

۱. مقدمه

آجرها گروهی از مصالح هستند که به صورت صنعتی تولید و جایگزین سنگ شده اند و درحقیقت سنگی ساخته دست بشر هستند، سنگی دگرگون که از تغییر وضعیت خشت پدید میآید. این گروه از مصالح که اولین تولید صنعتی و انبوه مصالح ساختمانی به دست بشر به شمار میآیند براساس نوع مواد اولیه، روند تولید و محل مصرف به انواع متنوعی تقسیم می شوند. آجرهای رسی که اولین و فراوان ترین آنها هستند قدمت چند هزار ساله دارند. با پیشرفت تکنولوژی و علم شیمی انواع بی شماری از آجرها با کیفیت های مختلف، ابعاد و شکل ظاهری متنوع راهی بازار مصرف شده اند.



۲. تاریخچه

آجر از قدیمی ترین مصالح ساختمانی است که قدمت آن بنا به عقیده برخی از باستان شناسان به ده هزار سال پیش می رسد. در ایران بقایای کوره های سفال پزی و آجر پزی در شوش و سیلک کاشان که تاریخ آنها به هزاره چهارم پیش از میلاد می رسد پیدا شده است. همچنین نشانه هایی از تولید و مصرف آجر در هندوستان به دست آمده که حاکی از سابقه شش هزار ساله آجر در آن کشور است وازه آجر بابل و نام خشت هایی بوده که بر روی آنها منشورها قوانین و نظایر آنها را می نوشتند گمان می رود نخستین بار از پخته شدن خاک دیواره ها و کف اجاق ها به پختن آجر پی برده اند .

به اعتقاد باستان شناسان، اولین بار آجر در سرزمین بین النهرین تهیه شده است. به هر صورت باید آجر پس پیدایش آتش و در نواحی که معادن سنگ وجود نداشته اند اختراع شده باشد. نمونه های زیبا و با عظمت کاربرد آجر در معماری ایران باستان نماینده پیشرفت درخشان ایرانیان در تولید و مهندسی کاربرد این مصالح است. در این میان می توان از زیگورات چغازنبیل، ایوان مدائن، کاخ های فیروزآباد و لرستان در قبل از اسلام و همین طور مساجد جامع اصفهان و یزد، گنبد کاووس و ارگ تبریز مربوط به دوران بعد از اسلام نام برد.

رمز توانایی آجر در خلق شگفت انگیزترین ساختمان های تاریخ در تناسبات آن نهفته است. این ابعاد در طی زمان متحول شده و در حال حاضر با ساختار و توانایی بدن انسان هماهنگ شده است. ابعاد آجر به طریقی است که به راحتی در یکدیگر قفل و بست می گردند. این خاصیت، کیفیت های مهندسی بی شماری از جمله در محل اتصال دو دیوار به یکدیگر به وجود میآورد. آجرها به کمک ملات به یکدیگر متصل می شوند و سطح یکنواختی را به وجود میآورند. این ابعاد متناسب باعث شده است که این مصالح به منظور اجرای دهانه های وسیع به صورت قوس و طاق و گنبد که از زمان قبل از ساسانیان در ایران رواج داشته است، کارآیی منحصر به فردی داشته باشد.

خواص آجر باعث شده است که به عنوان مصالح پرکننده دیوار و سقف از جمله پرمصرف ترین مصالح باشد. زیبایی آجر و الگوی حاصل از آجر چینی باعث شده است که به صورت نما در داخل و خارج بنا مورد استفاده قرار گیرد و هویت خاصی به

ساختمان ببخشد. استفاده از آجر به عنوان فرش کف و پلکان، فارغ از مقاومت مطلوب آن ویژگی های اقلیمی این مصالح کویری را بیشتر به نمایش می گذارد.

کوره های آجر پزی ابتدایی بی گمان از مکان هایی تشکیل می شده که در آن لایه های هیزم و خشت متناوبا روی هم چیده می شده 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 اروپایی ها 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 ساختمان های بزرگ و زیبایی بنا شده اند که پاره ای از آنها هنوز پا بر جا هستند. نظیر طاق کسری در غرب ایران قدیم، آرامگاه شاه اسماعیل سامانی در گنبد کاووس و مسجد اصفهان را که با آجر ساخته اند همچنین پلها و سد های قدیمی مانند پل دختر سد کبار در قم از جمله بناهای قدیمی می باشند.

۳. انواع آجر در ایران قدیم

در ایران هر جا سنگ کم بوده و خاک خوب هم در دسترس بوده است آجر پزی و مصرف آجر معمول شده است اندازه آجر ایلامی حدود $10 \times 38 \times 38$ سانتی متر بوده پختن و مصرف آجر در زمان ساسانیان گسترش یافته و در ساختمان های بزرگ مانند آتشکده ها به کار رفته است اندازه آجر این دوره حدود $44 \times 44 \times 7$ تا 8 بوده است و بعد های آن $20 \times 20 \times 3$ تا 4 سانتی متر کاهش یافت.

