



چگونگی‌های شکل‌گیری و تکامل آجر در معماری ایرانی (ساختمان فیزیکی - شیمیایی آجرها)

الهام خواجه نوری^{۱*}، محمد منصور فلامکی^۲، مینا کبودرآهنگی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه هنر و معماری، تهران، ایران

۲- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، گروه هنر و معماری، تهران، ایران

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه هنر و معماری، تهران، ایران

*Elham.Khajehnouri@gmail.com

ارسال: فروردین ماه ۹۶ پذیرش: تیر ماه ۹۶

چکیده

این مقاله به بررسی چگونگی شکل‌گیری و روند تکامل آجر در معماری ایران می‌پردازد. بدین طریق که خواص فیزیکی و شیمیایی آجر و عناصر ساختمانی آجری که در پاسخ به نیازهای استایتیکی در معماری ایران، شکل گرفته‌اند و تکامل یافته‌اند را با هدف مرور و جمع‌بندی، بینان داشت آجر ایران، به منظور احیای دوباره آجر در معماری معاصر ایران، مورد بررسی قرار می‌دهد؛ چراکه، بازشناسی رفتار استایتیکی آجر، چنان‌که باید، موضوع مورد پژوهش قرار نگرفته است تا جایی که بتوان به گونه‌گونی‌های استقرار این ماده ساختمانی در شالوده معماری‌های مدرن پرداخت. بدین ترتیب مقاله به بررسی چگونگی روند تکاملی آجر و یافتن بن‌بست‌ها و پاسخ‌هایی که تا پیش از این نیاکان ما با آن مواجه شده بودند، چه به لحاظ فیزیکی و شیمیایی و چه به لحاظ ساختاری که منجر به شکل‌گیری انواع طاق، گوشواره و گردش، می‌پردازد؛ تا بلکه وزن امیدی را برای تلاش‌های آینده در این مقوله بگشاید؛ و آنچه که در این مسیر روشن شد، آن بود که، در مقوله استحکام بناهای خشتو و آجری به دو راه اصلی بیش از هر چیز توجه می‌شود: اول: تقویت ساختار فیزیکی و شیمیایی خشت و آجر، برابر افزایش مدول الاستیسیته‌اش، دوم: تقویت ساختار استایتیکی بنا، از طریق مجاور کردن خشت‌ها یا آجرهای موجود با عناصر ساختمانی نو.

کلمات کلیدی: آجر، معماری ایرانی، ساختار فیزیکی، ساختار شیمیایی، عناصر ساختاری.

۱. مقدمه

«آجر قدیمی ترین ماده مصنوعی ساختمان است و منشأ خاکی دارد زیرا آجر جز ناچیزی از خاک است» [۱]. آجر به عنوان اصلی ترین ساختهای مورد استفاده در معماری ایران از گذشته‌های دور مطرح بوده، در ۵۰۰۰ سال ق.م در تپه سیلک آثاری از آجرهای پخته شده به وسیله حرارت خورشید دیده می‌شود. استفاده از آجر پخته شده برای نخستین بار توسط بابلی‌ها در ۴۰۰۰ ق.م قابل مشاهده است. تقریباً همزمان با ساخت آجر در بابل، کوره‌هایی که از پختن آجر در مناطق شوش و سیلک دلالت می‌کند، در ایران پیدا شده است. سوابق تاریخی نشانگر آن است که ساکنان نواحی خوزستان و یا بین‌النهرین، نخستین اقوامی بودند که به این

موفقیت دست یافتند (کشف و استفاده از آجر) و احتمالاً نخستین تجربه‌های خود را در کف اجاق‌هایشان مشاهده کردند و پختن و سخت شدن گل زیر آتش را با خاطر سپردمند [۲]. به کار بردن مستمر و گسترده آجر در معماری دوران بعد از اسلام ایران، موجب گردید تا مدول معماری ایرانی چه از نظر تناسب‌ها چه از نظر استاتیکی تحت تأثیر قرار گیرد [۲].

حال در سرزمینی که «آفرینش معماری، در عالم تجربه‌های پی در پی و سنجیده معماران محلی» صورت می‌گرفته و «معماران تلاش می‌کرده اند تا نکته‌ای نو را بر یافته‌های پیشین خود بیفزایند ... تا برای کسی میسر نباشد که بر آثارشان مهر تکرار بزند» [۳]. آجر و فن اجرایش که ایرانیان آن را به حد اعلا رسانیده بودند در حال فراموشی و کم رنگ شدن است به طوری که اگر این متوا ادامه یابد از مصالحی که قرن‌ها سنجیده و آزموده شده و جایگاه اش را در معماری ایران با وجود تنوع اقیمی و محدودیت‌هایی چون کمبود چوب و انتقال حرارت بالای سنگ یافته بوده، چیزی جز نام و نقشی در تاریخ باقی نخواهد ماند.

اهمیت مسئله با شناخت ویژگی‌های آجر پر رنگ‌تر می‌شود؛ آنجا که بدانیم:

- «خشت و آجر به عنوان نزدیک‌ترین مصالح ساختمانی دست‌ساز آدمی به طبیعت به شمار می‌آید که به بیشترین میزانی که می‌توان توقع داشت به میدان معماری آمده است.... چنان‌که می‌توان دریافت توجه به خشت و آجر، زاده خاستگاه‌هایی متفاوت است که طیفی از ارزش‌ها را دربرمی‌گیرد که شاخصه‌های اصلی آن عبارت‌اند از: تاریخی - هنری - معماری - فنی» [۳].
- انقباض و انبساط آجر در برابر گرما و سرما به گونه‌ای است که از پدید آمدن ترک در ساختمان جلوگیری می‌کند.
- آجر در برابر بسیاری از ساختمایه‌های دیگر از نیروی ذخیره گرمایی بیشتری برخوردار است. از این‌رو کاهش و افزایش (نوسان) دمای درون ساختمان آجری کم است و با نیاز کمتری به ابزارهای گرمایزا و خنک‌کننده می‌توان هوای درون را معتل نگه داشت [۴].
- آجر به دلیل ویژگی‌هایی که دارد است در همه بخش‌های ساختمان، از پی گرفته تا جزء‌ها، ستون‌ها، دیوارها و آسمانه، هم برای استخوان‌بندی و هم برای آذین‌بندی استفاده می‌شود [۴].
- خشت و آجر علاوه بر عایق حرارت، عایق صوت و رطوبت نیز هستند [۳].
- فولاد، مصالح بنایی و بتن در معرض آتش معمولی نسوزند ولی چوب می‌سوزد [۵].

از این‌رو بنا بر ویژگی‌های ارزنده بیان شده «مانع خواهیم آجر را فقط به عنوان ماده ساختمانی ای متعلق به گذشته بدانیم، بل نیاز داریم که آجر را به مثابه چیزی که امروز نیز می‌توانیم به کارش ببریم، بگیریم و آن را در تجربه‌های روزمره مان مداخله بدهیم» [۲]. از آن‌جا که در سازه یک (بنای آجری)، از یک سو جنبه‌های فیزیکی آجر مانند فشارها و برآورد نیروها را باید در نظر گرفت (قابلیت تحمل نیروی فشاری آجر بسیار بیشتر از قابلیت تحمل نیروی کششی است) و از سویی دیگر جنبه شیمیایی آن مطرح است، زیرا عوامل طبیعی مانند باران و فعل و انفعالاتی که در اثر سرما و گرمای پدید می‌آید، سبب تغییر شکل آجر شده و در نتیجه تزینات بیرونی نمای آجری را متعیوب و کار هنرمند را مخدوش می‌کند [۲].

از این‌رو می‌خواهیم پس از بررسی اجمالي، در مورد پیشنه تکاملی آجر و سیر تاریخی بنای‌های آجری در ایران به عنوان سازه ای محکم، بادوام، ارزان و مقرن به صرفه که طی قرون متعدد نقش یک عنصر واحد و کامل را در معماری ایران ایفا کرده است؛ راز نهفته در خواص فیزیکی و شیمیایی این مصالح ساده اما گرانقدر را بشکافیم و چراً تحقق عناصر ساختاری که در پاسخ به کاستی‌های استاتیکی این ساخت مایه، به زیباترین و متنوع‌ترین شکل تحقق یافته‌اند را بررسی نماییم.

اخذ اطلاعات اولیه این پژوهش بنیادی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اطلاعات ثانویه آن با مطالعات میدانی، پیمایشی و همبستگی صورت گرفته است بنابر این داده‌های مختلف جمع‌آوری شده و به روش تحلیلی توصیفی بررسی شده‌اند.

گرچه راجع به تاریخ هنر و معماری اسلامی ایرانی کتاب‌های متعددی نگاشته شده، که از مهمترین مراجع در زمینه معماری می‌توان به مطالعات گدار، پوپ و هیلن براند اشاره نمود. اما با توجه به قدمت و وسعت دامنه کاربرد آجر در معماری ایران تحقیقات انجام شده به طور خاص در این زمینه (آجر در معماری ایرانی) مختصر است و نیاز به همت و مطالعات بیشتری دارد؛ به طوری که جای خالی مطالعاتی که آجر را به عنوان یک عنصر واحد و کامل در معماری ایرانی به خصوص از لحاظ ایستایی و آنچه که چنین جایگاهی را در پیمون معماری ایرانی به آن داده بوده؛ برای احیای دوباره‌اش به شدت احساس می‌شود. بخشی از آخرین مطالعات انجام شده در این باب، می‌توان به مطالعات مرحوم محمود ماهرالنقش در سال ۸۱ در کتاب میراث آجر کاری ایران اشاره نمود که مجموعه‌ای از تصاویر نقوش آجر کاری ایران و روش ترسیم آنها را به تصویر کشیده است و پیشتر از آن به مطالعات دکتر غلامرضا نعیما در کتاب دزفول شهر آجر اشاره نمود که به طور خاص به بررسی الگوهای خون‌چینی دزفول پرداخته، که حدود دو دهه از آخرین انتشار آن می‌گذرد. از پژوهش‌های جدی راجع به آجر می‌توان به تحقیقات دکتر محمد یوسف کیانی و دکتر پرویز ورجاوند اشاره نمود که با توجه به باستان‌شناس بودن محققین جای مطالعات جدی معماری مثل ایستایی آجر همچنان خالی مانده است. از دیگر پژوهش‌های جدی در زمینه آجر، به صورت کلی می‌توان به مطالعات مهندس مهرداد اهری در کتاب آجر و مطالعات بسیار ارزشمند دکتر احمد حامی در کتاب مصالح شناسی اشاره کرد که آجر را به لحاظ شیمیایی به صورت کامل مورد مطالعه قرارداده. آنچه که در همه این تحقیقات مشترک است گذشت زمان زیاد از آخرین انتشار و خالی بودن مطالعات به صورت خاص روی آجر ایرانی بلاخصوص از زاویه ساختار فیزیکی - شیمیایی و تنوع عناصر ساختاری می‌باشد گرچه دکتر حسین زمرشی در مطالعات خود به خصوص در کتاب اجرای ساختمان با مصالح سنتی گام مهمی در زمینه فن شناسی معماری ایرانی برداشته و مهندس بهرمان تلاشی برای از سرگیری این مطالعات در مقاله آجر در دهه گذشته نمود اما همچنان نیاز به مطالعات گسترده‌تر در این باب احساس می‌شود. مطالعات جدی‌تری که روی خود عنصر آجر در معماری ایرانی از زوایای مختلف تمرکز نماید.

۲. چگونگی‌های شکل‌گیری و تکامل آجر در معماری ایرانی

چنان‌که پیش‌تر گفته شد؛ در سازه یک بناء(بنای آجری)، از یک سو جنبه‌های فیزیکی آجر مانند فشارها و برآورد نیروها را باید در نظر گرفت (قابلیت تحمل نیروی فشاری آجر بسیار بیشتر از قابلیت تحمل نیروی کششی است) و از سویی دیگر جنبه شیمیایی آن مطرح است، زیرا عوامل طبیعی مانند باران و فعل و انفعالاتی که در اثر سرما و گرمای پدید می‌آید، سبب تغییر شکل آجر شده و در نتیجه تزئینات بیرونی نمای آجری را معیوب و کار هنرمند را مخدوش می‌کند [۲].

آجر مصالحی ارزان و در دسترس که قدیمی‌ترین و در عین حال، تزدیک‌ترین مصالح ساختمانی ساخته‌ی دست بشر، به طبیعت بوده است[۳]؛ در طی قرون متمادی به رغم وزن سنگینش معمار ایرانی حاضر به کنار گذاشتنش نبوده است و هرچا که، معمار با محدودیتی از جانب این ساخت‌مایه مواجه می‌شده؛ با چنان خلاقیتی این محدودیت را در نهایت زیبایی پاسخ می‌گفته که در برخی مواقع موجبات تحریر بیننده؛ حتی در عصر علم و تکنولوژی معاصر را فراهم می‌کند. در واقع معمار، با یافتن پاسخی در خور به زیباترین نحو، محدودیت‌های مصالح در دستش را به فرصت‌هایی برای نمایش توان و مهارت خود تبدیل می‌کرده است[۴]. از این رو می‌خواهیم راز این دلیستگی و تکامل را در این نوشتار پی‌جوییم. پس برای فهم بهتر مسئله در ابتدا مختصراً به ریشه‌یابی کلمه آجر و تاریخچه و ترکیبیش می‌پردازیم:

۱.۲ آجر

«برای ساختن آجر، گل می‌سازند، با گل خشت می‌زنند (به گل شکل می‌دهند) و خشت را می‌پزند»[۷]. آجر واژه ایست بابلی، نام خشت نوشته‌هایی بوده است که بر آنها فرمان، منشور، قانون و جز اینها را می‌نوشتند. سومری‌ها و بابلی‌ها، برای ساختن خشت، پس از فرو نشستن سیل، گل خمیری را از کنار رودخانه‌ها به دست می‌آوردن. پختن آجر هم‌زمان با پیدایش آتش اختراع شد. بشر، نخستین بار از پختن گل دیواره‌های اجاق پی به خاصیت آجر برد. پیشینه آجرسازی در میان‌رودان (بین‌النهرین) زیادتر از ایران است»[۷].

در ایران از حدود چهار هزار سال قبل ایلامی‌ها توانستند با پختن خشت خام به عنصر جدیدی به نام آجر دست یافته و با به کار گرفتن آن به استحکام بناهای خود بیفزایند. در بناهای ایلامی در شوش و هفت تپه برای اولین بار بکارگیری آجر در سطح وسیع کاملاً مشهود و بقایای معماری آنان مانند معبد زیگورات چغازنبیل شهرت جهانی دارد. در دوران ساسانیان مصرف آجر پیشرفت کرد و در دوره‌های بعد با پس و پیش نهادن آجر و استفاده از فن گره‌کاری آجر یا آجرکاری توانستند با ایجاد سایه روشن‌های متعدد، زیبایی و جلوه خاصی به معماری خود ببخشند. اوج این فن را در بقایای معماری دوران سلجوکی به وضوح می‌توان دید[۸].

از معماری آجری ایران بناهای بی‌شماری به جای مانده است که از مهمترین آنها در دوران قبل از اسلام می‌توان شوش و تیسفون پایتخت ساسانیان را نام برد؛ که تیسفون بعد از شوش به مرکز معماری با آجر تبدیل شد و طاق کسری بر جسته‌ترین یادگار ساسانیان در تیسفون واقع در عراق کنونی است. از دیگر آثار مهم قبل از اسلام می‌توان به قلعه دختر فارس اشاره کرد. از آثار مهم پس از اسلام به مسجد ماه خاصه در مجموعه چهاربکر بخارا و بخصوص مقبره امیر اسماعیل سامانی در بخارا، می‌توان اشاره نمود[۹].

