خشک شده بدست می‌آید خشت از قالب گرفتن گل خمیری طبق ابعاد موردنظر تولید می‌شود.

یادآوری - در تولید آجر با روش نیمه خشک، خاک مرطوب پرس می‌شود تا خشت آماده برای پختن تولید گردد.

آجر توپر: آجری است که هیچ‌گونه سوراخ، و حفره، فرورفتگی در آن وجود نداشته باشد.

آجر سوراخ‌دار: آجری است که در آن تعدادی سوراخ به طور منظم از میان آجر می‌گذرد. حجم سوراخ‌ها که از میان آجر می‌گذرد نباید از ۳۵ درصد حجم آجر بیشتر باشد. سوراخ‌های باید به نحوی در سطح آجر پراکنده شده باشند که مجموع ضخامت جداره سوراخ‌ها در امتداد طول یا عرض سطح ملات خور و عمود بر سطح نما بر ترتیب کمتر از ۳۰ درصد درازا یا پهنای آجر نباشد و مساحت هر یک از سوراخ‌ها نیز از ۱۰ درصد مساحت آجر تجاوز نکنند.

آجر باربر: آجری است که در قطعات سازه‌ای با ربرساختمان مصرف می‌شود.

آجر غیر باربر: آجری است که در قطعات سازه‌ای غیر باربر ساختمان بکار برده می‌شود و جهت جدا کردن فضاها و موارد مشابه مصرف می‌شود.

۹-۴-۳- طبقه‌بندی

آجرهای رسی برحسب محل مصرف و کیفیت سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

آجر مهندسی: آجر است دارای جسمی متراکم، پر قدرت و نیمه شیشه‌ای که عمدتاً در سازه‌های با قدرت تحمل بار زیاد به کار برده می‌شود. این نوع آجر منحصراً به روش ماشینی تولید می‌گردد. این نوع آجرها به دو دسته توپر و سوراخ‌دار و هر کدام بر حسب درصد جذب آب به دو درجه ۱ و ۲ تقسیم می‌شوند.

آجر نما: این آجر در نمای ساختمان به کار می‌رود و بدون نیاز به اندودکاری و یا روکش‌های دیگر، دارای ظاهری زیبا می‌باشد. بنابراین علاوه بر ویژگی‌های عمومی مورد نظر برای آجرهای دیگر، باید ویژگی‌های ظاهری قابل قبولی هم داشته باشد. این نوع آجر به دو نوع متعارف و پلاکی تقسیم می‌شوند.

آجرهای نمای متعارف به دو دسته توپر و سوراخ‌دار و هر کدام بر حسب درصد جذب آب به دو درجه ۱ و ۲ تقسیم می‌شوند. آجرنمای پلاکی نیز فقط برحسب درصد جذب آب به درجه ۱ و ۲ تقسیم می‌شوند.



آجر توکار: این آجر جهت مصرف در داخل دیوار بکار می‌رود و توسط ملات مناسب مانند ماسه، سیمان بر روی هم و یا در کنار هم و یا در کنار هم چیده می‌شوند. این آجر ممکن است به روش ماشینی یا دستی (فشاری) تولید شده باشد. این آجرها برحسب محل مصرف به دو نوع باریک و غیرباریک تقسیم می‌شوند و هر کدام نیز به دو دسته توپر و سوراخدار درجه‌بندی می‌شوند. در نمودار شماره یک طبقه‌بندی آجر رسی نشان داده شده است.

۹-۴-۴- نمونه برداری

نمونه‌های انتخاب شده باید از لحاظ رنگ، بافت سطحی، اندازه و غیره معرف انبوه آجرهایی باشند که از آنها نمونه‌برداری شده است.

تعداد نمونه‌های مورد نیاز کمیته تعداد نمونه لازم از هر انبوه ۱۵۰۰۰ عددی یا بخشی از آن برای آزمایش‌های مختلف به تعداد تعیین شده در جدول شماره یک خواهد بود.

جدول شماره ۱- کمیته تعداد نمونه‌های موردنیاز

ردیف	نوع آزمون	تعداد نمونه‌های مورد نیاز
۱	مقاومت فشاری	۱۰
۲	جذب آب	۱۰
۳	املاح محلول	۱۰
۴	ابعاد	۱۰

یادآوری ۱- چون نمونه‌هایی را که برای آزمون اندازه‌گیری ابعاد بکار می‌رود می‌توان در آزمون دیگر نیز به کار برد و هم چنین ده آجری را که برای تعیین در صد جذب آب بکار می‌روند می‌توان بعداً برای آزمون دیگر استفاده نمود، لذا کمیته تعداد آجرهای موردنیاز برای انجام کلیه آزمون‌ها ۲۰ عدد خواهد بود. در کل نمونه ۳۰ عددی تعداد مناسبی است که به این طریق می‌توان شکستن اتفاقی بعضی از نمونه‌ها و آزمون همزمان برخی از آزمون‌ها را نیز در نظر گرفت.

یادآوری ۲- هنگامی که فقط انجام بعضی از آزمون‌ها مورد نظر باشد، می‌توان بجای ۳۰ عدد فقط به تعداد مورد نیاز برای انجام این آزمون‌ها نمونه تهیه کرد.

یادآوری ۳- هنگامی که تعداد نمونه‌های تهیه شده مضربی از نمونه‌های مورد نیاز مندرج در جدول (۱) باشد باید ۱۰ نمونه دیگر برای هر آزمون را با روش ده قسمت کردن کل نمونه و انتخاب یک آجر از هر یک از این ده قسمت بدست آورد.

یادآوری ۴- هنگامی که بنا به درخواست خریدار آزمون یخ‌زدگی موردنیاز باشد، تعداد نمونه لازم برای این آزمون ۱۰ عدد است.

روش نمونه‌برداری



انتخاب روش نمونه برداری معمولاً برحسب شکل فیزیکی محموله تعیین می‌گردد که براساس یکی از روش‌های زیر صورت می‌پذیرد:

نمونه برداری تصادفی: در این روش کلیه آجرها برای ظاهر شدن در نمونه شانس مساوی خواهند داشت تعداد مناسب آجر بطور تصادفی از محل‌های مختلف در سرتاسر محموله انتخاب می‌شود بدون آنکه هیچگونه ملاحظه‌ای در مورد شرایط یا کیفیت آجرهای انتخابی صورت پذیرد.

یادآوری - نمونه برداری تصادفی وقتی مناسب است که آجرها به صورت باز و غیر بسته‌بندی شده حمل می‌شوند و یا وقتی به دسته‌های زیادی تقسیم شده باشند.

نمونه برداری نماینده (معرف): هنگامی که نمونه برداری تصادفی غیرعملی و نا مناسب باشد (برای مثال وقتی آجرها محموله بزرگی تشکیل می‌دهند یا دسترسی به تعداد معدودی آجرهای محموله میسر است) روش نمونه برداری نماینده باید مورد استفاده قرار گیرد.

نمونه برداری از دسته: محموله باید به کمینه شش بخش مساوی واقعی یا مجازی تقسیم شود تعداد مساوی که بیش از چهار قالب نباشد بطور اتفاقی از هر بخش انتخاب شود تا تعداد مورد نیاز نمونه تهیه گردد نباید هیچگونه ملاحظه‌ای در مورد شرایط و کیفیت آجرهای انتخاب شده صورت پذیرد.

