

درآمدی بر فومهای فلزی :

با پیشرفت تکنولوژی بدست آوردن مواد جدید از اهمیت خاصی برای دانشمندان برخوردار است و می تواند اثر بسیار شگرفی بر زندگی بشر داشته باشد . فوم های فلزی یکی از این مواد هستند که دانشمندان با بوجود آوردن آنها پای در فضای گسترده و جدید صنعتی گذاشتند.

عموما مابین ۷۵٪ تا ۹۵٪ ساختار فوم از منفذ ساخته شده است که می تواند متصل به هم یا به هم چسبیده باشد فوم های فلزی سخت هستند بر خلاف فوم های پلاستیکی و تا زمانیکه آنها را برش ندهید مانند فلز جامد به نظر می رسند. (به یاد داشته باشید که به خاطر چگالی پایین آلومینیوم معمولا از این فلز ساخته می شوند.)

تاریخچه فوم فلزی :

فرآیند اول :

نخستین ثبت در مورد فوم های فلزی به سال ۱۹۸۴ باز می گردد. زمانی که benjamin sosnick برای ارائه پروسه ای در مورد ساختن جرم فلزی فوم شکل دارای حق امتیاز شد . روش او بر اساس بکار گرفتن این واقعیت بود که آلیاژ های فلزی مرکبی که شامل دامنه بسیار وسیع و متفاوتی از نقاط ذوب و جوش است می توانند مستقیما ذوب شوند یا به جوش آیند . در این فرآیند ، به یک آلیاژ فلزی چند فازی گرما داده می شود در ترکیب این آلیاژ انتخاب شده یکی از اجزای آن بخار میشود در حالیکه بقیه اجزا تنها ذوب شدند این آلیاژ ضمن حرارت دادند ، در یک مجرای تحت فشار نگهداری میشود به همین خاطر جزء گازی آن نمیتواند از مایع فرار کند . برقراری فشار باعث بخار شدن ناگهانی مخلوط می شود که در نهایت میتوان با سرد کردن آن مخلوط به یک فرم جامد پر از منفذ های نزدیک به هم رسید موارد استفاده پیشنهادی بهبود مقاومت در برابر فشردگی فوم را نشان میدهد که همچنین جاذب گرما و صدا است . به طور واضح ، تنها مقدار کمی از آلیاژ های فلزی مرکب برای این فرآیند واقعا مناسب هستند . این فرآیند نسبتا گران تمام میشود و در نهایت هم تنها مقدار نسبتا کمی از فوم غیر معمول را تولید میکرد و شاید به همین دلیل بود که هیچگاه به طور وسیع مورد استفاده قرار نگرفت

فوم های سلول باز :

بعدها در سال ۱۹۵۰ اولین سلول فوم فلزی باز تولید شد که شامل پراکندن آلومینیوم مذاب در دانه های خورد توده نمکی فشرده شده می باشد که بعد از آن نمک را حل کرده تا منفذ هایی در میان آن باقی بماند این فرآیند ساختار فوم قابل اطمینان تری نسبت به متد sosnick تولید میکرد اما در حال حاضر هنوز هم به آن به عنوان یک چیز کمیاب نگریسته میشود تا یک ابزار مهندسی.

ورود عامل فومی :

در سال ۱۹۵۹، تحقیق کاملاً متفاوتی انجام شد اعضای این گروه تحقیقاتی روشی برای ساختن فوم به نام خود ثبت کردند که اساس آن ساختن فوم با مخلوط کردن فلز پودری با پودر فلز فومی گازی بود. پودر فلز فومی گازی باید کاملاً به دقت انتخاب میشد تا مقدار بسیار زیادی از گاز را در دمای ذوب فلز تجزیه و آزاد کند این مخلوط پودری به صورت سرد فشرده شده و از غالب خارج میشود تا یک ماده جامد فلزی همراه با فوم های منتشر شده در آن تولید شود زمانیکه این جسم جامد حرارت میبیند تا به نقطه ذوب فلز برسد عامل فومی تجزیه میشود تا گاز را به فلز مذاب تزریق کند و فلز فومی تشکیل شود. فلز هیدروژن دار (مخصوصاً هیدرید تیتانیوم) که در دمای پایین به سهولت به فلز و گاز هیدروژن تجزیه میشود و در بسیاری از متدهای ساخت فومهای تجارتي متداول است به عنوان اولین ظهور عامل فومی به ثبت رسید.

خنک کردن فوم یک مشکل اساسی بود و این به معنی آن است که گرمای منبع نسبتاً سریع میتواند از بین برود اما فلز همچنان گرم و داغ باقی می ماند و مستعد برای تبدیل به فلز مذاب است قبل از آنکه به اندازه کافی سرد شود. تحقیقات نشان میدهد که استفاده از آب به عنوان عامل سردکننده و یا گرم کردن تنها بخشی از فوم میتواند به طور کلی مانع از این مشکل گردد.