مقبر امیر اسماعیل سامانی، بر روی یک پلان مربع شکل ساخته شد، که این انقلابی در هنر معماری و تکنیک ساختمان‌سازی بود. گنبد کروی سمبل آسمان، مکعب زیر آن سمبل کعبه و ترکیب این دو با هم سمبل جهان است. فرم سبد مانند دیوارهای خارجی این مقبره به نحو زیبایی بازی نور و سایه را به نمایش می‌گذارد. چهار نمای این بنا در هر زمانی از روز به دلیل زاویه‌ی متغیر خورشید شکل متفاوتی به خود می‌گیرند[۹]. خطوط سایه دار عمیقی که در نظر گرفته شده‌اند امکان می‌دهند تا اجزای اصلی طرح را مانند تالار سرپوشیده، ورودی‌ها و ستون‌های کنجدی بر جسته سازند. آجرهای سه یا چهار ردیفه به طور یک در میان پس از آجرهای کوچکتر در ردیف‌های عمودی و با انبوه بیشتر قرار دارند. به این ترتیب در حالی که حاصل کار یک ظاهر به هم باشه دارد، بر بخش افقی تأکید شده است و از این‌رو استحکام دیوارهای باربر مدنظر قرار می‌گیرند[۱۰].

خلاصه کلام آنکه به جرأت می‌توان گفت: مرکز بناهای اسلامی آجری، در ایران بوده است. حاکمان مختلف این دوره، از سلجوقیان تا مغولها و تیموریان دارای سبک‌های مختلف معماری بوده‌اند که در تمامی آنها آجر مشترک است و می‌توان از مسجد امام علی در اصفهان، مسجد منار کلان در بخارا و از همه مهم‌تر مقبره سلطان محمد خدابنده در سلطانیه زنجان نام برد[۹]. که در دوره مغول (ایلخانی) در ۷۰۲ هجری به دستور الجایتو بر اساس طرح آرامگاه برادرش غازان خان، که آن نیز از بنای آرامگاه سلطان سنجر در مرو، الهام گرفته شده بود، ساخته شد. با این تفاوت که پلان آرامگاه سلطان سنجر مربع و پلان گنبد سلطانیه ۸ ضلعی است؛ اگرچه تا حد زیادی معماری آرامگاه سلطان سنجر در بنای سلطانیه تأثیر گذاشته بود لیکن، جبهه‌های ابتکاری در بنای اخیر به حدی است که آن را به صورت یکی از شاهکارهای هنر و معماری ایران در آورده است به طوری که، بعد‌ها نمونه و الگویی برای احداث تعداد زیادی از ابنيه این دوره شد[۱۱]. بنای سلطانیه به روی ۸ ضلعی ساخته شده و آن چیزی که باعث پیچیدگی این مسئله گردیده، الحاق‌هایی است که بعد از آن به بنا اضافه شده است.... درباره‌ی هشت ضلعی بودن بنای سلطانیه آنچه مسلم است، هشت نه عدد مقدسی است و نه می‌توان دلایل خاص مذهبی بر آن قائل شد. صرفاً انتخاب این طرح از روی محاسبات تجربه شده‌ی معماری و به خاطر مرکزیت و ایستایی و احتمالاً ایجاد ساعت آفتابی در نظر گرفته شده است[۱۱].

از مهمترین تأثیرات این بنای مهم (گنبد سلطانیه) در معماری جهان می‌توان به تأثیرش در ساخت گنبد سانتاماریا دل فیوره اثر برونلسلکی در فلورانس اشاره کرد؛ در فاصله‌ی زمانی آغاز ساختمان تا اتمام حلقه‌ای که قرار بود گنبد روی آن قرار گیرد؛ یعنی اواخر قرن سیزدهم و آغاز قرن پانزدهم، در ایتالیا کلیه کارگاه‌های گوتیک، که می‌توانستند سازه‌ی موقتی چوبی نگهدارنده‌ی گنبدی به این ابعاد – یعنی بزرگترین گنبد تاریخ رنسانس – را تولید کنند، تعطیل شده بودند؛ از طرفی گلوی حد فاصل گنبد و بدنی کلیسا مانع آن می‌شد که نیروهای گنبد مستقیماً به بدن متنقل شوند و از فروریزی گنبد جلوگیری شود. تنها راه حل، ایجاد گنبدی خود نگهدار بود که در همه‌ی مراحل ساخت بدون نیاز به قالب چوبی زیرین اجرا شود و از طرف دیگر دارای خیزی بلند باشد تا در پایه، نیروهای ناشی از بار گنبد هرچه عمودتر به ساختمان متنقل شوند و از گسستگی گنبد جلوگیری شود. به نظر سن پائولوزی، محقق ایتالیایی، این روش را برونلسلکی از گنبد سلطانیه، که آن هم نظیر گنبد سانتاماریا دل فیوره دو جداره دارای خیزی بلند، آجری و خود نگهدار است، اقتباس نموده است [۱۲ و ۱۳].

اصفهان که در قرن ۱۱ و ۱۲ میلادی پایتخت سلجوقیان بود؛ با به قدرت رسیدن صفویان در سده ۱۷ میلادی به خصوص، در عهد شاه عباس به اوج شکوه و عظمت خود می‌رسد که از این دوره به جز مساجد و بنای‌های نظیر عالی قاپو و میدان نقش جهان می‌توان از دو پل معروف اصفهان: پل خواجو و سی و سه پل نام برد. این دو پل آجری که اصل تقارن در آنها به دقت رعایت شده است؛ کاملاً برخلاف پلهای اروپایی طراحی شده‌اند [۹].

۲.۲ خواص فیزیکی آجر

پیش از آنکه به شالکه‌ی آجر - این عنصر واحد و کامل در معماری ایران - پردازیم؛ بنا به هدف مقاله که پیش‌تر بیان شد به طور مختصر به شناخت مؤلفه‌های یک سازه به صورت کلی می‌پردازیم تا به اهمیت شناخت خواص فیزیکی و شیمیایی آجر بیشتر واقف شویم:

هر سازه مطلقاً به وسیله سه مؤلفه‌اش تعریف می‌شود: ۱) جریان نیروها ۲) هندسه ۳) مصالح [۱۴]. دو ویژگی اساسی مصالح مورد نیاز برای سازه عبارت است از: ۱) مقاومت ۲) سختی. از آنجا که سازه باید نیروهایی را متنقل کند؛ باید به اندازه کافی مقاوم باشد؛ چون به طور کلی انتظار می‌رود که سازه شکل خود را حفظ کند؛ باید به اندازه کافی سختی داشته باشد. عجیب این که مقاومت و سختی مصالح ارتباطی به هم ندارند. علت آن است که ساختار مولکولی از ماده ای به ماده دیگر تغییر می‌کند. با این حال، طراحان سازه معمولاً سطح ماکروسکوپی (قابل رؤیت) رفتار را، مدنظر دارند تا سطح مولکولی آن... مصالح سازه‌ای با مقایسه رابطه بین مقاومت و سختی یا ارتجاعی بودن آنها دسته بندی می‌شود [۵]. از این‌رو، زین پس ما در پی آن هستیم که دریابیم چگونه تا به امروز با تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی آجر اجداد ما توانسته‌اند بر مقاومت و سختی آجر بیفزایند.

شكل و اندازه، میزان تخلخل، وزن مخصوص، مقاومت آجر در مقابل فشار، مقاومت خمشی، مقاومت در مقابل یخ‌زدگی و پیچیدگی، تحدب و تقرع آجرها خواص فیزیکی و مکانیکی آنها را مشخص می‌کند [۱۵]. از این‌رو برای درک بهتر نحوه رفتار استاتیکی آجر، در سبک‌های مختلف آجر کاری در بنای‌های مختلف، برای الگو قراردادن بنای‌های شاخص آجری در معماری گذشته برای بازتعریف الگوی نوین آجر کاری، علم به ابعاد، اندازه و شکل آجرهای تشکیل دهنده آنها برای تحلیل رفتار سازه‌ای و پی‌بردن به مدل پیمون الرزامی است.

۱.۲.۲ ابعاد و شکل آجر

برخی معتقدند که ابعاد آجرها در دوران مختلف تغییر کرده است و بر اساس ابعاد آجر می‌توان دوره تاریخی آن را تخمین زد. اما طبق نظر اکثریت محقق‌ها این زمینه، نمی‌توان به طور قطع اظهار داشت که در هر دوره تاریخی، آجر با ابعاد خاصی به کار رفته

است؛ در دوره‌های مختلف آجرهای با ابعاد مختلف کاربرد داشته‌اند. البته به طور کلی در دوره اسلامی نسبت به دوران قبل از اسلام ابعاد آجرها کوچکتر شدند که محقق‌ها علت تغییرات عمدۀ در اندازه آجر را معمولاً در نتیجه تغییر در نوع و طریقه ساختمان‌سازی می‌دانند [۱۶].

زیگورات‌ایلامی چغازنبیل - قدیمی‌ترین بنای ساخته شده در ایران - از خشت‌هایی به ابعاد $7 \times 37 \times 37$ سانتی‌متر و ابعاد $40 \times 40 \times 10$ سانتی‌متر ساخته شده است. دوره هخامنشیان آجر لعابدار در دیوارهای کاخ آپادانا و قصر شوش دارای ابعاد بزرگی هستند. آجر در مقبره شیخ اسماعیل قصری در دزفول که بعد از پل باستانی ساسانی قدیمی‌ترین بنای شهر دزفول است، به شکل مربع و ابعاد $30 \times 30 \times 6$ است [۸]. آجر پس از اسلام (با اندازه‌های مختلف $30 \times 30 \times 30$ تا $18/5 \times 18/5 \times 18/5$ و ضخامت حدود ۶ تا ۳ سانتی‌متر) به عنوان مهمترین و برجسته‌ترین شکل دهنده معماری کاربرد داشت [۱۷].

به طور کلی آجرهایی که طی دوره‌های مختلف بعد از اسلام در معماری ایران به کار رفته، به صورت مربع، گاهی مستطیل و در ابعادی متفاوت بوده است. طی کاوش‌های باستان شناس‌ها، ابعاد به دست آمده در شکل مربع، بین اندازه 34×34 سانتی‌متر الی 18×18 سانتی‌متر متغیر بوده است، آجرهای رایج دوران سلجوقی - که معتقدند دوران شکوفایی بهره‌گیری از آجر در تاریخ معماری ایران است - دارای ابعاد $26 \times 26 \times 5$ سانتی‌متر است که به نسبت دوره‌های قبل یا به ویژه عهد آل بویه، بزرگتر شده است. در آثار دوره ایلخانی نیز با ابعاد متغیری در آجر (بین $18 \times 18 \times 31$ تا 31×31 سانتی‌متر) مواجه می‌شویم، که معمول ترین آن حدود $20 \times 20 \times 5$ سانتی‌متر می‌باشد. اندازه آجر در دوران صفویه نیز مختلف است ولی متدائل‌ترین اندازه که به چارکی معروف است $23/5 \times 23/5 \times 23/5$ سانتی‌متر می‌باشد که البته در بنای کاروانسراها این اندازه بزرگتر می‌شود و به $26/5 \times 26/5 \times 26/5$ سانتی‌متر می‌رسد [۲].

به طور کلی شکل و اندازه و نام آجرها در آجرکاری معماری ایران دوره اسلامی شامل: مربع، قزاقی، سلاتی، ختابی، نظامی، تابه و تخت است [۱۸]. شکل عمومی آجرهایی که طی دوره‌های مختلف بعد از اسلام در بنایهای به کار گرفته شده عبارتست از چهارگوش یا مربع در اندازه‌های متنوع؛ البته نباید انتظار داشت که در طی یک دوران تاریخی مشخص تنها با یک اندازه و نوع آجر برخورد کنیم، بلکه گاه در یک دوران در محل‌های مختلف شاهد اندازه‌های متفاوتی هستیم. نکته قابل ذکر آنکه نمونه‌هایی در دست است که در یک دوران حتی در یک ناحیه اندازه‌های مختلفی وجود داشته است. برخی از اندازه‌های معمول در دوران‌های مختلف عبارتند از: $7/5 \times 34 \times 34$ سانتی‌متر، در تاریخانه دامغان مربوط به قرن دوم هجری، اندازه‌ها و شیوه آجر هنوز تحت تأثیر آجرهای بزرگ عهد ساسانی است. در آثار آل بویه با اندازه‌هایی چون: $(3 \times 17 \times 17)$ (کاوش ری) و $3/8 \times 20 \times 20$ سانتی‌متر (مسجد جامع اصفهان) برخورد می‌کنیم. در آثار آل زیار و سامانی اندازه‌های $4 \times 20 \times 20$ سانتی‌متر (کاووش جرجان) و $6 \times 25 \times 25$ سانتی‌متر (گبد قابوس) را باز می‌یابیم [۲].

اندازه آجرهای رایج دوران سلجوقی حدود $6/5 \times 26 \times 26$ سانتی‌متر است که نسبت به دوره‌های قبل از آن، به ویژه عهد آل بویه بزرگ‌تر است. با این حال در آثار این زمان آجرهای کوچک‌تر مشابه زمان‌های قبل نیز یافت می‌شود؛ از جمله در مسجد جامع دماوند آجرهایی با اندازه $18 \times 18 \times 3/5$ سانتی‌متر و در کاوشهای ری $4 \times 20 \times 20$ سانتی‌متر مربوط به این دوره به دست آمده است. در آثار ایلخانی با اندازه‌های گوناگون آجر برخورد می‌کنیم که از 18 تا 31 سانتی‌متر متغیر است ولی گونه‌های رایج آن بین 20 تا 22 سانتی‌متر و ضخامت 5 تا $4/5$ سانتی‌متر است [۱۶]. ما در کاوش آثار رصدخانه مراغه شاهد کاربرد آجرهایی در چهار اندازه، در یک محل و یک دوره بودیم: 18×18 ، 20×20 ، 21×21 ، 20×30 سانتی‌متر؛ آجرهای دوران ایلخانی از نظر رنگ نیز دارای تنوع هستند و رنگ‌های: زرد کمرنگ، زرد اخراجی، زرد مایل به قرمز، قرمز تیره و خاکی در آنها دیده می‌شود [۲].

در آثار صفویه نیز آجرهایی با اندازه‌های مختلف را می‌یابیم ولی اندازه رایج، زمان بنا یک چارکی معروف است که حدود $۲۳/۵$ سانتی‌متر است؛ ولی اندازه‌های بزرگ‌تر تا $۵/۵ \times ۲۶ \times ۲۶$ سانتی‌متر (کاروانسرای صفویه ینگه امام) نیز به کار برده شده است. آجرهای دوران زندیه به کریم‌خانی معروف است. در انتخاب خاک آنها دقت فراوان به کار رفته و به دلیل نامناسب بودن خاک شیراز در لار پخته شده اند. اندازه این آجرها حدود $۲۳/۵$ تا ۲۴ سانتی‌متر است. آجرهای بزرگ مستطیل «علینقی‌خانی» از همین دوره در دست است که در لبه باعچه‌ها به کار برده می‌شده است. تنوع آجر چهارگوش دوران قاجاری نیز قابل توجه است، ولی رایج‌ترین اندازه‌ها $۱۹/۵ \times ۱۹/۵$ سانتی‌متر است [۲].

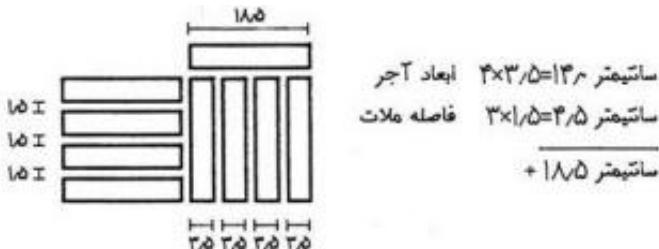
آجرهایی که تا دوران قاجاری و پیش از تولید آجر در کوره‌های بلند مصرف داشتند عبارت بودند از: فراقی با اندازه‌های $۵ \times ۱۰ \times ۲۰$ سانتی‌متر، درباره نام این آجرها گفته شده که روس‌ها پیش از جنگ اول جهانی در ایران، قراچانه‌ها را با این نوع آجر می‌ساختند؛ از این رو این نام بر این آجرها گذارده شده است؛ همچنین اشاره شده است که این نام را استاد کارانی که در عشق آباد به کار بنا یی اشتغال داشتند با خود آورده‌اند. آجر «سلامی»، نوعی آجر چهارگوش قرمز رنگ، آجر «ختایی» به ابعاد $۵ \times ۲۵ \times ۲۵$ سانتی‌متر که دو سوم آجر «نظمی» است؛ آجر «تابه» (معرب آن طاق)، با قطع بزرگ - آجر «نظمی» به اندازه چهار آجر معمولی - آجر «تحت»، بزرگ‌تر از آجر نظامی که به طور معمول برای فرش کف مسجدها کاربرد داشته است و بالاخره آجرهای چهارگوش با اندازه متوسط از ۱۸ تا ۲۵ سانتی‌متر که بیشترین مصرف را نسبت به گونه‌های دیگر در کار معماری دوران بعد از اسلام ایران داشته‌اند [۲،۷].

