به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

بسم الله الرحمن الرحیم

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

ADVANCED MATERIALS

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Syllabus

- Session 1 - Introduction
- Session 2 - Foams
- Session 3 - Smart Materials
- Session 4 - Biomaterials
- Session 5 - Ceramics
- Session 6 - Carbon
- Session 7 - Composites
- Session 8 - Wood/Plastic Composite (WPC)
- Session 9 - Functionally Graded materials (FGM)
- Session 10 - Nanotechnology
- Session 11 - Magnetic Materials
- Session 12 - Electronic Materials

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

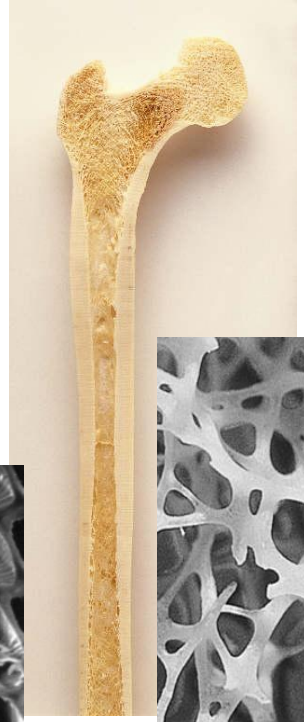
ADVANCED MATERIALS

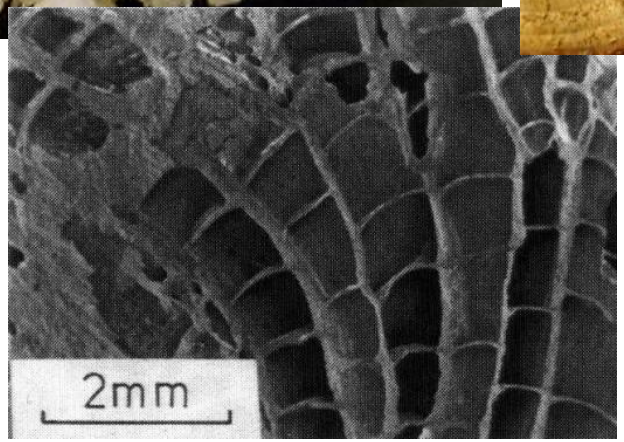
Session 2 - Foams

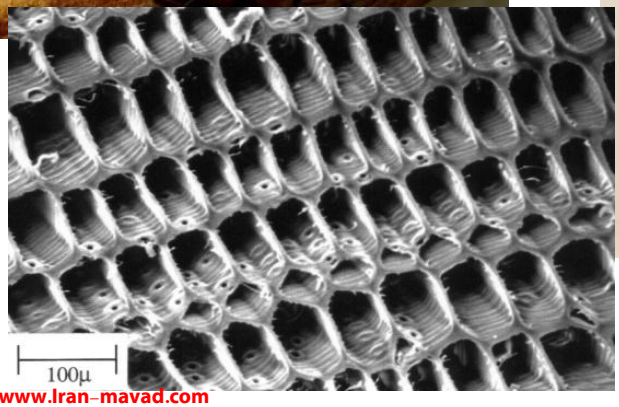
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

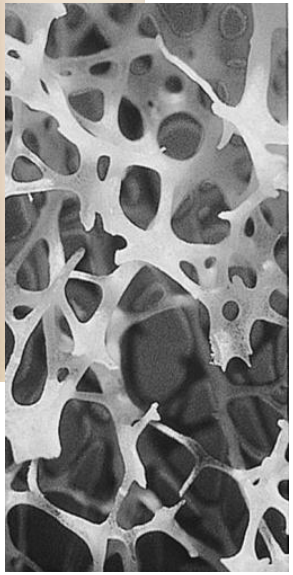
“When nature builds large load-bearing structures, she generally uses cellular materials: wood, bone,… . There must be good reasons for it.”