یادآوری ۱- لازم است برخی از بخش‌های دسته یا دسته‌های آجر بیرون آورده شود تا هنگام نمونه برداری به آجرهای داخل چنین بسته‌هایی دسترسی وجود داشته باشد.

یادآوری ۲- نمونه برداری از یک دسته برای آزمایش املاح محلول رضایت بخش نیست زیرا آلودگی از زمین یا منشاهای دیگر ممکن است بوجود آید.

نمونه برداری از محموله آجرهای بسته‌بندی شده: کمینه شش بسته از هر محموله بطور تصادفی نمونه برداری شود سپس از هر بسته به تعداد مساوی که بیش از چهار آجر نباشد بطور تصادفی نمونه برداری شود تا تعداد مورد نیاز برای آزمون‌ها را بدست آید. این انتخاب باید بگونه‌ای باشد که شرایط و کیفیت آجر لحاظ شود.

تقسیم نمونه

وقتی نمونه‌ها بیش از تعداد مورد نیاز برای آزمون باشد کل نمونه‌ها در کنار یکدیگر قرار داده شده و تعداد نمونه لازم بصورت تصادفی برداشته شود.

نشانه گذاری نمونه‌ها

علامت گذاری بر روی نمونه باید به نحوی باشد که بتوان در هر زمان نمونه‌ها را به آسانی تشخیص داد. علامت نباید بیش از پنج درصد سطح نمونه را بپوشاند.

۹-۴-۵- ویژگی‌ها

هر نوع آجر رسی ذکر شده در این استاندارد باید با کلیه ویژگی‌های فیزیکی مکانیکی و شیمیایی ذیل برای آن نوع آجر مطابقت داشته باشد.



WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



ابعاد:

ابعاد ترجیحی انواع آجر که بصورت مدولار است مطابق جدول شماره ۲ می باشد.

جدول شماره ۲- ابعاد ترجیحی آجر (mm)

نوع	درازا	پهنا	بلندی
۱	۲۱۰	۱۰۵	۵۳
۲	۲۲۰	۱۱۰	۵۵

ابعاد آجر بنا به سفارش خریدار تعیین می شود و براساس اندازه اسمی اعلام شده از سوی تولیدکننده رواداری در هر بعد برای ۱۰ عدد آجر به طور مجزا باید در محدوده رواداری جدول شماره ۳ باشد. ابعاد طبق روش ۷-۱ تعیین می شود.

جدول شماره ۳- رواداری ابعاد آجر

میزان رواداری \pm (mm)		
محدوده اندازه هر بعد آجر (mm)	آجر توکار	آجر مهندسی و نما
<۵۰	۳	۱
۵۰-۱۰۰	۲/۵	۱
۱۰۰-۱۵۰	۲/۵	۱/۵
۱۵۰-۲۵۰	۳	۱/۵

مقاومت فشاری

هنگامی که آجر طبق روش ۷-۳ آزمون می گردد باید برای انواع آجر با مقادیر جدول شماره ۴ مطابقت داشته باشد.

جذب آب

هنگامی که آجر طبق روش ۷-۴ آزمون می گردد باید برای انواع آجر با مقادیر جدول شماره ۴ مطابقت داشته باشد. ضمناً درجه آجر برحسب در صد جذب آب مشخص می گردد.



جدول شماره ۴- ویژگی‌های جذب آب و مقاومت فشاری انواع آجر

کمیته مقاومت فشاری kg/cm		پیشینه در صد جذب آب		نوع آجر	
آجر منفرد	میانگین ۱۰ آجر	آجر منفرد	میانگین ۱۰ آجر		
۳۰۰	۳۵۰	۱۵	۱۲	درجه ۱	آجر مهندسی
۲۰۰	۲۵۰	۱۹	۱۶	درجه ۲	
۱۱۰	۱۴۰	۲۰	۱۸	درجه ۱	آجر نما (مٹارف و پلاکی)
۹۰	۱۲۰	۲۳		درجه ۲	
۶۰	۸۰	الزامی نیست	الزامی نیست	باربر	آجر توکار
۳۰	۴۰	الزامی نیست	الزامی نیست	غیر باربر	

پیشینه درصد جذب آب برای آجرهای پلاکی در صورتی که کمینه مقاومت فشاری عنوان شده را برآورده کنند می‌تواند برای میانگین آجر ۲۳ در صد و برای آجر منفرد ۲۵ درصد باشد.

یادآوری ۱- میانگین جذب آب ده نمونه آجر مورد آزمون نباید از مقدار میانگین تعیین شده بیشتر و همچنین جذب آب هر آجر منفرد نباید از مقدار داده شده بیشتر باشد.

یادآوری ۲- میانگین مقاومت فشاری ۱۰ نمونه آجر مورد آزمون نباید از مقدار داده شده برای هر کدام کمتر و همچنین جذب آب هر آجر منفرد نباید از مقدار داده شده کمتر باشد.

یادآوری ۳- ویژگی مقاومت فشاری و جذب آب برای هر نوع شکل (توپروسوراخ‌دار) تفاوتی ندارد.

یخ‌زدگی

آزمون یخ‌زدگی برای انواع آجر الزامی نیست، مگر اینکه مورد درخواست خریدار باشد که مطابق با روش ۷-۶ تعیین می‌گردد. چنانچه بنا به درخواست خریدار آزمون یخ‌زدگی انجام گرفت درصد افت وزنی آجرها بعد از آزمون یخ‌زدگی نباید بیشتر از سه درصد وزنی باشد.

تحدب و تقعر

وقتی که آجر برابر روش ۷-۲ آزمون شود تقعر و تحدب آجر باید مطابق با جدول شماره ۵ باشد.

جدول شماره ۵- ویژگی‌های تحدب و تقعر

نوع آجر	حداکثر تقعر (mm)	حداکثر تحدب (mm)
مهندسی	۱	۱/۵
نما	۲	۱
توکار	۵	۲



WWW.AJORNAMAAMIRI.COM
WWW.AJORNAMAAMIRI.COM



مواد محلول

هنگامی که آجر برابر روش ۷-۵ آزمون می‌شود باید در صد مواد محلول مطابق جدول شماره ۶ باشد. آجر مهندسی: میزان درصد مواد محلول برای انواع آجر مهندسی مطابق جدول شماره ۶ می‌باشد.

جدول شماره ۶- در صد مجاز مواد مجاز محلول در آجر مهندسی

۱/۱۶	حداکثر درصد وزنی سولفات‌ها
۰/۲۵	حداکثر در صد وزنی مجموع منیزیم، سدیم یا پتاسیم

آجر نما: میزان درصد مواد محلول برای انواع آجرهای نما نباید از ۶ درصد بیشتر باشد.

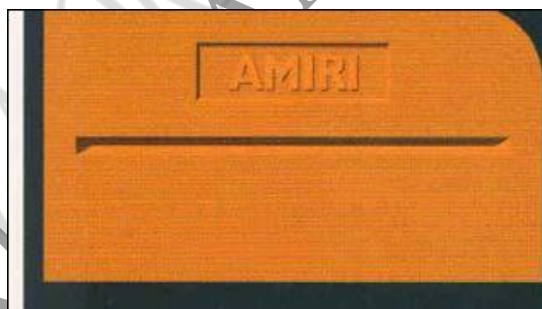
آجر توکار: درصد مواد محلول برای آجرهای توکار الزامی نیست.

