

بررسی معماری ساختمانی وسازه های ساختمانهای آجری بدون استفاده از تیر آهن و بتن مقاوم در برابر برش عرضی ناشی از زلزله

محمد رضا منصوری

کارشناسی ارشد معماری

چکیده

ساختمان سازی در زمانهای قدیم هرچند بدوی و ابتدایی بود با پیشرفتی که خشت آجر داشت انسانها بر آن شدند که بیشتر فکر کنند و بهتر بسازند و طریقه بهتر ساختن و بهتر بکارگرفتن آجر و خشت را بیاموزند. در زمانیکه خشت پخته شده و تبدیل به آجر گشت و از مقاومت خوبی برخوردار شد و همه دست اندر کاران را به خود مشغول کرده بود معماران ایرانی از این صنعت بدور نبودند و در ایران شهر شوش که پایتخت ایلامیها بود و از آبادانی زیادی برخوردار بوده آجرسازی رواج پیدا کرد و در کاوشهایی که در شهر شوش انجام گرفته و از آثار بدست آمده و بقایای تمدن ماقبل تاریخ را می رساند. از سفالهای پخته شده مصور رنگین که از طبقات زیرین خاکهای شهر شوش بدست آمده، اهمیت قدمت این ناحیه را می رساند و الواح گلی که در شهر شوش بدست آورده اند، مربوط به ۱۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می باشد که این الواح شامل اسناد و قراردادهاست. آجرها گروهی از مصالح می باشند که به صورت صنعتی تولید و جایگزین سنگ شده اند و در حقیقت سنگی ساخته دست بشر می باشند، سنگی دگرگون که از تغییر وضعیت خشت پدید می آید. این گروه از مصالح که اولین تولید صنعتی و انبوه مصالح ساختمانی به دست بشر به شمار می آیند براساس نوع مواد اولیه، روند تولید و محل مصرف به انواع متنوعی تقسیم می شوند. آجرهای رسی که اولین و فراوان ترین آنها می باشند 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. آجر رسی از قدیمی ترین مصالح ساختمانی که به وسیله بشر تولید شده است، می باشد. سنگ علیرغم 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 منشأ 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 نمود.

واژه های کلیدی: معماری ساختمانی، ساختمان، آجری، تیر آهن، بتن

مقدمه

اولین پیام های تاریخی تمدنهای گذشته به وسیله آجر برای ما به یادگار مانده است. این اسناد تاریخی اولین کتابخانه های تمدن بشری را تشکیل می داده اند. به اعتقاد باستان شناسان اولین بار آجر در سرزمین بین النهرین تهیه شده است. به هر صورت باید آجر پس از 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، کاخهای 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 ساختمانهای تاریخ در تناسب 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 براحتی در یکدیگر قفل و بست می گردند. این خاصیت، کیفیت های مهندسی بیشماری از جمله در محل اتصال دو دیوار به یکدیگر بوجود می آورد. آجرها به کمک ملات به یکدیگر متصل می شوند و سطح یکنواختی را بوجود می آورند. این ابعاد متناسب باعث شده است که این مصالح بمنظور اجرای دهانه های وسیع بصورت قوس و طاق و گنبد که از زمان قبل از ساسانیان در ایران رواج داشته است، کارایی منحصر به فردی داشته باشد. خواص آجر باعث شده است که بعنوان مصالح پرکننده دیوار و سقف از جمله پرمصرف ترین مصالح باشد. زیبایی آجر و الگوی حاصل از اجرچینی 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 بعنوان فرش کف و پلکان فارغ از مقاومت مطلوب آن ویژگی های اقلیمی این مصالح کویری را بیشتر نمایش می گذارد.

آجر در ساختمان از زمانهای بسیار دور جا و مکانی داشته و توانسته جای خود را در تاریخ پرکندو سرآمد مصالح ساختمانی باشد آجر در زمانی که در بابل اختراع شد و ساختن خشت و پختن آن معمول گشت. روزبروز در پهنه گیتی گسترش پیدا کرد و می توان گفت بطور شعاعی کره زمین را دربرگرفت. خاک رس در اکثر نقاط زمین یافت می شود و این بهترین وسیله ای بود که اکثر مردم دنیا با آن شناخت پیدا کردند و پس از اینکه آن را به شکل خمیر گل درآوردند، در قالب به آن فرم دادند و در مقابل هوا و آفتاب خشک کردند و در کوره به آتش کشیدند و پختند و پس از اینکه جسم مقاومی شد از آن درخانه سازی و دیگر کارهای ساختمانی مورد بهره برداری قرار دادند. ساده ترین مصالح ساختمانی که از دیرزمان تا به امروز در دسترس فقیرترین و غنی ترین مردم دنیا قرار داشته همانا خشت و آجر می باشد.

محل آجرپزی

کوره در محلی است که حدود ۸ متر از سطح زمین پائین تر است در عمق زمین قرار دارد. کوره ای که صحبت از آن می کنیم کاملاً سنتی بوده چه روشی تهیه فشار در آن چه روشی پخش خشتها. در ابتدای ورود به کوره تپه هایی از خاک هایی به رنگ سرخ، سیاه و خاکستری مشاهده می شود. خاک سرخ رنگ خاکی است که رس آن بیشتر است. خاک سیاه، رنگ ماسه ای است و خاک نرم خاکستری همان خاکستر می باشد که برای ته قالبها از آن استفاده می شود. این کار سبب می شود تا خشتهایی که در قالب ریخته می شود به ته قالب نچسبند. این خاکستر در کارخانه تولید سیمان از ضایعات تولید می شود. برای تهیه خشتهای نسبتهای مشخص از این دو نوع خاک (خاک رس و خاک سیمانی) به همراه آب مخلوطی تهیه می نمایند و در محلی به نام آخوره می ریزند. برای بهتر شدن کیفیت خشت آنها را در آخوره ذخیره می دهند و برای چند روزی

روی آنها را با یک نایلوون ضخیم می پوشانند تا آب آن تبخیر شود و دوباره وارد مخلوط گل شود. این مخلوط آماده شده را در قالبهایی که ته آنها با خاکستر پوشیده شده است می ریزند و با وسیله ای خط کش که نام آن تخته قالب می باشد روی آنرا صاف می نمایند. پس در گوشه ای آنها را تخلیه می کنند و در معرض هوا قرار می دهند تا خشک شود. تمام این خشتهها که در ابعاد تولید می شوند و خشک شده اند داخل کوره قرار نمی گیرند و به تناسب بازار در موقع نیاز پخت می شوند.

کوره سنتی

خشتهها پس از خشک شدند وارد کوره ای می شوند که اتاقهایی به هم پیوسته می باشند سوخت این کوره گاز طبیعی می باشد. این کوره همه بوسیله کارگران و با دست گود شده است زیرا دستگاهی داخل این اتاق ها نمی توانند وارد بشوند پهنای دیوارهای این اتاقها به ۲ متر می رسد. کف این کوره آجر فرش می باشد و روی آجرهای دیوارها را با کاهگل اندود می کنند این کار به دو دلیل انجام می گیرد اول اینکه کاهگل مقاومت بیشتری در مقابل گرما دارد و دیرتر از بین می رود و همچنین کمتر گرما را هدر می دهد. ثانیاً مواد دیگر از قبیل سیمان و... نمی توانند در مقابل این حرارت مقاومت کنند. کوه دارای اتاقهایی به هم پیوسته است که هر قسمت دری جداگانه دارد وقتی کوره را پر می کنند به ترتیب از اولین درها شروع به پرکردن کوره می نمایند و آنها را با گل می پوشانند تا حرارت از بین نرود. حرارت این کوره از بالا به خشت می رسد در این کوره که اصطلاحاً به آن قمیر می گویند حرارت بوسیله مشعلهایی که در بالا و سقف آن روشن می گردد از سوراخهایی که تا قسمت وجود خشتهها بطور قائم ادامه دارند روی سقف قمیر لوله های گاز وجود دارد که در ابتدای روشن شدن کوره با استفاده از چند لاستیک و وسایل اشتعال زا آن را آتش می زنند تا آتش اصطلاحاً بگیرد از آن پس به نوبت پخت آتش از بالا جابجا می شود به ترتیب خشت ها می پزند. در داخل دیوارها و همچنین کف، تونلهایی وجود دارند که به صورت پیوسته اند و حکم هواکشی را دارند این کار بدلیل این است که هوا در گردش باشد تا حرارت بهتر به خشتهها برسد و زودتر بپزند. هواکشی بزرگ وجود دارد که هوا را تخلیه می نماید. خشتهها پس از پختن و سرد شدن بوسیله تسمه ای که به ماشین حمل آجرها می رسد بداخل ماشین انتقال داده می شوند. محصول این کوره آجر فشاری می باشد.