فوم سازی به صورت مستقیم از طریق ذوب :

چهار سال بعد تحقیقی نسبتاً وسیع انجام شد که شامل متدی بود که در آن عامل فوم ساز را مستقیماً به فلز نیم گذاخته اضافه میکردند سودی که این روش داشت تولید بسیار ارزاتر فوم نسبت به متد پودری بود یک پیشرفت جدید آن بود که مشتقی از فلز سیلیس را به آلومینیوم مذاب اضافه میکردند و از آن برای افزایش چسبناکی و به دام انداختن گاز آزاد شده استفاده میکردند ایده جدید دیگر استفاده از خاک رس به جای فلزات هیدراته برای عامل فوم سازی بود که میتوان مولکولهای آب به دام انداخته شده در ساختار آنها را به هنگام اضافه کردن به ماده مذاب به صورت بخار آب آزاد کرد. تعداد اندکی از موسسات کار بر روی فوم های پودری فلزی را ادامه دادند و به خاطر هزینه آن به تولید در آزمایشگاهها منحصر شد و به تولید تجاری نرسید در مقابل آن فوم هایی که به روش ذوب تهیه میشوند اصلی ترین مرکز توجه علایق تجاری هستند. دانشگاهها و کارخانجات زیادی مشغول کار بر روی فومها هستند و پروسه های جدید تولید فوم از راه نفوذ دادن، خلع کردن و... انجام شده است.

اساس فوم :

فوم ها با اساس ذوبی کمکم به روش اولیه تولید فوم چیده شده اند کارخانجات بسیاری تولید فوم فلزی را شروع کردند. تحقیقات جدید در پایگاههای علمی با هدف ارتقاء کیفیت فومها فومهای بیست که با روش ذوبی

تولید میشوند در حالیکه از هزینه های بالایی که در تولیدات محصولات فوم به روش پودری ایجاد می شود میتوان به این طریق اجتناب کرد.

فوم کردن فلزات دیگر

تا امروز تقریباً تمام تحقیقات متمرکز در فومهای آلومینیومی بوده است (به خاطر چگالی پایین و مقاومت در برابر خوردگی و نقطه ذوب پایین که کار با آن را آسان میکند) در هر حال فومهای آهن ، نیکل ، سرب نیز تولید شده اند. فومهای نیکل را به عنوان فیلترهای شیمیایی به کار میگیرند . دیگر فومها کیفیت مشکوکی دارند و در حال حاضر موضوع تحقیقات دانشمندان میباشد.

کاربردهای فوم های فلزی :

هیچ خاصیتی از فومهای فلزی ویژه و استثنائی نیست بیشتر خواص ماده آنها (از قبیل چگالی ، سختی و دوام و) در هر نوع ماده دیگری نیز یافت میشوند . نکته مهم در بازار فروش فومهای فلزی در کل (به ویژه فومهای آلومینیوم) در ترکیب بینظیر کیفیت هابست که در هیچ ماده دیگری یافت نشده است:

- قدرت بالا (۱۰ mpa) و سختی (۱ gpa)
- چگالی بسیار پایین (حدوداً ۰/۲ چگالی آلومینیوم جامد)
- توانایی جذب مقادیر بالای انرژی با تحمل فشار در زمان فشرده شدن در هر جهت.

مواد ساختاری :

فومها سختی نسبتاً بالا و چگالی پایین را بیش از ماده مولد خود دارا می باشند مهم است بدانیم که اگر تنها قدرت مستقیم را در نظر بگیریم ، فومها غالباً کاربرد مشابه یا حتی بدتری از مواد جامد هم وزن خود ارائه میدهند نقطه قوت فومها زمانی آشکار میشود که فشارهای منجر به خم شدن را به عنوان یکی از کیفیات وزن در نظر بگیریم . پخش وسیع ساختارهای سلولی در لحظه ، سکون ماده را افزایش میبخشد و به آن قدرت خم شدن و مقاومت ویژه بیشتری میبخشد تا آنچه به وزن حجمی فلز مربوط است این مطلب فومها را به عنوان ترکیباتی کاربردی در اتومبیل سازی و هوافضا مطرح میسازد این مطلب ممکن است به شکل ترکیبات حمل وزن مستقیم به چشم بیاید اما بیشتر موارد استفاده ساختاری را نشان میدهد که در آن فوم عنصری مرکزی است که با لایه فلزی بیرونی احاطه شده و مورد استفاده قرار میگیرد . تولید این ترکیبات در مقایسه با دیگر مواد کندوشکل آسانتر است و مقاومت بیشتری در برابر شکاف خوردن نشان میدهد و این بخاطر همگرایی فومهاست. برخی از روشهای تولید همچنین اجازه میدهند که قالبهایی با اشکال نامنظم از فومها پر شود ، به عنوان مثال برای ساختن شکلهای پیچیده و یا پرکردن ساختارهای لوله ای از فومها به جای ترکیبات جامد فلزی استفاده میشود چون وزن بسیار کمتری داشته در حالیکه از مقاومت ساختاری قابل توجهی نیز برخوردار میباشند.