در میان آجرهای مورد مصرف در کار بنا یی با نام آجر «شکری» یا آبانیاری نیز برخورد می‌کنیم که آجری مقاوم در برابر رطوبت است و در کار چیدن دیواره منع آب از آن استفاده می‌کردند. در بحث مربوط به شکل و اندازه آجرها جا دارد به نوعی از آجر نیز اشاره کنیم که در ساختن گنبد مخروطی معروف گنبد قابوس به کار برده شده است. این آجرها به نام: «ریشه‌دار» یا «دبی» و یا «بازو‌دار» معروف اند. طول ریشه و اندازه سطح رویه این آجرها بسته به محل کاربردشان در گنبد متفاوت‌اند و هر دسته با یک قالب معین ساخته شده‌اند، چنان که طول ریشه آن‌ها از ۲۰ تا ۵۰ و رویه آنها از ۱۹×۱۰ تا ۳۵×۲۵ سانتی‌متر متفاوت است [۲]. آجر مستطیل - با اینکه آجرهای مستطیل شکل در پیش از اسلام رواج کامل داشت. در دوران بعد از اسلام چنان که گفته شد عمدۀ آجرها در شکل مربع ساخته شده‌اند. با این حال با نمونه‌هایی از آجر مستطیل شکل با اندازه کوچک‌تر از پیش از اسلام قبل از رواج آجر قراقی، در آثار معماری به جای مانده از دوران غزنویان در «سنگ بست» و دوران سلجوقی و ایلخانی در جرجان برخورد می- کنیم. اندازه آجرهای مستطیل شکل مکشوف در کاوش‌های جرجان عبارتست از: $۱۰ \times ۲۰ \times ۵$ سانتی‌متر [۲].

آجر شش ضلعی - در کاوش‌های جرجان آجرهای شش ضلعی نیز به دست آمده است. آجرهای مزبور در دو اندازه مختلف مربوط به دوران سلجوقی و ایلخانی هستند و در طرح مستطیل محاط می‌باشند. اندازه آنها عبارتست از $۳۰ \times ۳۷ \times ۳۲$ و $۳۰ \times ۲۷ \times ۳۰$ سانتی‌متر، این آجرها در فرش کف مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۲].

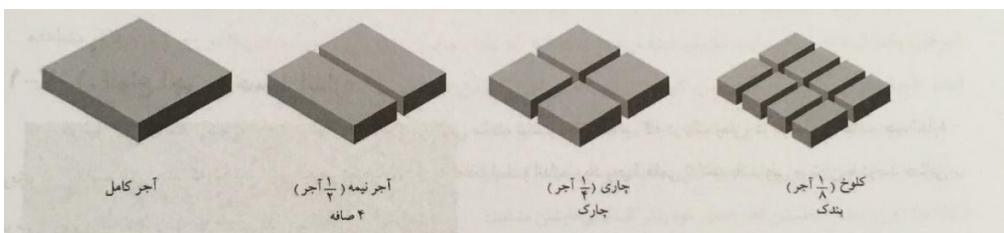
در نهایت ابعاد آجر در دوره صفویه در شهر دزفول به $۱۸/۵ \times ۱۸/۵$ و ضخامت $۳/۵$ سانتی‌متر می‌رسد؛ بدین ترتیب ابعاد آجر از زمان زیگورات ایلامی چغازنبیل تا مقبره شیخ اسماعیل قصری و نهایت صفویه و قاجاریه در حال کوچک شدن و رسیدن به تناسب است. ابعاد نهایی آجر دزفول، تناسبی است که می‌آفریند و خلق می‌کند. تکاملی است با پیش از سه هزار سال تجربه و کار، آجر طی زمان ابعاد خود را پیدا نموده است؛ در ترکیب قادر است بیش از یکصد و پنجاه نقش خوشن ایجاد نماید. این ابعاد خود تناسبی را داراست، اگر خرد شود می‌تواند نقش آفرینی نماید و اگر رگ چین استفاده شود چشم نوازترین رگ چین آجر را خلق خواهد نمود [۸].

اگر فاصله بین دو آجر را $1/5$ سانتی‌متر در نظر بگیریم، بین یک طول و ضخامت آجری تناسبی زیبا به وجود می‌آید (یک طول برابر 4 ضخامت و 3 فاصله می‌شود)، در چنین شرایطی اندازه اجزا همه ضریبی از یکدیگرند که کوچکترین جز آن کلوخ است (شکل ۱). [۱۹]



شکل ۱- تناسب بین طول و ضخامت آجر [۸]

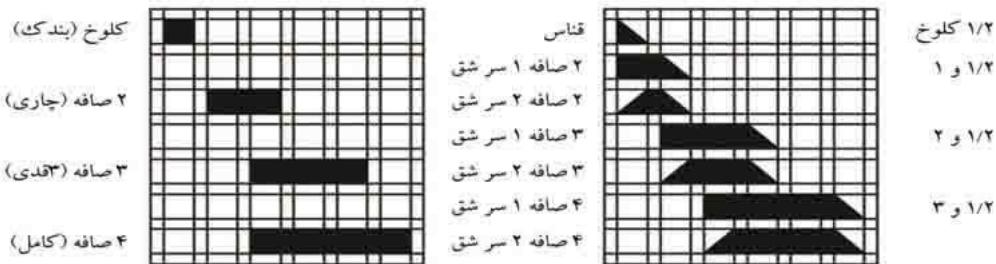
«اگر شبکه‌ای از کلوخ و فاصله ایجاد کنیم، می‌توان کلیه اجزا مختلف آجر را بروی شبکه جایگزین کرد. چنان‌چه آجر مربع شکل کامل را نصف کنیم آجر نیمه به دست می‌آید که خود پایه و اساس خرد شدن را تشکیل می‌دهد که آن را 4 صافه می‌گویند و اگر نیمه را نصف نماییم چاری یا دو صافه به وجود می‌آید. می‌شود 4 صافه (نیمه) را به کلوخ و 3 صافه تبدیل کرد. چاری را اگر دو قسمت کنیم دو کلوخ بدست می‌آید. در خون چینی^۱ همیشه نیمه بزرگترین جز و کلوخ کوچکترین است» [۲۰] (شکل ۲).



شکل ۲- ابعاد و اسمای آجرهای به دست آمده از یک آجر کامل [۴]

این چهار نوع اندازه اجزا اصلی خون چینی می‌باشند که به ترتیب: نیمه (4 صافه)، 3 قدمی (2 قدمی)، کلوخ یا (بندک) اجزای فوق به همراه اجزا فرعی که از اجزای اصلی ساخته می‌شود، کل اجزای خون چینی را به وجود می‌آورد که عبارتند از قناس $1/2$ کلوخ، 2 صافه یک سرق، 2 صافه دو سرق، 3 صافه یک سرق، 4 صافه دو سرق، 4 صافه یک سرق، 4 صافه دو سرق، بدین ترتیب 7 جز فرعی و 4 جز اصلی در مجموع یازده جز اساس کار خون چینی^۱ می‌باشند [۸] (شکل ۳).

^۱ خون چینی کاربرد ترئین آجر است و از ضخامت آن در ایجاد انواع گره‌های تزئینی در پیشانی نما استفاده می‌نمایند. به قولی دیگر خون چینی آرایش ساختمان به صورت (آمود) می‌باشد [۸].



شکل ۳- تناسب یک طول با ضخامت آجر، اندازه ها و شبکه اصلی مبنای شکل گیری الگوهای مختلف خونه چینی [۲۰]

اگر ابعاد آجر امروزی را 10×22 سانتی متر و ضخامت ۵ سانتی متر در نظر بگیریم و اگر این نوع آجر در خرد شدن و ایجاد تناسب جهت نماسازی به کاربرود، قدرت ترکیب نخواهد داشت، و این مطلبی است قابل توجه اروپایی ها (هلنی ها، انگلیس ها و آلمان ها) ابعاد آجر آنها در حرکت و خرد شدن ضعیف است و ابعاد آجر آنها قدرت ترکیب ندارد. در ترکیب به خاطر تناسب بد ابعاد اولیه نمی تواند با آجر ایرانی مقایسه شود و به زبانی ساده تر بگوییم (نمایی را که به وجود می آورد خوش تناسب نیست) آجری که امروزه در کارخانه های ماشینی ما تولید می شود، با انواع روش های اروپایی پخته می شود و فقط به درد انبوه سازی می خورد و در ایجاد تریئن و ترکیب تریئنی به علت بی تناسبی ابعاد اولیه آجر، حرکات متنوعی را پذیرا نیست [۸].

۲.۲.۲. شیوه های تولید آجر تریئنی

شیوه های مختلف آجر تریئنی در آجر کاری معماری ایران در دوره اسلامی شامل: آجر واکوب و آمال، آجر پیش بر، آجر های تریئنی قالبی و تراش، آجر آسباب و آجر قواره بری است [۲ و ۱۸].

آجر واکوب و آمال: برای ساختن آجرهای صاف جهت کار در نمای ساختمان، خشت را پس از بیرون آوردن از قالب چوبی مانند ماله واکوب ^۲ می کرند و با دست آغشته به آب رویه آن را صاف می کرند و سپس به کوره می برند. نمونه قدیمی این شیوه را در آجرهای نمای گنبد قابوس شاهد هستیم [۲].

آجر پیش بر: استفاده از آجرهایی با شکل های مختلف به جز چهار گوش و مستطیل برای کار در محل های معین نمایانند: ستون ها، ستونچه ها، دورها، نغول ها و مانند آن در معماری ایران سابقه ای طولانی دارد و در آثار دوران بعد از اسلام از تنوع بیشتری برخوردار می گردد. این گونه آجرها در دو دسته آجر و آجر سفال تهیه می شوند. شیوه کار چنین است که با توجه به طرح و نقشه تهیه شده بنا و اندازه های مشخص، در پای کار و یا محلی نزدیک به آن خشت های آماده شده ای را که هنوز خشک نشده اند با وسیله ای مانند سیم یا چاقو و تیغه برنده به شکل مورد نظر برش می دهند و سپس آن را بعد از خشک شدن کامل، برای پخت به کوره می برند. کاربرد این گونه آجرها حکایت از آن دارد که طرح بنا با جزیات آن از پیش مشخص و طراحی می شده است [۲].

آجر مهری: آجرهای پیش بر از نظر سطح در دو نوع ساده و «مهری» یا نقش دار تهیه می شوند. نقش اندازی روی آجر چه به صورت برجسته و چه فرورفته جز در مواردی محدود و خاص که به گونه پیش بر و دست کار صورت می گرفته، در عمدۀ آثار شناخته شده به کمک قالب و واکوب کردن در آن انجام می شده است. با آجرهای سفال نقش دار از قرن چهارم در آثار سیراف در طرح ها و شکل های مختلف برخورد داریم. هم چنین آجرهای تریئنی در دو گونه نقش بر جسته و مشبك، با نقش های هندسی و کارگره در

^۲ واکوب کردن به این صورت است که پس از خشت زدن و دو نم شدن خشت ها عمل واکوب کردن انجام می گیرد تا پس از پخته شدن خشت ها، آجر بهتری بدست آید [۳۰].

چند طرح مختلف در مسجد جامع گناباد از دوران سلجوقی در شکل های مربع و مستطیل نیز شناخته شده است که از اهمیت خاصی برخوردارند [۲۱].

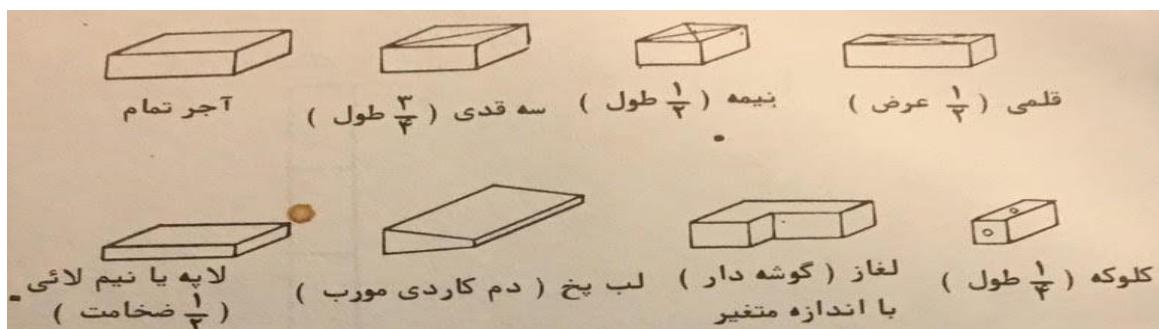
در آثار دوران ایلخانی نیز این گونه آجرها وجود دارد که از آن جمله است در بسطام و گنبد سلطانیه و جامع یزد. آجرهای پیش بر مهری با نقش برجسته گذشته از نمونه های مزبور، در دوران قاجار نیز کاربرد وسیعی در تزئینات بنا پیدا می کنند که نمونه های جالب آن را در یزد و کاشان و تهران می شناسیم. آجرهای مهری از نظر شکل خود آجر نیز دارای تنوع هستند و به صورت های لوژی، بادامی، ستاره ای شکل، چلیپا و غیره ساخته می شوند. در گروه آجرهای مهری، در کاوش های رصدخانه مراغه دو قطعه آجر مستطیل شکل به دست آمده که با طرح گیاهی در مایه اسلامی، دو قطعه آن در کنار هم طرح یک قوس محراب گونه را عرضه می کنند. این نمونه به اعتباری تا پیش از آن در هنر آجر سازی تزئینی ایران، ناشناخته است. نقش این دو آجر به صورت فرو رفته است نه برجسته (شکل ۴) [۲].

آجر تراش: در بنایی ایران قطعه های گونه گون پاره آجر از کوچک ترین اندازه تا بزرگترین اندازه که نزدیک به یک آجر کامل است، کاربرد فراوان داشته و دارد. این آجرها را، آجر تراشان که صنف به خصوصی هستند با توجه به محل کاربردشان در پای کار برای استفاده بنایان با تیشه داری آماده می سازند. در گذشته کار تراش آجر بر روی آجرهای چهار گوش صورت می گرفت ولی از زمان استفاده از آجرهای مستطیل قراقی، به طور عمده کار تراش بر روی آجرهای قراقی انجام می گیرد و کمتر با نمونه ای از کاربرد آجرهای چهار گوش تراش برخورد می کنیم. در تصویر ۵ نمونه از گره سازی با آجر تراش نشان داده شده است [۲ و ۴].



شکل ۵- نقش گره با آجر تراش در مسجد جامع هرات [۲۲]

قطعه های مختلفی که بر اثر آجرهای چهار گوش به دست می آید عبارتند از: بر راست نیمه (یک دوم $(1/2)$ آجر)، قناس (آجری که از قطر به دو نیمه شده است)، آجر قفلی (آجری که یک چهارم آن از یک گوشه بریده شده است)، آجر قلمدونی (یک سوم $(1/3)$ آجر)، دو قلی (یک هشتم $(1/8)$ آجر)، کلوک (یک شانزدهم $(1/16)$ آجر)، آجر فلکه، آجر تراشی که دو مثلث از دو گوشه آن بریده شده باشد و سطح چهار گوش به شش ضلعی تبدیل شده باشد و یا اینکه از یک گوشه به گوشه دیگر به اندازه یک منحنی از یک ضلع آجر تراشیده شده باشد. آجر قاشقی، بریدن مورب گوشه ای از یک نیمه آجر، لب پخ، آجری که یک گوشه آن با خط مستقیم به موازات قطر آن قطع شده باشد. چنان چه در شکل ۷ مشاهده می کنید، قطعه های آجر تراش با آجر قراقی عبارتند از: آجر نیم لا یا لاپه (نصف ضخامت یک آجر)، سرزده یا سه قلی یا چهار دونگ (سه چهارم $(3/4)$ آجر)، قلمی یا قلمدونی (یک دوم $(1/2)$ آجر در طول)، آجر قفلی (یک سوم $(1/3)$ آجر)، لب پخ یا دم کار دی مورب، کلوک (یک چهارم $(1/4)$ آجر)، سه سوک و فارسی [۲] (شکل ۶).