کیفیت سطوح (ویژگی ظاهری)

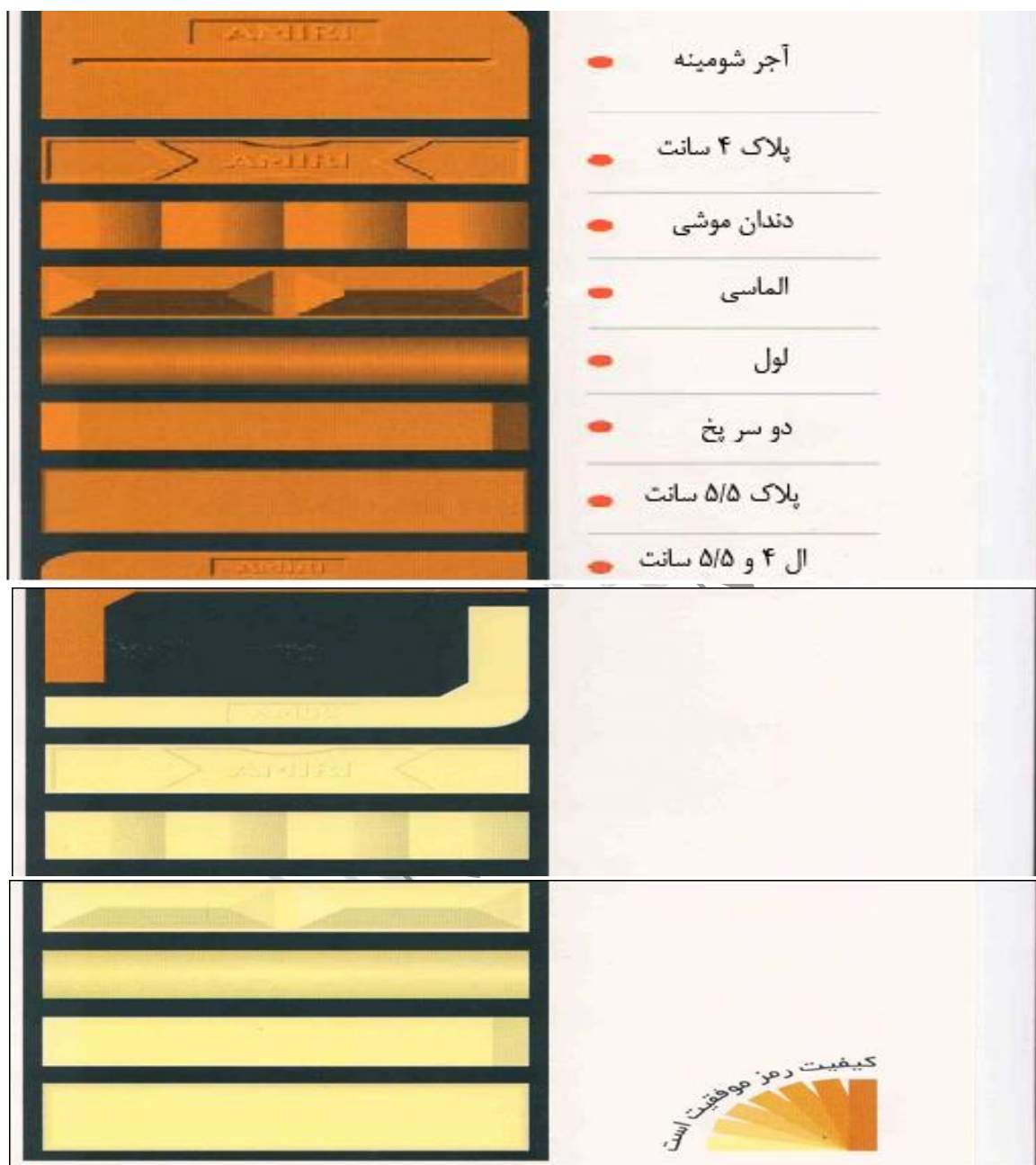
این ویژگی فقط برای انواع آجرهای نما الزامی است که در این نوع آجرها سطوح باید عاری از ترک‌هایی باشد که از فاصله یک متری، تحت زاویه ۴۵ درجه مشاهده می‌گردد. لبه‌ها و تراشه‌های آسیب دیده نداشته باشند. دانه‌های سنگی کوچک و ذرات آهک منبسط شونده در سطوح آنها وجود نداشته باشد، و مقطع برشی این آجرها بافت یکنواختی داشته باشد.

نشانه‌گذاری :

۱- تولیدکننده موظف است بر روی هر آجر نام و آرم خود را حک کند این نام یا آرم می‌تواند به یک زبان لاتین نیز باشد.



۲- تولیدکننده موظف است نوع آجر و درجه آن و همچنین ابعاد اسمی آجر را مشخص و اعلام نماید. نوع آجر و درجه‌بندی آجرها به صورت زیر است:

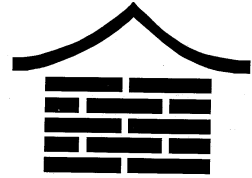


۹-۴-۶- روش‌های آزمون

۹-۴-۶-۱- روش آزمون اندازه‌گیری ابعاد

آماده‌سازی نمونه‌ها:

هرگونه ناصافی، ناهمواری یا برآمدگی‌های کوچک یا مواردی که به صورت آزاد به آجر چسبیده باشد را از بین ببرند تا سطحی صاف بدست آید.



وسایل مورد نیاز:

کولیس که لازم است درازای قسمت مدرج بازوی اندازه گیر و شاخک های آن دست کم معادل بزرگترین ضلع آجر باشد.

روش آزمون:

درازا و پهنا و بلندی هر نمونه باید دو بار به صورتی که در شکل شماره ۱ نشان داده شده با تقریب یک میلی متر اندازه گیری شود. میانگین اندازه گیری های هر بعد معرف اندازه آن بعد آجر خواهد بود. در موقع اندازه گیری شاخک کولیس باید تمام آجر را در بر گیرد.

۹-۴-۶-۲ روش آزمون تعیین تحدب و تقعر

وسایل مورد نیاز:

- ۱- گوه یا سطح شیب دار مدرج به دقت $0/5$ میلی متر مطابق شکل شماره ۲ درازی قاعده گوه 60 میلیمتر و پهناى آن 15 میلیمتر، بلندی یک طرف آن 16 میلیمتر و بلندی طرف دیگر آن صفر می باشد. سطح شیب دار گوه با دقت یک میلیمتر به نحوی درجه بندی شده است که بتوان ضخامت گوه حد فاصل قاعده و سطح شیب آن را از روی آن خواند.
- ۲- یک سطح صاف شیشه ای یا فلزی به اندازه حداکثر 300×300 میلیمتر مربع که با دقت $0/2$ میلیمتر مسطح باشد.

روش آزمون:

سطح آجر باید از هر ماده خارجی پاک شود و سپس مندرج در زیر تحدب و تقعر آن تعیین گردد.

تعیین تقعر:

باید سطح مورد نظر آجر را روی سطح شیشه ای صاف قرار داد ارتفاع محلی را که بیشترین فاصله بین آجر و سطح صاف را دارد بوسیله گوه اندازه گیری نمود.