در اینجا فهرست وار خلاصه ای از کاربردهای بالقوه فومهای فلزی را ذکر میکنیم :

- ورقه های خود پشتیبان محکم و بسیار سبک برای ساخت و ساز و حمل و نقل
- جذب انرژی ذره ای در ماشینها ، آسانسورها و سیستم های جابجایی
- کفها و دیواره ها
- ورقه های سقفی و دیواره ای ضد حریق با عایق گرمایی و صوتی
- جداره های کمپرسور
- بدنه و آگزوز موتورسیکلت
- تبادلهای گرمایی ، فیلترها و کاتالیزورها
- مبدلهای صوتی
- محفظه اسپیکر
- باتریها
- محفظه گیربوكس
- بخشهای ساختاری فضاپیما
- محفظه هایی برای ابزار الکترونیکی
- جاذب صوتی برای شرایط سخت

جذب کننده ضربه :

طبقه بندی گسترده ای از کاربردها حول خاصیت جاذب انرژی فومهای فلزی بنا شده است در هنگام فشردگی ، فوم ها تنها دگر دیسی الاستیکی کمی را قبل از حالت پلاستیکی نشان می دهند در بیشتر فومها این حالت شامل دگر دیسی پلاستیکی گسترده ای از دیواره های سلولی در سلولهای شکست خورده می شود که بتدریج در حلیکه ماده فشار کم و پایداری را تحمل میکند افزایش میابد . حرکت تغییر جا در یک فلز به این معنی است که مقدار زیادی از انرژی بدون افزایش فشار تا مرحله بحرانی میتواند جذب شود به خاطر رفتار ایزوتوپ فوم جذب انرژی در هر جهتی که فشار وارد میشود ممکن میکند این خاصیت کارآیی فوم را به عنوان ماده ای سبک ، ارزان ، جاذب تکانهای ناگهانی در بدنه جلویی اتومبیل ها یا قطارها برای محافظت از سرنشینان در هنگام تصادفات افزایش میدهد.

این یکی از بخشهاییست که فومهای فلزی به صورت تجاری استفاده شده و میتوانند در دربهای ضد ضربه به کار روند . در اصل فومهای فلزی به خاطر مقدار دگر دیسی پلاستیکی که میتواند در واحد حجم خود تحمل کند مورد توجه میباشد . به خاطر اینکه دیواره سلولی آن طبیعتا از شکست ساختاری پیش از موقع به عنوان

واحدهای جاذب انرژی جلوگیری میکنند و از سرنشینان اتومبیل در هنگام مواجهه با مواد سوختنی و انفجاری و تصادفات محافظت میکنند و یا به عبارتی دیگر مقاوم در برابر دما و حرارت میباشد.

سطح وسیع :

ترکیب رسانایی الکتریکی بالا و سطح وسیع فومهای سلول باز آنها را برای استفاده به جای الکتروود مناسب مقدر کرده است. به عنوان مثال: در باتریهای اسید - سرب ساختارهای سلول باز میتوانند حامی های کاتالیزوری بسیار خوبی باشند.

حمل و نقل زمینی و ریلی :

آنچه که در سیستم حمل و نقل زمینی مهم است، آلودگی هوا و مسئله ایمنی می باشد. استفاده از فومهای آلومینیومی، باعث آسان شدن ساخت بدنه اتومبیل ها و قطارها شده است و این امر هزینه تولید را به مقدار موثری کاهش داده است. از طرفی وزن این وسایل نیز کاهش یافته و در نتیجه مصرف سوخت و انرژی کم شده و مسئله آلودگی محیط زیست نیز تا حدی مرتفع می شود. فوم های آلومینیومی به کار رفته در قطعات و بدنه اتومبیلها و قطارها نسبت به قطعات تولید شده فولادی به اندازه ۱۰ برابر محکم تر بوده و استحکام بیشتری دارند و از طرفی به اندازه ۵۰ درصد نیز سبک تر می باشند. امروزه می توان ۲۰ درصد بدنه اتومبیل را با استفاده از فوم های آلومینیومی تهیه کرد که در این راستا ۶۰ کیلوگرم از وزن اتومبیل کاهش یافته و در نتیجه میزان مصرف سوخت نیز کاهش می یابد، به طوری که می توان گفت به ازای هر گالن بنزین حدود ۲/۶ مایل مسافت بیشتری را می توان پیمود.

مسئله قابل توجه دیگری که در سیستم حمل و نقل زمینی مطرح می باشد مسئله ایمنی است. فوم های فلزی به علت قابلیت جذب انرژی مکانیکی در تمام جهات، هنگام تصادف و برخورد با موانع به راحتی تغییر شکل داده و فشرده می شوند. از طرفی چون حرکت ارتجاعی این فومها بسیار محدود و کم می باشد، در حین اعمال ضربه، از حرکت و برگشت فوم به جای اول خود و همچنین از شتاب دادن وسیله نقلیه در جهات دیگر (جهت خلاف اعمال ضربه) و نیز حرکت شلاقی مانند آن جلوگیری می شود. همچنین فوم های فلزی در اثر ضربه های شدید و سریع خواص خود را به طور محسوس و زیاد از دست نمی دهند و در نتیجه مقاومت بیشتری نسبت به سایر مواد دارا می باشند.

یکی دیگر از مزیت های فوم های فلزی عایق بودن آنها در برابر صدا است. با استفاده از این فوم ها که در ساخت بدنه، موتور، کاپوت و قسمت های میانی بین موتور و اتاق به کار می رود، می توان از آلودگی صوتی که توسط موتور ایجاد می شود جلوگیری نمود. این فوم ها همان طور که گفته خواهد شد به علت ساختار حفره ای خود، صدای موتور اتومبیل را جذب کرده و از ورود آن به اتاق و محل نشستن سرنشینان جلوگیری می کنند.