حرارت در این قمیر بقدری زیاد است که آجرهایی که نزدیک به آتش هستند ذوب می شوند و خاصیت جذب آب خود را از دست می دهند و بطوریکه دیگر نمی توان از آنها در ساختمان استفاده کرد. به این آجرها آجر جوش می گویند. آجر جوش قبلاً در کانالها، جوی آب و... مورد استفاده قدیمی قرار می گرفت اما هم اکنون دیگر استفاده چندانی ندارد. وقتی در مورد اینکه آجرها کم می پزند یا چه مدت طول می کشد تا آجرها پخته شوند از مسئول سؤال کردیم چنین پاسخ داد که شخص حرفه ای براساس تجربیات خود زمان پختن را تشخیص می دهد که این اشخاص یک عده ای هستند که اهل محله ای در هشتروند و اجدادی کوره سوز بوده اند هم اکنون هم به این کار ادامه می دهند. در ضمن برای سفید شدن سطح آجر روی آنها نمک می پاشند تا نمای بهتر و سفیدتری داشته باشند.

روش نیمه سایشی

از این روش تهیه خشت صورت نیمه ماشینی می باشد. به این ترتیب که ابتدا خاک رس را داخل قیفی می ریزند و از این قیف خاک روی تسمه هایی که بداخل آسیاب می رسد حرکت می کند قبل از ورود این خاک به آسیاب یک آهنربای بزرگ وجود دارد که فلزات اضافه ای را که حیثاً در خاک وجود دارند را می گیرد آسیاب خاک رس را چرخ می کند تا به نرمی آرد درآید.

علت این کار این است که اگر عده ای به کوچکی یک ارزدن هم در آن خاک باشد باعث مشکل در مراحل بعدی تولید خشت خواهد شد. این تسمه دوباره خاک آسیاب شده را به آسیاب دیگری می ریزد و این کار سه بار انجام می گیرد یعنی سه بار این خاک آسیاب می شود. بعد از این آسیاب شدن خاک را به مدت ۲۴ ساعت در معرض هوا قرار می دهند (اصطلاحاً دپو می کنند) تا خشت حاصل ترک بر ندارد. بعد از طی این مراحل خاک رس با آب در مخزنی مخلوط می شود و ملات گل رس تشکیل می گردد. این ملات روی تسمه ریخته می شود توسط وسیله ای قابل تنظیم خشتها قالب می خورند بطور خودکار و خشت های قالب خورده با واگنی منتقل می شوند که توسط تراکتور حمل می گردد بعد از این مراحل خشتهای خشک شده بداخل کوره می روند. کار این کوره مطابق کوره قبلی می باشد سطح خشتهای خام را برای اینکه استحکام بیشتری داشته باشند و ترک نخورند با روغن سیاه می پوشانند و بداخل کوره قرار می دهند. محصول این کوره آجرهای سفالی ۱۰ سوراخه می باشد.

تاریخچه:

تاریخ آجرسازی را پنج هزار سال قبل از میلاد می دانند. مردمی که در کناره های رود نیل زندگی می کردند می دیدند که رودخانه در آرامش پس از طغیان و ته نشین شدن رسوبات که از نرمة های خاک رس مخلوط با آب که پس از تابیدن آفتاب بروی آن ترکهای متعددی خورده و به قطعات کوچک و بزرگ و به ضخامت تقریبی ۴ تا ۵ سانتی متر مانند قالبهایی از گل بریده شده و آماده برای کارهایی مانند دیوارسازی در کناره های رود نیل بجا مانده این قطعات را مورد استفاده قرار دادند و به کمک یکدیگر آنها را به دیوار و خانه تبدیل کردند. از آنجا که همیشه در فکر نوآوری و پیشرفت بوده اند از پیدایش دنیا تا به امروز این صفت در وجود بشر رشد کرده و ذوق هنری که همیشه در وجود انسانها به تکاپو افتاده و خلاقیت درونی خود را آشکار کرده و آنهائیکه دست اندر کار بنا و بناسازی بوده اند به این فکر افتادند که چطور می شود خشت ها را محکمتر ساخت. بنابراین گل رس را با مقداری پهن مخلوط کرده و پس از لگد کردن ورز دادند. گل آماده شده را در قالب به شکل خشت درآوردند و بعدها برای اینکه گل در زمانیکه مقابل نور آفتاب آب خود را از دست می دهد ترک نخورده و محکمتر به هم بچسبند از گاه استفاده کردند که راه را پس از خیس کردن با خاکی که قرار بود برای خشت مالی آماده شود مخلوط کردند و خاک رس و گاه را با آب در هم آمیختند و به شکل گل نیم گاه در قالب به خشت تبدیل نمودند و گاه مانند آرماتور در گل باقیمانده و مانع ترک خوردگی خشت گردید. (گاه را خیس می کردند که نرم شود و در موقع خشت مالی به دست آسیب نرسانند). از روزی که خشت به آجر تبدیل شد و انسان آجر را شناخت و دانست یکی از عمده ترین مصالح ساختمانی است که بطور وفور باید از آن استفاده کرد، بر آن شدند که هر روز دامنه آجر را وسعت دهند و کاربرد آن که در همه جای ساختمان بود بکار گیرند.

محققین بطور جمع بر این باورند که استادکاران بلامنازع در مشرق زمین بودند که ساختن آجر و استفاده از آن را مورد استفاده قرار دادند. انتخاب قالب و شکل گیری خشت و آجر از نظر محققین فن در اوائل کار مشکل بود یا بهتر بگوئیم هنری بود که باید روی آن فکر می شد با اینکه در مصر رسوبات ته نشین شده کناره های رود نیل را پس از خشک شدن روی هم قرار دادند و با آن دیوار ساختند ولی در شکل گیری قالب پس از مدتها و اینکه خشتها و آجرها چگونه روی هم قرار بگیرند که خراب نشوند و برای هم گیر شدن و نگهداری یکدیگر چه باید کرد تا دیوار استوار بماند. بهترین فرمی که انتخاب کردند آجرهای مکعبی شکل بود که باندازه های مختلفی در گوشه و کنار دنیا ساخته شد و دلیل آن هم این بود که نیم و نیم دو آجر

روی هم قرار گیرد. این آجرها با ضخامتهای مختلفی همراه بود در ابتدا آجرها بزرگ و بسیار ضخیم و با طول عرضهای متفاوت، ولی کم کم به نازکی گرائید. مکعبها آجری شکل بعدها و به مرور ایام به قطعات کوچکتری تقسیم شد و بر هر قطعه ای نامی نهادند که این نامها سینه به سینه و زمان به زمان گذشت و در هر گوشه ای به زبان محلی آن گوشه متداول گشت و چون از سواد و سوادآموزی خبری نبود، در بعضی محلات با تحریفهایی همراه بود و همان تحریفها سینه به سینه به نسلهای بعدی انتقال پیدا کرد، پس از آنکه فرهنگ مردم هر کشوری به رشته تحریر درآمد این نامها بطور یکسان متداول گشت.

ساختمان سازی در زمانهای قدیم هرچند بدوی و ابتدایی بود با پیشرفتی که خشت آجر داشت انسانها بر آن شدند که بیشتر فکر کنند و بهتر بسازند و طریقه بهتر ساختن و بهتر بکارگرفتن آجر و خشت را بیاموزند. در زمانیکه خشت پخته شده و تبدیل به آجر گشت و از مقاومت خوبی برخوردار شد و همه دست اندر کاران را به خود مشغول کرده بود معماران ایرانی از این صنعت بدور نبودند و در ایران شهر شوش که پایتخت ایلامیها بود و از آبادانی زیادی برخوردار بوده آجرسازی رواج پیدا کرد و در کاوشهایی که در شهر شوش انجام گرفته و از آثار بدست آمده و بقایای تمدن ماقبل تاریخ را می رساند. از سفالهای پخته شده مصور رنگین که از طبقات زیرین خاکهای شهر شوش بدست آمده، اهمیت قدمت این ناحیه را می رساند و الواح گلی که در شهر شوش بدست آورده اند، مربوط به ۱۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می باشد که این الواح شامل اسناد و قراردادهاست.