روش آزمون:

سطح آجر باید از هر ماده خارجی پاک شود و سپس به روش مندرج در زیر تحدب و تقعر آن تعیین می گردد.

تعیین تقعر:

باید سطح مورد نظر آجر را روی سطح شیشه ای صاف قرار داد ارتفاع محلی را که بیشترین فاصله بین آجر و سطح صاف دارد به وسیله گوه اندازه گیری نمود.

تعیین تحدب:

ابتدا باید سطح محدب آجر را روی سطح شیشه ای صاف قرار داد، سپس فاصله بین چهار گوشه آجر و سطح صاف را با گوه اندازه گیری نمایید و میانگین اندازه آنها را محاسبه نموده نتیجه نهایی از میانگین این مقادیر برای ده عدد آجر بدست می آید.



۹-۴-۶-۳- روش تعیین مقاومت فشاری

نمونه مورد آزمون:

ده عدد آجر سالم که برابر بند ۵ نمونه برداری شده‌اند برای تعیین مقاومت فشاری آجر استفاده می‌شوند. هر یک از آجرها باید در جهتی تحت فشار قرار داده شوند که در عمل استفاده خواهند شد. کاربرد معمولی آجر آن است که بزرگترین سطح آن بصورت افقی قرار گیرد، در مواردی که آجر بصورت غیر معمولی استفاده شود (سطح متوسط یا کوچک آن تحت فشار واقع گردد) لازم است به همین صورت در دستگاه فشار قرار داده شود. بجز مواردی که محل فرورفتگی‌ها و سوراخ‌های آجر با ملات پر خواهند شد، لازم نیست قبل از آزمایش آنها را با ملات پر نمود.

اندازه‌گیری سطح مقطع آجر:

در مواردی که مصرف آجر در دیوار مورد نظر است لازم است ابعاد هر یک از سطوحی را که بصورت افقی در دیوار قرار می‌گیرند با تقریب یک میلی‌متر اندازه‌گیری کرد و کوچکترین این دو سطح را در محاسبات مقاومت فشاری آجر بکار برد. در آجرهایی که تو پر و سوراخ‌دار محسوب می‌شوند مساحت کل سطح فشار را در نظر می‌گیرند و مساحت سوراخ‌ها از سطح کل کم نمی‌شود.

آماده‌سازی نمونه‌ها:

آجرهای با ابعاد استاندارد شامل آجرهای توپر و سوراخ‌دار را باید ۲۴ ساعت قبل از آزمایش در آب غرقاب نمود و یا با روش‌های جوشاندن یا خلاء آنها را با آب اشباع کرد. برای آجرهای سوراخ‌دار پر کردن سوراخ‌ها با ملات لازم نیست.

آماده‌سازی آجرهای دارای فرورفتگی:

در صورتی که فرورفتگی آجر در حالت چیده شده در دیوار، در زیر قرار گیرد، آجر را باید بدون پر کردن فرورفتگی آنها با ملات مورد آزمایش قرار داد و این موضوع را در گزارش قید نمود. آجرهایی را که در نظر است فرورفتگی آنها در بالا قرار گیرد باید برای ۲۴ ساعت در آب غرقاب نمود یا به وسیله خلاء یا جوشاندن با آب اشباع کرد، سپس این آجرها را از آب خارج نموده برای مدت حدود پنج دقیقه به حال خود گذارد تا آب سطحی آنها بریزد و آب اضافی آنها نیز با پارچه گرفته شود. سپس داخل فرورفتگی آنها را با ملاتی که مشخصات آن در بند ۷-۳-۳-۲ داده شده است پر شود از همان ملاتی که برای پر کردن فرورفتگی آجر استفاده شده است باید حداقل ۶ مکعب با ابعاد ۵۰ میلی‌متر ساخته شود و در همان شرایط آجرها نگهداری گردد. مخلوط ملات باید مقاومت‌های مشخص شده در زیر را کسب نماید و پس از سخت شدن نباید هیچ‌گونه فرورفتگی در سطح آجر مشاهده شود. (به بند ۵-۳-۳-۲ مراجعه شود. پس از فرورفتگی آن با ملات به مدت ۲۴ ساعت زیرگونی مرطوب نگاه داشته شود و سپس تا زمان آماده شدن برای آزمایش در آب نگهداری شود. زمانی آجرها برای آزمایش آماده خواهند شود و سپس تا زمان آماده شدن برای آزمایش در آب نگهداری شود. زمانی آجرها برای آزمایش آماده خواهند بود که آزمایش بر روی مکعب‌های ساخته شده نشان دهد که مقاومت فشاری ملات کمتر از ۲۸۰ کیلو گرم بر سانتی متر مربع و بیشتر از ۴۲۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نیست. نتایج مکعب‌های منفرد را می‌توان برای نشان دادن گسترش مقاومت ملات بکار برد، ولی



آزمایش نهایی باید بر روی سه مکعبی که از یک مخلوط ملات ساخته شده‌اند، صورت گیرد میانگین مقاومت سه مکعب به عنوان مقاومت ملات در نظر گرفته خواهد شد.

مشخصات ملات برای پر نمودن فرورفتگی‌ها:

مقاومت ملات لازم برای آزمون را می‌توان در زمان مناسب (۳ تا ۷ روز) با بکار بردن مخلوط ۱ به ۱/۵ از سیمان پرتلند معمولی با ماسه دانه‌بندی شده تمیز با حداکثر اندازه ۲/۸ میلیمتر بدست آورد. نسبت آب به سیمان معمولاً بیش از ۳۵/۰ نخواهد بود. برای ماسه‌هایی که دانه‌بندی ریز داشته باشند، ممکن است مقدار آب بیشتری لازم باشد. برای اینکه پس از سخت شدن ملات در سطح آن فرورفتگی ایجاد نشود، توصیه می‌شود بلافاصله پس از پر نمودن فرورفتگی آجر با ملات، سطح آن با ماله صافکاری نشود و صافکاری دو یا چهار ساعت پس از پر کردن انجام گیرد.

وسیله آزمون:

دستگاه آزمایش باید ظرفیت مناسب برای شکستن کلیه نمونه‌ها را داشته باشد، ظرفیت انتخاب شده باید به نحوی باشد که بار نهایی تحمل شده بوسیله نمونه‌ها از یک پنجم ظرفیت کامل دستگاه تجاوز نماید. دستگاه آزمون باید حتی‌الامکان مجهز به وسیله تنظیم روند بارگذاری باشد تا بتواند روند بارگذاری را تا ۳/۵ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع در ثانیه اعمال نمود. معمولاً رکابی بر روی سطح فوقانی نمونه دارای اتصال مفصلی است بطوری که بخشی از یک کره را تشکیل می‌دهد و مرکز آن منطبق بر مرکز صفحه فوقانی دستگاه می‌باشد. رکاب‌های فوقانی و تحتانی دستگاه باید حداقل به همان اندازه ابعاد نمونه یا ترجیحاً بزرگتر از اندازه اسمی نمونه باشند. رواداری نا صافی سطوحی که با نمونه حاصل خواهند کرد نباید از ۰/۵ میلیمتر تجاوز کند.