حمل و نقل دریایی :

فوم های آلومینیومی به علت کاهش بسیار زیاد وزن و از طرفی افزایش مقاومت در برابر خوردگی و همچنین قابلیت جوشکاری و شکل پذیری مناسب برای ساخت قسمت های مختلف کشتی ها و دیگر وسایل نقلیه دریایی مورد استفاده قرار گرفته اند.

سازه های ساندویچی نسبت به دیگر سازه های فلزی، بیش از پنجاه درصد در وزن و حجم سازه صرفه جویی می کنند. به کارگیری فوم های فلزی، آلودگی صوتی را تا ۲۰ درصد کاهش می دهد. علاوه بر این، میزان استحکام، مقاومت در برابر آتش سوزی و خوردگی افزایش می یابد. خصوصیات منحصر به فرد سازه های ساندویچی، باعث شده که نیروی دریایی آمریکا از سال ۱۹۸۷ مطالعه خود را برای ساخت سازه های ساندویچی فولادی با هسته های فومی و جوشکاری شده با لیزر، شروع کرده و از آنها برای ساخت قسمت های مختلف کشتی استفاده نماید.

از دیگر مصارف فوم های فلزی در صنایع دریایی ساخت دیواره و بدنه سازه کشتی و به خصوص سکوها ی موج گیری می باشد. موج های عظیم و پر قدرت هنگامی که وارد ساختار متخلخل این فوم ها می شوند، در اثر برخورد با دیواره سلول ها و ایجاد اصطکاک از سرعت و شدتشان کاسته شده و از آسیب رساندن به کشتی ها و حتی اسکله ها جلوگیری می کنند.

حمل و نقل هوایی :

در بخش حمل و نقل هوایی نیز مانند بخش حمل و نقل دریایی و زمینی، کاهش وزن بسیار مهم است. به طوری که می توان گفت این امر از اصلی ترین اهداف طراحان هواپیما باشد. با استفاده از فوم های آلومینیومی علاوه بر دسترسی به استحکام لازم، کاهش وزن و در نتیجه کاهش میزان مصرف سوخت نیز حاصل می شود. با کاهش مصرف سوخت از طرفی هزینه استفاده از هواپیما کاهش یافته و جاذبه آن بیشتر می شود، به طوری که مسافر، کالا و مرسولات پستی بیشتری برای جا به جایی به آن مراجعه می کنند و از طرف دیگر میزان آلودگی محیط زیست کم می شود.

امروزه، استفاده از ورق های فوم آلومینیومی و یا تختال های فومی به جای ساختارهای لانه زنبوری در ساخت بدنه هواپیما باعث شده که هزینه ساخت بدنه کاهش یافته و از طرفی استحکام سازه به خصوص مقاومت خزشی آن به شدت افزایش پیدا کند.

کاربرد در صنایع ساختمانی :

فومهای فلزی اغلب برای ساخت عایقهای صوتی در ساختمان ها استفاده می‌شوند. استفاده از این فوم ها علاوه بر استحکام، باعث سبکی ساختمان نیز می‌شود. همچنین فوم‌های فلزی در برابر آتش‌سوزی مقاوم بوده و گازهای سمی خطرناک نیز تولید نمی‌کنند.

کاربرد به عنوان سازه های ساندویچی :

ساندویچ پنل یک سازه یا ساختار چند ماده ای است. این سازه شامل دو صفحه بوده که یک هسته مرکزی را احاطه کرده اند و اصطلاحاً به صورت ساندویچ در آمده است.

مهمترین ویژگی های ساندویچ پنل‌ها که باعث شده به شدت مورد توجه قرار گیرند عبارتند است از: وزن کم، استحکام، سفتی و سختی بالا، خواص حرارتی مناسب برای عایق های حرارتی، قابلیت جذب امواج صوتی، قابلیت جذب امواج الکترومغناطیس، خاصیت جذب انرژی و...

سازه های ساندویچی که به وسیله هسته‌هایی از فوم های فلزی پر شده‌اند، برای ساخت بدنه اتومبیل‌ها، وسایل نقلیه ریلی و کشتی‌ها کاربرد فراوانی دارند.

صنعت هوافضا :

کاربرد فوم های فلزی کم وزن در صنعت هوا فضا شبیه به بخش اتومبیل می باشد. در هواپیماها جانشین کردن ساختارهای لانه زنبوری گران بوسیله ورقه های آلومینیومی فومی یا تختال های فومی می تواند منجر به کاهش مطلوب قیمت شود. از یک طرف، مقاومت خزشی بهتر می شود و از طرف دیگر، مزیت مهم این فوم ها در ایزوتروپی خواص مکانیکی آن ها می باشد .

در کاربردهای فضایی استفاده از فوم های بسیار فعال اما خیلی کم وزن مثل Mg و Li در نظر گرفته شده است. این آلیاژها، معمولاً بخاطر فعل و انفعالات بالایی که دارند، قابل استفاده نیستند ولی می توانند در شرایط خلأ مفید باشند.

