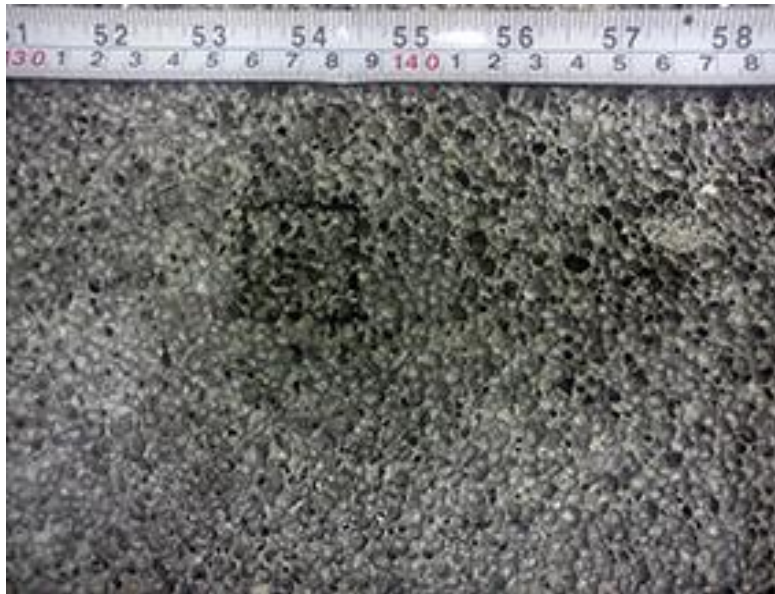


# طرح تولید تختال های فوم آلومینیومی



**شرکت دانش بنیان علوم و فناوری های نوین رهیافت**

**مهر ۹۹**

تلفن: ۶۶۰۸۱۰۵۶ تلفکس: ۶۶۰۸۱۰۶۱  
پست الکترونیکی: [info@a-sciences.com](mailto:info@a-sciences.com)

تولید فلزات به شکل متخلخل در چند دهه گذشته مورد توجه بسیار دانشمندان بوده است. تغییر رفتار و خواص فلز به دلیل ماهیت متخلخل بودن آن، خواص ویژه و شگفت‌انگیزی ایجاد می‌کند که زمینه‌های کاربرد بسیاری را ممکن می‌سازد. با توجه به پیچیدگی دانش فنی تولید فوم فلزی، این محصول در زمره مواد پیشرفته تلقی شده و تحقیق در زمینه آن از مطالعات به روز و در مرز دانش است.

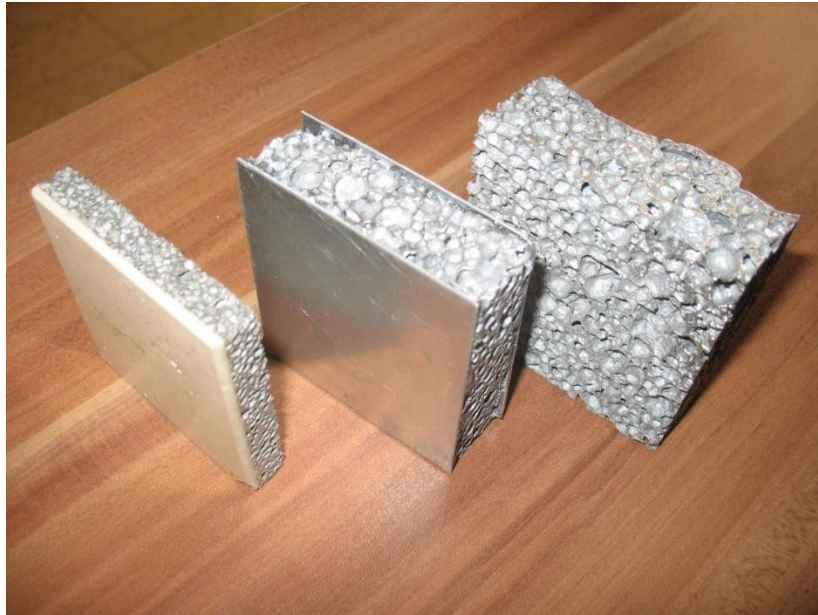
در این میان فوم‌های آلومینیومی از کاربرد بیشتری برخوردارند. از ویژگی‌های این محصول می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ دانسیته بسیار پایین
- ✓ استحکام بالا
- ✓ مقاوم در برابر انتقال ضربه
- ✓ قابلیت جذب صدا
- ✓ مقاوم در برابر انتقال حرارت
- ✓ مقاوم در برابر اشتعال
- ✓ قابلیت جذب ارتعاش
- ✓ مقاوم در برابر رطوبت
- ✓ مقاوم در برابر خوردگی
- ✓ حفاظت الکترومغناطیس
- ✓ سازگاری کامل با محیط زیست