در فرش کردن کف ساختمان از آجر بزرگتری به نام ختائی به ابعاد $5 \times 25 \times 25$ سانتی متر و یا بزرگتر از آن به نام نظامی در ابعاد $40 \times 4 \times 5$ سانتی متر استفاده می شده است از انواع دیگر آجر در گذشته آجر قزاقی می باشد که پیش از جنگ جهانی اول روسها آن را تولید می کردند 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 می آید خاک آجر مخلوطی است از خاک رس ماسه فلدسپات سنگ آهک سولفات ها سولفورها فسفات ها کانی های آهن منگنز منیزیم سدیم پتاسیم مواد آلی و...

۴. طبقه بندی آجرها

آجرها را می توان بر اساس ویژگی های مختلف آنها طبقه بندی کرد مثلا می توان آنها را بر اساس ترکیب شیمیایی طبقه بندی کرد یا بر اساس کاربرد، روش ساخت و حتی گروهی از آنها را می توان بر اساس رنگ شان طبقه بندی کرد.

روش نوین امروزی، وسایل فنی زیاد و امکانات فراوانی را به دست معماران داده است که با وجود مدرن بودن، وسیله ای برای شکفتن روح حساس و زیباشناس آنها است. البته تنها آجر وسیله شناخت این زیبایی روحی نیست و عناصر بسیاری نیز این عمل را به خوبی انجام می دهند ولی فرق بین آنها در این است که آجر قابلیت ایفای هر منظوری را دارد و باوجود گذشت قرون متمادی هنوز مدرن است. یک ساختمان آجری جزئی از طبیعت است و همآوایی آن را نه تنها به هم نمی زند بلکه رنگ

و فرم بدیعی نیز به آن می بخشد و با این وجود هیچ گاه کهنه نبوده و نیست و همراه با زمان پیش می رود. به هر حال یک ساختمان آجری همانند یک فرش دستباف، ترکیب بدیعی از سلیقه های بی انتهای معماران هنرمند است.

۵. آجررسی

آجر رسی از قدیمی ترین مصالح ساختمانی که به وسیله بشر تولید شده است، می باشد. سنگ باوجود فراوانی و استقامت به راحتی در دسترس قرار نمی گیرد، این مصالح طبیعی فرم دلخواه را به آسانی به خود نمی گیرد و با صرف هزینه بسیار قطعات آن یکسان می گردند و در این حالت نیز دورریز زیادی از خود به جا می گذارد. در حالی که گل حاصل از خاک رس که منشا تهیه آجر است به راحتی شکل دلخواه را به خود می گیرد و محصولی همگن به دست می دهد. از این رو می توان با قالب زدن گل و حرارت دادن آن مصالحی سخت، دارای مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی یکسان، متناسب با کاربرد، منطبق با فیزیک بدن انسان، با فرآیند تولید ساده، سریع و حمل و نقل آسان تولید کرد.

۶. انواع آجر غیر رسی و اشکال آن

آجر جوش آجر خاص در صنعت سفال پزی است که در کشورهای صنعتی دارای اهمیت ویژه ای است از این آجر برای نماسازی ساختمان ها فرش کف پیاده روها پوشش بدنه و کف آبروها و مجراهای فاضلاب و تونل ها و ساختن دودکش ها فرش کف کارخانه ها انبارهای کشاورزی و سالن های دامداری پرورش طیور استخر های صنعتی و جز اینها استفاده می شود.

۷. آجرهای نسوز

از آجرهای نسوز بدلیل مقاومت حرارتی بالا ، در پوشش درونی کوره های صنعتی استفاده می شود. آجرهای نسوز انواع مختلفی دارد. باتوجه به نوع ماده استفاده شده در ترکیبات آنها ، گستره های مختلفی را تحمل می کنند. تا دهه ۱۹۶۰ از کربن و خاک نسوز برای پوشش کوره ها استفاده می شد، اما امروزه با ساخت انواع آجرهای نسوز از آنها در پوشش داخلی کوره استفاده می شود.

درزیر برخی از انواع مختلف آجر دیر گداز توضیح داده شده است

۸. آجرهای سیلیسی

قسمت عمده این آجرها را خاک های سیلیسی که به کوارتزیت معروف است تشکیل می دهد. کوارتزیت شامل ۹۵٪ SiO_2 و به مقدار جزئی Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، TiO_2 ، K_2O و Na_2O می باشد. از این آجرها در گذشته برای پوشش جدار درونی کوره های فولادسازی استفاده می شد.

