بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی متالورژی و مواد

اثر اندازه گوی های رسی و دمای پیشگرم قالب در تولید فوم آلومینیمی به روش ریخته گری نفوذی

شهاب همایونی املشی

استاد راهنما:
دکتر مهدی دیواندری

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مواد
گرایش شناسایی و انتخاب مواد

شهریور ۱۳۸۶

کلیه حقوق مادی و معنوی این پایان نامه متعلق به دانشگاه علم و صنعت ایران است.

مجوز بهره برداری از پایان نامه

- بهره برداری از این پایان نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه بلامانع است.
- بهره برداری از قسمت های زیر با اخذ مجوز کتبی استاد راهنما مجاز است:
-
-
-
-
- بهره برداری از این پایان نامه در مدت پنج سال از تاریخ دفاع به هیچ عنوان مجاز نیست.

نام و نام خانوادگی استاد راهنما:

امضاء استاد راهنما:

تقدیم به پدر و مادر فداکارم که در تمامی مراحل زندگی پشتیبان و حامی من بوده اند.

چکیده:

در این تحقیق فوم آلومینیمی سلول باز با استفاده از روش ریخته گری نفوذی تولید شد. به عنوان عامل فضا ساز در ساختار نهایی فوم از گوی های سرامیکی، که شامل ترکیبی از NaCl، ماسه، کائولن و آب بودند استفاده گردید. کائولن به عنوان عامل اصلی شکل دهنده و نگهدارنده گوی ها، نمک و ماسه برای بهبود قابلیت فروپاشی گوی ها، در قطعه نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. گوی ها در سه گروه مختلف با اندازه های ۳، ۵ و ۷ میلیمتر تولید شدند. برای بررسی اثر دمای گوی های سرامیکی در نحوه پر شدن قالب ، از چهار دمای ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ و ۷۵۰ درجه سانتیگراد برای پیشگرم کردن گوی ها استفاده شد و میزان چگالی و تخلخل و همچنین اندازه کانال ها در نمونه های فومی نهایی بررسی گردید. برای تخلیه نمونه ها از حرارت دهی در آب با دمای ۹۳ درجه سانتیگراد استفاده شد و پس از آن ، نمونه ها با استفاده از لرزش ایجاد شده توسط چکش بادی در چهار مرحله تخلیه شدند. در تمامی نمونه ها میزان گوی تخلیه شده در هر مرحله و ارتباط آن با اندازه کانال های رابط بین سلول ها بدست آمد. همچنین چگالی نمونه ها و کسر حجمی از فضای خالی مابین گوی ها که توسط مذاب پر شده بود نیز محاسبه گردید.

در مجموع با افزایش دمای پیشگرم و افزایش اندازه گوی های سرامیکی، نفوذ مذاب در فضای خالی مابین گوی ها بهتر و بیشتر انجام شد و ساختار ماکروسکوپی فوم نهایی کامل تر بود. در نمونه فومی با اندازه گوی ۷ میلیمتر و دمای پیشگرم ۷۵۰ درجه سانتیگراد مقدار چگالی بهKg/m^3 ۱۳۰۰ ($1,3gr/cm^3$) و کسر حجمی فضای خالی پر شده توسط مذاب به ۸۲,۸٪ رسید. همچنین این مقادیر در نمونه فومی با اندازه گوی ۵ میلیمتر و دمای پیشگرم ۷۵۰ درجه سانتیگراد برابر Kg/m^3 ۱۲۵۰ (1,25gr/cm3) و ۸۲,۴٪ بود.

کلمات کلیدی: گوی های سرامیکی ، مذاب آلومینیم ، ریخته گری نفوذی ، دمای پیشگرم، قطر کانال

با تشکر از استاد گرامی جناب دکتر مهدی دیواندری و همچنین مهندس علی تفوقی, مهندس علی فرامرزی و پرسنل محترم شرکت شیر آلات بهداشتی بهفر که در انجام این پروژه مرا یاری کرده اند.