شکل ۶- اجزای آجر تراش یا قفاری [۲۳]

آجرهای تزئینی قالبی و تراش: این گونه آجرها که در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف هندسی و غیر هندسی و به ویژه دوردار به کار رفته اند، خاص دوران قاجار است. این آجرها در نمای بنا و در بخش‌های مختلف چون پایه ستون‌ها، حاشیه‌ها، برجستگی‌ها و فوروفنگی‌ها و موارد دیگر، کاربرد داشته اند. این آجرها هم به صورت نقش دار و هم به صورت بدون نقش تهیه شده اند [۲].

در دوران قاجار این آجرها را با واکوب کردن در قالب با شکل‌های مختلف می‌ساختند و سپس زائدۀ‌های آن را با تیشه داری به گونه آجر تراش، حذف می‌کردند. چنان که گونه‌های مختلفی از این آجرها وجود داشته که هر یک با توجه به طرح بنا در محل معینی به کار برده می‌شده است و نام خاصی داشته‌اند که عبارتند از: آجر سه بر پخی، مقطع، نیمگرد سه راه، نیمگرد زه دار، نیمه قاشقی، دو بر پخی تراش، فلكه، نیمه کله قدی تراش، نیمگرد فتیله تراش، قاشقی تراش راسته، نیمگرد تراش، فتیله تراش، فلكه قاشقی تراش فلكه، سینه کفتری؛ در این گروه نقش‌های روی آجر در مایه طرح‌های هندسی و ترکیب مثلث و مریع و شش ضلعی، ستاره شکل و اجرا شده که دارای نام‌های خاص هستند: آجر چارکه الماسبری، آجر تراش بازویندی، آجر حاشیه چشم گاوی، نقش بازویندی تراش، نقشدار تراش، آجر شش (شش ضلعی) با نقش بازو بندی، آجر چارکه با نقش چارلنگه [۲].

آجر آسباب: آجر آسباب آجری است که پس از تراش آن را در آب می‌خیسانند و «زنجب»^۳ می‌کنند و کناره آن را به وسیله ماسه بادی یا گرد آجر و گاه با رس یا اخرا می‌سازند. نمونه این کار را در گنبد سلطانیه سراغ داریم. ولی رونق این شیوه مربوط به دوران صفویه به بعد است. با وجود اینکه آجر آسباب به نمای بنا جلوه می‌دهد، با این حال توان آجر را از بین می‌برد و نما را آسیب پذیر می‌کند [۲ و ۴].

قواره بری: شیوه‌ای است که به طور معمول در چوب مورد استفاده دارد ولی در کار تزئینات آجری در سطح بسیار محدود نیز با آن برخوردداریم. قواره بری در واقع یکی از شیوه‌های آجر تراش است که در آن به جای نقش «شکسته» با بهره جستن از قطعه‌های مستقیم آجر، نقش گردان، یا قطعه‌های منحنی به کار برده می‌شود. مورد استفاده آن به طور عمده در «پروازها» یا قاب‌های تزئینی نمای ساختمان می‌باشد که پیش از عهد قاجاریه بیشتر به صورت پولکی و سینه کبکی به کار برده شده و یک طرح پیوسته و یکنواخت عرضه می‌کند. رواج قواره با طرح‌ها و نقش‌های مختلف مربوط به دوران قاجار است که هنوز نمونه‌های جالب آن در شیراز دیده می‌شود. این شیوه تا اوایل دوران پهلوی نیز رواج داشت [۲].

^۳ زنجاب کردن: در طاق‌زنی‌ها برای اینکه آجر، آب موجود در ملات را به یکباره خشک نکند، معمولاً آجر را قبل از اجرا در آب فرو برده و سپس استفاده می‌کنند. یک لحظه در آب فرو برده و در می‌آورند). زیرا جذب به یکباره آب ملات توسط آجر موجب می‌شود تا ملات خاصیت چسبندگی خود را از دست دهد و از کارآیی آن کاسته شود [۳].

٣.٢.٢ تزئینات آجرکاری در معماری اسلامی ایران

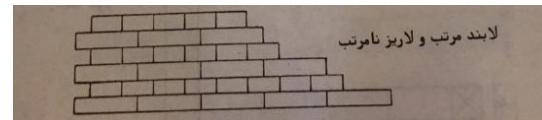
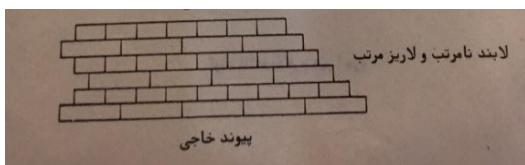
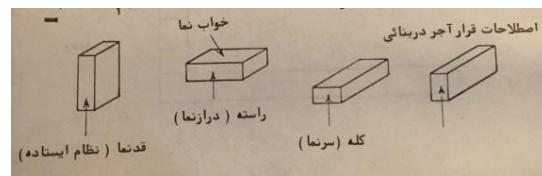
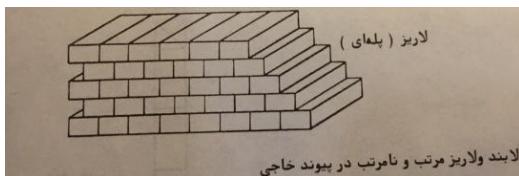
نظر دکتر محمد منصور فلامکی در باب نقش مصالح در تعریف تزئینات در معماری ایران چنین است: « ایرانیان، که در تزئین کاخ فیروزآباد و گنبد تاج الملکی و منار مسجد جامع نائین، مصالح اصلی و اولیه‌ای را که کار استاتیکی نیز به عهده داشتند، پس از تجاری که در گوش و کنار مجموعه‌ی میدان و بناهای اصفهان - نقش جهان صفویه - به وجود آورده بودند، در پی ترویج تزئین- کاری روی سطوحی که در معرض دید بودند یافتند، صفحه تازه‌ای را در معماری ایران گشودند که محتوایش - ذاتاً - نو نبود؛ در تعییم دادن زینت‌کاری‌ها و در رجحان‌هایی خلاصه می‌شد که به شکل ظاهری بناها داده می‌شدند. دیوارها و سقف‌های داخلی، گنبد و منارها و گلدهسته‌ها، کفسازی و کنده کاری روی ستون‌ها و درها و جز این‌ها، از سده‌ی یازدهم هجری به بعد، شکل و مفهومی تازه به خود گرفتند. در این زمینه، عشق خاصی معماران و بنیان‌گذاران یا کارفرمایان معماری‌های بزرگ را فرا گرفت که بیش تر به خانه‌های اشرافی و به کاخ‌ها و به میدان‌ها و سپس به دروازه‌های شهر توجه داشت که تنها هاله‌ای از آن به فضای ساخته شده‌ی معمولی یا به معماری بومی انتقال می‌یافتد» [۲۴].

چیدمان آجری و روش‌ها و فنون آن بسیار متنوع است. آجرها به دلیل نوع شکل هندسی و تنوع اندازه‌ها می‌توانند هزاران تر کیب را ایجاد کنند. به طور عمده تزئینات آجرکاری به صورت چیدمان در یک سطح به صورت خفته و راسته یا به صورت پس و پیش قرار دادن است. آجرها برای ایجاد سایه و حجم، همچنین ایجاد حجم‌های برجسته تر مانند قطاربندی به این گونه چیده می‌شوند. آجر در ترکیب با سایر مصالح مثل گچ و کاشی نیز به کار می‌رود. با روش‌های ذکر شده، نقوش جدید و متنوعی می‌توان به وجود آورد [۲۵]. بر اساس آثار مطالعات کتابخانه‌ای هنر آجرکاری در دوره‌های تاریخی، را می‌توان به صورت کلی به انواع زیر تقسیم کرد:

۱- رگ چین (رج چین): الف) گل انداز (گلچین) ب) جناغی (آبشاری) پ) بادبزنی (حصیری) ت) رگ چین دو رج ث) کتیبه رگچین معقلی و بنایی ۲- خفته و راسته (یا خفته و روفه یا پتگین) ۳- فخر و مدين (مشبك) ۴- گره سازی (گره بنایی) ۵- خوون چینی ۶- آجرکاری رنگی «گره سازی رنگی» ۷- آجرکاری با آجرهای نقش دار (مهری) [۲۵، ۲].

رگ چینی: به آجرکاری با ترکیب آجرهای یک رنگ و ایجاد طرح‌ها و نقش‌های مختلف در سطحی صاف گفته می‌شود. که برحسب چگونگی قرار گرفتن آجر در نمای بنا می‌توان طرح‌های بسیار متنوعی ایجاد کرد و برخی از طرح‌ها نامشان را از وضع قرار گرفتن آجرها در نما گرفته‌اند (شکل ۷) [۲].

طرح‌های جالب و مشهور رگ چین عبارتند از: کله راسته، خفته و راسته یا نزو لاس، بافت حصیری، تسمه‌ای یا مشبك، جناغی، قطار، زاویه‌وار، زمینه شترنجی، بادبزنی (بادبزنی)، پیچاری، مارپیچ، طرح لوزی، نقش اندازی‌های گوناگون با خط بنایی و... [۲]



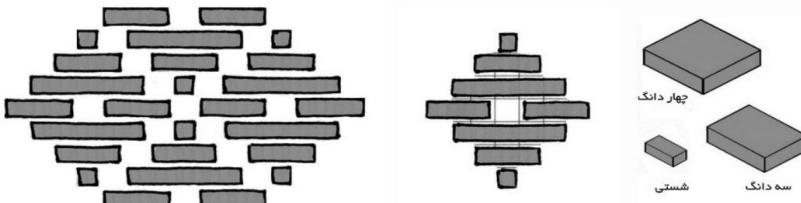
تصویر ۷- اصطلاحات قرار آجر در بنایی [۲۳]

گل انداز: در شیوه گل انداز در هنگام رگ چین کردن، آن را چنان می چینند که از ترکیب آنها گل های مختلف هفت رجی، پنج رجی و سه رجی به دست می آید. برای جلوه دار کردن گلچین، با سله گذاری (پیش دادن آجر) گل بدست آمده را از متن آجر جدا می کنند. بعضاً با آجرهای رنگی نیز گل را از بدنه متمایز می کنند [۲۵، ۲۶]. نمونه های خوب این شیوه را در ازاره های یزد شاهد هستیم. مشهورترین نوع گل انداز، به نام «شش بند شیرازی» معروف است که با چیدن پنج رگ آجری (که شش بند دارد) نقشی زیبا در مایه هندسی به وجود می آورند (شکل ۸).[۲]



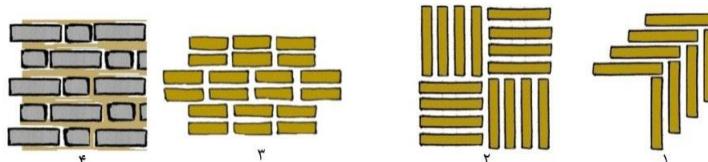
تصویر ۸- گل انداز شش بند، ارگ کریم خانی، شیراز [۲۲]

که بطور کلی می توان نقوش گل انداز را به گل انداز ساده و مرکب تقسیم بندی نمود. گل انداز آجری ساده، از سه اندازه آجر چهاردانگ، سه دانگ و شستی ایجاد شده است (شکل ۹). از تکرار طرح گل انداز ساده مادر و جای گذاری متنوع آن در چیدمان آجری طرح های گوناگونی ایجاد شده است [۲۵].



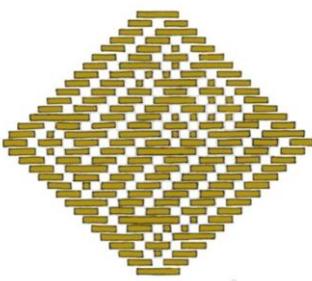
تصویر ۹- سمت راست: آجرهای چهاردانگ، سه دانگ و شستی که در گل اندازهای آجری استفاده شده اند. وسط: نقش گل انداز ساده که مرکب از سه اندازه آجر چهاردانگ، سه دانگ و شستی است. تصویر سمت چپ: طرح شماتیک گل انداز ساده در ترتیبات آجر کاری [۲۵]

تکیک جناغی: این طرح در آجرچینی زوایای قائمه دارد ولی در گچبری ممکن است گوشه ها به صورت منحنی درآیند (تصویر ۱۰، شماره ۱)[۲۶]. در طرح بادیزی (حصیری): آجرچینی نما را به مربعاتی تقسیم کرده؛ هر مربع یکی به صورت افقی و دیگری به صورت عمودی چیده می شود (تصویر ۱۰، شماره ۲)[۲۶].



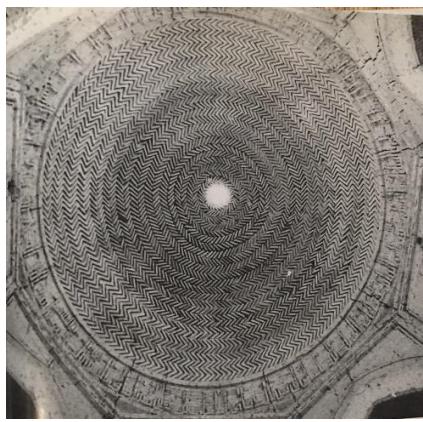
تصویر ۱۰- طرح شماتیک از برخی رگ چین های آجری: شماره ۱. طرح جناغی آجری، شماره ۲. طرح بادیزی آجری، شماره ۳. طرح رگ چین دورج، شماره ۴. نمای جانی نحوه چیدمان در خفته راسته (پتکین) آجری است که جهت بر جسته سازی نقش به کار می رود، در سمت چپ فروفتگی و بر جستگی ردیف های آجری در چیدمان مشخص است [۲۵]

نوع دیگر کتیبه های بنایی و معقلی است که از رگ چین عمودی و افقی آجر ایجاد می شود. منشاء این نوع کوفی آجری را ایران می دانند، علاوه بر ایران، این شیوه در مساجد عراق نیز رایج بوده است. دوره سلجوقی را نقطه شروع این نوع کتیبه می دانند. نمونه های آن در مسجد جامع قزوین و مناره هایی مانند مناره گار، منار ساریان دیده می شوند (شکل ۱۱ و ۱۲) [۲۵].



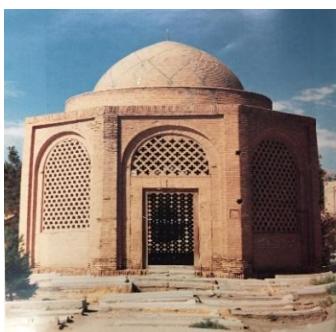
تصویر ۱۱- کتیبه آجری معلقی «والظاهر و الباطن» مناره سابان (ترسیم زهره چهاردولی) [۲۵]

آجرکاری خفته و رفته (پتگین): در این شیوه آجرچینی، از مایه صاف و مسطح خارج گردیده و با قرار دادن آجرها در سطوح های مختلف به صورت برجسته و فرورفته طرح هایی به وجود می آورند که با ایجاد سایه روشن جلوه خاصی به بنا بخشیده می شود. از این شیوه با عنوان «هشت و گیر» نیز یاد می کنند که کلمه «هشت» به معنی بسیار برجسته و «گیر» به معنی فرورفته است [۲].