روش آزمون:

در صورتی که سطوح آجر ناصاف باشد، دو سطح بار بر آجر را باید با دستگاه سایش آن قدر صاف کنند تا مواد زائد چسبیده به آن از بین برود. در صورتی که الزامات بند ۷-۳-۳ رعایت شده باشد می‌توان پس خارج نمودن نمونه‌ها از آب آنها را مورد آزمایش قرارداد.

قرار دادن نمونه‌ها در دستگاه آزمون سطوحی از نمونه را که در تماس با صفحات فشاری قرار خواهند گرفت باید با پارچه خشک کنند. هرگونه مواد اضافی روی این سطوح باید برداشته شود. برای وارد شدن بار بر روی نمونه‌ها باید همان جهتی باشد که در عمل خواهد بود. لازم است محورهای نمونه را با دقت بر مرکز صفحه با اتصال کروی منطبق کرد. در حالی که رکاب فوقانی به طرف نمونه حرکت می‌کند باید سرعت دستگاه را به آرامی به نحوی تنظیم کرد که به طور یکنواخت بر روی نمونه قرار گیرد. نمونه‌هایی را که طبق بند ۷-۳-۳ آماده شده‌اند باید بین دو ورقه تخته سه لایی به ضخامت هر لایه سه میلیمتر که ابعاد آن نباید کمتر از ۵ میلیمتر و بیشتر از ۱۵ میلیمتر از ابعاد آجر تجاوز نماید، قرار داد. هر تخته سه لا را فقط یک بار می‌توان استفاده کرد. در نمونه‌هایی که سطوح آنها با ملات صاف شده است لزومی به استفاده از تخته سه لا نیست.



۹-۴-۶-۴- روش تعیین جذب آب

جذب آب آجر را می‌توان به یکی از دو روش پنج ساعت جوشاندن و یا در خلاء که در زیر شرح داده شده است تعیین نمود.

یادآوری: برای اکثر انواع آجرها توافق نتایج هر دو آزمایش در حد قابل قبول می‌باشد. بنابراین انتخاب روش بستگی به امکانات آزمایشگاهی خواهد داشت.

روش دیگر بنام آزمایش ۲۴ ساعت غرقاب نمودن نیز وجود دارد که فقط برای کنترل کیفیت در کارخانجات تولیدی آجر توصیه می‌شود. نتایج این روش آزمایش عموماً کمتر از نتایج دو روش فوق است و معمولاً رابطه مستقیمی بین آنها وجود ندارد.

نمونه‌های مورد آزمون :

نمونه‌های آزمایش باید از آجرهای سالم انتخاب شود. تعداد نمونه لازم برای این آزمایش ده عدد می‌باشد.

دقت در توزین:

نمونه‌ها را باید با دقت یک دهم درصد وزن هر نمونه در ترازوی مناسب وزن نمود.

آماده‌سازی نمونه‌ها:

نمونه‌های آزمایش را باید در آن فن‌دار در درجه حرارت ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد تا وزن ثابت خشک نمود. (می‌توان فرض کر ۴۸ ساعت خشک کردن در ۱۱۰ درجه سانتیگراد برای آجرهای توپر و ۲۴ ساعت برای آجرهای سوراخ‌دار آجر را به وزن ثابت می‌رساند ولی باید دقت نمود که مبداء این زمان از وقتی است که درجه حرارت نمونه‌ها به ۱۱۰ درجه سانتیگراد برسد. نگاه داشتن آجر به صورتی که روی هم انباشته شده باشد در اتاقی دارای تهویه برای زمان دو الی چهار ساعت نمونه‌ها را به درجه حرارت اطاق معمولی خواهد رساند).

روش انجام آزمایش پنج ساعت جوشاندن:

بلافاصله پس از توزین نمونه‌ها باید آنها را به نحوی در داخل مخزن آب قرار داد تا آب به صورت آزاد در کلیه سطوح هر نمونه جریان یابد. لازم است در ته مخزن شبکه‌ای قرار داده شود تا جریان آزاد آب بین سطح زیرین نمونه و ته مخزن نیز برقرار شود.

پس از قراردادن نمونه‌ها در مخزن، آب تقریباً باید در زمان یک ساعت به جوش آورده شود و سپس به صورت مداوم برای مدت پنج ساعت در حالت جوش نگاهداری شود. پس از این مدت باید منبع حرارتی قطع شود تا نمونه‌ها با از دست دادن حرارت به صورت طبیعی در زمانی بین ۱۶ تا ۱۹ ساعت به درجه اطاق معمولی برسند در این مرحله نمونه‌ها را باید تک تک از داخل مخزن خارج نموده، سطح آنها را با پارچه مرطوبی خشک نمایند و بلافاصله وزن آنها را تعیین کنند. در مورد آجرهای سوراخ‌دار لازم است نمونه‌ها را با شدت تکان می‌دهند تا آب داخل سوراخ‌ها به خارج رانده شود. پس از خارج نمودن هر نمونه از داخل مخزن آب، لازم توزین آن در ظرف دو دقیقه انجام شود.



یادآوری - این آزمایش را می‌توان با بر روی آجرها خشک یا نمونه‌هایی که برای تعیین جذب آب به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار داشته‌اند بلافاصله پس از خارج نمودن آنها از آب انجام داد مشروط به آنکه نمونه‌ها در هنگام شروع غرقاب شدن طبق روش گفته شده در بند ۷-۴-۱-۱-۷-۱-۴-۲ آماده شده باشد.

روش جذب آب در خلاء:

مخزن لبه‌دار چدنی یا از جنس مناسب دیگر که تعداد نمونه‌های لازم را در خود جای دهد و از طریق دو شیر به پمپ خلاء و مخزن آب متصل شده باشد. لبه بالائی مخزن و لبه در مخزن هر دو باید کاملاً صاف باشند و قدری گریس بر روی آنها قرار داده شود تا اتصال به وجود آورند که هوا از میان آن عبور نکند. در ته مخزن صفحه مشبکی از جنس روی قرار دارد تا نمونه با ته مخزن در تماس نباشد و آب با کلیه سطوح نمونه تماس قرار گیرد.

روش آزمایش:

نمونه‌های خشکی را که ابتدا وزن شده‌اند باید به صورت ایستاده در داخل مخزن قرار داد و در آن را گذارد. شیر B و شیر A باز شود. (به شکل شماره ۵ مراجعه شود) پمپ خلاء بکار انداخته شود تا فشار هوای داخل مخزن به کمتر از ۲۰ میلیمتر جیوه تقلیل یابد. در این مرحله شیر A بسته شود و شیر B باز گردد. تا آب به داخل مخزن راه یابد. پس از اینکه نمونه‌ها کاملاً غرقاب شدند و جریان آب متوقف گردید حدود ده دقیقه به حال خود گذاشته شود تا نفوذ آب به داخل نمونه‌ها کامل گردد. سپس در مخزن برداشته شود و نمونه‌ها به طریقی که در ۷-۴-۲ گفته شد خشک و توزین می‌شوند.

روش انجام آزمون غرقاب نمودن (برای کنترل کیفیت در کارخانه):

نمونه خشکی را که درجه حرارت اطاق معمولی باشد، بطور کامل (بدون اینکه در ابتدا بخشی از آن در آب مقطر فرو برده شود) در آبی که در درجه اطاق معمولی است فرو برده شود. آب باید آزادانه به کلیه سطوح نمونه راه یابد. پس از غرقاب کردن برای مدت 1 ± 24 ساعت نمونه از آب خارج و به طریقی که در ۷-۴-۲ گفته شد، خشک و توزین شوند.

