



دانشگاه تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۰  
نالز شهید چمران - انستیتو مصالح ساختمانی  
پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران



# اولین کنفرانس ملی بتن سبک

## بررسی مشخصات و مزیت‌های استفاده از ملات آماده لیکا بخش اول: بررسی

### ادبیات فنی

ماکان محمدی<sup>۱</sup>، ایمان مهدی پور<sup>۲\*</sup>، سمانه نصرالله‌زاده<sup>۲</sup>، مهشاد محمدی‌فرد<sup>۲</sup>  
<sup>۱</sup> مشاور فنی شرکت لیکا  
<sup>۲</sup> کارشناس انستیتو مصالح ساختمانی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

### چکیده

در دهه گذشته و با افزایش حجم ساخت و ساز در کشور و لزوم صنعتی سازی ساختمان، استفاده از مصالح نوین ساختمانی کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. یکی از این مصالح نوین ساختمانی بلوک‌های بتن سبک است که به دلیل مزایایی چون سبکی، عایق حرارتی، خاصیت جذب صوتی، مقاومت در برابر آتش سوزی و سهولت حمل و اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد. ملات‌ها جزء جدایی‌ناپذیر صنعت ساختمان‌سازی هستند که از آن برای متصل کردن قطعات بلوک به یکدیگر استفاده می‌شود. برای تولید ملات مناسب باید الزاماتی از جمله مصالح مرغوب، انتخاب طرح اختلاط مناسب، لوازم دقیق توزین، ماشین‌آلات مخلوط‌کننده همگن مصالح، دانش فنی کافی و کنترل و نظارت تخصصی فراهم شده باشد که تامین همه این عوامل در کارگاه‌های ساختمانی معمولاً امکان‌پذیر و اجرایی نیست. علاوه بر آن استفاده از ملات‌های سیمانی سنتی در ترکیب با بلوک‌های بتن سبک حتی در صورت تامین کیفیت و یکنواختی مناسب باعث ایجاد مشکلاتی مانند ایجاد پل حرارتی و کاهش کارایی عایق حرارتی دیوار بتن سبک می‌گردد. راه حل این مشکل استفاده از ملات خشک آماده سبک است که به افزایش سرعت ساخت ساختمان، کاهش هزینه اجرا، افزایش طول عمر ساختمان، کاهش خطای انسانی، مصرف در اندازه دلخواه و مورد نیاز، حمل و نقل آسان و استفاده از کمترین فضا در کارگاه ساختمانی منجر می‌شود. هدف از این مقاله بررسی مشخصات فنی و مزیت‌های استفاده از ملات آماده لیکا که باعث سبک‌سازی و عملکرد ملات به عنوان عایق حرارتی می‌شود و همچنین مزایای تولید ملات به روش خشک و ضرورت استفاده از ملات خشک لیکا می‌باشد. این مقاله شامل دو بخش می‌باشد که در بخش اول به بررسی ادبیات فنی استفاده از ملات‌های سبک لیکا در ساخت ملات خشک، مزیت‌ها و ضرورت‌های استفاده از آن و استانداردهای مرتبط پرداخته شده است. در بخش دوم نتایج آزمایش‌های انجام شده بر ملات سبک تازه و سخت شده و میزان تطابق آن‌ها با استانداردهای مرتبط ارائه می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** ملات آماده سبک، بلوک بتن سبک لیکا، عایق سازی حرارتی، پل حرارتی، مزایای اقتصادی.

## ۱- مقدمه

ملات، ماده خمیری و چسبنده‌ای است که ارتباط دهنده مصالح ساختمانی جهت ایجاد ساختاری واحد و پایدار به نام اسکلت ساختمان است. در واقع نقش اصلی ملات در اتصالات قطعات بنایی می‌باشد، به طوری که قطعات مختلف بنایی را به هم متصل می‌کند و فضای خالی میان آن‌ها را پر می‌کند. ملات به علت آنکه قطعات مختلف ساختمان را یکپارچه می‌کند، نیروهای مختلف را به سمت پی و یا به عبارت دیگر به منطقه زیرین اسکلت ساختمان منتقل می‌نماید. از این رو ملات‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که توان جذب نیروهای وارده و انتقال آن‌ها به بخش زیرکار را داشته باشند.