سلسله هخامنشی و داریوش کبیر در سال ۴۹۴ ق.م قصر شوش را بنا کرد و این گویای تمدن بزرگی است که در غرب ایران پا به عرصه وجود گذاشت و چهره این سرزمین را عوض کرد. پس متوجه شدیم که آجر در تمام دنیا زیربنای اصلی ساختمان و مشخص کننده و عامل افسانه ای هر بنا می باشد. کشور ما با اینکه در منطقه حاره قرار دارد و هوای آن در شمال و جنوب کشور در تمام طول سال با اختلاف شدید گرما و سرما که درجه حرارت همیشه حدود ۴۰ درجه سانتیگراد نوسان دارد و در ساختمانهای باید از مصالحی کاملاً مناسب با آب و هوا استفاده کرد، ولی متأسفانه در یک دوره محدود در کشور ساختمانها را (نما) از سنگهایی که در مقابل حرارتهایی که در مقابل حرارتهای مختلف تغییر درجه حرارت فاحش می داد و در هوای گرم تابستان سریع گرم و در برودت هوای زمستان سریع سرما را بخود جذب میکرد، پوشانیدند. این سنگها از تکنیک پائینی برخوردار بودند. بکارگیری سنگ در کشور ما بطور تجربی آزمایش می شد و امتحان خوبی نداد. در همین زمان با پیشرفت تکنولوژی صاحبان صنایع در حرفه های مختلف بر آن شدند تا از انواع مصالح چه طبیعی و چه غیرطبیعی برای نماسازی بهره گیرند.

مصالحی که از اختراعات و ابداعات آنها بود برای نماسازی با تبلیغات فراوان بکار گرفتند و تمام آنها را به بوته آزمایش سپردند ولی نتیجه مطلوبی عاید نگشت و هر کدام به نوبه خود از لیست مصالح ساختمانی حذف گشت و باز هم آجر که از مصالح سنتی هر آب و خاکی بود جای نشین همه آنها شد. پس از مدت کوتاهی مردم دوباره به فکر افتادند که اینبار، همانطور که گفته شد، ذوق هنرمندان با گذشته تفاوت محسوسی پیدا کرد، آجرکاری نما در شهرهای مختلف رو به فزونی نهاد و معماران و دست اندرکاران، خارج و داخل بنا را با ذوق و سلیقه خود آزمایش کردند. آجرسازی از زمانهای بسیار دور در سراسر دنیا عبارت بود از خاک رس مخلوط با آب که در قالبها به آن فرم داده و پس از قراردادن در برابر آتش بنام آجر از آن استفاده کردند منتها شرکتهای آجرسازی در کشورهای مختلف متفاوت بود. در کشور ما در ابتدا آجر را در کوره های چاهی (استوانه ای) پختند و سپس کوره های تونلی متداول گشت و امروزه با پیشرفت تکنولوژی روش روزافزون آن از کوره هایی کاملاً متفاوت با قبل استفاده میشود. ضمناً بد نیست خاطر نشان شویم با پیشرفت تکنولوژی و علم شیمی، صاحبان صنایع دست

اندرکار تغییر رنگ در آجر و مرغوب کردن جنس آن و مقاومت در برابر اجسام و گازهای خارجی در نقاط مختلف میباید تا آجر بهتری عرضه نمایند.

مصالح ساختمانی اولیه تولید صنعتی و انبوه به دست بشر

آجرها گروهی از مصالح می باشند که به صورت صنعتی تولید و جایگزین سنگ شده اند و در حقیقت سنگی ساخته دست بشر می باشند، سنگی دگرگون که از تغییر وضعیت خشت پدید می آید. این گروه از مصالح که اولین تولید صنعتی و انبوه مصالح ساختمانی به دست بشر به شمار می آیند براساس نوع مواد اولیه، روند تولید و محل مصرف به انواع متنوعی تقسیم می شوند. آجرهای رسی که اولین و فراوان ترین آنها می باشند قدمت چندهزار 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.

آجر رسی از قدیمی ترین مصالح ساختمانی که به وسیله بشر تولید شده است، می باشد. سنگ علیرغم 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 منشأ 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 نمود.

اولین پیام های تاریخی تمدنهای گذشته

اولین پیام های تاریخی تمدنهای گذشته به وسیله آجر برای ما به یادگار مانده است. این اسناد تاریخی اولین کتابخانه های تمدن بشری را تشکیل می داده اند. به اعتقاد باستان شناسان اولین بار آجر در سرزمین بین النهرین تهیه شده است. به هر صورت باید آجر پس از 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، کاخهای فیروزآباد و لرستان در قبل از اسلام و همین طور مساجد جامع اصفهان و یزد، گنبدکاووس و ارگ تبریز مربوط به دوران بعد از اسلام نام برد.

رمز توانایی آجر در خلق شگفت انگیزترین ساختمانهای 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 براحتی در یکدیگر قفل و بست می گردند. این خاصیت، کیفیت های مهندسی بی شماری از جمله در محل اتصال دو دیوار به یکدیگر بوجود می آورد. آجرها به کمک ملات به یکدیگر متصل می شوند و سطح یکنواختی را بوجود می آورند. این ابعاد متناسب باعث شده است که این مصالح بمنظور اجرای دهانه های وسیع بصورت 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 بعنوان مصالح پرکننده دیوار و سقف از جمله پرمصرف ترین مصالح باشد. زیبایی آجر و الگوی حاصل از اجرچینی 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 بعنوان فرش کف و پلکان فارغ از مقاومت مطلوب آن ویژگی های اقلیمی این مصالح کویری را بیشتر نمایش می گذارد.

تولید آجر رسی

ساخت این فرآورده رسی هنوز هم به مقدار زیاد مطابق روش های سنتی انجام می شود. البته در نتیجه پیشرفت های تکنولوژی درصد سال اخیر دستگاه های مدرنی با کارایی بسیار بالا ساخته شده است که علاوه بر افزایش تولید، محصول از کیفیت بالاتری برخوردار می باشد جریان تهیه آجر پنج مرحله عمده را به شرح زیر طی می کند:

- تهیه و آماده نمودن ماده اولیه

- تهیه گل

- تهیه خشت

- خشک کردن خشت

- پخش آجر

تهیه آجر در تمام مراحل یادشده بالا به دو طریق صنعتی و سنتی (ماشینی و دستی) انجام می شود. واضح است در صورت دقت در روند تهیه مواد اولیه و تولید، محصول به دست آمده به روش صنعتی یا ماشینی از کیفیت و کمیت بالاتری برخوردار خواهد بود.

تهیه و آماده نمودن ماده اولیه

ماده اولیه آجر را عمدتاً خاک رس تشکیل می دهد. انواع مختلفی از خاک رس وجود دارد ولی بیشتر از خاک رس آبرفتی برای تهیه آجر استفاده می شود.

- خاک رس آبرفتی: همانطوری که از نامش پیداست در نزدیکی سطح زمین یافت می شود و بیشتر آجرهای رسی با کمک 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 تأثیر عمل فرسایش هوازدگی بر سنگ های استخوان بندی حاصل می شود در حقیقت استخوان بندی آجر می باشد. در صورت افزایش مقدار آن آجر ترد و پوک می شود و ضمناً دانه های درشت ماسه در گل آجر در هنگام پختن منبسط و موجب ایجاد ترک های ریز در آجر می شوند.

- آهک: در خاک رس و گل آهک وجود دارد. در صورتیکه به صورت دانه ریز، یکنواخت و همگن باشد موجب روشن شدن رنگ آجر می شود و افزایش مقدار آن نقش گدازآور دارد. وجود دانه های درشت آهک در گل آجر پس از پختن آهک زنده تولید می کند. آهک زنده در هنگام استفاده از آجر، آب ملات را به خود می کشد و تولید هیدروکسید آهک یا آهک شفته می کند، که بسته به خلوص سنگ آهک ۱/۲۵ تا ۳/۵ برابر حجم اولیه را به دست می آورد و موجب ترکیدن آجر می شود. به این پدیده آلونک آجر می گویند.

- ترکیبات سولفاتی: به مقدار کم بی ضرر است و در صورت افزایش، تولید یون اسیدی می نمایند و به آجر و ملات آسیب می رساند.

- ترکیبات آهن دار: نقش گدازآور دارند و رنگ محصول را به قرمز نزدیک می کنند.