محاسبه جذب آب:

نتایج جذب آب برحسب درصد افزایش وزن نمونه‌های خشک با تقریب یک دهم درصد براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$100 \times (\text{وزن خشک}) - (\text{وزن نمونه پس از پایان آزمون جذب آب}) = \text{در صد جذب آب}$$

(وزن خشک)

میانگین عددی مقادیر جذب آب ۱۰ نمونه بهترین تخمین آب واقعی انبوه آجری که نمونه از آن تهیه شده است، محسوب می‌شود.



۹-۴-۶-۵- روش اندازه‌گیری مواد محلول

تهیه نمونه آزمون:

از انبوه ده تایی آجر نمونه مصرفی در حدود ۲۵ گرم تهیه و آسیاب شود تا از الک ۱۵۰ نیمرث (نمره ۱۰۰) عبور نماید. روش‌های دیگری جهت تهیه نمونه در بندهای زیر شرح داده خواهد شد. قطعاتی از نواحی مختلف آجر که معرف قسمت‌های داخلی و خارجی آن باشند و حدود یک دهم وزن هر یک از آنها را تشکیل دهند در سنگ‌شکن‌های فولادی خرد شود و نمونه حاصل به وزن حدود ۵۰۰ گرم از الکی که بزرگتر از ۳/۲۵ میلیمتر نباشد، عبور داده شود. این نمونه کاملاً مخلوط شده، سپس از طریق قوطی منقسم چهارتایی یا روش‌های معادل دیگر به حدود ۳۰۰ گرم نمونه کاهش داده شود. این نمونه باید آسیاب شود تا از الکی که چشمه‌های آن ۷۱۰ میکرون بزرگتر نباشد، عبور کند. این نمونه نرم‌تر را دو مرتبه از طریق قوطی منقسم یا روش چهارتایی یا روش معادل دیگر به وزن ۲۵ گرم کاهش داده، این مقدار باید به اندازه‌های آسیاب شود که از الک ۱۵۰ میکرون عبور نماید. آلودگی‌های آهنی که در هنگام خردشدن احتمالاً وارد نمونه شده‌اند باید به وسیله آهنربا خارج گردد و سپس نمونه در حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شود. با مته بنایی که قطر آن بیش از ۷ میلیمتر نباشد، سوراخ‌هایی با قواصل تقریباً مساوی بر روی بزرگترین سطح ده نمونه آجر مورد آزمایش ایجاد شود. عمق این سوراخ‌ها باید تقریباً نصف ضخامت آجر باشد. تعداد سوراخ‌ها به نحوی انتخاب شود که نمونه‌ای به وزن حدود ۲۵ گرم که از الک ۱۵۰ میکرون رد شده است حاصل گردد. ذرات نمونه حاصل را که روی الک مانده است در هاون مناسب ساییده تا تمام نمونه از الک مذکور عبور نماید. (ذرات آهنی که احتمالاً در جریان سوراخ نمودن وارد نمونه شده است باید به وسیله آهنربا خارج شود) سپس نمونه در حرارت 110 ± 5 سانتیگراد خشک گردد.

تعیین سولفات‌های محلول در اسید:

۲ گرم نمونه را در داخل بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته، روی آن به وسیله شیشه ساعت پوشانده شود. از کناره بشر به آرامی ۱۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (۱:۱۹) را داخل بشر ریخته شود. سپس به آرامی حرارت داده شود تا به جوش آید. نصف قرص بدون خاکستر و روغن (معادل آن) داخل بشر انداخته، برای مدت ده دقیقه جوشانده شود. در این مدت باید محلول را مرتب به هم زده تا از گلوله شدن نمونه جلوگیری به عمل آید. سپس باید محلول را سرد کرده، به کمک کاغذ صافی با بافت زیر صاف نموده و ۵ الی ۶ بار کاملاً با آب مقطر گرم شستشو داده و به محلول زیر صافی باید یک یا دو قطره هتیل رد اضافه کرد و قطره قطره آمونیاک (۱+۱) به داخل آن ریخته تا خنثی شود. بلافاصله ۲۵ قطره اسید کلریدریک ($D=1/18$) غلیظ به آن اضافه نموده و سپس ۳ میلی‌لیتر از آب برم (یا آب اکسیژنه) نیز افزوده و آنگاه ظرف محتوی محلول را حرارت داده تا به جوش آید. پس از آن به مدت دو دقیقه جوشانده و در حمام جوش به آرامی به وسیله پیپت از محلول ۱۰ در صد کلرور باریم تا تشکیل رسوب به آن اضافه کرده و پس از آن به مدت دو دقیقه به حال خود گذارد تا به آرامی بجوشد. سپس آن را به مدت ۱۲ ساعت روی حمام بخار قرار داده تا رسوب کامل شود. آنگاه محلول را به کمک کاغذ صافی بدون خاکستر با بافت ریز صاف نموده و رسوب روی صافی را با آب مقطر گرم شستشو داده تا عاری از کلرور گردد (آزمایش نیترات نقره) کاغذ صافی محتوی رسوب را پس از خشک نمودن در حرارت 105 ± 3 درجه سانتیگراد به داخل بوتله پلاتینی وزن شده انتقال و به آرامی حرارت داده تا کاغذ بدون مشتعل شدن سیاه شود. سپس تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت نیم ساعت



حرارت داده شود. پس از این مدت که محتوی بوته پلاتینی کاملاً سفید گردید، درون دسیکاتور سرد و توزین کنید. مجدداً باید به پانزده دقیقه بوته را در حرارت ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد گذارده و پس از سرد شدن در دسیکاتور وزن کرده و آن قدر این عمل را تکرار نموده تا اختلاف دوبار متوالی توزین کمتر از یک دهم میلی گرم باشد.

می توان فرض کرد که سولفات محلول در اسید با کل سولفات‌هایی که از نمونه آجر به مدت طولانی با آب استخراج می‌شود، رابطه نزدیک دارد، لذا این کمیت با تعیین استفاده آجر و منبسط شدن سیمان پرتلند در اثر سولفات‌ها شدن رابطه مستقیم دارد.

استخراج املاح محلول در آب:

استخراج املاح محلول باید در آب در درجه‌ی حرارت معمولی اطاق انجام گیرد. باید 10 ± 0.5 گرم نمونه را وزن نموده، به داخل شیشه پلی اتیلن ۱۵۰ میلی لیتری انتقال داده و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر سرد به آن را با درپوش پیچ‌داری که از پلی اتیلن است بسته و به مدت ۶۰ دقیقه تکان داده پس از سانتیفوژ (همزن گرداننده‌ی با دور ۳۰ دور در دقیقه بر این کار مناسب است. می توان محتوی داخل شیشه را با همزن آن با لایه‌ای از پلی اتیلن پوشانده شده باشد، به مدت ۶۰ دقیقه به هم زد.) محلول را از کاغذ صافی بافت ریز عبور داده، محلول زیر کاغذ صافی را در بوته شیشه‌ای یا چینی که سطح تبخیر داشته باشد، جمع‌آوری کرده (باقیمانده روی صافی نباید شسته شود).

محلول زیر صافی باید کاملاً صاف و شفاف باشد. سپس محلول زیر صافی را تا حد خشک تبخیر کرد و ظرف محتوی رسوب را با دقت یک صدم گرم توزین نمود.