صنعت بیو دارویی :

آلیاژهای تیتانیوم یا کبالت-کروم بخاطر بیوسازگاریشان در ساخت دندان های مصنوعی یا اعضای مصنوعی استفاده می شوند. معمولاً برای چنین کاربردهایی ماده ای که می توان استفاده کرد تیتانیوم متخلخل یا فوم تیتانیومی می باشد. هیچ اتفاق نظری وجود ندارد که اعضای مصنوعی چگونه باید طراحی شوند تا ماکزیمم پایداری و تابعیت از عضو مورد نظر وجود داشته باشد .

بطور مثال بر طبق یک نظر، مدول دندان های مصنوعی باید با مدول استخوان فک تطابق داشته باشد. همچنین دانستن ارتباط بین مدول و دانسیته فوم های فلزی یکی از راه هایی است که ساخت اعضای مصنوعی را با مدول های سازگار و اطمینان از بیوسازگاری و انگیزش استخوان در رشد در داخل تخلخل باز، آسانتر می کند.

فیلترها و جداکننده ها :

دو نوع فیلتر وجود دارد : فیلترهای نگهدارنده و جداکننده ذرات جامد یا رسوبات موجود در مایع و فیلترهای نگه دارنده و جداکننده ذرات جامد یا مایع موجود در یک گاز(دود یا مه).

مثلهایی از نوع اول فیلترهایی هستند که برای تمیز کردن مذاب های پلیمری، برای جداکردن مخمر از آبجو، یا برای پالایش نفت استفاده می شوند. نوع دوم فیلترها شامل فیلتر کردن دوده های دیزلی یا آبیگری در خطوط هوایی می باشد. مهمترین خواص فیلترها فومی عبارتند از:

جداسازی مناسب ذرات، نگهداری خوب ذرات، قابلیت تمیزکاری، خواص مکانیکی، مقاومت خوردگی، قابلیت بازیافت و هزینه تولید مناسب و اقتصادی.

مبدل های حرارتی و سردکن ها:

بسیاری از فوم های رسانای مسی یا آلومینیومی می توانند بعنوان مبادله کننده های حرارتی استفاده شوند. در این مورد، ساختارهای با تخلخل باز نیاز می باشند. حرارت می تواند در فوم جابه جا شده و به گازها یا مایع هایی اضافه شود و فوم را همزمان گرم یا سرد کند. در تخلخل های باز، فشار درون حفره ها کمترین می شود. یک مثال از چنین کاربردهایی سینک های حرارتی فشرده برای سرد کردن ابزار آلات میکروالکترونیک مثل چیپ های کامپیوتری یا Power وسایل الکترونیکی می باشد .

فوم های فلزی در صورتی که طوری انتخاب شوند که هدایت حرارتیشان تا حد ممکن بالا باشد و مقاومت شاری بدست آمده آنها تا حد ممکن کم باشد، می توانند در این مورد بهتر عمل نمایند. این دو نیاز دارای تناقض می باشند، بنابراین باید یک حد تعادل برای آنها در نظر گرفت .

زمینه کاربردی دیگر برای مواد با تخلخل باز نشر سرمایی می باشد. مساحت سطح زیاد، مقاومت شاری کم و هدایت حرارتی خوب موجب ایجاد شرایط ایده آل برای رسیدن به چنین اهدافی می شود .

کاتالیست ها :

موثر بودن کاتالیزورها به طور عمده به سطح مشترک زیاد بین کاتالیزور و گازها یا مایعات تحت واکنش بستگی دارد. بنابراین، کاتالیزور یا به صورت ساختار با تخلخل زیاد استفاده می شود یا اگر این امکان وجود نداشته باشد، در یک سیستم متخلخل مثل یک ماده سرمایی متخلخل استفاده می شود .

از آنجاییکه فلزات حفره دار دارای داکتیلیته بالا و هدایت حرارتی خوبی هستند، می توانند جایگزین این سرامیک ها شوند. یک استفاده کاربردی از این فوم ها، عبارتست از آماده سازی یک ورقه نازک فوم فلزی که در مقابل خوردگی مقاوم باشد و سپس پرکردن این فوم با یک ماده کاتالیزور، به وسیله نورد و در نهایت عملیات حرارتی در دمای حدود ۲۸۸ درجه سانتیگراد. کاتالیزور بدست آمده دارای خواص مکانیکی خوب، یکپارچه و بی عیب می باشد. حتی بعد از تعداد زیادی سیکل دمایی، کاتالیزور از فوم فلزی خارج نخواهد شد. یک کاربرد دیگر برای چنین کاتالیزورهایی، جداکردن اکسیدهای نیتروژن از دوده آگروز کارخانجات می باشد .

ذخیره و انتقال مایعات :

یکی از قدیمی ترین کاربردهای مواد متخلخل متالورژی پودر، خود روانسازها می باشند که روغن در روزنه های بین ذرات ذخیره شده و کم کم خارج می شود، که این مورد جایگزین استفاده از روغن شده است. این کاربرد محدود به روغن نمی شود مثلاً آب می تواند ذخیره شده و کم کم برای کنترل رطوبت بصورت اتوماتیک آزاد شود یا عطر می تواند ذخیره شده و کم کم بخار شود و یا می توان از غلطک های متخلخل استفاده کرد تا آب یا چسب بر روی سطحشان پخش شود. انتقال مایع می تواند بوسیله واکنش موئینگی به تنهایی و یا با فشار اضافی مثلاً در غلطک ها صورت گیرد. در نهایت، ساختارهای فلزی خیلی باز می توانند برای ذخیره مایعات در دمای ثابت و در شرایطی که نیاز به سرمازایی است، استفاده شوند .