فهرست عناوین

فصل اول- مقدمه

۱- مقدمه ۱

فصل دوم- مروری برمنابع

۲-۱- معرفی فوم های فلزی ۳
۲-۲- روشهای تولید فوم های فلزی ۵
۲-۲-۱- فرایندهای حالت مایع(روشهای ذوبی) ۶
۲-۲-۱-۱- روش تزریق گاز(فوم سازی مستقیم) ۶
۲-۲-۱-۲- استفاده از مواد حباب زا(فوم سازی مستقیم) ۸
۲-۲-۱-۳- فوم سازی با پودر فشرده(ذوب فشردان پودری) ۱۰
۲-۲-۱-۴- فوم سازی با تیگزوفوم(Thixofoam) ۱۱
۲-۲-۱-۵- فوم سازی با شمش شامل عوامل حباب ساز ۱۲
۲-۲-۲- فرایند های حالت جامد(متالورژی پودر) ۱۳
۲-۲-۲-۱- کاربرد فضاساز ۱۳
۲-۲-۲-۲- ساختار گوی های توخالی ۱۴
۲-۳- خواص و کاربرد فوم های فلزی ۱۶
۲-۳-۱- ساختار های سبک وزن ۱۶
۲-۳-۲- جذب انرژی ضربه ای ۱۷
۲-۳-۳- هدایت حرارتی ۱۸
۲-۳-۴- جذب صدا ۱۸
۲-۴- روش های ریخته گری برای تولید فوم فلزی ۲۰
۲-۴-۱- پارامتر های موثر بر روش ریخته گری فوم های فلزی ۲۱
۲-۴-۱-۱- پیش ساختار یا الگو ۲۲
۲-۴-۱-۲- نفوذ مذاب و پارامتر های موثر بر آن ۲۳
۲-۴-۲- ریخته گری دقیق ۲۹
۲-۴-۲-۱- تولید کامپوزیت های با زمینه فلزی(MMC) ۳۰
۲-۴-۲-۲- تولید فوم از آلیاژهای با قابلیت شیشه ای شدن ۳۲
۲-۴-۲-۳- ریخته گری دقیق مدل شبکه ای پلیمری ۳۳
۲-۴-۲-۴- مزایا و معایب روش ریخته گری دقیق ۳۴
۲-۴-۳- ریخته گری در فضای بین گلوله ها(ریخته گری نفوذی) ۳۴
۲-۴-۳-۱- تولید فوم فلزی سلول باز ۳۶
۲-۴-۳-۲- تولید فوم فلزی کامپوزیتی ۴۱
۲-۴-۳-۳- تولید فوم با استفاده از آلیاژهایی با قابلیت شیشه ای شدن ۴۵
۲-۴-۳-۴- مزایا و معایب ریخته گری نفوذی ۴۶

فصل سوم- روش آزمایش

۳-۱- فلوچارت روش ازمایش ۴۸
۳-۲- تولید گوی های رسی ۴۹
۳-۲-۱- تولید خمیر اولیه ۴۹
۳-۲-۲- تولید گوی ها ۵۰
۳-۳- تعیین زمان حرارت دهی مناسب برای گوی ها ۵۱
۳-۴- قالب گیری ۵۳
۳-۵- پیشگرم کردن قالب ۵۴
۳-۶- تهیه مذاب و ذوب ریزی ۵۵
۳-۷- تخلیه نمونه های تولید شده ۵۷
۳-۷-۱- حرارت دهی در آب ۵۷
۳-۷-۲- تخلیه با استفاده از لرزش ۵۸
۳-۷-۲-۱- چکش بادی ۵۸
۳-۷-۲-۲- فیکسچر نگهدارنده قطعات ۵۹
۳-۸- برش نمونه ها ۶۲
۳-۹- متالوگرافی ۶۳
۳-۱۰- مدل سازی فیزیکی با ساچمه فولادی ۶۳
۳-۱۱- اندازه گیری ضخامت مقاطع نازک و قطر کانال ها ۶۴

فصل چهارم- نتایج

۴-۱- نمونه های فومی تولید شده ۶۶
۴-۲- نتایج مدل سازی فیزیکی با استفاده از ساچمه های فولادی ۶۷
۴-۳- نتایج حاصل از برش نمونه ها ۶۹
۴-۳-۱- محاسبه دانسیته و تخلخل در نمونه های فومی ۶۹
۴-۳-۲- نتایج بررسی ساختار ماکروسکوپی سلول ها در نمونه های فومی ۷۱
۴-۳-۳- نتایج حاصل از اندازه گیری قطر کانال ها در نمونه های فومی ۷۳
۴-۴- نتایج حاصل از تخلیه نمونه ها ۷۷
۴-۵- نتایج متالوگرافی ۸۳

فصل پنجم- تحلیل نتایج

۵-۱- بررسی نتایج مربوط به سیالیت مذاب و قابلیت پرکنندگی قالب ۸۹
۵-۱-۱- اثر دمای پیشگرم کردن قالب ۸۹
۵-۱-۱-۱- اثر دمای پیشگرم قالب چگالی نمونه ها ۹۰
۵-۱-۱-۲- اثر دمای پیشگرم قالب بر میانگین قطر کانال ها و ساختار سلول ها ۹۱
۵-۱-۲- اثر اندازه گوی های فضا ساز ۹۲
۵-۱-۲-۱- اثر اندازه گوی ها بر چگالی نمونه ها ۹۳
۵-۱-۲-۲- اثر اندازه گوی ها بر میانگین قطر کانال ها و ساختار سلول ها ۹۴