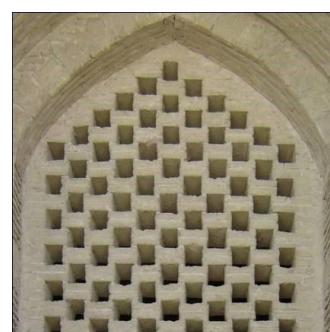


تصویر ۱۳- آجرچینی خفته و راسته، سنگ بست [۲۲]

فخر و مدین: یکی دیگر از شیوه های آجر چینی فخر و مدین است. مدین به معنی مادگی (فرورفتگی) و فخر به معنی سفال، پخته است. از این تکنیک مشبک در اکثر اینه برای درگاه نور استفاده شده است. نمونه هایی از فخر و مدین در مسجد جامع اصفهان و مسجد جامع اردستان از دوره سلجوقی و از دوره ایلخانی در مسجد جامع ازیران وجود دارد (شکل ۱۴، ۱۵). طبق مدارک، برخی از این فخر و مدین ها توسط متولیان و یا سازمان میراث فرهنگی در درگاه ها جهت بستن فضای مساجد و جلوگیری از عبور و مرور برخی افراد و یا حیوانات به شکلی هماهنگ با معماری بنا ایجاد شده اند. در رابطه با اینکه بطور قطع کدام تزئینات متعلق به خود بنا هستند مدارکی وجود ندارد [۲۵].

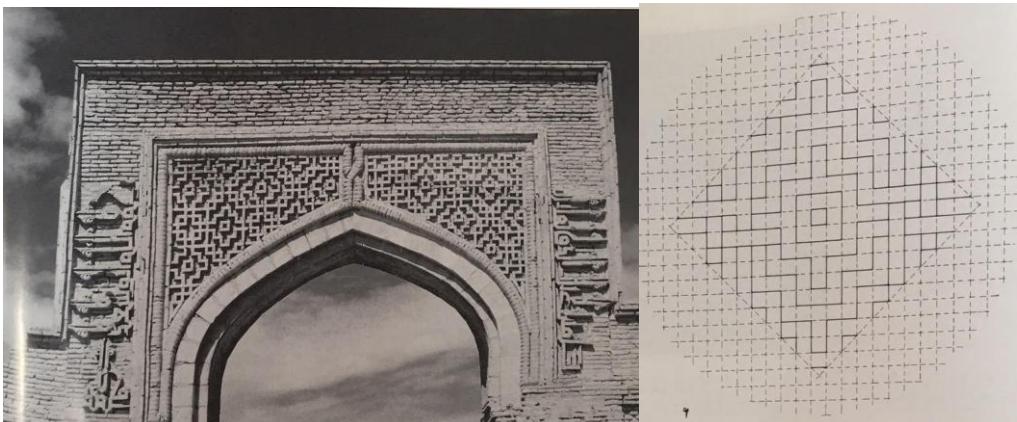


تصویر ۱۵- فخر و مدین، تخت فولاد، اصفهان [۲۲]



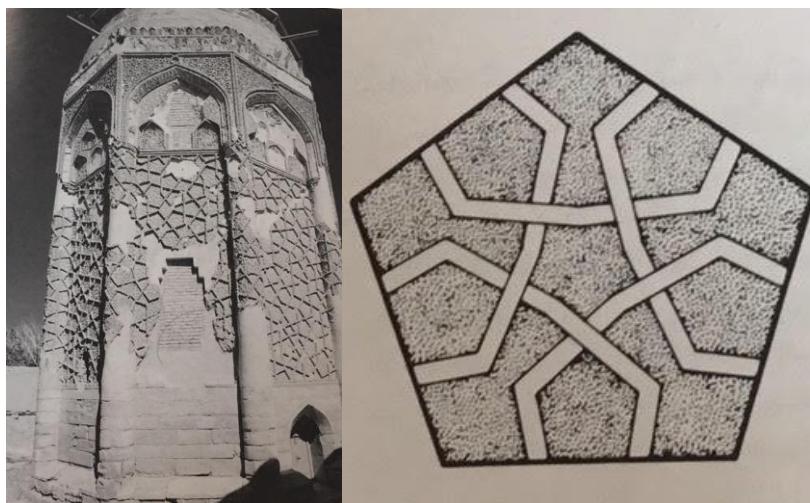
تصویر ۱۶- آجرکاری مشبک فخر و مدین چهارخانه مسجد ازیرات اصفهان [۲۵]

گره‌سازی: گرنه‌سازی یکی از شیوه‌های بسیار ظریف و پر کار چیدمان آجری است که به کمک قطعه‌های مختلف آجرهای بریده و تیشه‌دار شده در اندازه‌های گوناگون انجام می‌شود. طرح‌های گرنه در مایه نقش‌های هندسی ساده چون مثلث، لوزی، مربع، مستطیل و ذوزنقه و ترکیب آنها با یکدیگر و ایجاد چندضلعی‌ها، ستاره شکل‌ها و غیره می‌باشد (شکل ۱۶). با نمونه‌های خوب این نمونه‌های خوب این شیوه از دوران سامانیان و آل بویه به بعد در آثار معماری ایران برخورد می‌کنیم که از آن جمله می‌توان بنای گور امیر در سمرقند، تزئینات داخل بنای «سنگبست» تزئینات زیبای سردر مسجد «جورجیو» یا جامع صغیر در اصفهان، تزئینات گرنه مسجد جامع ورامین از دوران ایلخانی، کارهای جالب مسجد گوهر شاد و مدرسه غیاثیه خردگرد از دوران تیموری نام برد^[۲]. نمونه کاربرد گسترده اینگونه تزئین در نمای بیرونی از دوره سلجوقیان، در دو برج خرقان وجود دارد. برای ایجاد این نقوش متعدد، گرنه از یک واحد تکرار شونده هندسی استفاده شده است، نمونه‌ای از این واحد تکرار شونده را در شکل ۱۶ می‌توان مشاهده نمود^[۲۷].



تصویر ۱۶- گرنه زیر و رو، رباط شرف، خراسان [۲۲]

این نوع تزئین در تزئینات اکثر اینه، تدبیری و مناره‌ها به کار رفته است. پرکارترین و بهترین نقوش گرنه با آجر، متعلق به گنبد کبود در آذربایجان شرقی متعلق به دوره سلجوقیان عراق است (شکل ۱۴). قابل ذکر است که نقوش گرنه در این بنا با شیوه رگچین آجری ایجاد نشده بلکه توسط آجرهای قالبی، تراش و سفالینه‌های نقش‌دار اجرا شده است. متخصصان، این گنبد را به لحاظ تحولاتی که در ساختار گرنه هندسی و تزئینات معماری ایجاد کرده، نقطه عطفی برای پیوند تاریخ هنر با تاریخ معماری و ریاضیات می‌دانند^{[۲۵] و [۲۸]}.



تصویر ۱۷- گرنه‌سازی در گنبد کبود [۲۲]

۳.۰۲ خواص شیمیایی آجر

بازشناسی ویژگی‌های مواد ساختمانی در شرایط کنونی ادبیات مکتوب ما، گام‌های بزرگی برداشته است. از یک سوی، پرداختن به رمز و رازی که پایه‌ی علوم ساختمان نانوشته اما به طرفت تجربه شده ما را می‌نمایاند و از سوی دیگر، پی‌گیر بازشناسی راه و روال‌هایی می‌شود که ماده ساختمانی، مصالح ساختمانی نو ظهوری را به میدان کار معماران می‌آورد. نتیجه این امر، هم در زمینه ابداع آثاری تازه و نیز در مرمت بنای‌ها آسیب‌دیده و یا تخرب شده به کار می‌آید^[۳]. از این رو به شناخت ویژگی‌های شیمیایی آجر می‌پردازیم:

آجر سنگی است مصنوعی و دگرگون شده که از پختن خشت بدست می‌آید. خشت گلیست که به آن شکل داده شده، گل مخلوط همگن و ورزیده‌ی خاک و آبست. مخلوط خاک و آب را ورز می‌دهند تا تمام دانه‌های خاک نمناک شوند) دورشان را پوسته‌ای از آب انود کند). خاک، زمین خرد سنگی ریزدانه‌ایست؛ مخلوط از جامد + آب + هوا. آب و هوای درون خاک، فضای خالی آن است. جسم جامد خاک مخلوطی است از خاک رس، ماسه، سنگ آهک، سولفات‌ها، ترکیب‌های آهن، رستنی‌ها و جز اینها [۷].

در مطالعه سنگها از دو طریق کمک می‌گیریم؛ استروکتور^۴، یعنی دانش کریستال شناسی منیرالوژیست و تکستور^۵ آگاهی از دانه‌بندی کانی‌ها با چشم غیر مسلح می‌باشند، و با آگاهی به این دو علم و تحقیق در لایه‌های رسوبی به عنصری نزدیک می‌شویم که ماده‌ی اولیه‌ی عنصر ساختمانی قرون می‌باشد» [۱].

خاک رس: از پوسیدن فلدسپات‌ها پیدا شده است. فلدسپات‌ها دو جورند: فلدسپات‌های ناتریومی $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ =plagioklas و فلدسپات‌های کالیومی $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ =Orthoklas. فلدسپات‌ها جز مهم سنگ‌های آذری، مانند گرانیت و سنگ‌های دگرگون، مانند گنیس هستند. از این رو از پوسیدن این سنگ‌ها، سوای خاک رس، ماسه سیلیسی هم در خاک به جا مانده است[۷]. رس در تعریف کانی شناسی به گروهی از کانیهای سیلیکاتی ورقه‌ای اطلاق می‌شود که دارای یون OH منفی در ساختمان کریستالی خود هستند. رسها محصول طبیعی فرایند فرسایش سنگها هستند که به شکل فیزیکی یا شیمیایی اتفاق می‌افتد» [۱۵].

«دانه‌بندی رس‌ها از مهمترین ویژگی آنهاست و رفتار فیزیکی آنها را نشان می‌دهد؛ این رفتار شامل مشخصاتی چون ضرب افقی، چسبندگی، پلاستیسیته، تورم و میزان جذب آب است» [۱۵].

دانه‌های درشت‌تر از ۰/۰۶ میلیمتر خاک، گوی شکل‌اند و تماسشان با یکدیگر نقطه‌ایست و آنها که ریزتر از ۰/۰۶ میلیمترند، بیشتر سوزنی یا پولکی شکلند. تماس دانه‌های پولکی با یکدیگر سطحی و نزدیک به صد برابر تماس دانه‌های گوی شکل است. دانه‌های خاک رس خالص، پولکی شکلند و از ۰/۰۲ میلیمتر ریزترند. Montmorillonit که تشکیل دهنده اصلی خاک رس Montmorillonit است؛ نازکی دانه‌های پولکی اش به «یک میلیونیوم» میلیمتر می‌رسد. خاک‌هایی که بیش از ۵۰٪ وزنشان خاک رس خالص است، پرمایه‌اند و آنها بیش از ۵۰٪ وزنشان خاک رس خالص و باقی مانده لایی به ریزی ۰/۰۲ تا ۰/۰۶ میلیمتر و نرمه ماسه به ریزی ۰/۰۶ تا ۰/۰۲ میلیمتر است کم‌مایه‌اند. روی هم رفته ۳۵ تا ۳۰ درصد وزن خاک رس‌ها، دانه‌های ریزتر از ۰/۰۶ میلیمتر است که ۲ تا ۳ درصد آنها ریزتر از ۰/۰۰۰۲ میلیمتر می‌باشد [۷].

خاصیت چسبندگی خاک رس از شکل پولکی آنست، که دانه‌های آن با یکدیگر تماس سطحی دارند. خاک رس خالص سفید رنگ است، جسم‌های بیگانه که به شکل گرد با خاک رس مخلوط‌اند، آن را رنگی می‌کنند به شرح نوشته شده می‌باشد: «خاک

رس کبود»، دارای اکسید آهن FeO و خاک نباتی است. «خاکستری» گرافیت دارد. «قهوہ‌ای» زغال سنگ قهوه‌ای دارد. «سیاه» زغال دارد. «زرد» هیدرو اکسید آهن دارد [۷].

آب حالت خاک را دگرگون می‌کند و به دو شکل در خاک یافت می‌شود. آب آزاد، که با مکینن یا فشردن از خاک جدا می‌گردد و آب «نم»، که دور دانه‌های خاک را اندوخته می‌کند و باید به آن گرمای داد تا بخار شود و پیزد. خاک رس بعد از آب مکینن باد می‌کند) خاک رس به نام تونیت ناتریومی Na-Bentonit ۶ تا ۷ برابر حجمش آب می‌مکد). پوسته‌ی آب روی خاک رس به نازکی ۶ تا ۸ میلیون میلیمتر است. آب نم، به دانه‌های خاک با نیرویی برابر 2000 kg/cm^2 می‌چسبد. Atterber سوئدی، خاک را بسته به آب درون آن، به آبکی، شلی، خمیری، سفتی و خشکی حالت‌بندی کرده است. با خاک خمیری (گل) خشت ساخته می‌شود. گل را باید بشود در کف دست با انگشت به نازکی ۳ میلیمتر فیله کرد، بی آنکه خرد شود. پس از آنکه خاک رس آب مکید و باد کرد، تمام جای خالیش پر می‌شود و از نشت کردن آب جلوگیری می‌کند، از این رو آن را برای آب بندی کردن بام (گاه گل)، نهر، دیوار و کف آب گیر و جز اینها مصرف می‌کنند [۷].

خاک رس تا خشک است چسبنده نیست، همین که گل شد چسبنک می‌شود و تا سیراب نشده چسبنک می‌ماند. میزان تخلخل آجرها بر اساس میزان آب جذب شده در آجر در حالت اشباع محاسبه می‌شود. میزان جذب آب در آجرها اهمیت زیادی دارد. چنانچه میزان تخلخل از حد معینی بیشتر باشد، از یک سو باعث پوکی آجر می‌شود و توان مقاومتی آن را کاهش می‌دهد و از سوی دیگر با افزایش جذب آب شرایط فرسایش در مقابل یخ‌زدگی در آن تشدید می‌شود، اما با کاهش بیش از اندازه‌ی جذب آب، امکان جذب رطوبت ملات توسط آجر مهیا نمی‌شود و چسبندگی ملات بر آجر انجام نخواهد شد [۷ و ۱۵].

گل آجر باید دارای استخوان بندی ماسه‌ای متراکم باشد و گل رس دور دانه‌های ماسه را اندوخته کرده، جای خالی استخوان بندی را پر کرده، دانه‌های ماسه را به هم‌دیگر چسبانیده باشد. خاک رس زیاد در گل، آجر را تو پر می‌کند ولی هنگام خشک شدن، خشت ترک بر می‌دارد و هنگام پختن در کوره، از شکل می‌افتد [۷].

ماسه: پس از پوسیدن فلدرسپات‌های سنگ‌های آذری، آب سنگ‌های پوسیده را شسته است، دانه‌های کوارتز خرد و ریز گشته همراه خاک رس تهشیش شده‌اند، از این‌رو همه خاک رس‌ها کم و بیش دارای ماسه‌ی سیلیسی هستند. اگر در خشت، دانه درشت سیلیسی بماند، چون حجم سیلیس با بالا رفتن درجه گرمای پیوسته افزایش می‌یابد، با جمع شدن یکنواخت خشت هنگام پختن هماهنگی ندارد و در آجر، دور دانه سنگ سیلیس، ترک‌های مویی پیدا می‌شود. برای جلوگیری، بهتر است پیش از ساختن گل، خاک آن آسیاب شود تا دانه درشت در خشت نماند. ماسه استخوان بندی خشت است و اگر زیاد باشد، برای گل رس چسبنده، جا نمی‌ماند و آجر ترد، پوک و کم تاب می‌شود. هنگام خشک شدن خشت، استخوان بندی ماسه‌ای آن از جمع شدن و ترک خوردن خشت جلوگیری می‌کند. برای ساختن سفال‌های ممتاز، خاک‌های پر ماسه را دوغاب می‌کنند، تا ماسه درشت آن ته نشین شود. هرگاه ماسه خاک کم باشد، هنگام آسیاب کردن خاک یا ساختن گل آجر، به آن ماسه می‌افرایند تا دانه بندی خاک خشت پیوسته شود [۷].

سنگ آهک CaCO_3 : به اندازه کم و به شکل گرد به آجر آسیب نمی‌رساند و آجر را سفید رنگ می‌کند ولی زیادش در آجر نقش گذاز آور داشته، درجه آب شدن خاک را پایین می‌آورد و در گرمای کوره، خشت خمیری و آجر جوش می‌شود. هرگاه دانه‌ی سنگ آهک درشت در خشت بماند، در کوره می‌پزد و به آهک زنده CaO تبدیل می‌شود و پس از مصرف شدن، آب ملات را می‌مکد و می‌شکند و باد می‌کند و آجر را می‌ترکاند (آجر آلوک می‌کند) [۷].