تولید ملات به روش سنتی در کارگاه‌ها همواره با مشکلاتی از قبیل عدم کنترل بر میزان مواد تشکیل دهنده، عدم مخلوط شدن مناسب مصالح با یکدیگر، میزان ضایعات بالا، به کارگیری نیروی انسانی زیاد و غیره همراه بوده است. به دلیل وجود این مشکلات، ملات تهیه شده در روش سنتی فاقد کیفیت مناسب و استاندارد بوده و یا از طرف دیگر جهت پیدا کردن اطمینان خاطر با افزایش میزان مواد مصرفی مانند سیمان باعث غیر اقتصادی شدن ملات بدست آمده می‌شوند. برای بهبود خواص و عملکرد ملات‌های کارگاهی و نیز افزایش سرعت اجرا، سبب گردید تا با دستیابی به فناوری تولید افزودنی‌های شیمیایی پودری و گسترش کاربرد آن در ملات، سبب ایجاد تکنولوژی تولید ملات خشک آماده به منظور جبران مشکلات و معایب ملات‌های مخلوط شده در کارگاه (ملات سنتی) شد.

با توجه به اینکه، ملات خشک در جهت بهبود سبک‌سازی و عایق بودن موثر نمی‌باشد از این رو استفاده از سنگدانه‌های سبک لیکا در جهت پاسخ گویی به نیازهای ذکر شده می‌تواند موثر واقع شود. واژه لیکا از عبارت دانه رس منبسط شده<sup>۱</sup> گرفته شده است. این دانه‌ها در کوره‌های گردان و در حرارت حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، از انبساط نوع خاصی از خاک رس تولید می‌شوند. دانه‌های لیکا دارای شکل تقریباً گرد و سطح زبر و ناهموارند. روبه میکروسکوپی خارجی دانه‌ها دارای خلل و فرج زبر قهوه‌ای رنگ و بخش داخلی دانه‌ها دارای بافت سلولی سیاه رنگ است. خواص لیکا باعث شده است تا در تولید بتن سبک، این سنگدانه‌ها کاربرد فراوانی داشته باشد. کاربرد بتن سبکدانه با ساخت سبکدانه‌های مصنوعی از رس منبسط شده که علاوه بر سبکی، مقاومت خوبی داشته و امکان تولید یکنواخت آن‌ها به صورت صنعتی میسر است، گسترش یافته است. با توجه به ویژگی‌ها و مزایای بتن سبک در جهت عایق سازی، سبک سازی و صرفه جویی در هزینه‌ها، استفاده از بلوک‌های پیش ساخته لیکا برای کاربری‌های مختلف در جهت بهره‌وری از ویژگی‌های ذکر شده می‌تواند بسیار مناسب باشد. در این راستا نوع ملات مورد استفاده برای چسباندن بلوک های سبک پیش ساخته نیز بسیار مهم بوده و می‌تواند در افزایش و یا کاهش بازدهی موارد ذکر گردیده تاثیرگذار باشد.

در صورت تهیه کردن ملات خشک با استفاده از سبکدانه‌های لیکا محصول جدید و پرکاربردی به نام ملات خشک سبک و یا ملات آماده لیکا به دست خواهد آمد که در صورت استفاده از این نوع ملات علاوه بر دستیابی به مزایای ملات خشک، می‌توان با استفاده از دانه‌های لیکا، وزن ملات را کاهش داده و به عنوان عایق حرارتی از اتلاف انرژی نیز جلوگیری کرد. آنچه در این مقاله بر انجام آن سعی شده است، بیان ضرورت استفاده از ملات خشک لیکا در جهت بهره‌وری همزمان از مزایای دانه‌های سبک و تولید ملات به روش خشک می‌باشد.