- نباتات و ریشه گیاهان: ممکن است در گل آجر ریشه گیاهان وجود داشته باشد که در حرارت کوره می سوزند و آجر پوک می شود. پس از تهیه ماده اولیه آن را الک و خوب آسیاب می کنند تا نرم و یکنواخت شود.

تهیه گل و خشت

برای تهیه خشت و آجر رسی سه روش متفاوت وجود دارد که در هر روش میزان رطوبت خاک و نوع گل متفاوت است.

- گل خشک: که با اضافه نمودن آب به میزان حدود ۸ تا ۱۲ درصد وزن ماده اولیه تهیه می شود. و با کمک پرس خشت شکل می گیرد. بسیاری از آجرهای صنعتی و کلیه سفال های رسی 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 با روش ماشینی خشت می زنند. در این روش از ماشین های خشت زنی هیدرولیکی استفاده می کنند. خشت U به صورت منشوری با قاعده مربع یا مستطیل شکل از دستگاه خارج می شود و سپس آن را با کمک دستگاه برش به قطعات مساوی تقسیم می کنند.

- گل خمیری: با اضافه نمودن آب 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 در درون قالب های چوبی می ریزند و با دست شکل می دهند و خشت می زنند.

- خشک کردن خشت:

زمانی که قطعات از ماشینهای 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.

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 از ۴۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد 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 می شود. در کلیه مراحل، حرارت و رطوبت کاملاً تنظیم می گردند تا از انقباض سریع که موجب بوجود آمدن ترک های زیاد می شود اجتناب گردد.

در مناطق گرم و خشک از گرمای هوا بمنظور 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 انحناء 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.

گداختن یکی از مهمترین قدم ها در ساختن آجر

گداختن یکی از مهمترین قدم ها در ساختن آجر می باشد. زمان مورد نیاز با توجه 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 می باشند که مورد استفاده قرار می گیرند. در کوره تونلی آجرهای خشک شده که بر روی واگون های مخصوص چیده شده اند از داخل تونل گذر می کنند و از کانون حرارتی عبور می نمایند و از سوی دیگر خارج می شوند.

در کوره های دیگر، حرارت بطور 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.

آجر جوش

در کوره های آجرپزی مخصوصاً کوره های چاهی و یا حلقه ای که آتش آن قابل کنترل نیست ممکن است به قسمتی از کوره که به آتش نزدیک تر است حرارت بیشتری برسد در نتیجه آجر از مرحله خمیری گذشته و ذوب می شود. در این مرحله خاک رس روان گشته و شیشه ای می گردد رنگ اینگونه آجرها متمایل به سبز می باشد، خاصیت مکنندگی در این نوع آجرها بسیار کم بوده و در حدود ۲ تا ۳ درصد است آجر جوش نسبت به آجر معمولی تردتر و شکننده تر می باشد و به علت آنکه آب در آن نفوذ نمی کند در مقابل عوامل جوی و اسیدهای آلی از آجر معمولی مقاومتر است، به همین دلیل مصرف آن در فرش کف کانالهای فاضلاب و غیره پیشنهاد می شود. ولی بکاربردن این نوع آجر در دیوارهای حمال مخصوصاً طاق ضربی به هیچوجه پیشنهاد نمی شود. اگر بخواهند برای مصارفی از قبیل فرش کف کانالهای فاضلاب و غیره آجر جوش بطور انبوه تولید نمایند باید اولاً مواد گداز آور مانند اکسیدهای آهن در مصالح اولیه تهیه آجر بیشتر باشد در ثانی باید گرمای کوره را به ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد برسانند و مخصوصاً باید توجه نمایند که آجر در هنگام پختن و ذوب شدن جاری نشود زیرا در این صورت قطعات آجرهای مختلف به هم چسبیده و هر ۵ یا ۶ بلوک آجر یک قطعه شده کاملاً شکل هندسی خود را از دست داده و غیرقابل مصرف می گردد.

بدین لحاظ باید قبلاً بوسیله آزمایش در جه حرارت عرق کردن و روان شدن خاک مورد استفاده برای تهیه آجر جوش تعیین گردد و درجه حرارت کوره باید بگونه ای تنظیم گردد که به حد روان شدن خاک نرسد. با توجه به اینکه کوره های آجرپزی اغلب مجهز به وسائل دقیق کنترل حرارت نمی باشد که بتوان در حد یکی دو درجه حرارت آن را کنترل نمود لذا بهتر است برای تهیه آجر جوش از مصالحی استفاده شود که فاصله حرارتی بین مرحله عرق کردن و روان شدن در آن مصالح زیاد باشد و این فاصله بوسیله آزمایش می توان تعیین نمود. وزن مخصوص آجر جوش قدری بیشتر از آجر معمولی بوده و در حدود ۱/۹ گرم در سانتی متر مکعب می باشد. تصویر شماره ۶ - پلان کوره هوفمن

کنترل زمان پخت در کوره از اهمیت فراوانی برخوردار است خشت خام فاقد مقاومت های مکانیکی موردنظر است و چنانچه آجر بیش از حد حرارت ببیند تغییر شکل می دهد و قابل استفاده نمی باشد. بمنظور اجتناب از بروز ترک حرارت تا دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی گراد به کندی افزایش می یابد. در این دما آب آزاد خشت های تبخیر و خشک می شود. بعد از خشک شدن خشت ها حرارت به سرعت تا ۷۰۰ الی ۸۰۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد و در این دما آب تبلور کاتولین تبخیر (دی هیدراته) می شود و خشت ها نهایت تخلخل خود را پیدا می کنند. در دمای ۸۰۰ تا ۸۵۰ درجه سانتیگراد مواد زودگداز همراه با رس گداخته می شوند و اجزای دیر گداز 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 زودگداز در درجه حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد کاملاً گداخته می شوند و مصالح ساختار سنگی پیدا می کند. این مصالح بخوبی 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 روشهایی نوین بمنظور 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 باهستگی 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.

مشخصات فنی آجرهای رسی

آجرهای رسی بسته به مواد اولیه و نحوه تولید دارای تنوع فراوانی هستند برخی از آنها بعنوان مصالح پرکننده مناسب می باشند و بعضی دیگر به علت جلوه ظاهری و مقاومت جهت نماسازی بکار می روند. بعضی از آجرها بعلت کیفیت مطلوب در نقاطی از ساختمان که در معرض یخبندان قرار دارند مورد استفاده قرار می گیرند و گروهی مناسب برای کف سازی هستند. بنابراین مهندس معمار براساس ویژگی های محل مصرف، آجر رسی بهینه را انتخاب می نماید.

خواص فیزیکی

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، آلونک و نظایر آن باشد.
- ابعاد و اندازه ها: طول و عرض و ضخامت آجرهای مختلف باید مطابق جدول شماره یک باشد.
- باید در نظر داشت که رواداری یادشده در مورد آجرنما در هنگام اجرا توسط ماشین مخصوص ساییده و یکنواخت می شود.
- لبه های آجر: خط فصل مشترک سطوح آجرها باید مستقیم وزوایای تلاقی آنها قائمه وسطوحشان صال باشد.
- در آجرهای سوراخ دار: سوراخ ها باید عمود بر سطح بزرگ آجر و بطور یکنواخت در سطح آن توزیع شده باشند و جمع مساحت آنها باید بین ۲۵ تا ۴۰ درصد سطح آجرها باشد. بعد سوراخ های مربع و قطر سوراخ های 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.
- وزن مخصوص: هر دو نوع آجر ماشینی دستی نباید از ۱/۷ و وزن مخصوص فضایی آنها از ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب کمتر شود.
- مقاومت در برابر یخبندان: آجرهای مصرفی در نما باید در برابر یخبندان پایدار باشند و در آزمایش یخ زدگی دچار خرابی ظاهری مانند ورقه ورقه شدن، ترک خوردن و خوردگی نشوند.
- ضریب جذب آب: درصد وزنی جذب آب در آزمایش ۲۴ ساعته در مورد آجرهای ماشینی نباید از ۱۶ و در مورد آجرهای دستی از ۲۰ بیشتر شود و در هر دو نوع آجر از ۸ کمتر باشد.
- قطعات نازک آجری (آجر دوغابی) 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 موزائیکی) 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 بلاشکال می باشد. ولی بطور کلی در صد آجرهای ترک دار نباید بیشتر از ۲۵ باشد.