سولفات‌ها: سولفات منیزیوم $MgSO_4$ ، سولفات کالیوم K_2SO_4 ، سولفات ناتریوم $NaSO_4$ به شکل گرد و سنگ چچ به شکل گرد و دانه‌ی درشت، در خاک آجر کم و بیش پیدا می‌شوند. سنگ چچ هم هنگام آسیاب کردن خاک، به شکل گرد در می‌آید. سولفات‌ها اگر در آجر بمانند، پس از مصرف شدن آب می‌مکند، رو می‌زنند و نمای ساختمان‌های آجری سفیدک می‌زنند.^[۷]

آهن: ترکیب‌های آهن، سولفور آهن در کوره به اکسید آهن و SO_3 تجزیه می‌شود، SO_3 با CaO و MgO و K_2O و Na_2O ترکیب سولفات می‌دهد. اکسید آهن در آجر نقش جسم گدازآور دارد. در آجرهای نسوز اکسید آهن باید خیلی کم باشد. اگر Fe_2O_3 خاک به ۵٪ وزن آن بررسد، رنگ آجر سرخ می‌شود و درجه آب شدن آن پایین می‌آید. این خاک در ساختن تبوشه ممتاز که نم پس نمی‌دهد مصرف می‌شود. در گرمای کم، آجر نیم پز می‌شود و آهن آن به FeO تبدیل می‌گردد. از این رو آجر نیم پخته رنگش کبود چرک است.^[۷]

رستنی‌ها: علف، ریشه و دیگر رستنی‌های مانده در خشت، در کوره می‌سوزند و جایشان در آجر خالی می‌ماند و آجر پوک می‌شود. برای ساختن آجر پوک و سبک، به گل خاک اره در کوره می‌سوزد و جایش خالی می‌ماند و آجر پوک و سبک می‌شود.^[۷]

برای ساختن آجر، گل می‌سازند، با گل خشت می‌زنند (به گل شکل می‌دهند) و خشت را می‌پزند. ساختن گل: در خاک آجر، آبخوره می‌سازند و در آن آب می‌ریزند و گل می‌سازند، گل را می‌خوابانند تا کم کم آب بخورد، دانه‌های خاک آب انود شوند و خاک به حالت خمیر در آید. در کارخانه‌های آجرپزی، خاک را آسیاب می‌کنند تا گرد شود. خاک گرد شده را در جای پر از بخار آب می‌باشد تا دانه‌های آن نمناک شوند، دانه‌های نمناک شده را پرس می‌کنند تا به شکل خشت در آید. در چنین خشتی آب آزاد نیست و خشت نیاز به خشک کردن ندارد.^[۷]

تهیه خشت: خشتی که با دست مالیده شود پوک است و تاب زیاد ندارد. از این گذشته، خشت مالی با دست کند پیش می‌رود و گران تمام می‌شود. در کارخانه‌های آجرپزی، خشت را با ماشین می‌سازند. گل آجر از درون مجرای فولادی با فشار به جلو رانده می‌شود، به دهانه مجرای فولادی، قاب فولادی ای بسته شده است. گلی که با فشار بیرون می‌آید از قاب گذشته، به شکل منشور خمیری روی بند رونده می‌افتد. این منشور گلی را با سیم می‌برند تا به شکل خشت در آید. خشت ماشینی متراکم است و آجرش تاب زیاد دارد. با ماشین، هر ساعت تا شش هزار خشت می‌سازند.^[۷]

خشک کردن خشت: خشت با دست در کوره چیده می‌شود، از این رو باید تاب کافی داشته باشد (خشک باشد). خشت تر تا ۲۵٪ وزنش آب دارد که اگر به حالت تر در کوره چیده شود، در گرمای کوره آبش بخار می‌شود و گاز کوره را نمناک می‌کند و گرد خاکستری که در گاز نمناک هست روی خشت نشسته به آن می‌چسبد و آجر بد نما می‌شود. خشت باید همه جانبه خشک شود تا خم نشود، نیچه و ترک نخورد. اگر در جای روباز یا سرپوشیده‌ی دور باز که در آن هوا می‌وزد خشت را خشک کنند، چون هوا از یک سو می‌وزد، خشت یک طرفی خشک می‌شود و ترک بر می‌دارد. برای خشک کردن خشت باید به آهستگی به آن هوای گرم خشک دمید تا نم خشت همه جانبه بخار شده و خشت خشک شود. خشت در هوای آزاد پس از ۳ تا ۱۵ روز خشک می‌شود، در جاهای نمناک بیشتر طول می‌کشد و اگر سرما زیاد باشد، خشت تریخ می‌زنند و خرد می‌شود. برای آنکه خشت یکنواخت خشک شود، آن را مصنوعی خشک می‌کنند. خشت را سه جور خشک می‌کنند: روی کوره حلقه‌ای، در جای بسته گرم و در توپل گرم.^[۷]

روی کوره حلقه‌ای: برای بهره‌گیری از گرمای کوره‌ی حلقه‌ای، روی آن خشت خشک کن می‌سازند. خشت تر را در خشت خشک کن می‌چینند، از پایین هوای گرم خشک به خشت خشک کن می‌رسد و هوای نمناک که آب خشت تر را گرفته است از بالا بیرون می‌رود. چون آتش در کوره‌ی حلقه‌ای ثابت نیست، از این رو رساندن هوای گرم به خشت تر یکنواخت انجام نمی‌گیرد. در اتاق‌های گرم و بسته‌ی بلند و باریکی که در دیوارهای آن جای چیدن خشت ساخته شده است، خشت تر می‌چینند، اتاق خشت خشک کنی را با لوله‌ی بخار آب یا هوای داغ از پایین گرم می‌کنند و هوای نمناک که آب خشت تر را گرفته است از بالا می‌مکند. خشت در این اتاق‌ها، یک تا سه روزه خشک می‌شود.

در توغل گرم: خشت تر را روی واگنک می‌چینند، واگنک بار شده به درون توغل به سوی در خروجی آن می‌رانند. از کف توغل، از نزدیکی در خروجی به سوی در ورودی هوای داغ می‌دمند. هوای داغ آب خشت را بخار کرده سرد و نمناک می‌شود و به دودکش می‌رود. همین که یک واگنک خشت، خشک شد، در خروجی توغل را باز می‌کنند و آن را بیرون می‌کشنند و در همین زمان، از در ورودی توغل یک واگنک را با بار خشت به درون توغل می‌رانند. خشت در توغل یک روزه تا دو روزه خشک می‌شود.
[۷]

آجر پزی: یعنی گرما دادن به خشت به اندازه‌ای که آب شیمیابی خاک رس پرده و دانه‌های خاک به همدیگر بچسبند و به جسم سختی تبدیل شوند که دارای تاب زیاد است و زیر اثرهای جوی و مکانیکی پایداری می‌کند. آجر ساختمانی، در گرمای نزدیک به ۹۰۰ درجه به ترتیب زیر می‌پزد:

۱) در گرمای تا ۱۰۰ درجه، خشت خشک می‌شود و حالت خمیری و چسبناکی اش را گم می‌کند. ۲) در گرمای بالاتر از ۵۰۰ درجه، کم کم آب شیمیابی خاک رس می‌پردد. ۳) در گرمای از ۹۰۰ درجه به بالا، خشت می‌پزد و دانه‌های خاک بهم چسبیده که آب شیمیابی ندارند، جسمی یکپارچه می‌شوند. در گرمای تا ۱۴۰۰ درجه، سفال و سرامیک و از این بالاتر، چینی و نسوز می‌پزند.
[۷].

رس Al_2O_3 : در گرمای ۲۰۵۰ درجه و سبلیس SiO_2 در ۱۶۸۵ درجه آب می‌شوند. ولی گرمای آب شدن سیلیکات آلومینیوم $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}$ در ۱۷۵۰ درجه است. جسم‌های بیگانه در خاک (گدازآورها)، گرمای آب شدن آجر را از ۹۰۰ درجه هم پایین تر می‌آورند. هرچه گداز آورها، مانند سنگ آهک و اکسید آهن در خاک زیادتر باشند، درجه‌ی گرمای آب شدن آجر پایین تر می‌آید. کربنات کلسیم و کربنات ناتریم در خاک، گرمای آب شدن آن را تا ۸۰۰ درجه پایین می‌آورند. مانند خاک خوزستان که دارای کربنات کلسیم و نمک خوردن است و زود آب می‌شود، از این رو نمی‌شود در آنجا به ویژه در جنوب خوزستان، آجر خوب پخت.
[۷].

کوره‌های آجرپزی: پس از خشک شدن خشت، آن را در کوره می‌چینند جوری که به همدیگر نچسبند تا هوا، شعله و گاز از لای آجرها بگذرند. کوره‌های آجرپزی سه جورند: کوره‌ی با آتش ثابت، کوره‌ی با آتش رونده و آجر ثابت و کوره‌ی با آجر رونده و آتش ثابت.

کوره با آتش ثابت و آجر ثابت یا کوره‌ی چاهی: این کوره کارش پیوسته نیست. شکل کوره مانند چاه کوتاه و گشادیست که تون آن از جای چیدن خشت، با طاق قوسی سوراخ دار جدا شده است. خشت را در کوره می‌چینند و تون آن را می‌تابند (آتش می‌کنند)، شعله و گاز داغ و دود از سوراخ‌های طاق تون به جای چیدن خشت بالا می‌روند و گرمای خود را به خشت پس می‌هند، خشت می‌پزد. کار کوره چاهی پیوسته نیست و در آن گرما زیاد تلف می‌شود زیرا، پس از آنکه خشت پخت و آجر شد، سر کوره را باز می‌کنند و می‌گذارند تا آجر درون کوره سرد شود و گرمایش را به هوا بدهد. جنس آجری که در کوره چاهی پخته شود

یکجور نیست. از پایین به بالا به ترتیب جوش، آجر جوش، آجر سبز، آجر بهی، آجر سفید، آجر ابلق، آجر قرمز و نیم پخته بdst می آید[۷].

کوره با آتش رونده و آجر ثابت: کار این کوره پیوسته است و گرمای آن خیلی کم هدر می رود. این کوره را یک بنای اهل برلن به نام Friedrich Hoffmann اختراع کرد که به نام او نامیده می شود. چون حلقه ای ساخته می شد آن را کوره حلقه ای هوفمان نامیدند. نخستین کوره ها به شکل دایره ساخته شدند ولی اکنون آن را به شکل حلقه دراز یا اره ای و مانند اینها می سازند. در این کوره ها از هدر رفت گرما به اندازه زیاد جلوگیری می شود[۷].

کوره تونلی: در آن بیشتر، سفال های ممتاز را می پزند. کارش مانند تونل خشت خشک کن است. از این سوی تونل واگنک با بر خشت به درون تونل می رود و از سوی دیگر، آجر سرد شده بیرون می آید. کانون آتش در دیوار درونی تونل ساخته شده است. همین که واگنک با بر خشت وارد تونل شد، به کنده به سوی کانون آتش رانده می شود. خشت کم کم گرم و نیم پز شده، از برابر کانون آتش گذشت، می پزد. هنگامی که واگنک آجر پخته به سوی در خروجی تونل می رود، روی آن هوای سرد می دمند تا گرمای آجر را بگیرد و آن را سرد کند. هوایی که از روی آجر گذشت، داغ می شود و هواکش پهلوی کانون آتش آن را مکیده به کوره می دهد. کار کوره تونلی پیوسته است و گرمای آن خیلی کم تلف می شود، ولی ساختن تونل و ریل گذاری و خریدن واگنک و جز اینها گران است. جایی که برق ارزان باشد، می شود کوره تونلی را برقی ساخت و کوره را برق آتش کرد[۷].

خاصیت های آجر ساختمانی: آجر خوب صدای زنگ می دهد. این نشانه توپری، تاب زیاد و پایداری آن در برابر نشت کردن آب و یخندان است. آجری که صدای مرگ بدده، یا خوب پخته است و یا ترک دارد. آجر خوب باید گرمای رسانی اش کند و کم باشد، در آتش سوزی خمیری و آب نشود. جسم های شیمیایی در آن اثر نکنند. به ملات خوب بچسبد، سخت باشد و کم ساییده شود و توپر باشد. آجر پوک آب می مکد و در سرما بخ می بندد و خرد می شود. آجر ساختمانی باید کمتر از ۸٪ و بیشتر از ۱۸٪ وزنش آب بمکد. اگر کمتر بمکد به ملات خوب نمی چسبد و هرگاه بیشتر بمکد پوک است. تاب فشاری آجر ساختمانی تو پر باید kg/cm^2 ۱۰۰ تا ۱۵۰ باشد و وزن فضایی اش از kg/cm^3 ۱۸۰۰ کمتر نباشد [۷]. هنگامی که بدنه آجر از خاک مناسب تهی شود و در دمای کافی حرارت دیده باشد، از تخلخل و وزن مخصوص قابل قبولی برخوردار خواهد بود. رنگ آجر تا حدودی می تواند علامتی بر این موضوع باشد[۱۵].

آجر جوش: در تهیه خاک و پختن خشت آن بیشتر دقت می شود. در کوره بیشتر می ماند تا دانه های خاک کمی عرق کرده به هم دیگر بچسبند و آجر یکپارچه شود. آجر نباید در گرمای کوره آب شود، از این رو باید تفاوت درجه ی گرمای عرق کردن و آب شدن خاک آجر جوش زیاد باشد. برای آنکه آجر در گرمای کم عرق کند، به آن گداز آور می زنند (بیشتر اکسید آهن). اکسید آهن گذشته از اینکه گداز آور است، رنگ آجر جوشی را که در گرمای ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه پخته شده باشد سرخ تا سیاه می کند. رنگ زرد آجر جوش از کم بودن اکسید آهن و زیاد بودن آهک و قلایی های آن است[۷].

آجر جوش باید سخت باشد، لاشه نشود، ترد نباشد، ترک نداشته باشد، در برابر ضربه پایداری کند و لبه اش نپرد، کم ساییده شود، زبر باشد و جای ساییده شدن آن نیز زبر بماند، سطح شکسته ای نبوده، دانه دانه و پر باشد، در برابر یخندان و اثر جسم های شیمیایی پایداری کند. تاب فشاری آجر جوش نباید از kg/cm^2 ۳۵۰ کمتر باشد. آجر جوشی که در ساختمان مصرف می شود نباید بیش از ۶٪ و آنچه برای فرش کردن مصرف می شود نباید بیش از ۴٪ وزنش آب بمکد. آجر جوش که به مصرف فرش کردن می رسد باید تاب ضربه ای زیاد باشد. خیلی هم ساییده شود، زبر باشد و پس از ساییده شدن هم زبر بماند [۷].

نسوزها: نسوز خاک و سنگی است که در گرمای تا ۱۵۸۰ درجه آب نشود. این گرما قراردادی نیست، بلکه درجه ی گرمای آب شدن مخلوط همگن ۹۰٪ گرد سیلیس SiO_2 و ۱۰٪ گرد رس Al_2O_3 است. اگر نسبت مخلوط کم یا زیاد شود درجه‌ی آب شدن آن بالا می‌رود. این مخلوط، در میان همهٔ مخلوط‌های رس و سیلیس درجه‌ی آب شدن پایین تر است. از این رو گرمای ۱۵۸۰ درجه، برای مرز میان درجه‌ی آب شدن جسم‌های سفالی و جسم‌های نسوز، برگزیده شده است. جسم‌های نسوز با خاک رس نسوز، کوارتزیت، بوگزیت و منیزیم پخته، دولومیت پخته، گرافیت، کاربید سیلیسیم (برای ساختن کاربید سیلیسیم، مخلوط همگن گرد سیلیس و گرد زغال را در کوره‌ی برقی آب می‌کنند) و جز اینها تهیه می‌شوند [۷].