فوم‌های فلزی، تنها محصول ساخته دست انسان است که کلیه این ویژگی‌ها را به صورت هم‌زمان دارند. با توجه به فناورانه و نو بودن این محصول، استفاده از آن به صورت مستمر توسعه یافته و کاربردهای جدیدی از آن شناسایی می‌شود.

## ۲- معرفی محصول و ویژگی های آن

تختال، بلوک، ساندویچ پنل، پر کننده مجوف (Filler)، و سایر احجام پرکننده سبک، نمونه ای از کاربرد فوم های آلومینیمی و آلیاژهای آن هستند. در طرح حاضر، هدف، ارائه فوم آلومینیومی به صورت قطعه فوم ساده و تختال یا ساندویچ پنل است. این محصول در صنایع مختلف از جمله صنعت حمل و نقل (ریلی، دریایی، هوایی)، صنعت خودرو، صنایع نظامی، صنعت ساختمان، اتاق های Clean Room، اتاق های Server، درب های ضد آتش و سرقت، استفاده در یخچال های متحرک، معماری شهری و ... کاربردهای زیادی دارد. در شکل (۱) نمونه ای از فوم های تولیدی شرکت نوین رهیافت نشان داده شده است.



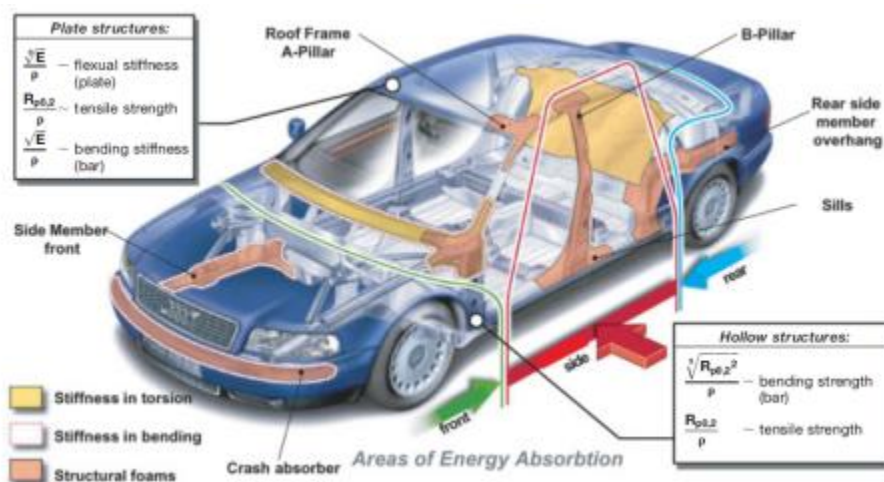
شکل (۱): نمونه فوم های تولیدی در شرکت علوم و فناوری های نوین رهیافت

## ۲-۱-۱- کاربرد ها

فوم های فلزی دارای کاربردهای وسیع و متنوعی بوده و بسته به خصوصیات و ویژگی های مختلف آن ها و نیز شرایط کاری متفاوت، که در زیر آورده می شود، از آن ها می توان برای موارد گوناگون به شرح ذیل استفاده نمود.