محاسبه مواد محلول:

مواد محلول بر حسب درصد وزن املاح خشک شده حاصل با تقریب یک صدم درصد از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{درصد مواد محلول در آب} = \frac{A - B}{C}$$

A = ظرف خالی

B = وزن ظرف محتوی مواد خشک شده حاصل از تبخیر

C = وزن کل

میانگین عددی مقادیر املاح حاصل از ده نمونه، بهترین تخمین مواد محلول واقعی انبوه آجری که از آن نمونه تهیه شده است، محسوب می‌گردد.

روش اندازه‌گیری یون‌های کلسیم (Ca^{++})، منیزیم (Mg^{++})، و پتاسیم (K^+):

به منظور تعیین یون‌های نام برده بالا می‌توان از روش‌های اندازه‌گیری متداول در استاندارد استفاده نمود. در ضمن روش‌های ذکر شده در این استاندارد نیز برای این کار مناسب تشخیص داده شده، توصیه می‌شود، ولی کاربرد اجباری نیست. نتایج حاصل را باید با تقریب یک صدم وزنی گزارش نمود.



روش اندازه‌گیری کلسیم (Ca^{++}):

با پیپت ۱۰ میلی‌لیتر از محلول زیر کاغذ صافی که برابر روش بند ۶-۵-۳ بدست می‌آید، به داخل ارلن ۵۰۰ میلی‌لیتر ریخته شود. سپس باید ۲۰ قطره اسید کلریدریک (با وزن مخصوص ۱/۱۸) به آن اضافه کرد و ده میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم (۴ نرمال) به داخل آن ریخت و با آب مقطر آن قدر رقیق کرد تا حجم آن به ۲۰۰ میلی‌لیتر برسد. آنگاه ۰/۱۵ گرم از معرف کلسین (یک دهم گرم از کلسین با ۱۰ گرم کلرو پتاسیم مخلوط و آسیاب شود). به آن اضافه نموده و با محلول ۰/۵ درصد EDTA که در داخل بورت ۱۰ میلی‌لیتری ریخته شده، تیتراژ کرد. (یک ملکول گرم EDTA معادل یک گرم CaO می‌باشد). تغییر رنگ از سبز فلوئورسنت به صورتی خواهد بود.

روش اندازه‌گیری منیزیم (Mg^{++}):

۱۰ میلی‌لیتر از محلول زیر صافی که برابر روش (بند ۶-۵-۳) بدست می‌آید، داخل بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری ریخته، ۲۰ قطره اسید کلریدریک غلیظ ($D = 1/18$) به آن اضافه کنید. سپس ده میلی‌لیتر محلول آمونیاک غلیظ ($D = 88\%$) نیز به آن اضافه نمود و با آب مقطر حجم آن را به ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شود. پس از آن باید حدود ۰/۴ گرم متیل تیمول آبی به آن اضافه نموده و با محلول استاندارد ۰/۵ درصد EDTA با میکرو بورت ده میلی‌لیتری تیتراژ شود. تغییر رنگ از آبی به بی رنگ خاتمه تیتراسیون است.

اگر حجم EDTA بکار رفته برای تیتراسیون کلسیم از حجم EDTA بکار رفته برای این تیتراسیون کسر شود. باقیمانده معرف حجم EDTA لازم برای تیتراسیون منیزیم خواهد بود. (یک محلول گرم EDTA معادل یک گرم MgO می‌باشد).

روش اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم:

قسمتی از محلول زیر صافی که طبق روش بند (۷-۵-۳) بدست می‌آید با محلول استاندارد حاوی ۵ قسمت در میلیون (P.M) از سدیم و ده قسمت در میلیون (P.P.M) از پتاسیم در دستگاه فیلم فتومتر مقایسه شود. مقادیر سدیم و پتاسیم را می‌توان با مراجعه به منحنی‌های حاصل از نمونه‌های شاهد که از قبل آماده شده‌اند، بدست آورد.

طرز تهیه محلول استاندارد:

محلول استاندارد کلسیم (یک میلی‌گرم از CaO در میلی‌لیتر):

باید ۱/۸۷ گرم کربنات کلسیم خشک شده در ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد را در اسید کلریدریک رقیق (۱+۴) حل کرد و آن را جوشاند، تا CO_2 خارج شود. پس از نمودن، آن را در داخل بالن یک لیتری ریخته و با آب مقطر حجم آن به یک لیتر رسانده شود.

محلول استاندارد منیزیم (یک میلی‌گرم MgO در میلی‌لیتر):

۰/۶۳۲ گرم منیزیم فلزی را در اسید کلریدریک رقیق حل کرده و آن را به داخل بالن یک لیتر ریخته و با آب مقطر حجم آن به یک لیتر رسانده شود.



یادآوری: برای تهیه محلول استاندارد منیزیم باید نوار فلزی منیزیم یا ورقه منیزیم را در اسید کلریدریک انداخته تا سطح آن خورده شود و سپس با الکل و اتر خشک نموده و وزن نمونه موردنیاز برای تهیه محلول استاندارد منیزیم را از آن تهیه گردد.

محلول استاندارد EDTA (۰/۵ درصد):

۵ گرم از دی آمونو نیترات یا (نمک دی سدیم خشک آن) را در آب گرم حل کرده و در صورت لزوم آن را از صافی عبور داده و سرد نموده. سپس به اندازه‌های آب به آن افزوده تا به یک لیتر برسد و سپس آن را در شیشه‌ای از جنس پلی اتیلن نگهداری نموده. این محلول باید با محلول‌های استاندارد کلسیم در مجاورت معرف کلسین و منیزیم در مجاورت معرف متیل تیمول آبی عیارسنجی شود.

طرز تهیه معرف‌ها:

معرف کلسین ($C_{12}H_{10}N_2O_{13}$): از مخلوط کردن یک دهم گرم از معرف کلسین با ده گرم کلرور پتاسیم بدست می‌آید.

معرف متیل تیمول آبی: ۰/۲ گرم متیل تیمول آبی را با ۲۰ گرم نیترات پتاسیم آسیاب نموده و مخلوط کنید.

۹-۴-۶- روش آزمایش یخ زدگی

انجام این آزمایش فقط در صورتی که مورد تقاضای خریدار باشد توصیه می‌شود.

وسایل موردنیاز:

دستگاه سردکننده که برودت هوای داخل آب یک ساعت پس از قرار دادن حداکثر تعداد نمونه مجاز قابل گنجایش در محفظه آن از ۹- درجه سانتیگراد بیشتر نشود. به شرط آن که درجه حرارت اولیه نمونه‌ها از ۳۲ درجه سانتیگراد بیشتر نباشد.

سینی لبه‌دار فلزی که ارتفاع آنها $12/5 \pm 38$ میلی‌متر باشد. با اندازه و مقاوت مناسب به نحوی که سینی حاوی نمونه‌های یخ زده را یک نفر بتواند از داخل دستگاه بردارد.

ترازو: با ظرفیت کمینه ۲ کیلوگرم و دقت نیم گرم.