علاوه بر این، فوم می تواند حرکات ناخواسته مایع درون تانکر یا ظرف را کاهش دهد (ضد تلاطم).
صداخفه کن ها :

اجزایی که برای کاستن صدای حاصل از پالس های فشاری و ارتعاشات مکانیکی بکار می روند نیز جزء کاربردهای صنعتی قطعات متالورژی پودر می باشند. مواد متخلخل با درصد تخلخل خاص می توانند برای کاهش برخی فرکانس های انتخاب شده به کار روند. تغییرات ناگهانی فشار که در کمپرسورها یا دیگر ابزارآلات رخ می دهد را می توان با عناصر و اجزاء زینتر شده متخلخل کاهش داد.

الکترودهای باتری :

فوم های سربی می توانند بعنوان ساپورت هایی برای مواد اکتیو در اسید سرب باتری ها جایگزین پایه های سربی متداول شده و بنابراین موجب ساخت الکترودهای بسیار سبک خواهند شد. یک ماده فعال از لحاظ الکتروشیمیایی مانند یک چسب شامل پودرهای اکسید سرب بسیار ریز، می تواند در داخل حفرات باز یک فوم سربی پر شود که با الکترولیت (اسید سولفوریک) در تماس خواهد بود. فوم سربی بعنوان یک شبکه رسانای قوی عمل کرده و منجر به کاهش مقاوت داخلی باتری خواهد شد. مواد متخلخل با مساحت سطح بالایشان در سلولهای سوختی استفاده می شوند.

گیراندازهای شعله :

فلزات متخلخل با هدایت حرارتی بالای ماده دیواره سلول، می توانند برای متوقف کردن شعله در گازهای قابل احتراق استفاده شوند. برخی از فوم های با تخلخل باز، قابلیت گیراندازی شعله را حتی زمانی که شعله در سرعت‌های بالای ۵۵۰ (m/s) حرکت می کند، دارا می باشند. در عمل لوله های حامل گازهای قابل احتراق، از منابع احتراق دور نگه داشته شده و محافظت می شوند، ولی در صورتی که احتراق رخ دهد، شعله نمی تواند به سرعت افزایش یابد .

کاربردهای الکتروشیمیایی :

فوم های نیکلی می توانند به عنوان مواد الکتروود در راکتورهای الکتروشیمیایی استفاده شوند. در الکترودهای فیلترپرس یک توده صفحات فلزی ایزوله شده استفاده می گردد. صفحات با یک مش پلاستیک متغیر افزایشی مجزا می شوند. اگر این مش ها با ورقه های نیکل حفره دار با کانالهای باز جایگزین شوند، افزایش سطح خواهیم داشت در حالی که تغییرات افزایشی نیز نگه داشته می شود و راکتورها می توانند در این روش بسیار فشرده تر ساخته شوند .

تصفیه آب :

مواد فلزی حفره دار می توانند برای کاهش غلظت یون های حل شده ناخواسته در آب استفاده شوند. در این کاربرد، جریان آب از میان یک فلز حفره دار با تخلخل بالا با ساختار باز عبور می کند. یون ها با زمینه فلزی ساختار حفره دار واکنش می دهند و از آب جدا می گردند.

کنترل آگوستیکی :

یک وسیله جهت کنترل موج صوتی زمانی تولید می شود که دارای یک قسمت شکل یافته به صورت منشور از جنس ماده ای با سلول باز صلب یا فوم فلزی باشد. موج های ثانوی توسط این منشور هدایت شده و بوسیله این وسیله آگوستیکی در جهت مناسب هدایت می شوند. علاوه بر این، کاربرد فوم های با تخلخل بسته به خاطر مناسب بودنشان از لحاظ مقاومت ظاهری در آداپتورها و برای منابع فراصوتی مورد مطالعه قرار گرفته است.

کاربرد فوم های فلزی در دکوراسیون :

از زمانی که فوم های فلزی شناخته شده اند، این مواد جدید، تخیل و خلاقیت طراحان و هنرمندان را برانگیخته اند. اولین مورد کاربرد هنری یا دکوراسیونی، در اثر ظاهر متمایز این مواد در مقایسه با مواد معمولی، ایجاد شده است. فوم های بر پایه طلا یا نقره دارای پتانسیل لازم برای جواهر سازی، با ظاهری متفاوت و حجمی بالا و وزنی کم می باشند. فومهای آلومینیومی برای ساخت مبلمان، ساعت، لامپ و غیره استفاده می شوند. اگر

صندلی ها یا میزها با فوم آلومینیومی ساخته شوند خواص مکانیکی از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. در صورتی که برای بسیاری کاربردهای دیگر خواص فیزیکی و مکانیکی طبیعی اهمیت کمتری دارند . سیستم های بلندگو از فومهای آلومینیومی ساخته می شوند. فوم نه تنها دارای چقرمگی خوبی است، همچنین ظاهر متخلخل و حجم بالای آن بسیار جذاب تر از مواد متداول می باشد. برای یک محقق در زمینه مواد، چنین کاربردهایی ممکن است زیاد مهم نباشد زیرا آنها کمتر بر اساس این حقیقت که ماده دارای ظاهری زیبا می باشد نگاه می کنند. با این وجود، قیمت مواد برای کاربردهای طراحی زیاد مهم نیست، این موضوع می تواند یک مورد خوب برای پایه گذاری روشهای ساخت جدید باشد.