ولی بدلیل رسانایی گرمایی زیاد در نفوذناپذیری در مقابل گازها ، امروزه بیشتر برای پوشش جدار درونی کوره های تولید خمیر شیشه در کارخانه های شیشه سازی ، کوره های کک سازی گازسوز و کوره های سرامیک سازی استفاده می شود.

۹. آجرهای آلومینیومی

این آجرها، دارای درصد بالایی از آلومین (Al_2O_3) می‌باشند. آنها را از مخلوط کائولن، بوکسیت و کروندوم که بیش از ۷۰٪ آلومین دارد، تهیه می‌کنند دمای پخت این آجرها در حدود ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آجرهای نسوز آلومینیومی برای پوشش جداره درونی کوره‌های ذوب فولاد مصرف می‌شوند. در مقابل مواد قلیایی مقاومند، بنابراین از آنها برای پوشش جداره درونی کوره‌های سیمان سازی و شیشه‌سازی هم استفاده می‌شود.

۱۰. آجرهای نسوز قلیایی

این آجرها شامل اکسید منیزیم (MgO) و SiO_2 به فرمول $MgO \cdot SiO_2 \cdot 2$ می‌باشند. برای تهیه اکسید منیزیم، کربنات منیزیم طبیعی (ماگنیزیت یا دولومیت را در دمای بین ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تا ۱۸۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند. اضافه کردن مقداری Cr_2O_3 (اکسید کروم III) یا Fe_2O_3 (اکسید آهن III) به مخلوط MgO و SiO_2 باعث افزایش مقاومت گرمایی آجرهای نسوز قلیایی می‌شود.

از این آجرها برای پوشش جدار درونی کوره‌های باز در فولادسازی، کوره‌های دوار در کارخانه‌های سیمان سازی و در قسمتهای بالای کوره‌های ذوب شیشه و صنایع فلزات غیرآهنی، استفاده می‌شود.

۱۱. آجرهای نسوز ویژه

این آجرها نوع خاصی از آجرهای نسوز هستند و در صنعت برای منظوره‌های ویژه‌ای کاربرد دارند. این آجرها از ترکیبات فلزات واسطه می‌شوند. متداولترین آجرهای این گروه عبارتند از:

۱۲. آجر زیرکونیوم

این آجر از سولفات زیرکونیوم طبیعی با افزودن مقدار کمی آلومین به کوارتز تهیه می‌شود. بیشترین کاربرد آن در ساختن کوره ذوب آلومینیوم، کوره مخزن شیشه مذاب و کوره‌های دارای دمای بالا می‌باشد. همچنین از ذوب سولفات زیرکونیوم با آهک ناخالصی آن به همراه سیلیکات کلسیم جدا می‌شود و می‌توان (ZrO_2 اکسید زیرکونیوم) خالص بدست آورد. با افزودن مقدار ۵ درصد وزنی از MgO یا CaO ، بلورهای مکعبی آن تشکیل می‌شود. ZrO_2 مقاومت گرمایی بالایی دارد، به همین دلیل از آن در ساختن بوتنه‌های ذوب فلز در صنایع ذوب فولاد و در راکتورهای اتمی به عنوان بازتاب دهنده نوترون استفاده می‌شود.

۱۳. آجر اکسید کروم - کروندوم

این آجرها دارای ۵ تا ۱۰ درصد اکسید کروم Cr_2O_3 و ۹۰ تا ۹۵ اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) هستند و در مقابل مواد قلیایی مقاوم هستند. از این نوع آجر برای ساختن بخش درونی کوره بلند ذوب آهن استفاده می‌شود.

۱۴. آجرهای اکسید کروم

دارای ۹۵ درصد Cr_2O_3 می‌باشد. برای تهیه آن از Cr_2O_3 سنتزی استفاده می‌شود. این نوع آجر در ساختن کوره ذوب خمیر شیشه مخزن در صنعت شیشه‌سازی مصرف دارند.

در جدول ۱ دمای ذوب انواع آجرهای دیرگداز آورده شده است.

نوع آجر	دمای ذوب (درجه کلوین)
آجر نسوز معمولی	1600 - 1700
آجر کائولنی 2 $H_2O \cdot 2SiO_2 \cdot Al_2O_3$	1785
آجر سیلیسی	1700
آجر رسی غنی از آلومین	1802 - 1880
آجر مولیت ($2 SiO_2 \cdot 3Al_2O_3$)	1810
آجر سیلیمانیت $(SiO_2 \cdot Al_2O_3)$	1816
آجر کرومیت $(Cr_2O_3 \cdot FeO)$	1770
آجر آلومین	2050
آجر اسپنیل $(Al_2O_3 \cdot MgO)$	2135
آجر منیزی (MgO)	2200
آجر زیرکونیوم (ZrO_2)	2200 - 2700

جدول 1- دمای ذوب آجرهای دیرگداز

آجرها از لحاظ روش ساخت به دو نوع تبدیل می گردند. در واقع این تقسیم بندی بر اساس نحوه ی تولید ایجاد گشته است. بر اساس روش ساخت آجرها به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

✓ آجرهای فشاری : دلیل نامگذاری این نوع آجر اینست که در ابتدای تولید این نوع آجر، خشت آن با دست زده می شد و با فشار دستی کارگران خشت زن گوشه های قالب به وسیله گل مخصوص پر می گردید. ابعاد این نوع آجر $20 \times 10 \times 5$ و یا $22 \times 11 \times 5/5$ سانتیمتر است. این نوع آجر برای کلیه کارهای ساختمانی مانند گره چینی، طاق ضربی، دیوارهای حمال و تیغه چینی مناسب است.