## ۲-۱-۱- حمل و نقل

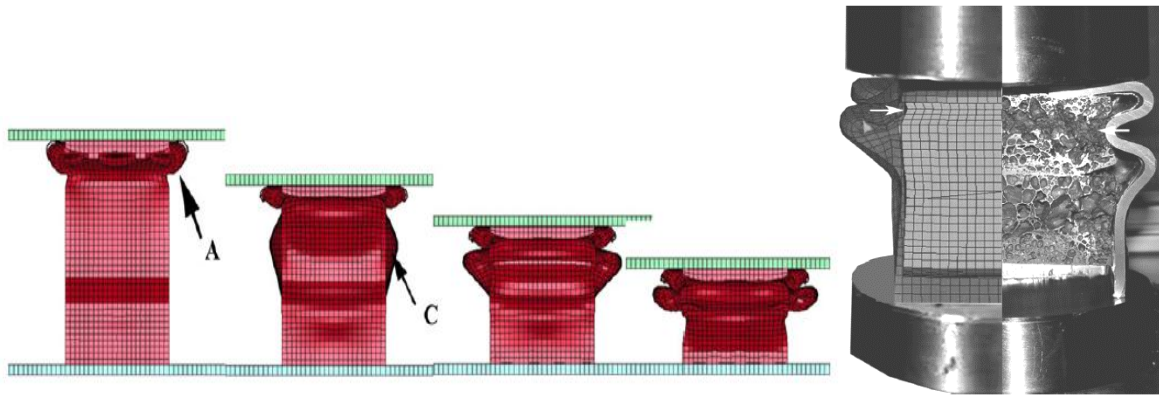
**خودرو:** امروزه در ساخت خودروهای پیشرفته استفاده از فوم آلومینیومی، مورد توجه خاص قرار گرفته است. استفاده از فوم در سپر و شاسی خودرو، علاوه بر سبک سازی و کاهش وزن آن، به دلیل قابلیت جذب انرژی بالا موجب می شود تا در تصادفات احتمالی، انرژی ایجاد شده توسط فوم های به کار رفته در خودرو جذب شده و ضربه کمتری به سرنشینان آن وارد شود. در حال حاضر برخی از صنایع خودروسازی پیشرفته از مصرف کنندگان فوم آلومینیومی هستند و مصرف این ماده در صنعت فوق، گسترش روز افزونی دارد. (شکل های ۲ الی ۴)



شکل (۲): قسمت های تقویت شده با فوم فلزی در خودرو



شکل (۳): سگ دست موتور اتومبیل که با فوم فلزی پر شده است



شکل (۴): نمایش نحوه جذب ضربه وارده به یک فوم فلزی

استفاده از فوم در ساخت کانکس های حمل بار در خودروها نیز (خصوصا در کانکس های یخچال دار) بسیار مورد توجه قرار گرفته و در این زمینه با شرکت ماموت نیز مذاکراتی شده است.

**صنعت ریلی:** استفاده از فوم در صنایع ریلی در سالهای اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته و موسسه فرانهافر در آلمان برای نخستین بار استفاده از این ماده را در صنایع ریلی آلمان به کار بسته است. استفاده از فوم به صورت ساندویچ پنل در دیواره ها و کف واگن ها ویژگی های زیادی را ایجاد می کند. سبک سازی (خصوصا در قطارهای سریع السیر)، استفاده از خاصیت اکوستیک بودن آن برای حذف صدا در داخل واگن، ویژگی ضد اشتعال بودن و مقاومت در برابر خوردگی و رطوبت ( حذف ساس و حشرات دیگر که در حال حاضر به دلیل استفاده از چوب در واگن ها وجود دارد) و کاهش هزینه های تعمیر و نگه داری ( در حال حاضر به دلیل ایجاد رطوبت و دفرمه شدن تخته های چوبی، نیاز به تعویض آن ها در بازه های زمانی مشخص وجود دارد.) از عواملی هستند که استفاده از فوم را در واگن قطارهای شهری و بین شهری مورد توجه بسیار قرار داده است.