اینها را با ملات گل رس، ملات آهک شکفت، ملات اکسید منیزیم، قیر و قطران، خمیر می‌کنند و با فشار به آنها شکل می‌دهند و سپس آنها را می‌پزند. این نسوزها در صنعت فلز گدازی مصرف می‌شوند. در کارهای ساختمانی، برای بخاری‌ها، اجاق‌ها، دیگرهای بخار و مانند اینها جنس پست تر (که در گرمای کمتر آب می‌شود) مصرف می‌کنند. برای ساختن آجر نسوز، آجرهای نسوز کهنه را آسیاب کرده، با خاک نسوز به نسبت ۲ به ۱ تا ۳ به ۱ مخلوط می‌کنند و خشت می‌زنند و خشت را می‌پزند [۷].

۱۰.۲ تأثیر عوامل تغیری بر آجرها

این تولیدات در صورت مناسب بودن شرایط تولید آنها می‌توانند مقاومت بسیار مناسبی در مقابل عوامل گوناگون تخریب محیطی از خود نشان دهند. چنانچه آجر از خاک مناسب تولید شود و درجه و زمان پخت کافی را دریافت کرده باشد می‌تواند برای مدت زمان زیادی در طبیعت دوام آورد. بسیاری از اینهای تاریخی با قدمت بیش از سه هزار سال گواه این مدعاویند، بسیاری از این بنایها در شرایط نامناسب محیطی قرار داشته‌اند. با این حال باید پذیرفت که آجرها نسبت به برخی عوامل تخریب محیطی واکنش نشان می‌دهند و آسیب‌هایی را متحمل می‌شوند. مهم‌ترین این عوامل عبارت‌اند از: یخ‌زدگی در حالتی که آجر از آب اشباع است. باران‌های اسیدی که در دوران معاصر به دنبال صنعتی شدن جهان پدیدار شده‌است، شوره ناشی از حضور نمک‌های محلول در آب که همراه با رطوبت به درون ساختار آجرها نفوذ می‌کند. آجرهایی که دمای کافی برای پخته شدن را دریافت نکرده باشد، مقاومت بسیار اندکی در برابر رطوبت و یخ‌زدگی و حتی تغییرات حرارتی از خود نشان می‌دهند. پودر شدن آجر در شرایط مروط، اولین نشانه تخریب آجر با درجه‌ی پخت ناکافی است. چنانچه خاک در مرحله‌ی پخت تمامی آب درون ساختار خود را از دست نداده باشد مجدداً رطوبت را جذب می‌کند و خاصیت پلاستیک را به دست می‌آورد. در این گونه موقع رنگ آجر تا حدود زیادی نشان‌دهنده پخت ناقص آن است. بازتاب صدای خفه‌ی آجر نیز در این موقع دلیل بر ناکافی بودن پخت است [۱۵].

۴.۲ عناصر ساختاری

سیستم سازه با دو مؤلفه سیستم تعریف می‌شود. هر کدام روی دیگری تأثیر می‌گذارد: ۱) نیروها: سیستم دینامیکی انتقال بار و کنترل نیروها ۲) هندسه: سیستم تشریحی فرم سازه و مسیر نیروها. در صورتی که جسم، سازه مورد نظر باشد یک مؤلفه تعریف دیگر نیز سودمند خواهد بود: ۳) مصالح: سیستم مصالح جهت کنترل نیروها و تحقق بخشیدن هندسه سازه [۱۶]. با علم به این مسئله به بررسی مهترین نمونه‌های نحوه کاربرد مصالح آجری در معماری ایران در پاسخ به نیروها یعنی سیستم دینامیکی انتقال بار و کنترل بار در قالب هندسه سازه، تحت عنوان عناصر ساختاری می‌پردازیم:

در گذشته معماران ایرانی با بهره گرفتن از دسته‌های به هم پیوسته‌ی نی و در مواردی از کلاف‌های چوبی در کار خشی کردن نیروهای کششی توفیق یافته‌اند. در انجام این کار با تکیه بر تجربه و آزمایش‌های مستمر، چوب‌های صمغ‌دار را که در برابر موریانه مقاوم هستند برگزیده‌اند. معماران در کار پوشش سقف‌ها و دهانه‌های مختلف بسته به اندازه و دهانه و بلندی طاق‌ها آجر چینی‌های متفاوتی را به خدمت می‌گرفتند تا از بیشترین توان و مقاومت لازم برخوردار شوند از جمله در زدن طاق‌های «آهنگ» یا «تویزه»

هایی که به صورت «کلیل» اجرا شده اند، «گیلویی» را به صورت رومی یا هرمه می‌چینند و «کلاله» آن را اگر دهانه بزرگ بود به صورت ضربی و اگر کوچک بوده به صورت چپله یا تیغه‌ای پوشش می‌کردند [۲۹].

در جناغی‌ها از پایین کار را به صورت «خفته» و بالا را به صورت «راسته» یعنی رومی و ضربی اجرا می‌کردند. در زمینه کارهای پوششی و بهره جستن از آجر یکی از نمونه‌های موفق که نحوه بارگیری آگاهانه از آجر را نشان می‌دهد، اثر کم شناخته‌ای است به نام مسجد جامع افین در قهستان مربوط به قرن نهم؛ در این بنا پوشش فضای فراز محوطه محراب «یکی از حیرت انگیزترین نوع بارگیری از آجر است که چهار تویزه اصلی پوشش پس از برخاستن از پاکار و شلال تویزه، روی مقطعشان، آجر به آجر می‌پیچند و امتداد مقطع آنها مرتب تغییر می‌یابد» [۲۹].

اگر چه طاق ضربی دارای اهمیت معنوی نمی‌باشد، ولی در تکامل دستاوردهای بزرگ معماری ایرانی نقش بسزایی داشت. بی‌شک از دوره ساسانیان یا اوخر دوره اشکانیان طاق ضربی در شکل‌های مختلف یکی از مهمترین اجزاء بناهای ایرانی محسوب می‌شد. طاق ضربی در اشکال متفاوت در ساختن بناهای بسیار رواج یافت و دلیل آن کمبود چوب و الار کافی بود تا بتوان طبق عادات هخامنشیان در تیر چوبی ساختمان از آنها استفاده کرد [۳۰].

در اصل طاق ضربی سه نوع هستند که همگی از یک جزء اصلی یعنی طاق نما ساخته شده‌اند. هنگامی که عمق یک طاق نما زیاد باشد، یک طاق به وجود می‌آید. هنگامی که دو طاق ضربی یکدیگر را قطع کنند، طاقی به وجود می‌آید که متقاطر، یا همبر نام دارد و اگر طاق نمایی به دور خود بچرخد طاق نیمکره‌ای به وجود می‌آید، که همان گنبد می‌باشد [۳۰].

طاق نیمکره‌ای در شکل پیچیده‌تری، طاق طرح چهارگوش را تشکیل می‌دهد. این حالت تنوع زیاد دارد. طاق ضربی ساده‌ترین نوع این طاق‌های در زمان کوتاه و با هزینه کمی ساخته می‌شود. با وجود این، این طاق محدود به عرض‌های نسبتاً باریک می‌باشد. همچنین از آنجایی که دیوارها وزن و بار این طاق‌ها را تحمل می‌کنند، این طاق‌ها بسیار تاریک هستند، نمی‌تواند بدون تضعیف جدی و حتی نامناسب ساختمان روی دیوارها پنجه باز کرد. علی‌رغم این مشکل، بسیاری از بناهای بزرگ به این صورت ساخته شده‌اند. ساختمان تک ایوانه تلاار پذیرایی طاق کسری نمونه این حالت است. به طور کلی این طاق‌ها نسبتاً یکنواخت هستند و از لحاظ ساختاری بی‌حالت و بدون ویژگی می‌باشند. جز مواردی که از پانل‌های هلالی یا مانند فیروزآباد از طاقچه‌ها استفاده شده باشد [۳۰].

محوطه‌ی فیروزآباد شامل بناهای قلعه دختر، شهر گور و بنای کاخ اردشیر بابکان است. گنبد قلعه دختر، قدیمی‌ترین گنبد دنیاست و بر روی پلان مربع بنا شده و گنبد خاص ایرانی است [۳۱]. یکی از مهم‌ترین اختراع‌های تاریخچه معماری، طاق و طاق نمای عرضی یا متقاطع بود که مشکلات طاق‌های ضربی را به صورت اصولی در دوران ساسانیان برطرف کرد. قدیمی‌ترین نمونه این طاق‌ها، ویرانه‌های ایوان کرخه در جنوب غربی ایران می‌باشد. اغلب این طاق‌ها بسیار طولانی بودند مانند بازارهای بزرگی که در قرن هفدهم در اصفهان، کاشان و شیراز ساخته شدند و بسیار طولانی بودند [۳۰].

نحوه‌ی اجرای پوشش طاق گهواره‌ای به این صورت است که: زمینه پاکار طاق با خشت فارسی شروع می‌شود که در حالت مایل و شیبدار در ملات نصب می‌گردد. رج بعدی شامل دو خشت به شکل مایل و رج سوم سه خشت به طور مایل نصب می‌گردد. عمل شروع پوشش به صورت مایل در رج‌های پاکار ضلع بنایی رج‌های قوس از دو طرف تا وسط تیزه به صورت مثلث قائم‌الزاویه‌ای که اصطلاحاً «لچکی» گفته می‌شود؛ ساخته شده و زمینه کار آماده پوشش طاق می‌گردد. عمل پوشش طاق به حالت ضربی زدن و کاربند کردن کامل بین ملات‌خورها خصوصاً در سر تیزه انجام می‌گردد. ضخامت این پوشش یک خشت می‌باشد. پس از رسیدن به آخرین رج انتهایی در دیوار طولی، ساختن دیواره مقابل عرضی جهت پاطاق نیز بنایی می‌شود با پوشش رج‌های مایل انتهایی به

شکل فارسی تیزه طاق بسته می شود. اجرای این پوشش همچنین سایر پوشش‌ها بدون قالب بوده و فقط به مهارت سازنده بستگی دارد [۳۲].

با توجه به طاق یا گنبدی که روی اتاق چهارگرفته، مشکل چگونگی انتقال از چهارگوش پایین به دایره بالایی است. این مسئله قرن‌ها ذهن مهندس‌های کارآمد رومی را به خود مشغول کرده بود و آنها توانستند راه حل مناسبی برای آن بیابند. مهندسان و معماران ایرانی توانستند برای اولین بار چاره‌ای برای حل این مشکل بیاندیشند. حل این موضوع مستلزم ایجاد یک بخش سوم یعنی منطقه انتقال بین اتاق چهارگوش و گنبد روی آن بود، به این صورت که در هر یک از گوش‌ها یک طاق نما ساخته شود و مربع به هشت ضلعی تبدیل شود و در حلقه بعدی پانل‌های هلالی کوچکتری در گوش‌ها ساخته شود و هشت ضلعی به شانزده ضلعی که نزدیک به دایره است تبدیل شود. تاریخچه این تکنیک که گوشواره نام دارد، در تاریخچه معماری اسلامی اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. گوشواره‌ها به دو نوع اصلی تقسیم می شوند: گوشواره توخالی پشت گرد دوران ساسانیان و گوشواره ساده لبه دار. مشکلی که متعاقباً پس از استفاده از گوشواره پیش آمد چگونگی پر کردن فضای خالی آن بود. راهکارهای متعدد و بی شماری برای پر کردن، تقسیم کردن یا افزایش حجم آنها ارائه شد [۳۰].

سؤال اصلی در مورد ابعاد ساختاری اجزای طاق ضربی مانند دندوهای متقطع می باشد. این مسئله در دوران سلجوقیان مسئله ساختاری است که به وضوح در مسجد جامع اصفهان نشان داده شده است. در این نمونه‌ها دندوهای وزن مفصل‌های کوچکی که در بالا قرار دارند را تحمل می کنند در بناهای دیگری که متعلق به قبل از قرن نوزدهم میلادی هستند، دندوهای ساختمانی طاق ضربی را نگه می داشتند. در بسیاری از موارد، خط خارجی دندوهای در بقایای یک بنا به پهنهای یک آجر دیده می شود، در حالی که اغلب از چند رج آجر تشکیل شده‌اند که در جداره گنبد قرار گرفته بودند و به همین دلیل بناهای ایرانی آنها را «دندوهای دزد» می نامیدند. اگرچه امروزه این خطوط با تأکید بر نیروهای جهت دار سنتی و ایجاد احساس فعل بودن و هم عرض بودن، دیگر جنبه ساختاری ندارند.

مهارت طاق‌زنی محدود به دوران سلجوقیان و جانشینانش نبود. چالش‌های آن دوران باعث ایجاد بناهای جالی مانند طاقهای کاروانسرای قم شد. نوع دیگری از طاقها، طاق‌هایی هستند که به وسیله مقرنس ساخته می شوند. علاقه و هنر ایرانی به ساختمنهای با ابهت و بی‌روح افروزه شد و در سراسر سرزمین‌های اسلامی پراکنده شدند. جذایت این مقرنس‌ها در تکثیر واحدهای کوچکتر و متنوع است که نور را در نقش‌های زیبایی می‌شکند و منعکس می‌کند.

گنبد مسائل زیادی را مطرح می کند و در معماری ایرانی به شکل‌های مختلفی مشاهده شده است. گنبدهای ساخته شده در دوران ساسانی بیشتر به صورت گرد، بیضی یا سهموی بودند. بعدها گنبد به صورت‌های دیگری نیز ساخته شد: گنبدهای کوتاه نعلبکی مانند که مستلزم دیوارهای کلفت یا پیشخانی برای تحمل بار سنگین جانبی است، یا گنبدهای بلندی که روی ساقه‌های استوانه ای بلند قرار می گرفتند. این گنبدها در دوران تیموریان رایج بودند. گنبد‌های پیازی تا حدی از پایه گرد خود گسترش یافته‌اند. گنبد پیازی شکل به علت برخی از مشکلات ساختاری و احساس عدم آرامش آن، مورد پسند معماران قرار نگرفت. از قرن دوازدهم میلادی به بعد نوع دیگری از گنبد رواج یافت و از آن سبک در ساختن بناهای گرد یا هشت ضلعی مانند برج‌های آرامگاهی استفاده می کردند [۳۰].

طاق‌پوش عرقچین (کروی): در طاق‌های گهواره‌ای پاکار قوس بیشتر در ارتفاع ۱/۵ متر می باشد که این حالت دو سمت اطاق را کوتاه کرده و اصطلاحاً شانه قوس را توسری خورده نشان می دهد. چنان‌چه پوشش به شکل مدور و از سه کنج آغاز گردد. فضا

بلندتر با غلتبه یکنواخت در حالت دور نعل اسبی و یا «پیازی» پوشش می شود که از حالت گرفتگی در پوشش گهواره‌ای به دلبازی پوشش عرقچین می رسد [۳۲].

مزایای مهم معماری ایرانی عبارتند از: توجه فراوان به شکل و مقیاس، ابتکارهای ساختاری، بخصوص در ساختن طاق ضربی و گنبد، ترئین‌های عالی که در مقایسه با معماری‌های دیگر بی سابقه می‌باشد. وجود آثار باستانی اولیه مانند مناره‌های سر به فلك کشیده در کشوری که مرتباً در معرض تهاجمات ویرانگر دشمنان و زلزله بوده، نشانه‌ای از نظریات و طرح‌های اساسی معماران آن زمان می‌باشد، غیر از کاشی‌های معرق که تقریباً هزینه زیادی داشتند، مصالح دیگری که در معماری ایرانی از آنها استفاده می‌شده ارزان و مقرون به صرفه بوده‌اند. معماری ایران در همه اعصار به طور پیوسته اجرا می‌شد ولی تقریباً در قرن هجدهم این پیوستگی از هم گسیخته شد. تهاجم‌های وحشیانه افغان‌ها، جنگ‌های پر هزینه و بی‌حاصل نادر شاه و ناپختگی فرهنگی سلسله قاجار منجر به افت شرایط اقتصادی ایران شد به طوری که ایران بازارهای اروپایی را از دست داد. این عوامل یکی پس از دیگری دشمن اصالت و طبع فرهیخته معماری ایرانی بودند. اما سنت ایرانی عمقی بود که کاملاً از بین نرفت و علاوه بر اشکال نیرومند دیوارهای کریم‌خان، بازار و مسجدی زیبا در شیراز، شاهکارهای معماری دیگری نیز بوجود آمدند [۳۰].