✓ آجرهای ماشینی : آجر ماشینی یا آجر سوراخدار که بر روی سطح بزرگتر آن ۸ یا ۱۰ سوراخ به قطر $1/5$ تا ۲ سانتیمتر وجود دارد و در بازار ایران به آجرهای هشت یا ده سوراخه ماشینی معروف است.

در استاندارد شماره ۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران این سوراخها باید تمام ضخامت آجر را طی نموده و سطح مقطع مجموع سوراخها نباید بیشتر از ۲۵ درصد سطح بزرگتر آجر باشد و فاصله سوراخها از لبه آجر و همچنین فاصله سوراخها از یکدیگر در هر بعد آجر نباید کمتر از ۳۰ درصد طول همان بعد باشد.

علت وجود این سوراخها اینست که در هنگام دیوارچینی ملات به طور عمودی نیز در آجر نفوذ کرده و باعث استحکام بیشتر دیوار شود. در ساخت دیوارهای حمال به دلیل اینکه می توان به وسیله سوراخهای موجود در سطح آجر آنها را با میلگرد، مسلح کرد از این نوع آجر استفاده می شود. دیوار آجری مسلح برای مقابله با نیروی زلزله ساخته می شود.

جنس این نوع آجرها نسبت به آجرهای فشاری بسیار ترد و شکننده بوده و خاصیت مکنندگی آن نسبت به آجر فشاری کمتر است. این آجرها به علت ترد بودن قابل تیشه‌داری نیستند و همچنین به دلیل اینکه خاصیت مکنندگی زیادی ندارند و نمی‌توانند به خوبی به ملات بچسبند در طاق ضربی استفاده نمی‌شوند.

ابعاد این نوع آجر ۵/۵×۱۱×۲۲ سانتیمتر می‌باشد. اضلاع این نوع آجر گونیاتر بوده و دارای سطوح صافتری نسبت به آجرهای فشاری می‌باشند.

۱۵. طبقه بندی از لحاظ رنگ

در صورت استفاده از آجر در نماچینی رنگ آجر اهمیت پیدا می‌کند. برای استفاده در نماچینی آجرهایی به رنگ‌های زرد کم‌رنگ که به آن آجر سفید می‌گویند و زرد پررنگ که به آن آجر بهی می‌گویند و همچنین آجرهایی به رنگ قرمز روشن یا قرمز سیر در بازار وجود دارند.

در حدود سالهای ۱۳۲۰ تا ۱۳۴۰ یک نوع آجر ابلق به رنگ‌های قرمز و زرد بنام آجر بهمنی به بازار عرضه می‌شد که بوسیله کوره آجرپزی به همین نام تهیه می‌گردید.

ضخامت آجرهای مورد استفاده در نما ممکن است ۳ تا ۴ یا ۵ سانتیمتر باشد ولی دو بعد دیگر این آجرها مانند آجرهای فشاری یا ماشینی ۱۰×۲۰ می‌باشد.

علت رنگی بودن این آجرها مربوط به طریقه چیدن آجر در کوره و نحوه آتش دادن به آن و کنترل سطوحی که با آتش در تماس مستقیم می‌باشد است و یا مربوط به اکسید فلزاتی است که در مواد اولیه آجر موجود می‌باشد. مانند اکسیدهای مختلف آهن.

برای تهیه مصالح اولیه و همچنین مراحل خشت‌زنی و خشت‌خشک‌کنی آجرهای رنگی دقت و هزینه بیشتری به عمل می‌آید. بر طبق استاندارد شماره ۷ ایران آجرهای مصرفی در نما باید دارای مشخصات زیر باشند:

- ✓ **معایب ظاهری:** آجرنما باید عاری از معایب ظاهری مانند ترک خوردگی، شوره زدگی، آلوتک و نظایر آن باشد.
- ✓ **لبه های آجر:** خط فصل مشترک سطوح آجرها باید مستقیم و زوایای تلاقی آنها قائمه و سطوح شان صاف باشد.
- ✓ **در آجرهای سوراخ دار:** سوراخ‌ها باید عمود بر سطح بزرگ آجر و به طور یکنواخت در سطح آن توزیع شده باشند و جمع مساحت آنها باید بین ۲۵ تا ۴۰ درصد سطح آجرها باشد. بعد سوراخ‌های مربع و قطر سوراخ‌های دایره ای باید حداکثر به ۲۶ میلیمتر محدود شود و در ضخامت دیواره بین سوراخ و لبه آجر بیش از ۱۵ میلیمتر و فاصله بین دو سوراخ بیش از ۱۰ میلیمتر باشد.
- ✓ **مقاومت در برابر یخبندان:** آجرهای مصرفی در نما باید در برابر یخبندان پایدار باشند و در آزمایش یخ زدگی دچار خرابی ظاهر مانند ورقه ورقه شدن، ترک خوردن و خوردگی نشوند. قطعات نازک آجری (آجر دوغایی) مورد مصرف در نماسازی به ابعاد ۲۰* (۴۰ یا ۳۰) * ۲۰۰ میلیمتر با قطعات موزائیکی نازک آجری نما به ضخامت ۲۰

یا ۳۰ میلیمتر با نقش چند آجر بندکشی شده (آجر موزاییکی) ساخته می شوند حداقل باید دارای مشخصات آجرهای ماشینی با مقاومت متوسط مندرج در استاندارد شماره ۷ ایران باشند.

- ✓ **ترک در سطح آجر :** وجود یک ترک عمیق در سطح متوسط آجر حداکثر تا عمق ۴۰ میلیمتر در آجر پشت کار بلا اشکال است ولی به طور کلی درصد آجرهای ترک دار نباید بیشتر از ۲۵ باشد.
- ✓ **پیچیدگی ، انحنا و فرورفتگی :** پیچیدگی در امتداد سطح بزرگ آجر حداکثر ۴ میلیمتر و در امتداد سطح متوسط آجر تا ۵ میلیمتر مجاز است. آجر نباید انحنا و فرورفتگی بیش از ۵ میلیمتر داشته باشد و این مقدار در صورتی قابل قبول است که میزان آن از ۲۰ درصد کل آجرها افزایش پیدا نکند.
- ✓ **سایر موارد :** آجر باید کاملاً پخته و یکنواخت و سخت باشد و در برخورد با آجر دیگر صدای زنگ دار ایجاد کند. به علت عدم چسبندگی آجرهای کهنه به ملات حتی المقدور از آنها استفاده نمی شود و تنها در صورت انجام پیش بینی های لازم به صورت ساییدن یا برس سیمی استفاده از آن مجاز خواهد بود.

آجرهای ساختمانی مقاومت خوبی در برابر آتش دارند به طوری که یک دیوار ۲۲ سانتی متری از آجر در حدود شش ساعت در برابر آتش سوزی مقاومت از خود نشان می دهد.

۱۶. انواع آجرها از نظر نوع مصرف

- آجر معمولی : آجرهایی هستند که برای کارهای عمومی ساختمان مناسب هستند و به روش دستی یا ماشینی تولید می شوند.
- آجرنما : بطریق خاصی ساخته می شود تا هنگام مصرف بدون نیاز به اندودکاری یا روکش های دیگر خود، دارای ظاهر مناسبی باشد، این نوع آجر هم می تواند به روش دستی (قزاقی) یا ماشینی تولید شود.
- آجر مهندسی مرغوب : این آجر دارای جسمی متراکم، پرقدرت و نیمه شیشه ای است و عمدتاً در سازه های با قدرت تحمل بار زیاد بکار برده می شود. این آجر منحصراً به روش ماشینی تولید می شود.

۱۷. انواع آجرها از نظر کیفیت

- آجر با کیفیت مناسب برای مصارف داخلی (توکار) : این آجر برای مصارف معمولی در داخل ساختمان بکار می رود.
- 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 یخ زدگی ممکن است رخ دهد نظیر : دیوارهای حائل، کانال های فاضلاب، فرش پیاده روها 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 می باشد.

۱۸. انواع آجرها از نظر شکل

- ❖ آجر توپر : که در آن حجم سوراخ ها از ۲۵ درصد حجم آجر (یا در حالت آجرهای پرسی، حجم فرورفتگی از ۲۰ درصد آجر) تجاوز نمی کند. در این نوع آجر سوراخ ها کاملاً یا تقریباً از میان آجر عبور می کنند
- ❖ آجر سوراخ دار : که در آن حجم سوراخ هائیکه از میان آجر می گذرد از ۲۵٪ حجم آجر بیشتر باشد.
- ❖ آجر توخالی : که در آن حجم سوراخ هائیکه از میان آجر عبور می کنند از ۲۵٪ حجم آن بیشتر است و هیچگونه محدودیتی در ابعاد سوراخ ها وجود ندارد.
- ❖ آجر متخلخل : که در آن حجم منافذ (سوراخ های بسته شده در یک انتها) بیش از ۲۰٪ حجم آجر باشد. نکته مورد توجه این است که آجرهای متخلخل معمولاً با روش های پرسی تولید می شوند و آجرهای سوراخ دار و توخالی با استفاده از روش دکسترودر (برون رونده) ساخته می شوند.
- ❖ آجر با شکل مخصوص : که دارای شکل هندسی بغیر از مکعب مستطیل معمولی هستند.