در این راستا شرکت نوین رهیافت جلسات متعددی با شرکت های واگن سازی و مترو تهران جهت معرفی این محصول برگزار کرده است که حاصل آن عقد تفاهم نامه با شرکت واگن پارس برای ساخت ۱۷ عدد واگن سریع السیر بوده و در این راستا یک پارتیشن به ابعاد ۲ متر مربع برای تست های عملکردی و نصب در یک واگن در اختیار این شرکت قرار گرفته است. استفاده از فوم در ایستگاه های مترو نیز مورد توجه سازمان بهره برداری مترو تهران قرار گرفته و در پی آن شرکت نوین رهیافت در زمره تامین کنندگان این شرکت قرار گرفته است.



(a)



(b)

شکل (۵): استفاده از فوم آلومینیومی در ساخت قطارها



شکل (۶): استفاده از ساندویچ پنل در واگن قطار

**صنایع دریایی:** اهمیت استفاده از سازه‌های سبک و در عین حال دارای استحکام بالا و ایمنی بیشتر، برای ساخت وسایل نقلیه در حمل و نقل دریایی نیاز چندانی به توضیح ندارد. امروزه فوم‌های آلومینیومی به علت کاهش قابل ملاحظه وزن، افزایش مقاومت در برابر خوردگی، قابلیت جوشکاری و شکل پذیری قابل قبول و قابلیت ساخت ساندویچ پنل‌های فولادی برای ساخت قسمت‌های مختلف کشتی‌ها و دیگر وسایل نقلیه دریایی بکار گرفته شده‌اند. خصوصیات منحصر به فرد ساندویچ پنل‌ها و پیشرفت تکنیک‌های تولید و بخصوص ابداع روش‌های جوشکاری مانند جوشکاری لیزر باعث شده که در ساخت قسمت‌های مختلف کشتی استفاده شوند. از این جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تیغه و دیواره کابین‌ها و اتاق‌هایی که محل استراحت مسافرین، خدمه و پرسنل کشتی است.
- دیواره اتاق‌های کنترل کشتی که محل استقرار کاپیتان و خدمه کشتی است.
- ورق‌ها و سازه‌هایی که برای احداث عرشه کشتی بکار می‌رود.
- اتاق‌ها و کابین‌های روی عرشه کشتی.
- درهای آسانسورهایی که در اطراف و کناره‌های عرشه قرار دارند و وسیله ارتباطی طبقات بالا (اتاق کنترل) با قسمت‌های زیرین (موتورخانه و کابین‌های استراحت) می‌باشند.



شکل (۷): استفاده از فوم آلومینیومی در صنایع دریایی

از فوم‌های فلزی، به علت جلوگیری از پخش شعله‌های آتش، در کشتی‌های نظامی، زیردریایی‌ها، نفت‌کش‌ها و یا کشتی‌های حمل بار که مواد شیمیایی قابل احتراق حمل می‌کنند استفاده می‌شود. بدین ترتیب در صورت بروز هرگونه حادثه و آتش‌سوزی از انتقال سریع شعله‌های آتش به قسمت‌های دیگر کشتی و سایر مواد قابل احتراق جلوگیری شده، میزان تلفات مالی و جانی به حداقل می‌رسد.



شکل (۸): استفاده از ساندویچ پنل فوم آلومینیومی برای ساخت بخش‌های مختلف سازه‌های دریایی

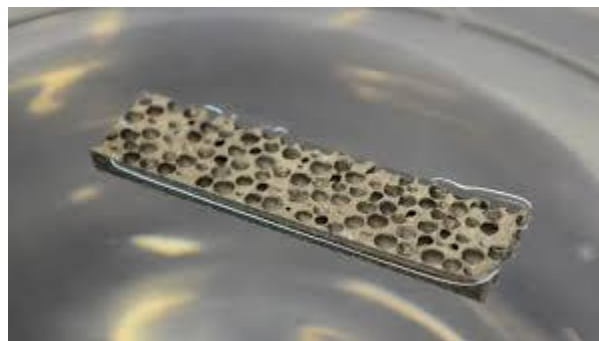


با بکارگیری فوم‌های فلزی قابلیت پیش ساختن سازه‌ها و نصب و مونتاژ سریع آن‌ها وجود داشته به‌طوری‌که زمان برپا کردن و ساختن سازه کشتی حدود ۳۰٪ کاهش می‌یابد. که این کاهش در زمان ساخت کشتی به منزله‌ی تولید وسایل نقلیه بیشتر در سیستم حمل و نقل دریایی است.