M. F. Ashby



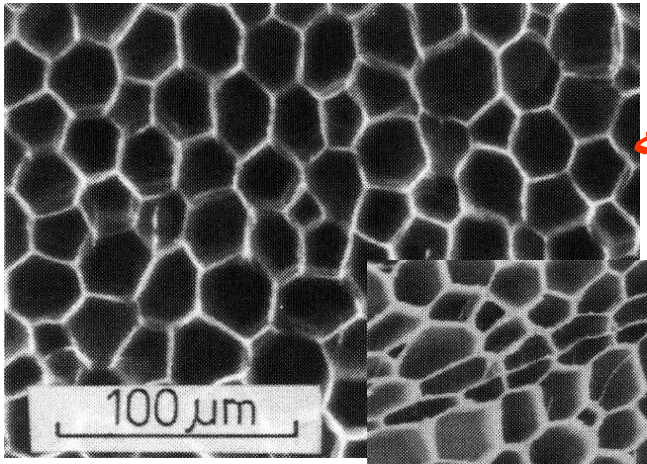




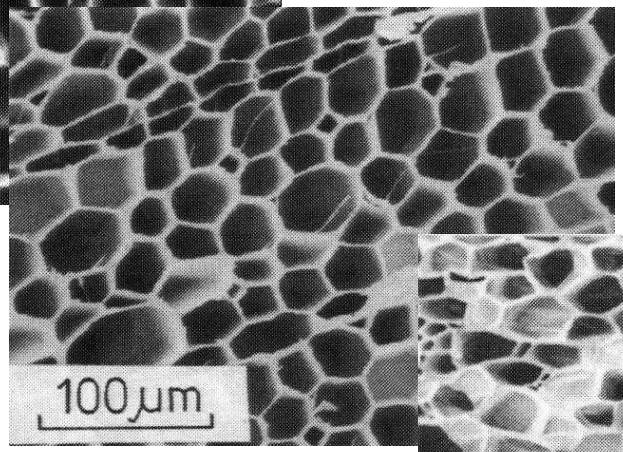


www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

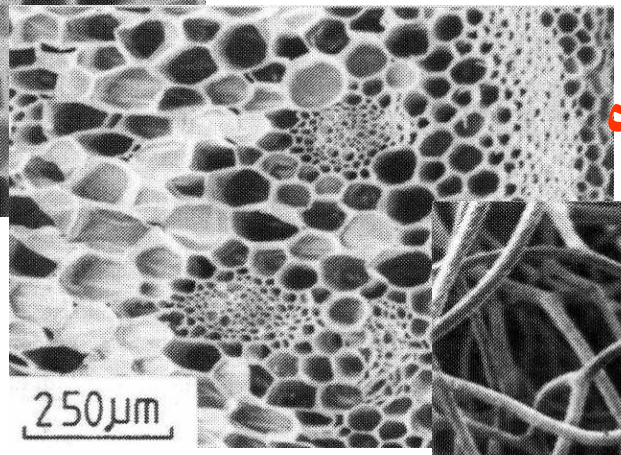
معرفی



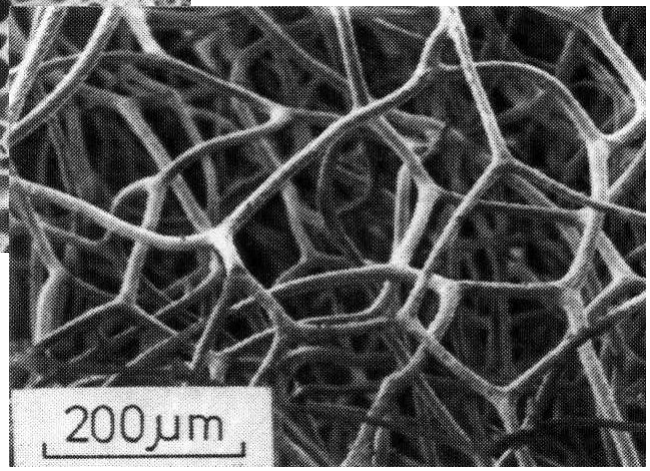
چوب پنبه



چوب بالسا



ساقه گیاه

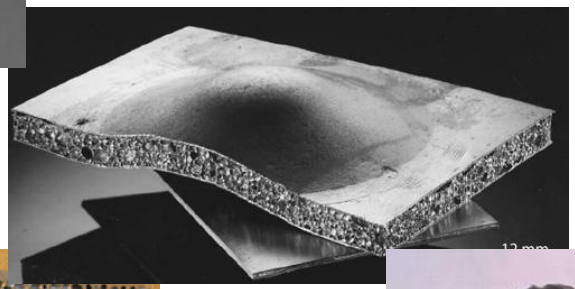


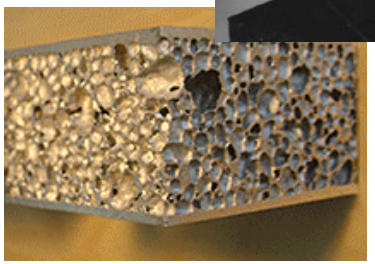
اسفنج

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مطالب

- ✓ مقدمه
- ✓ تاریخچه
- ✓ معرفی فوم های فلزی
- ✓ روش های تولید
- ✓ خواص
- ✓ کاربردها