آون:

مجهز به فن که هوای داخل آن را به گردش در آورد و درجه حرارت را بین ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد ثابت نگاه دارد. مخزن آب با ابعادی که بتوان سینی‌های حاوی نمونه را در داخل آن غرقاب نمود. لازم است تجهیزات مناسبی بر روی آن تعبیه کرد تا درجه حرارت آب داخل مخزن در حرارت 24 ± 8 درجه سانتیگراد نگاه داشته می‌شود.

اتاق خشک کردن که درجه حرارت آن 24 ± 8 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی آن بین ۳۰ و ۷۰ درصد تعیین نماید و در آن کوران هوا وجود نداشته باشد.



نمونه‌ها باید عاری از ترک خوردگی ناشی از آزمایش خمش یا آزمایش‌های جذب آب باشد. تعداد نمونه‌های لازم برای هر آزمایش ۱۰ عدد می‌باشد.

روش آزمون:

نمونه‌ها باید به مدت حداقل ۲۴ ساعت در آون با حرارت ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سانتیگراد خشک شوند به صورتی که در دو توزین متوالی با اختلاف زمانی ۲ ساعت افت وزنی از ۰/۲ در صد وزن نمونه تجاوز نکند. پس از سرد شدن وزن خشک هر نمونه با دقت نیم گرم ثبت گردد.

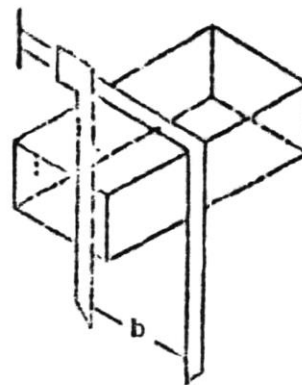
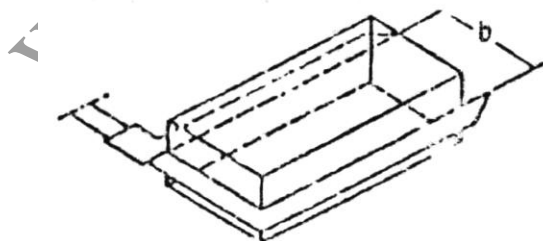
بلافاصله نمونه‌ها در مخزن‌های غرقاب نموده و به مدت ۴ ساعت در این حالت نگهداری گردد. پس از این مدت نمونه‌ها را از مخزن آب برداشته و به صورت ایستاده در داخل سینی‌ها قرار داده. به طوری که حداقل ۱/۵ سانتیمتر بین آنها فاصله باشد. به اندازه‌ای آب به داخل سینی ریخته شود که آجرها به ارتفاع ۱/۵ سانتیمتر در آب قرار گیرند، سینی‌های حاوی نمونه به داخل محفظه یخ انتقال دهید و به مدت ۲۰ ساعت در آنجا نگهداری گردد.

پس از ۲۰ ساعت سینی‌ها را از محفظه یخ‌زدگی خارج و به داخل مخزن آب منتقل نمود، به نحوی که کاملاً با آب پوشانده شوند و این حالت به مدت ۴ ساعت ادامه یابد. نمونه‌ها باید با روش ذکر شده در بند ۶-۲-۳ یخ زده و با روش بند ۶-۳-۴ آب شوند. این عمل باید پنج بار ادامه یابد و پس از چهار ساعت ماندن در آب، پنجمین یخ‌زدگی نمونه‌ها از داخل سینی برداشته و در کف اتاق خشک به مدت ۴۰ ساعت نگهداری گردد. نمونه نباید روی همدیگر چسبیده یا ریخته شوند و حداقل ۲۵ میلی‌متر فاصله بین آنها لازم است. پس از این مدت نمونه‌ها باید مورد بازرسی قرار گیرند. سپس به مدت ۴ ساعت در داخل مخزن آب قرار داده شوند و دوباره در معرض ۵ سیکل یخ زدن و آب شدن طبقه‌بندهای سه و چهار قرار گیرند.

خشک کردن و غرقاب نمودن در آب را باید به مدت ۴ ساعت متعاقب با ۵ سیکل یخ زدن و آب شدن به تعداد ۵۰ سیکل کامل یخ زدن و آب شدن ادامه داد. مگر اینکه نمونه‌ها زودتر خرد شوند یا به نظر برسد که بیش از ۳ در صد وزن اولیه خود را از دست داده‌اند.

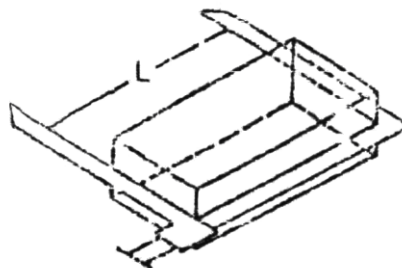
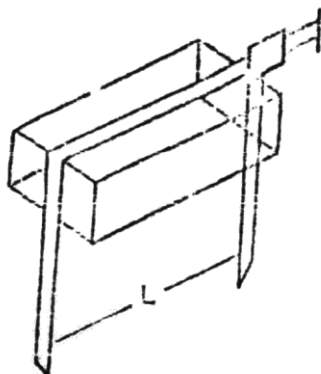
پس از کامل شدن ۵۰ سیکل یا زمانی که به موجب شواهدی مبنی بر از هم پاشیدگی از آزمایش خارج شوند، نمونه‌ها باید در آون توصیه شده در بند ۶-۱-۴ خشک شوند و سپس وزن آنها به دست آورده شود.

نحوه‌ی اندازه‌گیری قسمت‌های مختلف:

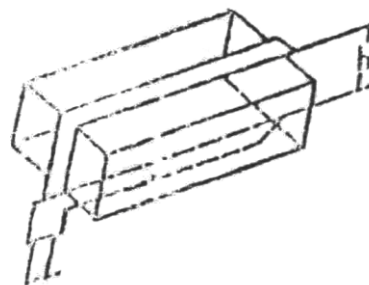
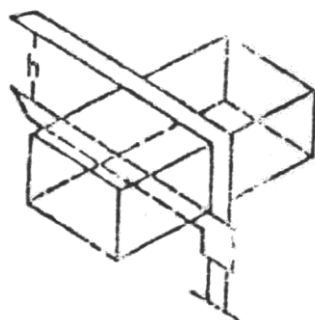




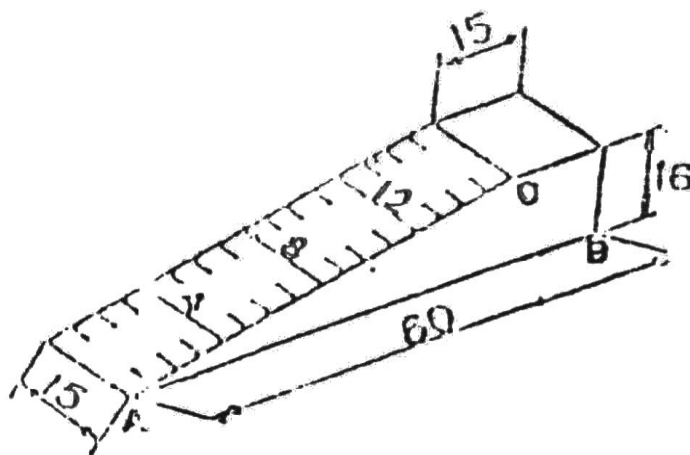
اندازه گیری پهنا



اندازه گیری درازا



اندازه گیری بلندی



شکل ۲- گوه برای تعیین تحدب و تقعر