۵.۲ آجرکاری مدرن در ایران

دکتر فلامکی معتقدند که: «اگر دقت به دو وجه ترئینی در معماری ایران شود که از گذشته‌های بسیار دور تا اواخر دوران قاجار قابل تمیزاند: یکی، مصالح ساختمانی را مستقیماً به ترئین می‌کشد و دیگری پوسته‌ای از جنسی سوای مصالح ساختمانی اصلی و باربر را بر می‌گزیند تا رویش کاری زیبا بیافراید» [۲۴]. و آنچه که امروز در بناهای آجری معاصر به عنوان شروعی بر رجوع دوباره به آجر در بناهایی چون: خانه آجر بافت، خانه حقیقی، خانه چهل گره، بازسازی خانه کاوه، پروژه کafe اسپریس، پروژه مسکونی کهریزک و ... شاهد هستیم همان وجه ترئین دوم، یعنی پوسته‌ای از جنسی سوای مصالح ساختمانی اصلی و باربر است (شکل ۱۸). که تکنیک هایی چون رگ چینی و فخر و مدین را باروشه نوین اجرا نموده اند. به نحوی گامی در جهت به روز کردن تکنولوژی ساخت بناهای آجری برداشته‌اند. از این جمله می‌توان به استفاده از قفل و بست بدون ملات در خانه آجر یافت نمود (شکل ۱۸، شماره ۱). آجرچینی در خانه حقیقی را می‌توان تقلید یا الهامی از آجرکاری مقبره امیر اسماعیل سامانی در بخارا دانست (شکل ۱۸، شماره ۲).



شکل ۱۸-۱) خانه آجر بافت، ۲) خانه حقیقی ۳) خانه چهل گره ۴) بازسازی خانه کاوه ۵) پروژه مسکونی کهریزک

۳. نتیجه گیری

هر سازه مطلقاً به وسیله سه مؤلفه اش تعریف می‌شود: ۱) جریان نیروها ۲) هندسه ۳) مصالح. سیستم سازه با دو مؤلفه سیستم تعریف می‌شود. هر کدام روی دیگری تأثیر می‌گذارد: ۱) نیروها: سیستم دینامیکی انتقال بار و کنترل نیروها ۲) هندسه: سیستم تشریحی فرم سازه و مسیر نیروها. در صورتی که جسم، سازه مورد نظر باشد یک مؤلفه تعریف دیگر نیز سودمند خواهد بود، ۳) مصالح: سیستم مصالح جهت کنترل نیروها و تحقق بخشیدن هندسه سازه است. دو ویژگی اساسی مصالح

موردنیاز برای سازه عبارت است از: ۱) مقاومت ۲) سختی. از آنجا که سازه باید نیروهایی را منتقل کند؛ باید به اندازه کافی مقاوم باشد؛ چون به طور کلی انتظار می‌رود که سازه شکل خود را حفظ کند؛ باید به اندازه کافی سختی داشته باشد. عجیب این که مقاومت و سختی مصالح ارتباطی به هم ندارند.

برای رسیدن به درک مهندسی صحیحی نسبت به مصالح سازه‌ای، مهم‌ترین مفهوم، رفتار بار/خیز است. در طراحی سازه‌ها آگاهی از مقاومت مصالح نیز ضروری است. همه مصالح از نظر کشش و فشار، یعنی هنگام کشیده شدن و فشرده شدن از مقاومت یکسانی برخوردار نیستند. دیگر ویژگی مؤثر، نسبت مقاومت به وزن است.

معمار آجر کار بر حسب تجربه به این امور واقف شده بود، محدودیت‌های آجر را دریافته بود: اینکه آجر در مقابل فشار مقاوم و در برابر کشش ضعیف است و نسبت مقاومت به وزن بالایی دارد از این رو سعی کرد تا با تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی آجر بر سختی و مقاومت آجر بیفزاید؛ همانطور که دریافته بود می‌تواند با پخت خشت به مصالح مستحکم‌تری به نام آجر دست یابد به مرور پی برد که دانه بندی‌ها، میزان و نسبت اجزای تشکیل دهنده خمیر آجر، نحوه اختلاط مواد، نحوه قالب‌زنی، نحوه خشک کردن و حتی دمای کوره و فضای محیطی که خشت در آن خشک می‌شود بر مقاومت و سختی آجر و مرغوبیت اش تأثیر می‌گذارد. از این‌رو، در صدد برآمد تا ضعف نسبت مقاومت به وزن مصالح سنگینی چون آجر را با تقویت ساخت مایه‌اش از طریق تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی اش و تغییر هندسه عناصر ساختمانی به منظور تغییر در رفتار بار/خیز با تغییر در طول مؤثر عنصر جبران کند تا وزن یا نیروی بار عناصر ساختمانی را تا آن جا که ممکن است کاهش دهد؛

چنان‌چه در جدول شماره یک به خلاصه ای از مهمترین پاسخ‌هایی که در برابر محدودیت‌ها با ایجاد عناصر ساختمانی نو در جهت تقویت ساختار استاتیکی بنا پرداخته شده است، ملاحظه می‌شود که، چگونه در طی قرون با به کارگیری عناصر ساختمانی جدید چون انواع طاق، گوشواره، گنبد، دنه‌های متقاطع و مقرنس بهترین، زیباترین و متنوع‌ترین شکل‌ها را برای فضای زیست خود خلق کرده است. نیاکان ما به ارزش و جایگاه آجر نه به عنوان ذره‌ای در برابر کل معماری، بلکه به عنوان واحدی که در معماری می‌نشیند و یک عنصر کامل است، بی‌برده بودند؛ واحدی که نزدیک ترین مصالح ساختمانی دست ساخته بشر به طبیعت است؛ واحدی که به جهت رس موجود در آن در عین حال که عایق صوت و حرارت است، می‌تواند عایق رطوبت باشد. از همه مهم‌تر ارزان و در دسترس است. مصالحی که قرن‌ها به زیباترین و متنوع‌ترین شکل به نیازها و خواسته‌های معماری بشر پاسخ داده است به دور از منطق است در عصر علم و تکنولوژی کنار گذاشته شود. برای حضور دوباره‌اش نیاز به مدد معماری خلاق دارد و معمار به جهت وسعت یافتن علم، نیازمند پژوهش‌های گسترده‌تری در حوضه مواد و سازه است.

جدول ۱- مهمترین پاسخ‌های عناصر ساختمانی در معماری آجری ایران [۳۵-۲۹]

عنصر ساختمانی	دوره	عملت پیدایش	جزء اصلی	دسته بندی	مشکلات و محدودیتها	ویژگی‌ها	مزایا
طاق ضربی							
مثال: ایوان مدانه  نحوه پاسخگویی: استفاده از پانل هلالی یا طاقچه مانند فیروزآباد	سازمانیان یا اواخر اشکانیان	کمبود چوب و الار کافی	طاق نما	(۱) طاق (۲) طاق متقاطر یا همیر (۳) طاق نیمکره ای یا گند	(۱) محدود به عرض های نسبتاً باریک (۲) بسیار تاریک هستند زیرا دیوارها محتمل وزن و بار طاق ها هستند (۳) ایجاد پنجره برابر با تضعیف جدی و حتی نامناسب ساختمان	نسبتاً یکنواخت و از لحاظ ساختمانی بی حالت و بدون ویژگی	زمان کوتاه هزینه کم
طاق و طاق نمای عرضی							
مثال: (۱) ایوان کرخه در جنوب غربی خوزستان (۲) بازارهای بزرگ قرن ۱۷ در اصفهان، کاشان و شیراز	سازمانیان	حل مشکل طاق ضربی به صورت اصولی	-	-	-	اغلب این طاق ها بسیار طولانی بودند	امکان ایجاد پنجره و بازشو
گوشواره							
نحوه پاسخگویی: ایجاد یک بخش سوم یعنی منطقه انتقال بین اتاق چهارگوش و گندب روی آن	اشکانیان	مشکل چگونگی انتقال بار طاق یا گندب روی چهارگوش	ایجاد طاق نما در هر یک از گوشه ها تبدیل مرتع به چهارضلعی و در مرحله بعد به ۱۶ ضلعی	(۱) گوشواره تو خالی پشت گرد (۲) گوشواره ساده لبه دار	(۱) گوشواره تو خالی پشت گرد (۲) گوشواره ساده فضای خالی آن بود		
عنصر ساختمانی	دوره	عملت پیدایش	جزء اصلی	دسته بندی	مشکلات و محدودیتها	ویژگی‌ها	مزایا
دنده های متقاطع	سلجوقیان	سؤال اصلی در مورد ابعاد	دنده های دزد				

مثال: مسجد جامع اصفهان  <p>نحوه پاسخگویی: تحمل وزن مفصل های کوچکی که در بالا قرار دارند - توسط دنده ها در بناهای قبل از قرن ۱۹ دنده ها طاق ضربی را نگه می داشتند</p>	ساختراری اجزاء طاق ضربی مانند دنده های متقاطع	خط خارجی دنده ها در بقایای یک بنای پهنهای یک آجر دیده می شود در حالی که اغلب از چند رح آجر تشکیل شده اند که در جداره گنبد قرار گرفته اند				
مقرنس	ایجاد طاق	تکثیر واحدهای کوچک و متنوع				

۴. مراجع

- اهری، مهرداد، آجر، چاپ اول، تهران، از انتشارات مجله هنر و معماری، آذر ۱۳۵۲.
- کیانی، محمد یوسف، ترئیتات وابسته به معماری ایران دوره اسلامی، ویراسته انصاری، هوشنگ، ویرایش اول، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۷۶.
- فلامکی، محمد منصور، تکنولوژی مرمت معماری، ویراسته لطفی، مینا، چاپ دوم، تهران، نشر فضا وابسته به مؤسسه علمی و فرهنگی فضا، ۱۳۹۰.
- گلابچی، محمود، و آیدین جوانی دیزجی، فن شناسی معماری ایران، ویراسته جهانی نوق، مجید، چاپ اول، تهران، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.
- میلی، مالکوم، مفاهیم پایه ای سازه های ساختمانی، ترجمه پوینده، فراز، ویراسته افسر، روحی، چاپ اول، تهران، فراز پوینده، ۱۳۸۸.
- خواجه نوری، الهام، محمد منصور فلامکی، و مینا کبودر آهنگی، طراحی موزه میراث آجر کاری ایران با رویکرد همساز با اقلیم در تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ۱۳۹۶.
- حامی، احمد، مصالح ساختمان، ویراست پنجم، چاپ بیست و سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.
- نعمیما، غلامحسین، دزفول شهر آجر. تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور (پژوهشگاه)، ۱۳۷۶.
- Campbell, James w.p. Brick: A World History. New York: Thames & Hudson.2003.
- هیلن براند، رایرت، معماری اسلامی (فرم، عملکرد و معنی)، ترجمه اعتماد، ایرج، ویرایش چهارم، تهران، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، زمستان ۱۳۹۰.
- مخلصی، محمدعلی، جغرافیای تاریخی سلطانیه، تهران، بدون تاریخ.
- افشار نادری، کامران، "آجر"، مجله معمار، شماره ۲۴، ۷۶-۸۳، تهران، اردیبهشت ۱۳۸۳.
- "تأثیر گنبد سلطانیه ایران در ساختمان گنبد سانتا ماریا دل فیوره ایتالیا"، انتشارات سازمان حفاظت آثار باستانی، تهران، ۱۳۵۴.
- انگل، هینو، سیستم های سازه، ترجمه گل صورت پهلویانی، علی، چاپ اول، تهران، نشر کارنگ، شهریور ۱۳۷۷.

۱۵. بهرمان، علیرضا، "آجر"، مجله معمار، شماره ۲۵، ۱۱۵-۱۱۲، تهران، تیر ۱۳۸۳.
۱۶. ویلبر، دونالد، معماری اسلامی ایران، دوره ایلخانیان، ترجمه عبدالله فریار، تهران، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، ۱۳۴۶.
۱۷. مکی نژاد، مهدی، تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی، ترثیبات معماری، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها، انتشارات سمت، ۱۳۸۷.
۱۸. بزرگ نیا، زهره، "جزئیات (ترثیبات) آجری"، نشریه معمار، شماره ۴۳، خرداد و تیر ۱۳۸۶.
۱۹. رحیمیه، فرنگیس، و غلامرضا رویی، شناخت شهر و مسکن بومی ایران در شرایط آب و هوایی گرم و نیمه مرطوب، دزفول - شوستر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنرهای زیبا دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۵۳.
۲۰. تابان، محسن، محمد رضا پور جعفر، محمد رضا بمانیان، و شاهین حیدری، "تأثیر اقلیم بر شکل ترثیبات معماری با تکیه بر تحلیل میزان سایه اندازی خون چینی های آجری بافت تاریخی دزفول"، نقش جهان، شماره ۳، ۱۳۸۷.
۲۱. "آگاهینامه شماره ۳۳"، انتشارات سازمان ملی حفاظت آثار باستانی، شماره ۳۳، تهران، بدون تاریخ.
۲۲. ماهرالنقش، محمود، میراث آجر کاری ایران، تهران، انتشارات سروش، ۱۳۸۱.
۲۳. ناصرالله زاده، کاظم، پیوندهای آجری، تهران، انتشارات هنر، اسفند ۱۳۵۸.
۲۴. فلامکی، محمد منصور، شکل گیری معماری در تجارب ایران و غرب، ویراسته فلامکی، محمد منصور، تهران، نشر فضا، چاپ سوم، زمستان ۱۳۹۱.
۲۵. شکفت، عاطفه، حسین احمدی، و امید عودبashi، "ترثیبات آجر کاری سلجوکی و تداوم آن در ترثیبات دوران خوارزمشاهی و ایلخانی"، فصلنامه پژوهش های معماری اسلامی، بهار، ۱۰۵-۸۴.
۲۶. پیرنیا، محمد کریم، و بزرگمهری، زهره، مصالح ساختمانی (آژند، اندود، آمود)، چاپ اول، تهران، پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۸۱.
27. Bier, C. 2002. Geometric Patterns and the Interpretation of Meaning: Two Monuments in Iran. In Bridges: Mathematical Connections in Art, Music, and Science(pp. 67-78). Bridges Conference.
28. Bier, C. 2012, The Decagonal Tomb Tower at Maragha and Its Architectueral Context: Lines of Mathematical Heritage Organization .
۲۹. "آگاهینامه ۳۲"، انتشارات سازمان ملی حفاظت آثار باستانی، شماره ۳۲، تهران، بدون تاریخ
۳۰. پوپ، آرتور آپهام، معماری ایران، ترجمه قاسم علی، زهرا، ویراسته رنجبر شورابی، آرمین، چاپ اول، تهران، سمیر، ۱۳۸۸.
۳۱. گردآوری و تدوین توسط طالبیان، محمد حسن و فلاحت، محمد صادق، "نشست هدفهم: منظر فرهنگی محور ساسانی، از مجموعه مباحث کارشناسی ارتقاء مدیریت و برنامه ریزی منظرهای فرهنگی میراث جهانی" ، دفتر منطقه ای یونسکو در تهران، سلسله انتشارات بنیاد پژوهشی پارسه - پاسارگاد، تخت جمشید، خرداد ۱۳۸۵.
۳۲. زمرشیدی، حسین، اجرای ساختمان با مصالح سنتی. ویراسته یاری، حمدالله، چاپ دهم، تهران، انتشارات زمرد، زمستان ۱۳۸۷.
۳۳. H.O.Ω. آجر سازی در ایران [گزارش]: گزارش مأموریت مشاورین ساختمان در مورد بررسی و تحقیق آجرسازی و تولید آجر در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. وزارت مسکن و شهرسازی، تهران، ۱۳۵۴.
۳۴. فرشاد، مهدی، درآمدی بر تاریخ مهندسی در ایران. ویراسته نائیج پور، ایرج، تهران، میر ماه، ۱۳۹۲.
۳۵. ویلسن، کریستی، تاریخ صنایع ایران، ترجمه فریار، عبدالله، تهران