کاربرد به عنوان عایق صوتی

با توجه به خاصیت خوب امواج صوتی در فوم های فلزی، از آنها می توان برای ساخت عایق های صوتی در بیمارستان ها، ساختمان های مسکونی، سالن های سینما و تئاتر، سالن های محل برگزاری کنسرت های موسیقی و ... استفاده کرد.

❖ مصرف دیگر فوم های فلزی ساخت بستر پل ها، اتوبان های هوایی و نیز ریل های ترن های هوایی است.

روشهای اصلی تولید:

روش ساختن فلزات فوم شده به چهار دسته مهم تقسیم میشود:

۱. **دسته اول:** مربوط به فوم های بیست که در حقیقت تنها ترکیباتی از موادی میباشند که برای تولید فضاهای خاص استفاده میشوند . به عنوان مثال : پودرهای فلزی یا فیبرهای متراکم . فومهایی که با این روش ساخته میشوند از کیفیت پایینی برخوردارند نوع قابل اعتماد تر تولید نفوذی می باشد که در آن اشکال متخلخل ساخته می شوند و فلز های آب شده به داخل آن اشکال در قالب ها ریخته میشود و سپس قالب ها را جدا میکنند چون میتوان هر چه قدر خواست زمان صرف ساختن یک قالب عالی و بی نقص نمود . این روش برای ساختارهای کیفیت بالای فومهای سلول باز استفاده میشود و نکته منفی این روش گران تمام شدن آن و پیچیده بودنش است و تنها برای ساختن اندازه های کوچک فوم مناسب هستند.

۲. **دسته دوم:** روش دیگر بر اساس پودر میباشد . فلز های پودر شده و عوامل فوم ساز (مواد شیمیایی که در هنگام واکنش گاز آزاد میکنند) با هم مخلوط شده و فشرده میگردند با حرارت دادن مخلوط بالا در دمای ذوب فلز ، فوم تولید میشود.

۳. **دسته سوم:** یک نوع سلول بسته در حدود ۳ میلیمتر فوم سلول هسته با حفره های حدود ۸۰ درصد تا بحال ارزانترین نوع تولید فوم روش آب کردن میباشد در این روش نوعی گاز به فلز آب شده چسبناک تزریق شده و

تولید حفره میکند و فلز به تدریج خنک میشود و فوم میسازد گرچه این روش ارزان است اما کیفیت بسیار خوبی ندارد زیرا نمیتوان فاصله بین سلول ها را کنترل کرد.

۴. **دسته چهارم:** روشهای دیگری نیز هستند گرچه فومهایی با حفره های کمتر یا کیفیت پایین تری تولید میکنند. از جمله این روشها سرد کردن سریع فلز اشباع شده توسط هیدروژن میباشد بدین صورت که وقتی فلز اشباع میشود هیدروژن آزاد شده و تولید حفره میکند چون سرد شدن در یک جهت ویژه اتفاق می افتد حفره ها معمولاً طولانی و موازی در جهت سرد شدن می باشند که البته این یک نقطه ضعف است زیرا این مواد بیش از آنکه فوم مانند باشند کندو مانند هستند .

فوم های سلول باز:

این فومها دارای سه غالب هستند که به آنها اشاره میکنیم.

۱. **قالب نمکی:** اولین فوم های فلزی توسط پرکردن یک قالب گرافیت اندود شده توسط نمک های زبر صخره ای تولید شد (نمکی که در آسیاب ها ریخته میشوند) با گرم کردن آب دانه های نمک به هم چسبیده و آلومینیوم آب شده در داخل آن ریخته میشود با تکان دادن قالب این اطمینان حاصل میشود که آلومینیوم به همه جا رسیده است و سپس قالب نمکی را سرد میکنند در این مرحله نمک در آب حل میشود و یک شبکه از آلومینیوم باقی میگذارد.

۲. این روش حدوداً ۳۵ سال بعد مورد باز بینی قرار گرفت و بهبودهایی حاصل شد به ویژه اینکه حالا فلز آب شده در خلا به قالب نمک اضافه میشود و این بدان معنی است که فلز با اطمینان بیشتری پخش شده و دانه های نمک کوچکتری استفاده میشود ، کیفیت فومهایی که به این روش تولید میشوند بسیار بالاست اما هنوز برای پخش این روش زود است.