## ۲- معرفی ملات و معایب استفاده از ملات سنتی

ملات از مخلوط کردن یک جسم چسباننده مانند سیمان، گچ و یک جسم پرکننده مانند دانه‌های ریز و درشت ماسه و یا سبکدانه‌ها ساخته می‌شود. ملات‌ها موجب حصول مقاومت‌های مطلوب و مطمئن و همچنین اتصال پایدار بین ملات و سازه‌ای که قرار است بر روی آن ملات قرارگیرد از یک طرف و سطح زیرکار از طرف دیگر می‌گردند. همواره تولید ملات به روش سنتی در کارگاه‌ها باعث ایجاد مشکلاتی شده است که از آن جمله می‌توان به مصرف بیشتر سیمان، افزایش هزینه‌ها و عدم نظارت بر کیفیت ملات به دست آمده اشاره کرد. مواد تشکیل دهنده این ملات‌ها که عمدتاً سیمانی می‌باشند شامل ماسه و سیمان بوده که مانند شکل ۱ در سطح زمین با یکدیگر مخلوط می‌گردند و سپس با نسبت آب به سیمان نسبتاً زیاد که بعضاً تا ۷۰ درصد نیز افزایش می‌یابد به حالت خمیری درآمده و قابل استفاده می‌شوند. با بررسی‌های صورت گرفته بر روی مواد اولیه ملات، مشخص شده به دلیل عدم رعایت ضوابط فنی، بخصوص دانه‌بندی مناسب و نیز برای بالا بردن قدرت چسبانندگی اولیه، عمدتاً از ماسه‌های در اصلاح نشسته

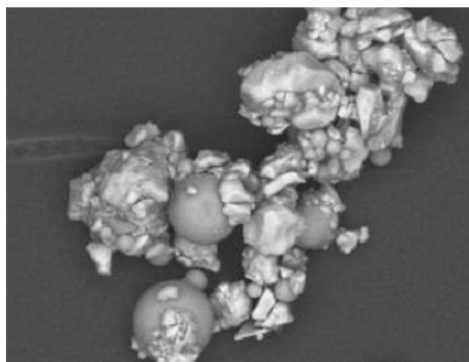
<sup>1</sup> Light Expanded Clay Aggregate

و یا خاک‌دار استفاده می‌شود و در عین حال برای حفظ کارایی مجبور به استفاده از آب بیشتری می‌شوند و در نهایت جهت حفظ چسبانندگی و مقاومت، از سیمان بیشتری استفاده می‌شود که افزایش میزان مصرف سیمان موجب بالا رفتن هزینه‌ها می‌گردد. به کارگیری نیروی انسانی زیاد و عدم دقت کافی کارگران و عدم کنترل بر روی میزان مواد تشکیل دهنده که منجر به کاهش کارایی و کیفیت چسبانندگی در ملات‌ها می‌گردد، از دیگر معایب تولید ملات به روش سنتی به شمار می‌رود.



شکل ۱- روش تولید ملات سنتی

یکی دیگر از معایب ملات سنتی اضافه شدن مقادیر قابل توجهی خاک در میان دانه‌های ماسه است که موجب کاهش کارایی و کیفیت چسبانندگی در ملات‌ها می‌شود. مواد زائدی همچون خاک که عمدتاً رسی می‌باشند، ذرات ریز موجود در طرح را به سطح خود جذب می‌کنند و مانع از اختلاط مواد با آب می‌شوند (شکل ۲). وجود این ناخالصی‌ها در درازمدت موجب کاهش چسبندگی و مقاومت کششی در ملات شده و به شدت از دوام ملات می‌کاهد.



شکل ۲- جذب ذرات ریز توسط ناخالصی‌ها

## ۳- ملات آماده

به دلایل وجود مشکلات فنی و اقتصادی در خصوص استفاده از ملات سنتی، استفاده از ملاتی که موانع موجود را برطرف سازد و در جهت اقتصادی بودن پروژه پیش رود، ضروری به نظر می‌رسد. ملات آماده با برطرف نمودن مشکلاتی چون مصرف سیمان بیشتر و دقیق نبودن اجرای طرح اختلاط تا حد مطلوبی جایگزین مناسب برای ملات سنتی به شمار می‌رود. با پیشرفت‌های انجام شده در بخش‌های مختلف صنعت این امکان فراهم آمده تا مصالح ساختمانی با کیفیت در یک فرآیند صنعتی و تحت نظارت متخصصین تولید گردیده و به صورت آماده به مصرف، به محل پروژه انتقال یابد و تنها طی یک مرحله آماده سازی مختصر استفاده شود.