شکل (۹): فوم آلومینیومی برای ساخت کشتی های سبک و مقاوم

در کشتی‌های نظامی، محل‌هایی برای نگهداری و حفاظت هواپیماها ساخته شده‌است. محل نگهداری این هواپیماها از نظر امنیتی بسیار حائز اهمیت بوده و باید در مقابل امواج رادار و یا حملات احتمالی به شدت محافظت می‌شود. برای ساخت دیواره و درهای آشیانه هواپیماها می‌توان از فوم‌های فلزی بکار گرفت، چون چون فوم‌های فلزی در برابر امواج رادار و تضعیف آن‌ها عملکرد مناسبی داشته، همچنین به علت خاصیت جذب انرژی خوب، در مقابل گلوله‌ها و موشک‌ها نیز پایداری مناسبی دارند.



شکل (۱۰): فوم آلومینیومی با وزن سبک، قابلیت شناور بودن بر روی آب و مقاوم در برابر خوردگی

از دیگر مصارف فوم‌های فلزی در صنایع دریایی، ساخت دیواره‌ی سکوها‌ی موج‌گیر می‌باشد. موج‌های عظیم و پر قدرت هنگامی که وارد ساختار متخلخل این فوم‌ها می‌شوند در اثر برخورد با دیواره‌ی سلول‌ها و ایجاد اصطکاک از سرعت و شدت‌شان کاسته شده و از آسیب رسیدن به اسکله‌ها جلوگیری می‌شود. کاربرد دیگر فوم‌های فلزی در ساخت علامت‌های دریایی است که هدایت و راهنمایی کشتی‌ها و قایق‌ها را به عهده داشته و از برخورد آن‌ها با یکدیگر جلوگیری می‌کند.

به توجه به موارد فوق و ویژگی‌های ناشی از آن شامل کاهش آلودگی به دلیل کاهش مصرف سوخت، افزایش ایمنی و سازگاری این ماده با طبیعت، استفاده از فوم آلومینیومی در صنایع حمل و نقل مورد توجه و کاربرد روزافزون قرار دارد.

### صنایع هوایی

کاربرد فوم‌های فلزی در سیستم حمل و نقل هوایی با سرعت بیشتری نسبت به سیستم‌های حمل و نقل زمینی و دریایی در حال افزایش است. در بخش حمل و نقل هوایی کاهش وزن بسیار مهم است زیرا بخش عمده هزینه استفاده از هواپیماها را سوخت تشکیل می‌دهد؛ بنابراین طراحی که بتواند هواپیمای سبک‌تری را طراحی کرده و بسازد موفق‌تر است. گزارش شده است که هر پوند کاهش وزن هواپیما، حدود هزار دلار صرفه‌جویی را در طول سرویس هواپیما در بر خواهد داشت.



شکل (۱۱): استفاده از ساندویچ پنل در صنایع هوایی

با استفاده از فوم‌های آلومینیومی علاوه بر دسترسی به استحکام لازم، کاهش وزن و در نتیجه کاهش مصرف سوخت نیز حاصل می‌شود. مصرف فوم‌های فلزی عمدتاً در زمینه ساخت بدنه‌ی هواپیما است. استفاده از ورق‌های آلومینیومی و یا تختال‌های فومی و جانشین کردن آن‌ها به جای ساختار لانه‌زنبوری، قیمت ساخت بدنه را کاهش داده، از طرفی استحکام سازه، بخصوص مقاومت خزشی را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است.

علاوه بر این فوم‌های فلزی عایق صوت، که به عنوان پوشش اطراف موتورها بکار می‌روند، از ورود هرگونه صدا به داخل کابین و محل نشستن مسافران جلوگیری می‌کنند.