۵-۲- بررسی نتایج مربوط به تخلیه نمونه ها ۹۵
۵-۳- بررسی نتایج متالوگرافی نمونه ها ۹۷
نتیجه گیری ۱۰۱
پیشنهادات ۱۰۳
فهرست منابع ۱۰۴

فهرست اشکال

شکل۲-۱- نشان دهنده سه حالت اصلی مواد شامل جامد، مایع و گاز و نیز موادی که حالت واسطه یا بینابین را دارند ۴
شکل۲-۲- میزان مصرف فوم های فلزی در صنایع گوناگون در انگلستان ۴
شکل۲-۳- روشهای گوناگون تولید فلزات با ساختار سلولی ۵
شکل۲-۴- روشهای ذوبی تولید فوم فلزی ۶
شکل۲-۵- فوم سازی مستقیم از مذاب به روش تزریق گاز ۸
شکل۲-۶- فوم سازی آلومینیوم با استفاده از عامل حباب ساز (Alporas) ۹
شکل۲-۷- فوم سازی با استفاده از فشار تک محور و اکستروژن ۱۱
شکل۲-۸- تولید فوم آلومینیومی با نام تجاری Alulight,Mepura ۱۲
شکل۲-۹- نمایش شماتیک روش کاربرد فضا ساز در تولید فوم فلزی ۱۴
شکل۲-۱۰- فرایند متالورژی پودر فرانهوفر برای تولید کرات توخالی ۱۵
شکل۲-۱۱- کاربرد مواد با ساختار سلولی برحسب درجه بازی ۱۷
شکل۲-۱۲- نمودار تنش-کرنش نمونه در فوم های فلزی ۱۸
شکل۲-۱۳- شمایی از سه نوع ساختار موجود در فوم های فلزی ۲۰
شکل۲-۱۴- پیش ساختار سرامیک-پلیمری تولید شده با استفاده از متالورژی پودر و روش کپی برداری ۲۳
شکل۲-۱۵- اثر فشار نفوذی بر دانسیته فوم آلومینیمی تولید شده از پیش ساختاری از جنس NaCl ۲۵
شکل۲-۱۶- شمایی از تراوش پیشرونده در بین ذرات متصل ۲۶
شکل۲-۱۷- هندسه فضای خالی بین دو ذره بعد از ریخته گری ۲۷
شکل۲-۱۸- تاثیر تغییر متغییر های گوناگون γ، Δp، θ و P برروی درجه بازی فوم فلزی از جنس چدن خاکستری ۲۸
شکل۲-۱۹- تولید فلزات سلولی با ریخته گری دقیق ۲۹
شکل۲-۲۰- تعدادی از قطعات فومی تولید شده با استفاده از روش ریخته گری دقیق ۳۰
شکل۲-۲۱- فوم آلومینیایی قبل و بعد از فعال سازی بوسیله Ti ۳۲
شکل۲-۲۲- تصویر ماکروسکپی از فوم Vit106 ($Zr_{57}Nb_5Cu_{15.4}Ni_{12.6}Al_{10}$) ۳۳
شکل۲-۲۳-تولید مواد فلزی با ساختار سلولی با استفاده از عامل فضا ساز ۳۵
شکل۲-۲۴- دیاگرام شماتیک از سطح مقطع سه ذره در محل تماس در صفحه شامل مرکز ذرات ۳۷
شکل۲-۲۵- تصاویر SEM از قوم آلومینیمی خالص تولید شده به روش الگوبرداری و نفوذی در ذرات NaCl ۳۸
شکل۲-۲۶- تاثیر اندازه گوی ها بر تخلخل فوم آلومینیمی. گوی های سرامیکی در حالت فشرده نشده ۳۸
شکل۲-۲۷- گوی های سرامیکی از جنس ذرات درشت α-Al_2O_3 ۳۹
شکل۲-۲۸- مسیر بین دو سلول در روش LPI و HPI ۴۰
شکل۲-۲۹- مراحل تولید فوم سینتاکتیک که در آن گوی ها در داخل قطعه باقی می مانند ۴۲
شکل۲-۳۰- فوم کامپوزیتی تولییید شده از گوی های فولادی و زمینه آلومینیومی ۴۴
شکل۲-۳۱- تصاویر تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ نوری از فوم Vit106 ۴۷
شکل۲-۳۲- چدن اسفنجی با اندازه حفرات ۳،۳۵-۲ ، ۴-۳،۳۵ و ۵mm-۴ ۴۷
شکل۳-۱- شماتیک روش آزمایش ۴۸
شکل۳-۲- گوی های رسی تولید شده به روش دستی با قطر میانگین ۵ میلیمتر ۵۰
شکل۳-۳- شماتیک قالب مورد استفاده برای ریخته گری ۵۱
شکل۳-۴- چیدمان قالب و دستگاه برای اندازه گیری دمای گوی ها(برش عمودی) ۵۲
شکل۳-۵- نمودار دما-زمان برای پیشگرم کردن قالب با گوی های ۵،۳ و ۷ میلیمتری ۵۳
شکل۳-۶- نحوه قرار گیری توری آهنی بر روی گوی ها و در بین دو نیمه قالب ۵۴