ملات آماده که از آن تحت نام‌های ملات پیش مخلوط شده یا ملات نیمه آماده نیز یاد شده است، از ترکیب سه ماده اصلی یعنی سیمان، سنگدانه‌ها و مواد افزودنی شیمیایی تهیه می‌شود. نسبت ترکیب و نوع مواد براساس تولید محصولات مختلف ملات خشک و کاربردهای مختلف آنها متفاوت می‌باشد. محصولات ملات خشک در محل کارخانه پیمانانه و مخلوط شده و به صورت خشک، پاکت و یا فله به محل کارگاه ساختمانی حمل می‌شوند و در آنجا به نسبت مشخصی با آب مخلوط گشته و قابل استفاده می‌شوند.

## ۴- معرفی دانه‌های سبک و کاربرد آن

در روش تولید سبکدانه‌های مصنوعی از رس منبسط شده، ابتدا خاک رس به عنوان ماده اولیه سبکدانه از معادن خاک رس به واحد فرآوری کارخانه حمل شده، بعد از نمونه‌گیری و کنترل دقیق مواد شیمیایی و حصول اطمینان از نداشتن مواد شیمیایی و آهکی و پس از آبدهی به صورت گل رس وارد کوره گردان می‌شوند. وقتی گل رس در درجه حرارتی حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد، گازهای ایجاد شده، دانه‌ها را منبسط می‌کند و هزاران سلول هوای ریز، درون آن‌ها تشکیل می‌شود. با سرد شدن مصالح، حباب‌های هوا به صورت فضاهای منفک باقی مانده و سطح آن‌ها سخت می‌شود [۱]. در جدول ۱ آنالیز شیمیایی سبکدانه رس منبسط شده مشاهده می‌شود. یکی از مزیت‌های سنگدانه‌های ضریب انبساط حرارتی کم آن است. ضریب انبساط حرارتی سنگدانه‌های لیکا در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد کمتر از درشت دانه‌های معمولی که تقریباً ۶-۱۰×۱۲ بر کلون می‌باشد، هستند [۲].

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سبکدانه رس منبسط شده [۲]

SO3	MnO	P2O6	Na2O	TiO2	LOI	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Al2O3	SiO2
۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۸۳	۰/۷۸	۱/۱۴	۱/۹۹	۲/۴۶	۲/۸۹	۷/۱	۱۶/۵۷	۶۶/۰۶

### ۴-۱- کاربرد دانه‌های لیکا در بتن سبک

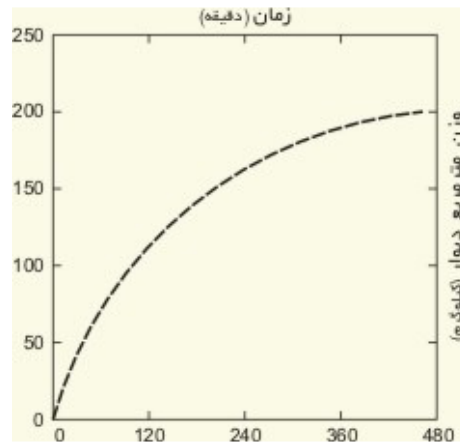
یکی از اصلی‌ترین کاربردهای لیکا در ساخت بتن سبک می‌باشد. در آئین نامه ACI 318 در تعریف بتن سبک ذکر شده است که بتن سبک، بتنی است که وزن مخصوص آن که مطابق با استاندارد ASTM C576 تعیین شده است، کمتر از ۱۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد. مهم‌ترین مزیت بتن سبک همانطور که از نامش پیداست، سبکی آن است. کاهش بار مرده که معمولاً از طریق استفاده از بتن سبک حاصل می‌شود، باعث کاهش میزان فولاد مصرفی و ابعاد ستون و پی مورد نیاز خواهد شد. با کاهش وزن سازه‌های فوقانی، حجم فونداسیون و زمان ساخت نیز کاهش پیدا می‌کند [۳]. انتقال حرارتی بتن‌های سبکدانه به ساختار متخلخل آن‌ها یا سیستم حفره‌های هوا وابسته است. وجود هوا در بتن موجب ایجاد تخلخل بیشتر و چگالی کمتر می‌شود و به دلیل عایق بودن هوا، انتقال حرارتی بتن کاهش می‌یابد. در واقع، با کاهش چگالی، خاصیت عایق حرارتی در ساختمان‌ها افزایش می‌یابد، به همین دلیل، در برخی موارد ضخامت سقف و دیوارها می‌تواند کم شود. همراه با کاهش وزن ساختمان، عایق‌سازی حرارتی مناسبی نیز ایجاد می‌شود [۴]. همچنین به علت استفاده از سنگدانه‌های سبک، ضریب انبساط حرارتی بتن سبک در حدود  $6-11 \times 10^{-6}$  بر کلون می‌باشد در حالی که مقدار معادل برای بتن با سنگدانه‌های درشت رودخانه‌ای و ریزدانه‌های معمولی تقریباً  $9-13 \times 10^{-6}$  بر کلون است [۲].