مزیت مهم دیگر این فوم‌ها، ایزوتروپی یا همسانی خواص مکانیکی در جهات مختلف است. این ویژگی باعث می‌شود که در صورت حرکت هواپیما در جهات مختلف و قرار گرفتن در جبهه‌های هوایی متفاوت، سازه مورد نظر به خوبی مقاومت کرده و از بروز هرگونه حوادث نامطلوب جلوگیری کند.

## ۲-۱-۲- صنعت ساختمان

با توجه به خواص صوتی فوم‌های فلزی، می‌توان از آن‌ها به عنوان عایق صوتی در ساختمان‌ها استفاده نمود. این قابلیت در آزمایشگاه‌هایی که در آن‌ها دستگاه‌های الکترونیکی حساس وجود دارد استفاده می‌گردد؛ زیرا امواج صوتی و لرزش‌های ساختمانی باعث از بین رفتن تنظیمات و عدم کارکرد دقیق و قابل اطمینان آن‌ها می‌شود. لذا می‌بایست از پوشش‌های عایق صوتی برای جلوگیری از انتشار امواج به داخل این آزمایشگاه‌ها استفاده نمود. این فوم‌ها برخلاف دیگر عایق‌های صوتی مانند پشم شیشه، استحکام و خواص مکانیکی مناسبی داشته و در مقابل ضربات احتمالی و لرزش‌های ساختمان نیز مقاوم هستند.



شکل (۱۲): نمایی از کاربرد فوم های فلزی در صنعت ساختمان

فوم های فلزی را می توان به صورت ساندویچ پنل برای ساخت قسمت هایی مانند درهای ضد سرقت و حریق، پوشش دیوارها، کف و سقف سالن های تئاتر و سینما، بیمارستان ها و اتاق های عمل، سالن های فرستنده های رادیویی و تلویزیونی، استودیوهای ضبط صدا، اتاق های **server**، سالن های کامپیوتر و کلاس های درس در مراکز آموزشی، موتورخانه ها، ساختمان های مسکونی و اداری مجاور به خیابان های پر رفت و آمد و ساخت ساختمان های بلند مرتبه استفاده کرد.

فوم های فلزی در محیط های مرطوب، پایداری ابعادی بالایی داشته و در مقابل جذب آب نیز مقاوم می باشند. به همین دلیل در چنین محل هایی که از دیگر عایق های صوتی نمی توان استفاده نمود، کارایی بالایی دارند.

قابلیت دیگر فوم های فلزی که استفاده از آن را در ساختمان ها رواج داده، جلوگیری از پخش و انتشار شعله های آتش است. فوم های فلزی به علت ساختار متخلخل و هدایت حرارتی مناسبی که دارند تمایل کمی به گسترش شعله در سطح خود داشته و اشتعال پذیری کمی دارند. آزمایشات نشان داده است که فوم های فلزی قادرند شعله های آتش را حتی زمانی که با سرعت های بالای ۵۵۰ متر در ثانیه حرکت می کنند مهار کرده و از گسترش و پیشروی آن جلوگیری نمایند. در صورت وقوع آتش سوزی در یک ساختمان، گرمای حاصل در سازه ساختمان باعث ایجاد تنش شده و بار اضافی به سازه اعمال می گردد؛ در نتیجه استفاده از مصالحی با استحکام و ایمنی بیشتر و در عین حال سبک تر، اجتناب ناپذیر است. مزیت دیگر فوم های فلزی این است که در اثر سوختن در درجه حرارت های بالا، دود و گازهای سمی و خطرناک تولید نمی کنند.



شکل (۱۳): استفاده از فوم آلومینیومی در ساختمان ها



شکل (۱۴): استفاده از فوم آلومینیومی در ساخت موتورخانه ها



شکل (۱۵): قابلیت ضد اشتعال بودن فوم های آلومینیومی

از دیگر خواص بسیار مهم فوم های فلزی، قابلیت عایق حرارتی بودن آن هاست. استفاده از این فوم ها در دیواره و یا کف ساختمان ها می تواند در مصرف انرژی صرفه جویی قابل توجهی را ایجاد کند. در حال حاضر پدشهادهایی برای استفاده از فوم در برج های مسکونی بلند مرتبه جهت پوشش ستون های اصلی داده شده است. استفاده از فوم در درب های ضد حریق و ضد سرقت نیز بسیار مورد توجه و کاربردی است.