- پیچیدگی، انحناء و فرورفتگی: پیچیدگی در امتداد سطح بزرگ آجر حداکثر ۴ میلیمتر و در امتداد سطح متوسط آجر تا ۵ میلیمتر مجاز است. آجر نباید انحناء و فرورفتگی بیش از ۵ میلیمتر داشته باشد و این مقدار در صورتی قابل قبول است که میزان آن از ۲۰٪ 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 سائیدن با برس سیمی استفاده از آن مجاز خواهد بود.

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

ضریب انقباض و انبساط در آجر در حدود ۰/۰۰۰۳ می باشد که بسیار ناچیز است.

آجر بعنوان یکی از مصالح متراکم هادی صوت می باشد. در صورتی که انتقال صوت توسط عملکرد دیافراگمی دیوار باشد این مقاومت به وزن دیوار بستگی دارد یعنی کاهش انتقال صوت در دیوار آجری همگن با لگاریتم وزن دیوار متناسب است جذب صدا در سطح آجری در فرکانس طبیعی پایین است. این خاصیت با اندود کردن دیوار و نقاشی باز هم کمتر می شود و لذا برای این منظور از اندودهای مخصوص و آجرهای سبک استفاده می نمایند.

خواص مکانیکی

حداقل تاب فشاری برای آجرهای رسی بر طبق استاندارد شماره ۷ ایران برابر با جدول شماره ۲ است. استفاده از آجرهای غیر استاندارد به شرطی مجاز می باشد که دست کم تاب فشاری آن ۸۰٪ مقادیر مندرج در استاندارد ایران باشد.

خواص شیمیایی

محیط های شیمیایی قبل از آن که بر روی آجر تأثیر بگذارند، ملات آن را تخریب می نمایند. لذا استفاده از ملات مناسب در فضاهایی که بنحوی مواد شیمیایی در آنها جاری است از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از آجرهای لعاب دار نیز مانع از جذب مواد در خلل و فرج آجر می شود.

- نمک های محلول موجود در آجر

نمک های محلول در خاک رس اولیه موجود می باشند و یا در حرارت کوره تولید می شوند. نمک های محلول می توانند موجب بروز شوره بشوند. سولفات های محلول ممکن است به سطح آجر حرکت کرده و داخل ملات یا اندود بشوند و موجب انتشار شوره و فساد ملات بوسیله حمله سولفات ها شود که در صورت استفاده از آنها در خارج از ساختمان باید از ملات سیمان ضدسولفات استفاده شود.

- شوره

گاهی اوقات شوره به صورت گرده سفیدی بر سطح کار آجری نوساز پدیدار می شود.

علت این پدیده انتقال نمک های حل شده در رطوبت از داخل آجر به سطح نما جایی که آب تبخیر می شود و از خود بلورهای نمک را بر جای می گذارد، می باشد. اغلب اوقات اینگونه شوره در طول یک سال بدون برجای گزاردن اثر تخریبی

خود بخود از بین می رود. در کارهای آجری خارج از ساختمان و در محیط هایی که مرتباً مرطوب و خشک می شوند، شوره هر زمانی می تواند ظهور کند. از این مهم تر شکل گیری نمک های متبلور شده در زیر پوسته ایجاد نمای آبله گون و یا پوسته شدن نما می کند.

برای برطرف کردن شوره و سطح شوره زده را با مخلوط ۲ تا ۴٪ آب و سرکه با کمک برس نرم پاک می کنند.

- لکه

سطح آجرکاری ممکن است در طول عملیات بنایی با ملات سیمانی یا آهکی که از ملات تازه بیرون می ریزد لکه بردارد. در هر دو صورت لکه باید با برس بدون آلوده کردن سایر سطوح تمیز شود.

ساختمان سازی در مناطق شهری کوچک

امروزه حجم زیادی از ساختمان سازی در مناطق شهری کوچک را خانه های یک تا دو طبقه آجری تشکیل می دهد. دیوار باربر این خانه ها (بدون هیچگونه تسلیح) ساخته شده است. تجزیه زلزله های گذشته نشان داده است که این ساختمانها پایداری چندانی در برابر زلزله ندارند و تقریباً در تمامی زلزله های گذشته برخی ناتمام این خانه ها تخریب گشته اند. در آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (آئین نامه ۲۸۰۰) ساخت این ساختمانها را بدون احتساب زیرزمین به دو طبقه مجزا محدود کرده است. معمولاً آجر رسی معمولی مقاومت خوبی در برابر عوامل خورنده ندارد. این عیبی است که اغلب در ساختمانهایی که از آجر در ساخت دیوار یا کرسی آنها استفاده شده است و در مجاورت آنها عوامل خورنده مانند آبهای دارای املاح مضر وجود دارد باعث آسیب پذیری ساختمان می شود. خوردگی تدریجی آجر بکار رفته در پای دیوار، ضخامت مؤثر آن را کاهش می دهد و آنرا آسیب پذیر می کند. این پدیده در ساختمانهای آجری ساخته شده در شهرها و روستاهای حاشیه خلیج فارس و دریای عمان و همچنین مناطقی مانند یزد و کرمان که آب آن املاح فراوانی دارد به چشم می خورد البته در این مناطق ملاتهای سیمانی بین لایه های آجرکاری نیز خورده شده و بر شدت آسیب پذیر شدن ساختمان می افزاید. ساختمانهایی نیز ساخته شده است که اتصال آنها با یکدیگر و ملات بسیار اندک است و مقاومت چندانی برای آنها در برابر زلزله پیش بینی نمی شود. البته یکی از معایب بزرگی که امروزه گریبان گیر صنعت ساخت و ساز کشور است و منشاء بسیاری از خرابیهاست. عدم دقت در ساخت ملات و با توجه به زمان مصرف آن می باشد. امروزه متأسفانه در ساخت ملاتهای سیمانی به نسبت اختلاط توجه نمی شود. از ماسه هایی استفاده می شود که مقدار زیادی گردوغبار روی آن نشسته، از آب گل آلود استفاده شده است، برای دستیابی به کارپذیری لازم در طول مصرف مرتب به آن آب می افزایند. شاید ساعتی از گیرش نهایی سیمان نیز گذشته باشد اما با آب را شل می کنند و به مصرف می رسانند.

در مقاومت دیوارهای آجری، دو مورد زیر نقش مهمی دارد:

الف- زنجاب کردن، بطوریکه اگر آجرها خوب زنجاب نشود، آب ملات را مکد و ملات اصطلاحاً می سوزد. البته اگر آجر نیز از آب اشباع شده باشد، دیگر ملات به آن به اندازه کافی نمی چسبد. همچنین در این صورت مقداری از آب آجر به درون ملات منتقل می شود و نسبت آب به سیمان در ملات افزایش می یابد و ضمن ضعف در پیوند، از مقاومت آن کاسته می شود. بدین منظور، پاشیدن آب کافی روی آجر با قراردادن آجر حدود ۲ دقیقه در آب کافی است.

ب) دوغاب ریزی روی دیوارهای آجری، که مقاومت دیوار را چندین برابر می کند. در تحقیقات بعمل آمده نشان داده شده است که مقاومت ضربه ای دیوار آجری می تواند تا حدود ۷۰ برابر افزایش یابد. البته ساختمانهایی نیز نیاکان ما ساخته اند که تا حدودی نکات آیین نامه های امروزی در آنها رعایت شده است و در طول زمان مقاومت خوبی از خود نشان داده اند. بعنوان مثال می توان به مسجدجامع بروجرد اشاره کرد که دیوارهای بلند آن با کلافهای چوبی تسلیح شده است. در هر صورت با توجه به زلزله خیزی اکثر نقاط کشورمان و تجربه زلزله های مکرر گذشته توصیه می شود دیوارهای آجری به صورت مسلح ساخته شوند. مسلح کردن دیوارهای آجری می تواند به صورتهای گوناگون صورت گیرد. استفاده از دیوار دوجداره آجری و قراردادن یک شبکه فولادی و دوغاب ریزی بین آن یکی از روشها می باشد. همچنین عبور دادن میلگرد از درون سوراخهای آجر و وصل کردن آنها به یکدیگر روش دیگری برای ساخت دیوارهای آجری مسلح است که در هر صورت برای طراحی و ساخت اینگونه اعضاء باید به آیین نامه های مربوطه رجوع کرد. علاوه بر این موارد از آجر در ساخت سقفهای تاق ضربی نیز استفاده می شود. در ساخت این سقفها نیز باید به اندازه دهانه و ملات گچ مصرفی توجه شود.