### ۴-۲- کاربرد دانه‌های لیکا در بلوک سبک

علاوه بر استفاده از دانه‌های لیکا در ساخت بتن سبک می‌توان به کاربرد آن در بلوک‌های پیش ساخته نیز اشاره کرد. استفاده از محصولات لیکا باعث کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی کل بار مرده ساختمان می‌گردد [۵]. به علت سبکی و وجود اندازه‌ها و ابعاد متفاوت بلوک‌های لیکا و وجود اتصالات زبانه، دیوارچینی با سرعت بیشتری انجام می‌شود که در نهایت منجر به صرفه جویی در زمان، نیرو و مصالح می‌شود. همچنین بلوک پیش ساخته سبک به خاطر وجود تعداد زیاد حباب‌های هوای ریز محبوس، توانایی بسیار بالایی به عنوان عایق حرارتی در ساختمان از خود بروز داده و بنابراین در جهت رویکرد به رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، استفاده از این بلوک‌ها توصیه می‌شود. ویژگی‌های سطح بلوک و خواص دانه‌های لیکا باعث بهبود خاصیت جذب صوت بلوک‌های بتنی می‌گردد. اگرچه به کارگیری مصالح سنگین و افزایش جرم اجزای ساختمان باعث افزایش مقاومت صوتی می‌گردد، اما بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربرد بلوک لیکا با وزنی معادل ۴۰ درصد دیوار با مصالح سنگین به دلیل دارا بودن خصوصیات جذب صوتی می‌تواند عملکرد یکسان و حتی برتری داشته باشد. بر اساس نتایج آزمایشات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن افت صوتی در بلوک‌های توخالی لیکا با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر، ۴۶ دسی‌بل می‌باشد [۵]. با استفاده از بلوک لیکا، اغلب الزامات مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان به راحتی تامین می‌گردد. با توجه به اینکه دانه‌های لیکا در دمای ۱۲۰۰ سانتی‌گراد تولید می‌شوند، دیوار ساخته شده از این مصالح با وزن حدود ۱۳۰ کیلوگرم در هر متر مربع، بیش از ۳ ساعت در برابر آتش و سرایت آن مقاومت می‌کند [۵]. مطالعات و پژوهش‌های آزمایشگاهی نشان داده‌اند که زمان مقاومت دیوار ساخته شده از بلوک‌های سبک لیکا به جرم دیوار بستگی دارد و به صورت رابطه زیر بیان می‌گردد:

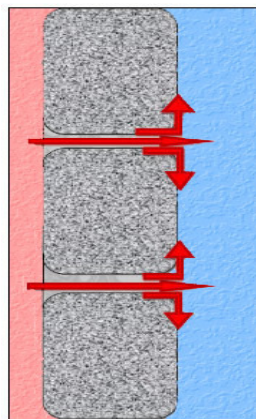
$$T = 140(m/100)^{1.72} \quad (۲)$$

که در رابطه (۱)، m وزن متر مربع دیوار بر حسب کیلوگرم، T زمان مقاومت در برابر آتش بر حسب دقیقه است و نمودار آن در شکل ۳ رسم شده است [۵].