۱۹. مراحل ساخت آجر

- ۱) کندن و استخراج مواد خام
- ۲) آماده سازی مواد اولیه
- ۳) قالب گیری
- ۴) خشک کردن
- ۵) پخت آجر

- کندن و استخراج مواد خام : ماده اولیه آجر را عمدتاً خاک رس تشکیل می دهد همانگونه که می دانید ، انواع مختلفی از خاک رس وجود دارد ، ولی بیشتر از خاک رس آبرفتی برای تهیه استفاده می شود . در مناطق مختلفی از ایران منابع مطلوب از مواد اولیه وجود دارد که کارگاه های تولید آجر چه به صورت سنتی یا مدرن در کنار این



معادن احداث می گردد. البته برخی از کارگاه های تولیدی معدن مواد اولیه ندارند و مواد اولیه ی مورد نیاز خود را از سایر معادن خریداری می کنند و در محل کارگاه دپو می کنند. در زیر مواد مورد نیاز برای تولید آجر آورده شده است:

✓ خاک رس آبرفتی : همانطوری که از نامش پیداست در نزدیکی سطح زمین یافت می شود و بیشتر آجر های رسی باکمک آن تولید می شوند . میزان خاک رس در گل آجر بسیار اهمیت دارد . خاک رس زیاد گل آجر را توپر می کند ولی موجب ترک خوردن خشت در هنگام خشک شدن می شود .

✓ ماسه : که از تاثیر عمل فرسایش هوازدگی بر سنگ های سیلیسی حاصل می شود درحقیقت استخوان بندی آجر می باشد . در صورت افزایش مقدار آن آجر ترد وپوک می شود وضمناً دانه های درشت ماسه درگل آجر درهنگام پختن منبسط وموجب ایجاد ترک های ریز در آجر میشوند .

✓ آهک : درخاک رس و گل آهک وجود دارد ، درصورتیکه به صورت دانه ریز ، یکنواخت وهمگن باشد وموجب روشن شدن رنگ آجر می شود وافزایش مقدار آن نقش گدازآوردارد.وجوددانه های درشت آهک درگل آجر پس از پختن آهک زنده تولید میکند . آهک زنده درهنگام استفاده از آجر ، آب ملات رابه خود می کشد وتولید هیدرواکسید آهک یا آهک شکفته می کند ، که بسته به خلوص سنگ آهک ۱/۲۵ تا ۳/۵ برابر حجم اولیه را به دست می آوردو موجب ترکیدن آجر می شود به این پدیده آلوئک آجر می گویند .

✓ ترکیبات سولفاتی : به مقدار کم بی ضرر است و درصورت افزایش ، تولیدیون اسیدی می نمایند و به آجر و ملات آسیب می رسانند .

✓ ترکیبات آهن دار : نقش گداز آور دارند و رنگ محصول را به قرمز نزدیک می کنند .

✓ نباتات و ریشه گیاهان : ممکن است در گل آجر ریشه گیاهان وجود داشته باشند که در حرارت کوره می سوزاند وآجر پوک میشودو پس از تهیه ماده اولیه آن را الک و خوب آسیاب می کنند تا نرم ویکنواخت شود .(معمولاً بانتهای منع خوب برای خاک رس این مشکل راتاحدی حل می کنند)

• آماده سازی مواد اولیه : عملیات های مورد نیاز جهت آماده سازی مواد اولیه به نحوه ی پروسه ی تولید بستگی دارد. برای تهیه خشت آجر رسی سه روش متفاوت وجود دارد که درهر روش میزان رطوبت خاک و نوع گل متفاوت است .

✓ گل خشک : که با اضافه نمودن آب به میزان حدود ۸ تا ۱۲ درصدوزن ماده اولیه تهیه میشود و باکمک پرس خشت شکل می گیرد . بسیاری از آجرهای صنعتی ووکلیه سفال های ساختمانی با روش گل خشک ساخته می شوند .

✓ گل سفت : که با اضافه نمودن آب به میزان حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد وزن ماده اولیه تهیه می شود و با روش ماشینی خشک می زنند . در این روش از ماشین های خشت زنی هیدرولیکی استفاده میکنند خشت L به صورت منشوری با قاعده مربع یا مستطیل شکل از دستگاه خارج می شود و سپس آن را به کمک دستگاه برش به قطعات مساوی تقسیم می کنند .