استفاده از آجر برای مصارف غیرسازه ای

امروزه از آجر به دلیل دسترسی آسان و... در ساخت اعضای پرکننده مانند تیغه ها بسیار استفاده می شود. متأسفانه در ساخت این دیوارها دقت کافی بعمل نمی آید و اغلب سطح دیوار تا حدود چند سانتی متر جابجایی دارد. برای رفع این عیب باید لایه ضخیمی از ملات روی آن اندود کرد که مشکلات بعدی مانند ترک خوردن و... را ایجاد می کند. دقت در چیدن این دیوارها می تواند تا حدود زیادی از هزینه های اضافی بکاهد. اگر دیوار آجری پرکننده به شیوه خوبی چیده شود و اتصال مناسبی به اعضای باربر داشته باشد هنگام زلزله نیز فرو نمی ریزد.

استفاده از آجر در نماسازی

امروزه استفاده از آجر در نماسازی بسیار گسترش یافته است تولید آجر و پلاک با ابعاد مختلف و رنگهای متنوع و همچنین سازگاری با فرهنگ ایران و داشتن جلوه زیبا سبب استفاده روزافزون از نماهای آجری شده است. از انواع طرح های مختلف می توان در ایجاد نمای آجری استفاده کرد. در میان این طرح ها، اتصالات راسته - راسته را می توان نمای سنتی ایران به حساب آورد، زیرا در زمانهای گذشته آجرها به شکل مربع تولید می شدند.

هنگام ساخت نماهای آجری باید در ترازبودن آجرها و در یک امتدادبودن بندها اطمینان حاصل کرد. ایجاد اتصالات کافی بین دیوار زیرکار و نمای آجری و همچنین بین آجرهای نما در رجهای افقی و عمودی موضوع بسیار مهم دیگری است که در ساخت و ساز اغلب به آن توجه کافی نمی شود. اتصالات مناسب بین سطح زیر کار و دیوار نمای آجری را می توان به شیوه های زیر تأمین کرد:

- استفاده از میله های فولادی U یا T شکل و قراردادن آنها بین کار

- همزمان چیدن دیوار نما و پشت کار و قراردادن آجرها به صورت کله و راسته در کنار یکدیگر
- پیش بینی فضاهای خالی در دیوار پشت کار و قراردادن سر آجرهای نما هنگام نماسازی درون آنها.

به هر صورت اتصالات باید در فواصل مناسب، ایجاد شود و در صورت استفاده از فولاد در ایجاد اتصالات، دقت شود از جنس زنگ نزن باشد یا روی آن با رنگهای ضدزنگ پوشیده شود. این موضوع در مناطق مرطوب اهمیت بیشتری پیدا می کند. اگر نمای آجری اتصال مناسبی با سطح زیر کار نداشته باشد، هنگام زلزله ممکن است فرو ریزد. نماهای آجری ممکن است در طول زمان کثیف شوند که باید در فواصل کمتر از ۵ سال نمای آنها را به روشهای متداول مانند ماسه پاشی یا استفاده از شوینده های شیمیایی تمیز کرد.

آجرهایی که در معرض عوامل جوی هستند بر اثر رطوبت ممکن است شوره بزند یا روی آنها جلبک و گیاهان دیگر رشد کند، که در این مورد نیز با تهمیدات خاص نسبت به برطرف کردن این معایب اقدام کرد.

تقسیمات آجر

به علت تقسیم پذیری قطعات آجر اشکال جدیدی به شرح زیر در کارگاه قابل تهیه می باشد:

- نیمه: چون آجرهای امروزی از نظر ابعاد حدوداً نصف آجرهای ختایی که در اوایل قرن به ابعاد حدودی ۲۵۲۵ ۵ سانتی متر در سرتاسر ایران تولید و به مصرف می رسیدند می باشند، به آجرهای امروزی نیمه می گویند.
- چارک: اگر آجر را از طول به دو نیمه مساوی قسمت کنیم به هر قسمت یک چارک می گویند.
- کلوک: اگر آجر را از طول به چهار قسمت مساوی قسمت کنیم به هر قسمت یک کلوک می گویند.
- سه قدی: سه چهارم طول آجر را یک سه قدی می خوانند.
- قلمدانی: اگر آجر را از عرض در جهت طول به دو نیمه مساوی قسمت کنیم به هر نیمه یک قلمدانی یا گلدانی می گویند.
- کلاغ پر: اگر از آجر منشوری که یک وجه آن یک عرض و وجه دیگر آن نصف طول آجر باشد جدا کنیم به باقی مانده کلاغ پر می گویند.
- الماسی: اگر از آجر دو منشور مساوی و متساوی الساقین که هر وجه آنها نصف عرض آجر باشد به طور قرینه از عرض آجر جدا کنیم آجر الماسی به دست می آید.

مصرف تکه آجر در قسمتهای درونی و پشت کار و نیز در مکانهایی که مصرف آجر درست مقدور نباشد و یا جزئیات معماری و نماسازی ایجاب نماید مجاز می باشد.

انواع آجر رسی

- آجر فشاری: این نوع آجر که معمولاً در سفت کاری و زیرکاری ساختمان به کار می رود به روش دستی تهیه می شود.
- آجر سفالی: این دسته از آجرهای رسی از نظر ساخت، شکل و رنگ و مشخصات فنی در نهایت دقت تهیه می گردند و بسته به شکل آنها در نقاط مختلف ساختمان استفاده می شوند. به علت جذب کم آب در آجرهای سفالی به منظور چسبندگی مناسب با ملات انواع سوراخ دار آنها را مورد استفاده قرار می دهند. به علت سطح یکپارچه و یکنواخت آنها برای نمای آجری، نوع سفالی پیشنهاد می شود.

این نوع آجرها از نظر شکل و ابعاد بسیار متنوع می باشند و انواع مختلف آنها برحسب شکل در نقاط مختلف ساختمان استفاده می شوند. از جمله خواص دیگر آجرهای سفالی توخالی سبکی آنها است که خود باعث بالا رفتن سرعت کار نیز می شود.

- آجر قزاقی: این نوع آجر با کیفیت خوب و رنگ سفید تهیه می شود و با توجه به مشخصات مطلوبش در نمای ساختمان استفاده می شود.

- آجرهای قدیمی: این نوع آجرها در قطعات بزرگتر از استاندارد امروز ساخته می شدند. علی رغم اینکه به روش دستی تهیه می شده اند ولی دارای مشخصات عمومی بهتری نسبت به تولیدات امروزی بوده اند. آجر نظامی به ابعاد ۵۵۰×۵۰ و آجر ختایی به ابعاد ۲۵۰×۲۵ (سانتی متر مکعب) از این گروه می باشند که با توجه به قطور بودن دیوار، آنها سرعت کار را بهبود می بخشیدند.

- آجرهای لعاب دار: هنر لعاب کاری و استفاده از آجرهای لعاب دار در نمای ساختمان به منظور زیبا نمودن آن و افزایش مقاومت در برابر عوامل فرسایش و هوازدگی از دیر زمان در معماری ایران متداول بوده است. بافت صاف صیقلی آنها مانع از نفوذ آب به درون آجر می شود و به این ترتیب سالیان طولانی در برابر مواد شیمیایی پایداری می نمایند. زمان لعاب کاری آجرها معمولاً در انتهای مرحله خشک کردن می باشد. لعاب کاری سرامیکی به این صورت است که پوششی از یک ترکیب مواد معدنی روی یک یا چند سطح آجر پاشیده می شود، لعاب حل می شود و در یک دمای مشخص در آجر نفوذ می کند. پس از پختن، حاصل کار یک پوشش کاملاً صیقلی است که رنگ آن برحسب نوع ترکیب ماده معدنی می باشد. انتخاب مواد اولیه در تولید آجر لعاب دار از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در صورت عدم انتخاب مناسب لعاب چنانچه ضریب انبساط و انقباض آن با آجر متفاوت باشد، سطح لعاب به سرعت، ترک برمی دارد و ظاهر زشتی به وجود می آید.

آجرهای نسوز

یک گروه از تولیدات رسی فرآورده های نسوز می باشند. خطوط تولید در صنایع سنگین و سبک بی نیاز از بخش کوره و حرارت دهی نیستند. آجرهای نسوز به عنوان بخش غیرقابل حذف کوره ها به عنوان آستری مقاوم، ساختار کوره را در مقابل حرارت زیاد حفظ می کنند. مواد اولیه و روند تولید آجر نسوز برحسب محل مصرف، حرارت کوره، محیط شیمیایی، فشار و سایش و تغییرات درجه دما متغیر است و با حداقل مواد گدازآور انتخاب می شوند. بنابراین خواص نسوزها عبارت است از:

- مقاومت حرارتی: نسوزها باید بتوانند حداقل ۱۵۸۰ درجه سانتیگراد را در محیط شیمیایی و مکانیکی کوره تحمل کنند و شکل و ظاهر خود را از دست ندهند.