شکل ۳- رابطه میان وزن دیوار و زمان مقاومت در برابر آتش

در صورت استفاده از بلوک‌های پیش ساخته که یکی از خصوصیات آن عایق حرارتی می‌باشد، نوع ملات مورد استفاده نیز بسیار مهم بوده و می‌تواند در افزایش و یا کاهش بازدهی موارد ذکر گردیده تاثیرگذار باشد. از همین رو استفاده از ملاتی که دارای ویژگی‌های همسان با بلوک لیکا باشد، برای حفظ ویژگی‌های بلوک سبک ضروری می‌باشد. یکی از نقاط ضعف این دسته از ملات‌ها سنگین بودن آن می‌باشد. علاوه بر این پس از استفاده از ملات‌های سنتی، جسمی سخت با قدرت تبادل حرارتی بالا در پشت قطعات تشکیل می‌شود. درحالی‌که استفاده از ملات لیکا علاوه بر کاهش وزن به دلیل ایجاد غشای عایقی در پشت قطعات الحاقی به ویژه در کف و دیواره‌ها، مانع از هدر رفتن انرژی در ساختمان‌ها می‌گردد. عایق نمودن سطح زیرین قطعات الحاقی نظیر کاشی و سرامیک عامل مهمی در صرفه‌جویی مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد. به طور مثال استفاده ملات ماسه سیمان معمولی در صورتیکه از بلوک های سبک پیش ساخته استفاده شده باشد می‌تواند به علت نبودن عایق حرارتی و با ایجاد پل حرارتی سبب هدررفت مقدار زیادی انرژی شود (شکل ۴).



شکل ۴- ایجاد پل حرارتی و هدررفت انرژی در صورت استفاده از ملات سنتی

## ۵- مزیت‌های استفاده از ملات آماده لیکا

همان طور که اشاره شد، در صورت به کار بردن ملات‌هایی که در آنها از سبکدانه استفاده نشده است، این ملات‌ها به عنوان پل حرارتی عمل کرده و منجر به اتلاف انرژی و افزایش قابل توجه وزن سازه خواهند شد. پل حرارتی در جایی ایجاد می‌شود که موادی که عایق‌های نسبتاً ضعیفی هستند در قسمتی از سازه در ارتباط با یکدیگر قرار می‌گیرند و یک مسیر کم مقاومت را در سازه عایق‌بندی شده به وجود می‌آورند [۶،۷]. ملات‌های خشک معمولی نه تنها سازه را سنگین می‌کنند بلکه جسمی سخت را پشت بلوک‌ها ایجاد می‌کنند که نقش پل حرارتی را ایفا کرده و باعث عبور مقدار بسیار زیادی انرژی گرمایی از درون ساختمان به محیط بیرون می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- عملکرد ملات به عنوان پل حرارتی

ملات آماده لیکا با توجه به استفاده از دانه‌های مناسب، محصولی ویژه‌ای را فراهم آورده که در کنار دارا بودن تمامی خصوصیات ملات‌های آماده از جمله بالا بردن دقت مخلوط کردن، کاهش سیمان مصرفی، کاهش هزینه‌ها و انرژی مصرفی، دارای خصوصیات ذکر شده استفاده از دانه‌های سبک نیز می‌باشد. در ادامه به صورت خلاصه به معرفی مزیت‌های استفاده از ملات آماده لیکا نسبت به سایر ملات‌های آماده پرداخته می‌شود.

**سبکی:** استفاده از ملات خشک لیکا که دارای وزنی برابر نصف وزن ملات‌های مورد استفاده در ساختمان است، در نهایت منجر به کاهش نیروی وارده به سازه در اثر شتاب زلزله خواهد شد. همچنین این خصوصیت باعث حمل و نقل آسان با توجه به سبک بودن می‌شود.