شکل۳-۷- (الف) نحوه قالب گیری (ب) نحوه چیدمان نهایی قالب و بار ریزی(برش عمودی از مرکز قالب) ۵۶
شکل۳-۸- نمودار تغییرات وزن مواد اولیه برحسب زمان حرارت دهی در آب با دمای ۹۳ درجه سانتیگراد ۵۷
شکل۳-۹- شماتیک چیدمان دستگاه تخلیه نمونه های فومی ۵۹
شکل۳-۱۰- چکش و فیکسچر مورد استفاده برای تخلیه قطعات ۶۰
شکل۳-۱۱ – فیکسچر نگهدارنده قطعات در هنگام تخلیه با چکش تخلیه ۶۱
شکل۳-۱۲- چگونگی تعیین سطوح برش در نمونه فومی ۶۲
شکل۳-۱۳- استوانه تفلونی پر شده با ساچمه های فولادی به قطر ۳mm ۶۴
شکل۳-۱۴- میله های نشانه مورد استفاده برای تعیین قطر کانال های موجود در نمونه های فومی ۶۵
شکل۴-۱- نمونه تولید شده با گوی های ۷ میلیمتری و دمای پیشگرم ۷۷۵ درجه سانتیگراد ۶۶
شکل۴-۲- نمونه تولید شده با گوی های ۳ میلیمتری و دمای پیشگرم ۶۰۰ درجه سانتیگراد ۶۷
شکل۴-۳- نمونه ریختگی با اندازه گوی ۳mm و دمای پیشگرم ۳۰۰ درجه سانتیگراد ۶۷
شکل۴-۴- نمودار دانسیته نمونه های فومی ۶۹
شکل۴-۵- نمودار میزان تخلخل در نمونه های فومی ۷۰
شکل۴-۶- نمودار کسر حجمی از فضای خالی مابین گوی ها پر شده توسط مذاب ۷۰
شکل۴-۷- (الف) سلول کامل (ب) سلول نیمه کامل (سلول ها مربوط به نمونه ۶۰۰-۷) ۷۱
شکل۴-۸- بخش ناقص در نمونه ۴۵۰-۷ ۷۲
شکل۴-۹- نمودار درصد سلول های کامل نسبت به کل سلول ها در سطوح پنجگانه نمونه های فومی ۷۲
شکل۴-۱۰- نمودار انواع سلول های تشکیل دهنده سطوح در نمونه های فومی ۷۳
شکل۴-۱۱- (الف) سطحS_3از نمونه ۶۰۰-۷ (ب) سطح S_3 از نمونه ۴۵۰-۷ (ج) سطح S_3 از نمونه ۴۵۰-۵ ۷۴
شکل۴-۱۲- میانگین قطر کانال ها در سطوح S1 تا S5 در نمونه های فومی ۷۵
شکل۴-۱۳ – نمودار درجه بازی نمونه های فومی ۷۵
شکل۴-۱۴- تصویر سطح S1 از نمونه های ۷۵۰-۷، ۷۵۰-۵ و ۷۵۰-۳ ۷۶
شکل۴-۱۵- کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۷ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (مرحله اول) ۷۷
شکل۴-۱۶-کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۷ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (مرحله دوم) ۷۸
شکل۴-۱۷-کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۷ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (مرحله سوم) ۷۸
شکل۴-۱۸- کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۷ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (سه مرحله) ۷۹
شکل۴-۱۹- کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۵ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (چهار مرحله) ۸۰
شکل۴-۲۰- کسر حجمی گوی های تخلیه شده نمونه های با قطر گوی ۳ میلیمتر نسبت به دمای پیشگرم گوی ها (چهار مرحله) ۸۰
شکل۴-۲۱- درصد حجمی گوی های تخلیه شده نسبت به کل حجم گوی ها ۸۱
شکل۴-۲۲- نمونه فومی آلومینیمی، با گوی های فضا ساز به قطر ۵ میلیمتر ، ریخته شده با دمای پیشگرم ۴۵۰ درجه سانتیگراد (نمونه ۴۵۰-۵) ۸۱
شکل۴-۲۳- نمودار درصد حجمی و تعداد مراحل تخلیه نمونه های فومی براساس میانگین قطر کانال ها ۸۲
شکل۴-۲۴- تصویری از یک سلول کامل در سطح S_2 از نمونه ۷۵۰-۷ ۸۳