- ضریب انبساط و انقباض اندکی داشته باشند.

- مقاومت شیمیایی: ترکیبات موجود در کوره و نوع سوخت محیط شیمیایی خاصی را در حرارت بالا ایجاد می کند که نسوزها باید پایداری لازم را در برابر آنها داشته باشد.

-مقاومت مکانیکی: حجم کوره، نوع بارگیری، ضربات وسایش ناشی از خردشدن و ذوب اجسام در داخل کوره باید توسط پوشش نسوز تحمل شود.

-ترد نباشد، ترک نداشته باشد و همچنین ظاهر آن دقیقاً برابر مشخصات موردنظر باشد.

- ملاتی که برای چیدن جداره های نسوز انتخاب می شود براساس حرارت کوره با ضریب انقباض و انبساط مشابه آجر نسوز و از مواد نسوز انتخاب می شود.

آجرهای ماسه - آهکی

آجرهای ماسه-آهکی که از دیدگاه علمی براساس مواد تشکیل دهنده به آنها «آجرهای سیلیکات کلسیمی» نیز می گویند در سال ۱۸۶۶ م. اختراع شده اند و مصالح بکاررفته برای ساخت آنها شامل آهک و ماسه سلیسی می باشد و در شرایط فشار و بخار شکل می گیرند. و به صورت قابل توجهی در شکل، مقاومت، اندازه، رنگ و بافت یکسان می باشند (تصویر شماره ۱۶) در شرایط عادی، مقاومت، سختی و دوام آجرهای ماسه آهکی برای تقریباً کلیه مصارف مناسب می باشند؛ ولی آنها نباید در محیط های اسیدی و یا نمک های محلول قوی قرار گیرند. مقاومت در برابر آتش در این نوع آجرها را می توان با مقاومت آجرهای رسی برابر دانست. ضریب هدایت صوت و حرارت از ضخامت دیوار نیز تقریباً با آجرهای رسی با چگالی مساوی برابر است. آجرهای ماسه آهکی نمک های محلول همراه خود ندارند، لذا عکس العملی که آجرهای رسی به همین علت به شکل شوره و عدم چسبندگی ملات و اندود و حمله سولفات های درون سیمان پرتلند از خود نشان می دهند، در آجرهای ماسه آهکی بروز نمی کند.

برخلاف آجرهای رسی تازه که میل به انبساط دارند، آجرهای ماسه آهکی در هنگام خشک شدن منقبض می شوند و این نکته در هنگام طراحی بمنظور جلوگیری از ترک خوردگی باید مدنظر قرار گیرد.

در مجموع آجرهای ماسه آهکی و مشخصات مشابهی با آنچه در مورد آجرهای سفالی گفته شد پیدا می کنند. ولی محدودیتهایی را نیز به همراه دارند. به علت تأثیر بیشتر آب بر این نوع آجرها نسبت به نوع رسی استفاده از آنها در پی سازی و کرسی چینی توصیه نمی شود. بدلیل آنکه تداوم تماس با حرارت مستقیم و زیاد موجب دی هیدراته شدن هیدروسلیکات کلسیم می شود، برای پوشش داخلی کوره ها مناسب نیستند؛ ولی از نظر اجرایی این نوع آجرها بسیار ریزتر از آجرهای سفالی می باشند.

آجر سیمانی

آجر سیمانی به کمک سیمان، شن و ماسه ساخته می شود و از نقطه نظر خواص و مشخصات فنی برابر بلوک های بتنی هستند. آجرهای سیمانی در اشکال و اندازه های مختلف ساخته می شوند و روند تولید آنها نیز مشابه بلوک های بتنی است. آجرهای نسوز در واقع نوعی چینی هستند که از خاکهای نسوز تهیه می شود چینی نوعی سرامیک مرغوب است که دارای ساختاری ظریفتر و متراکمتر از سفال هستند دمای پخت آجرهای نسوز حدود می باشد.

از آجرهای نسوز بدلیل مقاومت حرارتی بالا در پوشش درونی کوره های صنعتی استفاده می شود. آجرهای نسوز انواع مختلفی دارد با توجه 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.

انواع آجرهای نسوز

آجرهای سیلیسی

قسمت عمده این آجرها را خاکهای سیلیسی که به کوارتزیت معروف است تشکیل می دهد کوارتزیت شامل به مقدار جزئی و می باشد. از این آجرها در گذشته برای پوشش جدار درونی کوره ها فولادسازی استفاده می شد.

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

آجرهای آلومینیومی

این آجرها دارای درصد بالایی از آلومین می باشند. آنها را از مخلوط کائولن، بوکسیت و کروندوم که بیش از ۷۰٪ آلومین دارد. تهیه می کنند دمای پخت این آجرها در حدود می باشد. آجرهای نسوز آلومینیومی برای پوشش جداره درونی کوره ها ذوب فولاد مصرف می شوند. در مقابل موادی قلیایی مقاومند. بنابراین از آنها برای پوشش جداره درونی کوره های سیمان سازی و شیشه سازی هم استفاده می شود.

آجرهای نسوز قلیایی

این آجرها شامل اکسید منیزیم و اکسید سیلسیم به فرمول، می باشند. برای تهیه اکسید منیزیم کربنات منیزیم طبیعی (ماگنریت) یا دولومیت را در دمای بین تا حرارت می دهند. اضافه کردن مقداری اکسید کروم (III) یا اکسید آهن (III) به مخلوط و باعث افزایش مقاومت گرمایی آجرهای نسوز قلیایی می شود. از این آجرها برای پوشش جدار درونی کوره های باز در فولادسازی، کوره های دوار در کارخانه های سیمان سازی، و در قسمتهای بالای کوره های ذوب شیشه و صنایع فلزات غیرآهنی استفاده می شود.

آجرهای نسوز ویژه

این آجرها نوع خاصی از آجرهای سوم هستند و در صنعت برای منظوره های ویژه ای کاربرد دارند این آجرها از ترکیبات فلزات و اسطه می شوند. متداولترین آجرهای این گروه عبارتند از:

آجر زیر کونیم

این آجر از سولفات زیرکونیوم طبیعی با افزودن مقدار کمی آلومین به کوارتز تهیه می شود. بیشترین کاربرد آن در ساختن کوره ذوب آلومینیوم کوره مخزن شیشه مذاب و کوره های دارای دمای بالا می باشد. همچنین از ذوب سولفات زیرکونیوم با آهک ناخالصی آن به همراه سیلیکات کلسیم جدا می شود و می توان اکسید زیرکونیوم (خالص بدست آورد. با افزودن مقدار ۵ درصد وزنی از یا بلورهای مکعبی آن تشکیل می شود.

آجر اکسید کروم - کوروندوم

این آجرها دارای ۵ تا ۱۰ درصد اکسید کروم I,II 90 تا 95 اکسید آلومینیوم هستند در مقابل موادی قلیایی مقاوم هستند. از این نوع آجر برای ساختن بخش درونی کوره بلند ذوب آهن استفاده می شود.

آجرهای اکسید کروم

دارای 95 درصد می باشد. برای تهیه آن از سنتزی استفاده می شود. این نوع آجر در ساختن کوره ذوب خمیر شیشه مخزن در صنعت شیشه سازی مصرف دارند.

آجر مقاوم در برابر برش عرضی ناشی از زلزله

زلزله به ساختمانهای گوناگون خسارتهای متفاوتی وارد می‌سازد مهمترین عوامل مؤثر در آسیب پذیری ساختمانها در هنگام بروز زلزله که می‌توان به آنها اشاره نمود عبارتند از:

وزن زیاد ساختمان مقاومت کم، مصالح در برابر کشش و برش، فقدان بهم پیوستگی کامل اجزای ساختمان، ضعف، اتصالات و... تمامی این عوامل را می‌توان در بررسی ساختمانهای زلزله زده کشورمان از جمله ساختمانهای شهرهای منجیل، اردبیل، بجنورد، و... مشاهده نمود.