**عایق مناسب حرارتی:** برخلاف ملات‌های سنتی که لایه‌ای ضخیم و سنگین در پشت بلوک‌ها ایجاد می‌کنند و نقش پل حرارتی را دارند، این نوع ملات سبک در اتصال بین بلوک‌ها باعث ایجاد لایه‌ای عایق می‌شود. ضریب انتقال حرارتی کم باعث می‌شود ملات لیکا به عنوان عایق حرارتی عمل کند.

**جذب صوت:** مصالح جاذب سر و صدا، قادرند امواج صوتی را که با سطح آنها برخورد می‌نماید به گونه‌ای جذب نمایند که تنها کمتر از ۵۰ درصد آن بازتاب گردد (شکل ۶). وجود حفره‌ها و اندازه و عمق دانه‌ها در بافت متخلخل لیکا سبب می‌گردد تا انرژی ذرات هوایی که در اثر صوت به داخل حفره‌ها می‌روند و از آنها خارج می‌شوند، به دلیل ایجاد اصطکاک مستهلک می‌شود.



شکل ۶- دانه‌های لیکا به عنوان عایق

**مقاومت در برابر آتش:** از آنجا که دانه‌های لیکا در دمای نزدیک به ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌گردند، قادرند شوک حرارتی تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد را بدون اشتعال تحمل نمایند (شکل ۶). از سوی دیگر این دانه‌ها دارای قابلیت هدایت حرارتی پایین و در حدود ۰/۱ تا ۰/۱۷ وات بر متر کلوین، نقش موثری در جلوگیری از انتقال آتش دارند [۵].



شکل ۶- مقاومت دانه‌های لیکا در برابر آتش

## ۶- الزامات مورد نیاز ملات آماده

بر طبق استانداردهای ملی ایران رده‌بندی‌هایی برای برخی خواص ملات اندودکاری و بنایی در نظر گرفته شده است که بر اساس کارایی مورد نظر، محدودیت‌ها و الزاماتی را به طور همزمان برای این خواص تعیین می‌نماید.

مقاومت فشاری ملات سخت شده با توجه به مقادیر متفاوتش در چهار رده‌بندی قرار می‌گیرد. رده اول دارای مقاومت ۰/۰۴ تا ۲/۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع، رده دوم، سوم و چهارم به ترتیب دارای مقاومت فشاری در محدوده‌های ۱/۵ تا ۵/۰، ۳/۵ تا ۷/۵ و در نهایت بزرگتر یا مساوی ۶ نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد. محدوده‌هایی نیز برای جذب آب موئینه در استاندارد ملی ایران ذکر شده است که به این شرح می‌باشد: جذب آب رده اول که مقداری کمتر و یا مساوی با ۰/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع بر جذر دقیقه دارد و رده دوم با مقدار کوچکتر یا مساوی ۰/۲۰ کیلوگرم بر مترمربع بر جذر دقیقه می‌باشد. برای جذب آب رده صفر و یا W0 محدودیتی تعیین نشده است. الزاماتی که برای رده‌بندی هدایت حرارتی ملات سخت شده در نظر گرفته شده است عبارتند از مقادیر کوچکتر یا مساوی ۰/۱ وات بر متر بر کلوین برای رده اول و مقادیر کوچکتر یا مساوی ۰/۲ وات بر متر بر کلوین برای رده دوم.

با توجه به رده‌بندی‌های انجام شده که در قسمت فوق توضیح داده شد، برای کاربری‌های مختلف از جمله ملات اندودکاری بیرونی یا داخلی سبک استانداردهایی در نظر گرفته شده است. مقاومت فشاری این نوع ملات در رده‌بندی ۱ تا ۴ قرار می‌گیرد. همچنین رده‌های مجاز جذب آب موئینه برای ملات‌های مورد مصرف در اجزای بیرونی ساختمان از رده صفر تا ۲ می‌باشد. چگالی انبوهی خشک این نوع ملات بایستی کمتر از ۱۳۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد [۸].

همچنین الزاماتی کلی برای ملات بنایی در نظر گرفته شده است که می‌توان به اندازه سنگدانه‌های مصرفی اشاره کرد که نباید بیشتر از ۲ میلی‌متر باشد.