۳. **قالب های گچی:** با تغییراتی در این روش میتوان یک نوع فوم دیگر بدست آورد ، معمولترین روش در بوجود آوردن یک فوم پلاستیک سلول باز که بسیار آسان هم ساخته میشود این است که با چیزی که بعداً حل شدنی باشد ترکیب شوند که در دمای بسیار بالا بهترین نمونه مواد گچ است . در این روش یک توده جامد با نوعی پلاستیک که در گچ احاطه شده تولید میکنند گرم کردن آن در دمای بالا موجب تجزیه شدن پلاستیک میشود ، در نتیجه شبکه ای از کانالهای خالی را در سرتاسر توده گچی ایجاد میکند در این هنگام فلز آب شده با فشار بالا و مکش به داخل قالب ریخته میشود و گچ حل میگردد نتیجه این روش داشتن یک فوم سلول باز است که دقیقاً ساختار سلولی فوم پلیمری اصلی را دارد.

۴. **وضعیت الکترودی :** یک روش بسیار دقیق برای ساختن فوم های سلول باز آن است که با یک فوم سلول باز پلاستیک کار را شروع کنیم با همان روشی که در قالب های گچی آمده است اما بجای حرارت دادن آن را در معرض نوعی گاز که با کربن مخلوط شده قرار داده و از آنجائیکه کربن هادی الکتریسیسته است آلومینیوم آب کاری شده را بر روی سد میریزیم و حرارت می‌دهیم تا پلاستیک آب شده و به یک فوم سلول باز تبدیل شود.

خلاصه ای از مزایا و معایب روشهای نفوذ فلز:

مزایا:

۱. کنترل بسیار نزدیک اندازه سلولها که حتی برای دانه های نمک با اندازه های مختلف نیز امکان پذیر است
۲. هر فلز یا آلیاژی را میتوان استفاده کرد ، تنها بدین شرط که زیر دمای تجزیه نمک ذوب شود.
۳. قالب ها به شکل نهایی بسیار نزدیک هستند و استفاده از ماشین آلات را به حداقل می رسانند.

معایب:

۱. زمان زیادی طول میکشد تا نمک یا گچ حل شوند.
۲. مراحل تولید مستمر نیستند و بسیار پیچیده اند و فوم های تولید شده بسیار گران قیمت هستند.
۳. فوم های تولید شده به این روش سخت فرم میگیرند.

سیر تکاملی گاز در فوم های سلول گازی:

روش اول : آسان ترین روش برای ساختن یک فوم سلول بسته تولید حباب هوا در انتهای یک حفره آلومینیوم آب شده می باشد سپس گرفتن کف و سرد کردن آن . در این روش پیچیدگی هایی نیز وجود دارد بویژه اینکه فلز باید مواد سرامیکی خوبی در خود داشته باشد تا آن را چسبنده سازد ، و هوا باید بدون شکل دادن حباب از سطح خارج شود ، فوم هایی به این روش اساسا ارزان و بی کیفیت اند.

مزایا:

الف) در ساختن فوم ها با اندازه بالا ساخته میشوند.

ب) تولید آن آسان و نسبتا ارزان است.

معایب:

الف) پراکندگی گاز قابل کنترل نیست و حفره ها نیز بزرگ میباشند.

ب) کنترل کمی برای تعیین اندازه حفره ها وجود دارند.

ج) تنها تکه ای از آنها قابل تولید است و سطح فوم نیز نا صاف می باشد.

د) باید قبل از شروع کار با سرامیک ترکیب شوند و از آنجائیکه برخی از آلیاژها به اندازه کافی چسبنده نیستند استفاده از هر نوع آن امکان پذیر نیست.

روش دوم: این روش فوم های پیچیده تری تولید میکنند با حفره های بهتر و همسان تر. در این روش از عامل فوم ساز جامدی استفاده میکنند که میتواند قبل آزاد سازی گاز به آلومینیوم ترکیب شود همین مطلب باعث کنترل بهتر پراکندگی به اندازه حفره ها می شود. ساختار سلولی این فوم ها از کیفیت بالاتری برخوردار است اما تولید این فوم گران تر تمام میشود.

مزایا:

الف) اندازه های سلولی این فوم شکل یکنواخت تری دارند.

ب) سلولهای کوچکتر با حفره های کوچکتر در ساختار دارد.

معایب:

الف) به علت نوع افزودنی ها گرانتر است.

ب) شکل نهایی را تولید نمیکنند. چون پودر را نمیتوان در داخل قالب های پیچیده تکان داد.

روش سوم: روش چسباندن ورقه ای

این روش فلزات مرکب را توسط گازی که تحت فشار آزاد می شود به فوم تبدیل میکند. این روش کیفیت بهتری به فوم میبخشد فایده این روش آنست که زمان طولانی تری برای هم زدن امکان پذیر است. این روش همچنین این قابلیت را دارد که در شکل گیری نهایی محصولات استفاده شود.

مزایا:

الف) کنترل خوبی در یکنواختی و اندازه سلولها وجود دارد.

ب) تولید قالب های نهایی.

ج) این روش را می توان برای پر کردن قالب های پیچیده تر هم استفاده کرد.

معایب:

عیب این روش محدودیت در نوع فلز های استفاده شده است.

منابع:

www.cambridgeuniversity.com

www.sciencedirect.com

<http://www.njavan.com>

<http://www.iran3.t.com>

<http://ecocatalysis.com>

h-Daneshmand.ir