برای جلوگیری از بروز موارد فوق، باید تغییراتی در اجزایی که در ساختمان سازی نقش دارند بوجود آورد تا بتوان ساختمان را در مقابل زلزله مقاوم ساخت. یکی از این اجزاء آجر و یا هر نوع مصالح مکعبی شکل است که در ساختمانها استفاده می‌شود. آجر از مصالح مهم ساختمان و ساختمان سازی می‌باشد، بخصوص با توجه به ساختار ساختمانهای آجری موجود در ایران، باید این مسأله را مدنظر داشت که خسارتهای ناشی از زلزله بیشتر متوجه اینگونه ساختمانها می‌باشد. با توجه به موارد فوق یک مدل آجر طراحی و ساخته شده است که بتواند از بروز ضعفهای ذکرشده که مهمترین آنها عدم بهم پیوستگی اجزای آجر پست جلوگیری نماید.

توزیع نیروهای زلزله

در ساختمانهای آجری دیوارها به دو دسته تقسیم می‌شوند دیوارهای برشی و دیوارهای عرضی، دیوارهای برشی موازی جهت حرکت پی هستند(ناشی از حرکت زمین به هنگام زلزله) و دیوارهای عمود به این جهت را دیوارهای عرضی می‌نامند. اصلی ترین عنصر لرزه گیر در هر ساختمان آجری، دیوارهای برشی آن می‌باشند که سرانجام باید بارهای افقی و قائم حاصل از کلیه اجزای دیگر را به زمین منتقل کنند. علاوه بر این سقف نیز باید یکپارچگی خوبی داشته باشد تا نیروهای وارده را به دیوارهای برشی انتقال دهد.

حالتهای شکست

شکست دیوارهای برشی و عرضی اصلی ترین حالتهای شکست را تشکیل می‌دهند. چون در ساختمانهای آجری سقف بر دیوارها تکیه دارد و با سقوط دیوار احتمال در هم ریختن کل ساختمان وجود دارد لذا ناپایداری دیوارها با می‌توان بمنزله ناپایداری کلی دانست اما شکست دیوارهای عرضی معمولاً با خسارات کمتری همراه است ولی در هر صورت دیوارهای برشی را در هر دو جهت ساختمان اجرا می‌کنند.

شکست دیوارهای برشی

دیوارهای برشی تحت نیروی جانبی دارای دو نوع شکست می‌باشد:

الف) شکست خمشی

ب) شکست برشی

پایه های پهن به حالت برشی و پایه های باریک به حالت خمشی می‌شکنند.

الف) شکست برشی، شکست برشی با ترکهای مایل (قطری) همراه است و به سبب دوطرفه بودن نیروی زلزله این ترکها به دو صورت ضربدر ظاهر می شوند.

ب) شکست خمشی، بهنگام زلزله، دیوار متناوباً بر روی پنجه پاشنه خم می شود و چنانچه نیروی زلزله به نیروی قائم چیره شود، جابجایی از حد کشسان می گذرد و دیوار واژگون می شود.

شکست دیوارهای عرضی

دیوارهایی که بر جهت زلزله عمودند به سبب نیروی حاصل از زلزله مانند دال تختی که بر چهار تکیه گاه قرار گرفته باشد) زمین و سقف و دو دیوار برشی) تحت خمش قرار گرفته و خطوطی مشابه خطوط تسلیم دالها در آنها پدید می آید. در صورتیکه فاصله دیوارهای برشی عمود به این دیوارها زیاد باشد خمش عمدتاً بین سقف و زمین انجام شده ترکهای خمشی در امتداد افقی ظاهر می شوند.

دلایل انتخاب این مدل آجر

یک اصل اساسی که در کار طراحی لرزه ای (طرح سازه در مقابل زلزله) وجود دارد. این است که حتی المقدور از عناصری که وزنشان به سازه تحمیل شده است برای بالابردن مقاومت استفاده شود. بطوریکه نسبت مقاومت به وزن سازه (k/w) هر قدر ممکن است بیشتر شود.

دلیل این امر روشن است زیرا عناصری که وزن قابل توجهی دارند به همان میزان نیروی زلزله را افزایش می دهند و در مقابل اگر نقشی در باربری و لرزه ای نداشته باشند سازه را در مقابل زلزله ضعیف خواهند کرد. با توجه به وزن زیاد دیوارها و نیز نقش بسیار چشمگیر آنان در افزایش مقاومت جانبی سازه کاملاً منطقی می نماید که دیوارها در طراحی لرزه ای بکار گرفته شوند. با توجه به مسائل ذکر شده تصمیم گرفته شد که با ایجاد تغییر شکل در آجرها که شکل ساده ای دارند این نقایص رفع می شوند. پس از بررسی های دقیق و همه جانبه از لحاظ مراحل مختلف تولید آجر (به صورت صنعتی و سنتی) و همچنین مراحل مختلف اجرای انواع دیوارها که مهمترین اساس و محور کار می باشند این نتیجه حاصل می گردد که آجر تغییر شکل یافته باید جوابگوی این نیازها باشد. لذا تغییرات مختلفی را در شکل آجر بوجود آورده و مسایل فوق در آن مدلها مورد بررسی قرار گرفت تا اینکه به شکل مورد نظر رسیده و تصحیحات نهایی اصلی روی آن نمونه ایجاد شد. یکی از عوامل اصلی در انتخاب این مدل آجر، حذف معایب موجود در آجرهای معمولی می باشد که لازم است به ذکر آنها پرداخته شود.

معایب موجود در مصالح آجری

آجر با توجه به وجود مزایایش از لحاظ کاربرد گسترده آن در ساختمان سازی دارای معایبی نیز می باشد که باید در نظر گرفته شود. رفتار ایزوتوپ، ناهمگنی، غیرخطی بودن و صفحه ای بودن اجزای سازه های آجری پیچیدگی خاصی را در این نوع مصالح ایجاد کرده است. همانطور که ذکر شد یکی از مهمترین این معایب صفحه ای بودن اجزای سازه ای آجری می باشد که نسبت به دیگر معایب می توان تا حدودی روی آن کارکرد و این مشکل را رفع نمود. لذا در طراحی این مدل آجر مورد نظر را در نظر داشته و تغییر فرم به صورتی انجام گرفت تا این عیب رفع شود با توجه به نحوه قرارگیری این آجرها و در گیرشدن آنها با همدیگر از نظر فعل و پست شدن قسمتهای مختلف آجر با هم (از ردیف پایین تا بالا). چنین به نظر می رسد که تمام آجرها را

پایین ترین سطح تا بالاترین سطح با هم درگیر شده و امکان جابجایی و جدای هیچکدام از آجرها وجود ندارد و با هماهنگی و یکپارچگی بیشتری نسبت به دیوارهای آجری قبلی عمل می نماید.

نتیجه گیری

با بررسی عملکرد زلزله های گذشته می توان دریافت که قطع ضعف دیوارهای آجری عمدتاً فصل مشترک آجر و ملات می باشد بخصوص با توجه به اینکه این فصل مشترک تشکیل صفحات افقی داده و بستر مستعدی را برای آسیب رسانی در هنگام زلزله فراهم می سازد. بمنظور رفع این نقیصه، در این طرح، صفحه افقی ضعیف فوق الذکر تغییر اساسی یافته است. به بیان روشن تر، دیگر صفحه پیوسته فصل مشترک آجر و ملات وجود نداشته، متناوباً آجر این صفحه را قطع می نماید. نتیجتاً ظرفیت برشی دیوار افزایش می یابد. در طراحی این آجر سعی شده است نکات اجرایی و سهولت اجرای دیوارها نیز ملحوظ شده با کمترین اتلاف آجر چینی انجام پذیرد. لازم به ذکر است که نمونه های این مدل از جنس و مصالح دیگر مانند سیپورکس و اینوتنگ ساخته شده است که دلیل آن نیز سبکی و راحتی در هنگام کار می باشد که مشغول انجام آزمایشات مربوطه بر روی نمونه ها می باشیم.

منابع

۱. آجر و نقش، نوشته محمود ماهر نقش، ۱۳۹۳
۲. مصالح و ساختمان، سام فروتنی، ۱۳۹۴
۳. فصلنامه، تخصصی بنیاد مسکن و انقلاب اسلامی آجر رسی محمدحسین ملجودی اردکانی، ۱۳۹۵
۴. نشریه عمران شریف، آجر مقاوم در برابر برش عرضی ناشی از زلزله، محسن نوبهاری، ۱۳۹۴