همچنین تولیدکننده ممکن است رده مقاومت فشاری را مطابق جدول ۲ اظهار کند که در آن مقاومت فشاری با علامت M و حداقل رده مربوط نیز به دنبال آن بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع مشخص شده است [۹].

جدول ۲- رده‌بندی مقاومت فشاری ملات [۹]

M <sub>۲۰</sub>	M <sub>۱۵</sub>	M <sub>۱۰</sub>	M <sub>۵</sub>	M <sub>۲/۵</sub>	M <sub>۱</sub>	رده مقاومتی
۲۰	۱۵	۱۰	۵	۲/۵	۱	مقاومت فشاری- حداقل (MPa)

## ۶- نتیجه‌گیری

در نهایت با به کارگیری از ویژگی‌های دانه‌های سبک در تکنولوژی ساخت ملات همزمان با به کار بردن روش ساخت ملات به صورت آماده، محصولی به دست خواهد آمد که با عملکرد مناسب در برابر عدم انتقال حرارت و سبک‌سازی عمده معایب ملات‌ها را برطرف می‌کند.

با توجه به مطالب مطرح شده می‌توان گفت، برای رفع مشکلات ناشی از ملات سنتی با سنگدانه‌های معمولی، ملات آماده لیکا با داشتن ویژگی‌های زیر بسیار مناسب عمل خواهد کرد.

۱- جلوگیری از هدر رفتن و استفاده بیش از اندازه از سیمان

۲- استفاده به اندازه و جلوگیری از هدر رفتن ملات

۳- کاهش هزینه به دلیل سبک سازی

۴- کاهش هزینه‌های انرژی مصرفی ساختمان به دلیل عایق سازی

۵- کاهش هزینه‌های حمل و نقل

۶- امکان انتقال ملات اضافه در بسته بندی مناسب به سایر طبقات یا کارگاه‌های ساختمانی

مطالب ارائه شده در بخش اول این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از ملات آماده سبک لیکا می‌تواند از لحاظ فنی و اقتصادی توجیه مناسبی داشته باشد. این امر به خصوص در دیوارهای ساخته شده با بلوک سبک لیکا به دلیل اطمینان از پیوند مناسب میان بلوک‌های سبک و جلوگیری از ایجاد پل حرارتی یک ضرورت محسوب می‌شود. در بخش دوم مقاله به بررسی نتایج آزمایشگاهی بدست آمده در دو فاز تازه و سخت شده ملات آماده لیکا پرداخته می‌شود.

## ۷- مراجع

۱. چاندراس، س.، برنتسون، ل.، (۲۰۰۳)، "بتن سبکدانه دانش، فناوری کاربردها" شکرچی‌زاده، م.، امدادی، آ.، لیبر، ن.ع.، (مترجمان)، چاپ اول ۱۳۸۷، انتشارات دانشگاه تهران.

2. LECA CONCRETE - LIGHT INSULATION AGGREGATE IN LIGHT WEIGHT CONCRETE, Building & Housing Research Center, translation by Leca Co. Iran

۳. بتن سبکدانه سازه‌ای لیکا، شماره گزارش ۸۹۰۷۵۱۴، انستیتو مصالح ساختمانی دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، مهرماه ۸۹

۴. آنالیز حساسیت بتن سبکدانه نسبت به اجزای تشکیل‌دهنده، شماره گزارش ۸۸۱۱۴۲۰، انستیتو مصالح ساختمانی دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تیر ۸۹

5. <http://www.leca.ir/>

6. [http://www.hodkinsonconsultancy.com/docs/thermal\\_bridging.pdf](http://www.hodkinsonconsultancy.com/docs/thermal_bridging.pdf)

7. <http://www.leedsmet.ac.uk/>

۸. استاندارد ملی ایران ۱-۷۰۶، ملات بنایی- ویژگی‌ها- قسمت اول : ملات اندود کاری بیرونی و داخلی

۹. استاندارد ملی ایران ۲-۷۰۶، ملات بنایی- ویژگی‌ها- قسمت دوم : ملات برای کارهای بنایی