شکل ۴-۲۵- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۳mm و دمای پیشگرم ۷۵۰ درجه سانتیگراد ۸۳
شکل ۴-۲۶- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۵mm و دمای پیشگرم ۷۵۰ درجه سانتیگراد ۸۴
شکل ۴-۲۷- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۷mm و دمای پیشگرم ۷۵۰ درجه سانتیگراد ۸۴
شکل ۴-۲۸- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۷mm و دمای پیشگرم ۶۰۰ درجه سانتیگراد ۸۵
شکل ۴-۲۹- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۵mm و دمای پیشگرم ۶۰۰ درجه سانتیگراد ۸۵
شکل ۴-۳۰- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۵mm و دمای پیشگرم ۴۵۰ درجه سانتیگراد ۸۶
شکل ۴-۳۱- ریز ساختار نمونه تولید شده با گوی های به قطر ۷mm و دمای پیشگرم ۳۰۰ درجه سانتیگراد ۸۶
شکل ۴-۳۲- تصاویر مربوط به دیواره سلول های تشکیل دهنده فوم (محل تماس مذاب با گوی) ۸۷
شکل۴-۳۳- تصویر میکروسکوپی از کمترین ضخامت اندازه گیری شده در نمونه های فومی ۸۸
شکل ۵-۱ – شمایی از نیروهای وارد بر جبهه مذاب در بین گوی های سرامیکی ۹۱
شکل ۵-۲- شماتیک خروج ذره A از مواد تشکیل دهنده گوی، از داخل نمونه فومی ۹۵
شکل ۵-۳- قسمتس از دیاگرام فازی آلومینیم- سیلیسیم ۹۷
شکل ۵-۴- شماتیک نحوه تماس الومینیم با جداره گوی سرامیکی ۹۹

فهرست جداول

جدول۲-۱- بعضی از خواص اصلی سه خانواده از فوم ها ۱۳

جدول۲-۲ – ترکیب شیمیایی خاکستر ذغال سنگ برحسب درصد وزنی مورد استفاده برای تولید فوم آلومینیمی ۴۵

جدول۳-۱- درصد وزنی اولیه و نهایی مواد مورد استفاده در تولید گوی ها ۴۹

جدول۳-۲- درصد وزنی اجزاء تشکیل دهنده گوی ها پس از خشک شدن ۵۱

جدول۳-۳- زمان حرارت دهی گوی ها در کوره القایی با دمای ۷۵۰ درجه سانتیگراد ۵۴

جدول۳-۴- ترکیب آلیاژ آلومینیم ۴۱۳ مورد استفاده برای تهیه فوم ۵۵

جدول۴-۱- نتایج حاصل از شبیه سازی با استفاده از ساچمه های فولادی ۶۷

جدول۴-۲- متوسط تعداد سلولها در سطوح برش خورده در نمونه های فومی ۷۶

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

با توجه به پیشرفت و گسترش روز افزون جوامع بشری ، نیاز به مواد با خواص و کاربرد های جدید همواره احساس می شود. مواد فومی خانواده ای جدید از مواد هستند که هر روز توسعه و اهمیت بیشتری پیدا می کنند. از ویژگیهای این مواد می توان به چگالی کم، داشتن سطح به حجم بالا و شباهت به مواد طبیعی مانند استخوان ، بافت مواد طبیعی، چوب درختان و بسیاری مواد طبیعی دیگر نام برد. این مواد در سه گروه عمده شامل فوم های پلیمری، سرامیکی و فلزی تولید می شوند.

در خانواده مواد فومی، فوم های فلزی در مقایسه با فوم های سرامیکی و پلیمری بسیار جدیدترند و می توان اظهار داشت که بسیاری افراد که در محدوده علم و مهندسی مواد فعالیت می کنند با این مواد به تازگی آشنا شده و با روش های تولید ، خواص و کاربرد این مواد کمتر آشنا هستند. به همین دلیل تحقیق در زمینه روشهای تولید، خواص و کاربرد این مواد به سرعت در حال گسترش می باشد .