. یکی از کاربردهای قابل توجه فوم ، به صورت **Alstone** به عنوان ترکیب با سنگ است.(شکل ۱۶). استفاده از سنگ به عنوان کف پوش، رواج بسیاری دارد. با توجه به اینکه جهت اجتناب از ضربه پذیری و شکست سنگ، استفاده از ضخامت حداقل ۲,۵ تا ۳ سانتی متر از آن ضروری است، با استفاده از فوم و اتصال آن به سنگ می توان ضخامت سنگ مصرفی را به ۲ تا ۳ میلی متر کاهش داد. این قابلیت علاوه بر اینکه مصرف سنگ مورد نیاز را چندین برابر کاهش خواهد داد، قابلیت عایق بودن حرارتی، مقاومت در برابر اشتعال و جذب بالای صدا را نیز ایجاد خواهد کرد.



شکل (۱۶) : نمونه آلتون های تهیه شده با فوم آلومینیومی



شکل (۱۷) : نمونه آلتون های تهیه شده با فوم آلومینیومی

## ۲-۱-۳- شهرسازی

استفاده از فوم در صنعت شهر سازی نیز کاربرد بسیار داشته و در حال حاضر در برخی از کشورهای اروپایی و چین به صورت گسترده از فوم در ساخت دیوارهای جذب صدا در کناره بزرگراه ها، دیواره تونل ها، بستر زیر پل ها، گاردریل های کنار اتوبان ها و ... استفاده می شود. (تصاویر ۱۵ الی ۱۷)

استفاده از پوشش های عایق صوتی با استحکام و ایمنی بالا در ساخت پل های هوایی، تونل ها و ریل های ترن های هوایی برای جذب صدا و شوک های ضربه ای ناشی از حرکت خودروها، کامیون های سنگین، قطارها و ترن هایی که با سرعت بسیار بالا حرکت می کنند، ضروری است.



شکل (۱۸): استفاده از فوم در گاردریل ها برای جذب ضربه وارده





شکل (۱۹): جاذب های صوتی در اتوبان ها



شکل (۲۰): کاربرد خفه نمودن صوت در سالن هاو زیر پل ها

## ۲-۱-۴- صنایع نظامی

خواص منحصر به فرد فوم‌های فلزی از قبیل جذب انرژی بالا، تخفیف شدت انفجار، استحفاظ امواج الکترومغناطیس، تخفیف لرزش‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر آتش، موجب استفاده وسیع آن‌ها در صنایع نظامی شده است. در شکل (۲۱)، لحظه برخورد یک گلوله را به فوم فلزی ملاحظه می‌کنید. همانطور که مشخص است گلوله درون فوم فلزی به دام افتاده و از سمت دیگر خارج نشده است.



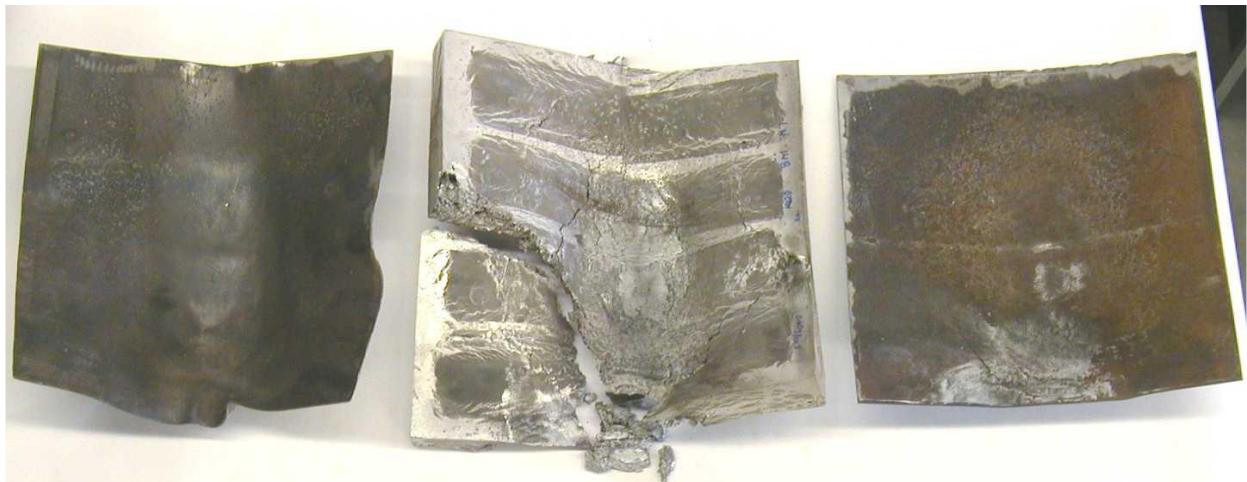
شکل (۲۱): لحظه برخورد یک گلوله به فوم فلزی.