✓ گل خمیری : با اضافه نمودن آن به میزان تا حد ۶۰ درصد وزن به خاک تهیه می شود تا حالت خمیری پیدا کنند و بتوان با دست به آن شکل داد . در این روش گل را درون قالبهای چوبی می ریزند و با دست شکل می دهند و خشت می زنند .

• خشک کردن : زمانی که قطعات از ماشین های شکل دهی خارج می شوند مقدار قابل توجهی رطوبت به همراه دارند . خشک کردن خشت خام قبل از پختن آن به علت جلوگیری از تغییر شکل زیاد و ترک در سطح خشت می باشد و همچنین از صرف هزینه سوخت بیشتر در کوره اصلی و امکان دوده گرفتن کوره به سبب رطوبت اولیه زیاد و سوخت ناقص جلوگیری می کند . در کارخانه به روش سنتی ۱- ۲ هفته و در کارخانه به روش صنعتی ۳۶ ساعت . خشک کردن موجب بروز انقباض می شود و این انقباض در حدی مجاز است که محصول نهایی دارای اندازه مناسب و دلخواه باشد . جمع شدگی در خشت خشک شده حدوداً ده درصد در هر بعد است . درجه حرارت کوره خشک کن در هر بعد است . درجه حرارت کوره خشک کن از ۴۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و زمان خشک کردن از ۲۴ تا ۴۸ ساعت متغیر است که بستگی به نوع رس دارد . حرارت لازم معمولاً به کمک گرمای تلف شده از کوره های اصلی فراهم میشود . در کلیه مراحل ، حرارت و رطوبت کاملاً تنظیم می گردند تا از انقباض سریع که موجب به وجود آوردن ترک های زیاد میشود ، اجتناب گردد . در مناطق گرم و خشک از گرمای هوا به منظور خشک نمودن خشت استفاده می کنند در این روش نحوه چیدن خشت ها از اهمیت فراوان برخوردار است . به ترتیبی که جریان هوا یک جانبه نباشد چون باعث ایجاد انحنای و تغییر شکل آجر در اثر خشک شدن یک جانبه می شود . خشت خشکی که برای پختن آجر آماده شده است رطوبتی بین ۸ تا ۱۲ درصد به همراه دارد .

• پخت آجر : گداختن یکی از مهمترین قدم ها در ساختن آجر می باشد . زمان مورد نیاز باتوجه به نوع کوره ، نوع رس و سایر متغیرها از ۴۰ تا ۱۵۰ ساعت تغییر می کند در حال حاضر کوره های تونلی و کوره های متناوب انواع جدیدی از کوره ها میباشند که مورد استفاده قرار می گیرند . در کوره تونلی آجرهای خشک شده که بر روی واگون ها ی مخصوص چیده شده اند داخل تونل گذر می کنند و از کانون حرارتی عبور می نمایند و از سوی دیگر خارج می شوند . (آجر بعد از پخته شدن یک مرتبه از کوره خارج نمی شود چون ترک میخورد و طی زمان ۶ ساعت به صورت یکنواخت از کوره خارج می شود) . در کوره های دیگر ، حرارت به طور متناوب تغییر می کند در این روش خشت ها ثابت و کانون حرارتی متغیر است . سوخت این کوره ها گاز طبیعی ، نفت یا زغال سنگ می باشد .



کنترل زمان پخت در کوره از اهمیت فراوانی برخوردار است خشت خام فاقد مقاومت‌های مکانیکی مورد نظر است و چنانچه آجر بیش از حد حرارت ببیند تغییر چنانچه آجر بیش از حد حرارت ببیند تغییر شکل می دهد و قابل استفاده نمی باشد. به منظور اجتناب از بروز ترک حرارت تا دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد به کندی افزایش می یابد در این دما آب آزاد خشتها تبخیر و خشک می شود. بعد از خشک شدن خشت ها حرارت به سرعت ۵ تا ۷۰۰ الی ۸۰۰ درجه سانتی گراد افزایش می یابد و در این دما آب تبلور کائولن تبخیر (دی هیدراته) می شود و خشت ها نهایت تخلخل خود را پیدا می کنند در دمای ۸۰۰ تا ۸۵۰ درجه سانتیگراد مواد زود گداز همراه با رس گداخته میشوند و اجزای دیرگداز را احاطه می نمایند و بعد طولی رس ها نقصان می یابد و خشت حرارت دیده به مصالح یکپارچه ای تبدیل می شود.