برای تولید فوم های فلزی تا به امروز روشهای گوناگونی معرفی شده و مورد استفاده قرار گرفته اند. برخی از این روشها جنبه تجاری پیدا کرده و برخی در حد آزمایشگاهی باقیمانده اند. در میان روشهای تولید فوم های فلزی، روش های ذوبی اهمیت بیشتری پیدا کرده اند. یکی از عمده ترین مشکلات در تهیه و تولید فوم های فلزی عدم توانایی در کنترل دقیق ساختار است. همچنین قیمت تمام شده نهایی در بسیاری از روش ها با توجه به پیچیدگی فرایند تولید بالا بوده و به عنوان مانعی برسر راه توسعه این دسته از مواد مطرح می شود. با توجه به مشکلات فوق ، تلاش محققین، امروزه بیشتر معطوف معرفی روشهایی برای تولید است که هرچه بیشتر این مسائل و مشکلات را کاهش دهند. یکی از این روشها که امروزه بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته روش ریخته گری است. دلیل این امر را می توان در کم بودن هزینه تولید و همچنین کنترل بهتر فرایند تولید در این روش جستجو کرد. همچنین پیچیدگی مراحل تولید در روش ریخته گری نسبت به روشهای دیگر کمتر است.

در روش ریخته گری برای ایجاد فضای خالی در فوم نهایی از موادی به عنوان فضا ساز استفاده می شود. این مواد می توانند جنس و اشکال متفاوتی داشته باشند ولی نکته مشترک در مورد همه آنها ، استحکام در هنگام برخورد با مذاب است تا شکل اولیه خود را حفظ کنند. بریا این منظور می توان از گوی های سرامیکی، ذرات نمک NaCl، ذرات پلیمری در شرایط خاص ریخته گری و ... استفاده کرد.

از انجا که روش ریخته گری بیشتر برای تولید فوم های فلزی سلول باز مناسب بوده و مورد استفاده قرار می گیرد لذا در نهایت باید مواد فضا ساز را از داخل قطعه نهایی تخلیه کرد. هرچه فرایند تخلیه راحت تر و سریع تر باشد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر است. برای تخلیه از روش های گوناگونی مانند تخلیه با استفده از روش اولتراسونیک و یا با کمک فشار آب استفاده می شود.

با توجه به امکانات موجود در کشور و پتانسیل فراوان روش ریخته گری برای تولید فوم های فلزی و همچنین امکانات و مواد اولیه کم مورد نیاز در این روش نسبت به سایر روشها، برای انجام این تحقیق از روش ریخته گری استفاده شد. با در نظر گرفتن تمام مزایایی که روش ریخته گری برای تولید گروه خاصی از فوم های فلزی داراست اما این روش نیز مسائل و مشکلاتی را به دنبال دارد که یکی از اهداف این تحقیق مطرح کردن این مشکلات و معرفی یک راه عملی برای حل آن است.

یکی از مشکلات عمده در تولید فوم های سلول باز به روش ریخته گری چگونگی تخلیه این نمونه ها از مواد فضا ساز درون آنهاست. در این تحقیق برای تولید فوم فلزی از گوی های سرامیکی و ریخته گری نفوذی مذاب آلومینیم استفاده شد. سپس به بررسی اثر اندازه این گوی ها و دمای پیشگرم آنها در ساختار ماکروسکوپی فوم نهایی و چگونگی تخلیه نمونه ها از گوی های سرامیکی پرداخته شد.

این تحقیق شامل پنج فصل است که فصل دوم آن به مروری برمنابع اختصاص دارد. در این بخش روش های گوناگون تولید فوم های فلزی به اختصار تشریح شده و انواع گوناگون فوم های فلزی معرفی و کاربرد عمده آنها در صنعت ذکر گردیده است. در فصل سوم روش تحقیق ، مواد و ابزار مورد استفاده دقیقاً معرفی گردیده اند. در فصل چهارم و پنجم نتایج بدست آمده از فرایند ریخته گری و تخلیه نهایی نمونه ها بطور کامل ذکر و در مورد آنها بحث شده است.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱- معرفی فوم های فلزی

فوم های فلزی دسته جدیدی از مواد هستند که در گروه مواد پیشرفته(Advanced Materials) طبقه بندی می شوند. فوم های فلزی برای نخستین بار توسط بنجامین ساسنیک[1] در سال ۱۹۴۳ در آمریکا تولید گردیدند. آنچه موجب شده در سال های اخیر این دسته از مواد بسیار مورد توجه قرار بگیرند ویژگیهای منحصر بفرد آنهاست. در واقع فوم های فلزی می توانند دارای چند ویژگی بطور همزمان باشند که ترکیب چنین ویژگیهایی در مواد دیگر امکان پذیر نیست. از جمله این ویژگیها می توان به چقرمگی بالا همراه با وزن مخصوص کم ، قابلیت نفوذ بالا همراه با رسانایی حرارتی خوب و... اشاره کرد. وجود چنین خواصی در این دسته از مواد آنها را برای کاربرد در فیلترها، مبدل های حرارتی، عایق های صوتی و حرارتی، ضربه گیر ها، ساختار های سبک وزن و... مناسب کرده است[۱].