شکل (۲۲) مراحل انجام تست انفجار را بر روی یک ساندویچ پنل فوم فلزی نشان می‌دهد. این ساندویچ پنل از دو ورق فولادی به ضخامت‌های ۳ و ۶ میلیمتر و هسته‌ای از فوم فلزی تشکیل شده است.



شکل (۲۲): قراردان ساندویچ پنل فوم فلزی در کنار مواد منفجره

از تصاویر بعد از انفجار ساندویچ پنل فومی، توانایی جذب انرژی و تخفیف شدت انفجار آن مشخص است.



شکل (۲۳): تصاویر پس از تست انفجار ساندویچ پنل.

در حال حاضر در شرکت نوین رهیافت مطالعات زیادی جهت استفاده از فوم آلومینیومی برای ساخت جلیقه های ضد گلوله انجام گرفته که نتایج اولیه آن پس از تست های میدانی بسیار قابل قبول و مورد تایید بوده است. در حال حاضر بهینه سازی طرح و انجام مراحل نهایی آن در دست اقدام است.

## ۲-۱-۵- سنت دکوراتیو

یکی از کاربردهای رو به توسعه فوم های آلومینیومی، استفاده از آن در صنعت دکوراتیو است. نمای زیبای این نوع فوم، دوام و استحکام بالا و امکان کارپذیری بر روی آن، توجه بسیاری از هنرمندان و طراحان را به منظور استفاده از این ماده در اجرای طراحی های مختلف در نماها، تابلوهای تزئینی، سالن های عمومی و ساخت وسایل مختلف جلب نموده و استفاده از آن در این صنعت به صورت گسترده، رو به توسعه است.



شکل (۲۴): استفاده از فوم آلومینیومی در ساخت دیوار سالن ها



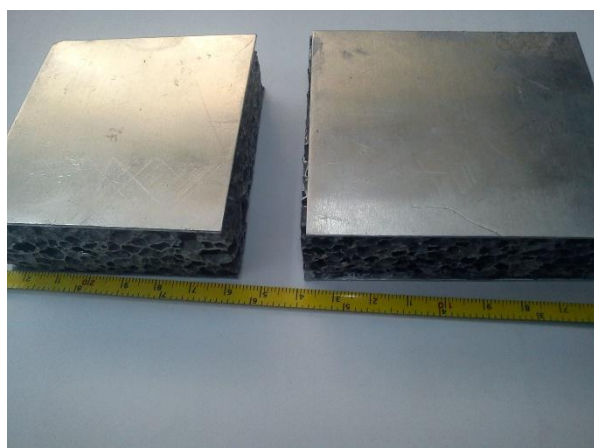
شکل (۲۵): استفاده از فوم آلومینیومی در ساخت دیوار آشپزخانه در آپارتمان ها



شکل (۲۶): استفاده از فوم آلومینیومی ساخته شده در شرکت نوین رهیافت در وسایل تزئینی



شکل (۲۷): نمونه فوم آلومینیومی ساخته شده در شرکت نوین رهیافت



شکل

(۲۸): نمونه هایی از فوم های آلومینیومی ساخته شده در شرکت نوین رهیافت