مصالح تشکیل شده از رس زودگذر در درجه حرارت بین ۹۰۰ و ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد کاملاً گداخته می شوند و مصالح ساختار سنگی پیدا می کند این مصالح به خوبی در برابر نفوذ آب مقاوم است و مقاومت مکانیکی بالا، مقاومت در برابر یخبندان و سایر کیفیات یک مصالح ارزشمند را پیدا می کند. در بعضی از روشهای نوین به منظور جلا یافتن سطح آجر در مرحله نهایی با تزریق گاز طبیعی سطح آجر می سوزد و تغییر رنگ می دهد و جلا پیدا می کند. برای جلوگیری از ترک، آجرها را به عنوان آهستگی سرد می نمایند و بعد از آن کنترل نهایی انجام می گیرد و در صورت نیاز به منظور یکنواختی ماشین کاری و سپس آجرهای مرغوب بسته بندی، انبار یا بارگیری می شوند.

۲۰. انواع کوره های آجر پزی

پس از خشک شدن خشت، آنرا در کوره میچینند بطوریکه که به همدیگر نچسبند، تا هوا شعله و گاز از لای آجرها بگذرند.

کوره های آجرپزی سه نوع اند:

- ۱- کوره با آتش ثابت و آجر ثابت
- ۲- کوره با آتش رونده و آجر ثابت
- ۳- کوره با آجر روند و آتش ثابت

۱) کوره با آتش ثابت و آجر ثابت یا کوره تنوره ایی

این کوره کارش پیوسته نیست کوره تنوره کوتاه و گشادایست که خشت را در آن می پیچند و تون آنرا می تابند (آتش می کنند) شعله، هوای داغ و دود از لای خشت های چیده شده در کوره بالا می روند و گرمای خود را به خشت ها پس می دهند و خشت ها می پزند.

کار کوره تنوره ایی پیوسته نیست و در آن گرمای زیادی هدر میرود زیرا پس از آنکه خشت پخته شد و آجر شد، سر کوره را باز می کنند و می گذارند تا آجر درون کوره سرد شود و گرمایش را به هوا بدهد.

جنس آجر ی که در کوره تنوره ایی پخته شود یک جور نیست. از پایین به بالا جوش، آجر جوش، آجر سبز، آجر بهی، آجر سفید، آجر ابلق، آجر قرمز و آجر نیم پخته بدست می آید. اگر بالای کوره های تنوره ایی به شکل قارچ ساخته شده و سر



کوره پوسیده شود، جواری که گاز کوره از بالای آن بیرون نرفته از سوراخ های نزدیک کف کوره به دو دکش یا هواکش مکیده شود گاز داغ، گرمایش رابه خشت های چیده شده در کوره پس می دهدو با این کار، گرمای گاز کوره هدر نمی رود و جنس آجرها هم همجور می شود.

۲) کوره با آتش رونده و آجر ثابت

کار این کوره پیوسته است و گرمای آن خیلی کم هدر می رود این کوره را نخست یک بنای اهل برلن به نام Friedrich Hoffmann ساخت که به نام او نامیده می شود. چون حلقه ای ساخته میشد آنرا کوره حلقه ای هوفمان نامیدند. نخستین کوره ها به شکل دایره ساخته میشدند، اکنون آنرا به شکل حلقه دراز یا اره ایی و مانند اینها می سازند در این کوره از هدر رفتن گرما به اندازه زیاد جلوگیری می شود.

۳) کوره تونلی

در آن سفالهای ممتاز هم می پزند. کارش مانند تونل خشت خشک کنی ست از سر تونل واگونک با بار خشت به تونل می رود و از ته تونل آجر سرد شده بیرون می آید کانون آتش در دیوار درونی تونل جا دارد همین که واگونک با بار خشت به درون تونل رانده شد، به کندی به سوی کانون آتش پیش می رود خشت کم کم گرم و نیم پز شده از برابر کانون آتش گذشته می پزد.

هنگامیکه واگونک آجر پخته به سوی ته تونل می رود، به آن هوای سرد می دمند تا گرمای آجر را بگیرد و آنرا سرد کند هوایی که از روی آجر گذشت و داغ می شود و هواکش پهلوی کانون آتش آنرا مکیده و به کانون آتش می دمد. کار کوره تونلی پیوسته است و گرمای آن خیلی کم هدر می رود اما ساختن تونل ریل گذاری، ارزش واگونک ها و جزاینها گرانست. جایی که برق ارزان باشد، می شود کوره تونلی را برقی ساخت و کوره را با برق آتش کرد.

برای آنکه کوره تونلی دراز نشود، آنرا در دو تکه پهلوی هم می سازند در یک تکه خشت میسازند و روی واگونک می چینند و به گرمخانه می برند تا در آنجا خشتهای روی واگونک ها خشک، گرم و داغ شوند، سپس واگونک های با بار خشت داغ را به درون تکه دوم میرانند در تکه دوم که کوره در آن ساخته شده، خشت های داغ شده از برابر کانون آتش گذشته میپزند روی آجر داغ هوا می دمند و گرمای آنرا می گیرند. هوای داغ شده را به گرمخانه و به کانون آتش می دمند.