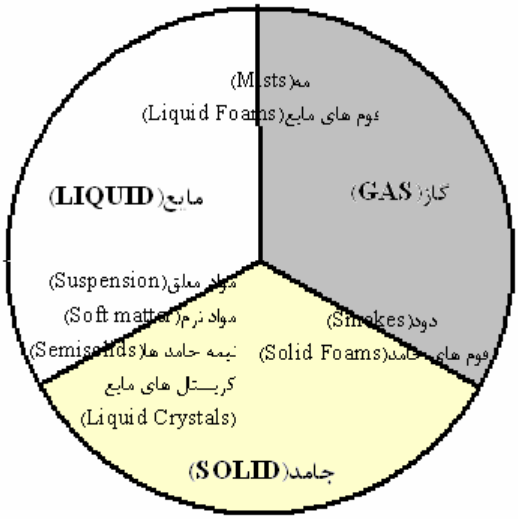
در مقام مقایسه با سایر فوم ها مانند فوم های پلیمری، فوم های فلزی دارای سفتی[2] و استحکام بالاتری بوده و در دمای بالاتری می توانند مورد استفاده قرار گیرند. همچنین خواص این دسته از مواد برخلاف فوم های پلیمری، شامل مرور زمان و رطوبت های مختلف نمی شود[۲]. فوم های فلزی در گذشته عمدتاً از آلیاژهای آلومینیم تولید می شدند اما امروزه به تدریج با گسترش و پیشرفت تکنولوژی و کاربرد این دسته از مواد ، فوم هایی از فلزات و آلیاژ های دیگری مانند چدن، فولاد، مس،نیکل، سرب،روی، منیزیم، تیتانیم، نایوبیم، هافنیم، زیرکونیم و... نیز تولید می شوند[۴,۳].

از دیدگاه فیزیکو- شیمیایی و تحول بین فازهای مایع،جامد و گاز همانگونه که در شکل(۲-۱) نشان داده شده است، فوم های جامد بین حالات گاز و جامد طبقه بندی می شوند.

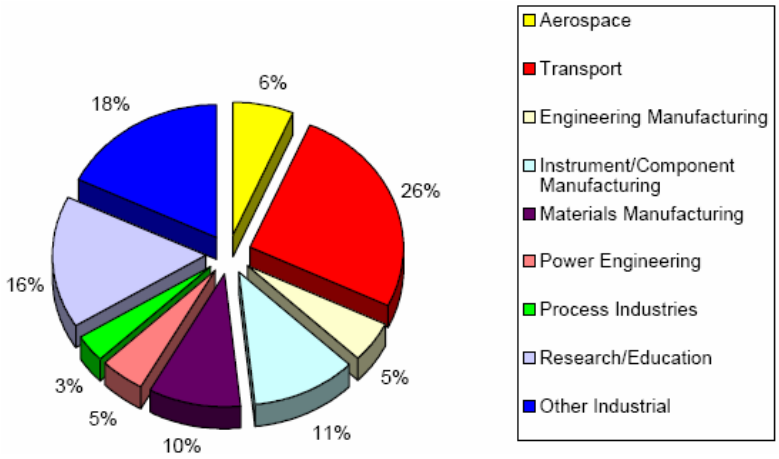
از لحاظ ساختاری فوم های فلزی به سه گروه سلول باز[3] که دارای سلول هایی مرتبط با هم هستند و سلول بسته[4] که سلول ها به یکدیگر راه ندارند و سلول نیمه باز تقسیم بندی می شوند. نحوه مصرف و نوع کاربرد فوم فلزی تعیین کننده ساختار مورد نیاز آن خواهد بود. در شکل (۲-۲) نموداری از میزان مصرف این مواد در صنایع گوناگون در انگلستان نشان داده شده است. هم اکنون فوم های فلزی بصورت تجاری در چندین شرکت بزرگ در دنیا در مقیاس بالا در حال تولید است که از جمله این کمپانی ها می توان به شینکو وایر[5] در ژاپن (نام محصول آلپوراس[6])، نورسک هایدرو[7] در نروژ،

[1] - Benjamin Sosnick
[2] - Stiffness
[3] - Open-cell
[4] - Closed-cell
[5] - Shinko Wire
[6] - Alporas
[7] - Norsk Hydro

آلکان[1] در کانادا، صنایع هوا-فضای اینکو[2] و شرکت آلولایت[3] در اتریش را نام برد. مشکل عمده ای که همچنان به عنوان مانعی بر سر راه توسعه فوم های فلزی وجود دارد قیمت بالای این دسته از مواد است و هم اکنون تلاشهای بسیاری برای رفع این مشکل از طریق ابداع روش های جدید در جریان است.



شکل۲-۱- نشان دهنده سه حالت اصلی مواد شامل جامد، مایع و گاز و نیز موادی که حالت واسطه یا بینابین را دارند و مخلوطی از حالات اصلی هستند[۱]



شکل۲-۲- میزان مصرف فوم های فلزی در صنایع گوناگون در انگلستان[۴]

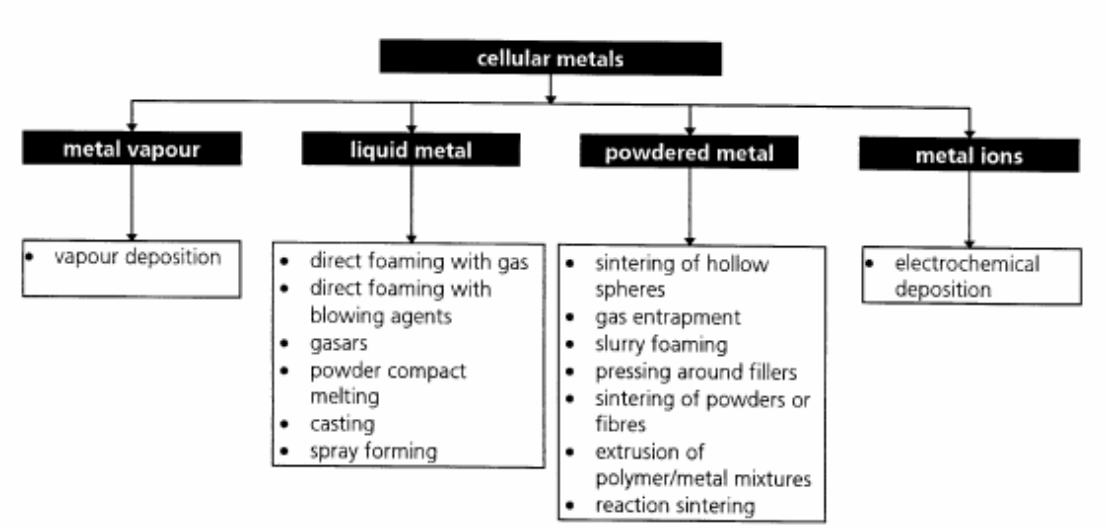
[1] - Alcan
[2] - Inco
[3] - Alulight

۲-۲- روشهای تولید فوم های فلزی

برای تولید فوم های فلزی از روشهای گوناگونی استفاده می شود. نکته مهم در مورد این روشها آن است که برخی از آنها تنها در حد کار آزمایشگاهی باقی مانده و برخی دیگر کاملا جنبه تجاری پیدا کرده اند. در مجموع این روشها را می توان به چهار گروه عمده تقسیم بندی کرد[۲و۳]:

۱. تولید فلزات فومی در حالت مایع(روشهای ذوبی)
۲. تولید فلزات فومی در حالت جامد
۳. روش رسوب دهی الکتریکی
۴. رسوب دهی در حالت بخار

هر کدام از این روشها خود شامل زیر مجموعه هایی است که همگی در شکل(۲-۳) آورده شده است.



شکل۲-۳- روشهای گوناگون تولید فلزات با ساختار سلولی[۲]

روشهای ذوبی و متالورژی پودر از روشهای عمده و تجاری برای تولید فوم های فلزی در مقادیر بالا هستند. روشهایی که در آن از بخار فلزات استفاده می شود بیشتر برای تولید فومهایی از جنس مواد سمی و دیرگداز مورد استفاده قرار می گیرند[۴]. در این بخش به اختصار در مورد تعدادی از روشهای تولید فوم فلزی بصورت تجاری بحث خواهد شد و روشهای گوناگون ریختگی نیز دربخش ۲-۴به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. تولید تجاری فوم فلزی بیشتر در مورد آلومینیم و آلیاژهای آن مورد استفاده قرار می گیرد.