www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

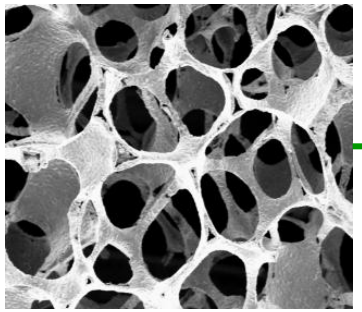
مقدمه

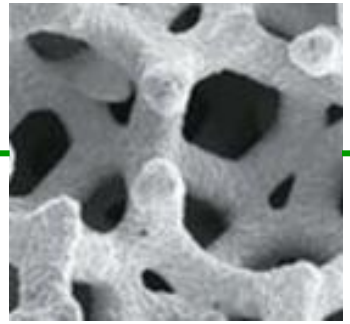
مواد فومی

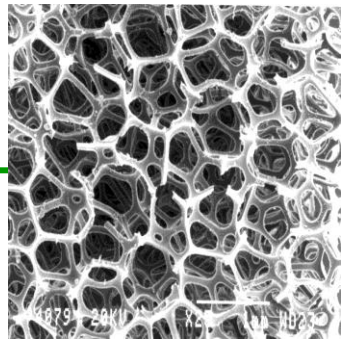
دانسیته کم

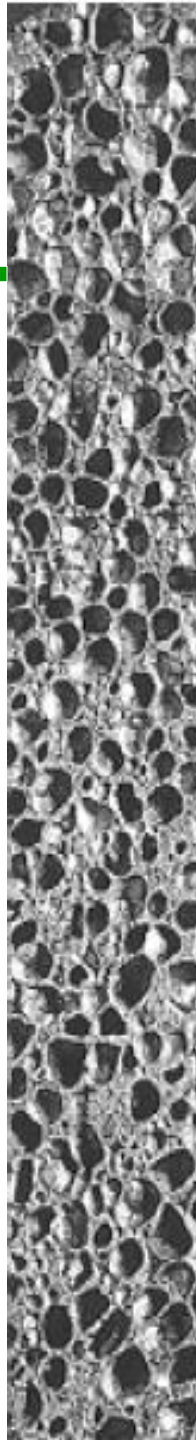
خواص فیزیکی و مکانیکی جدید و متفاوت

پتانسیل بالا برای توسعه در سال های آینده



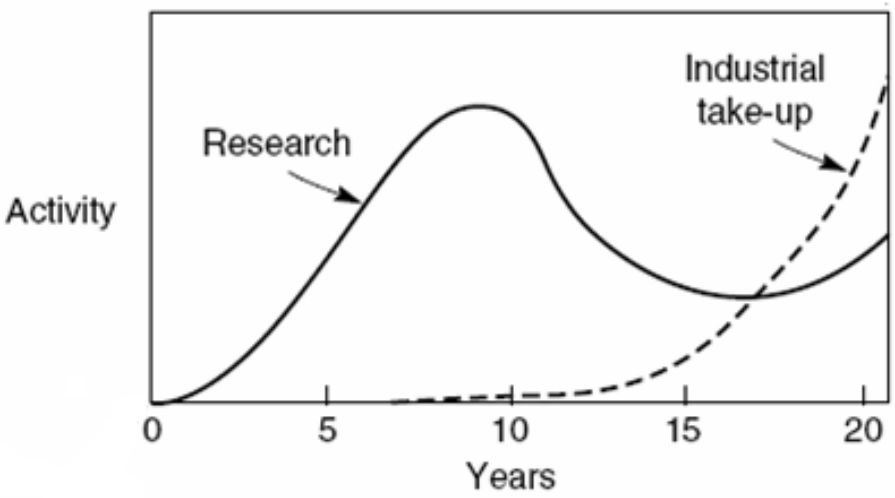






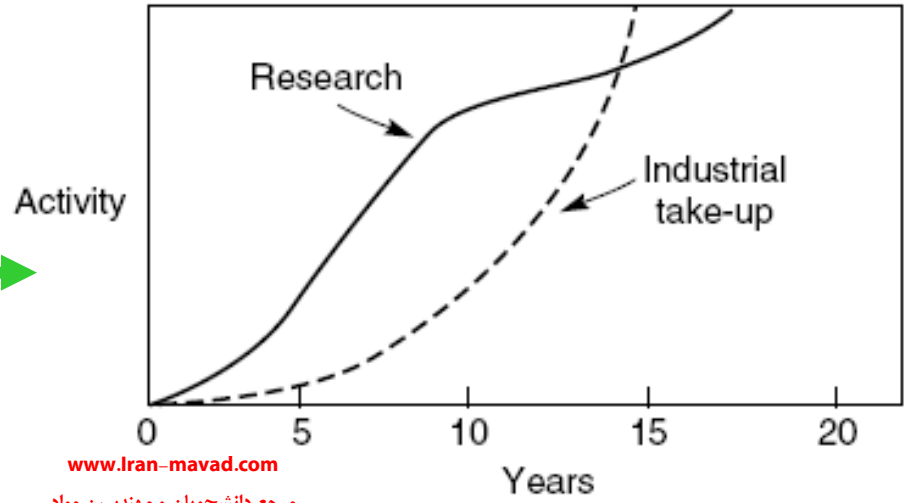
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مقدمه



مواد جدید

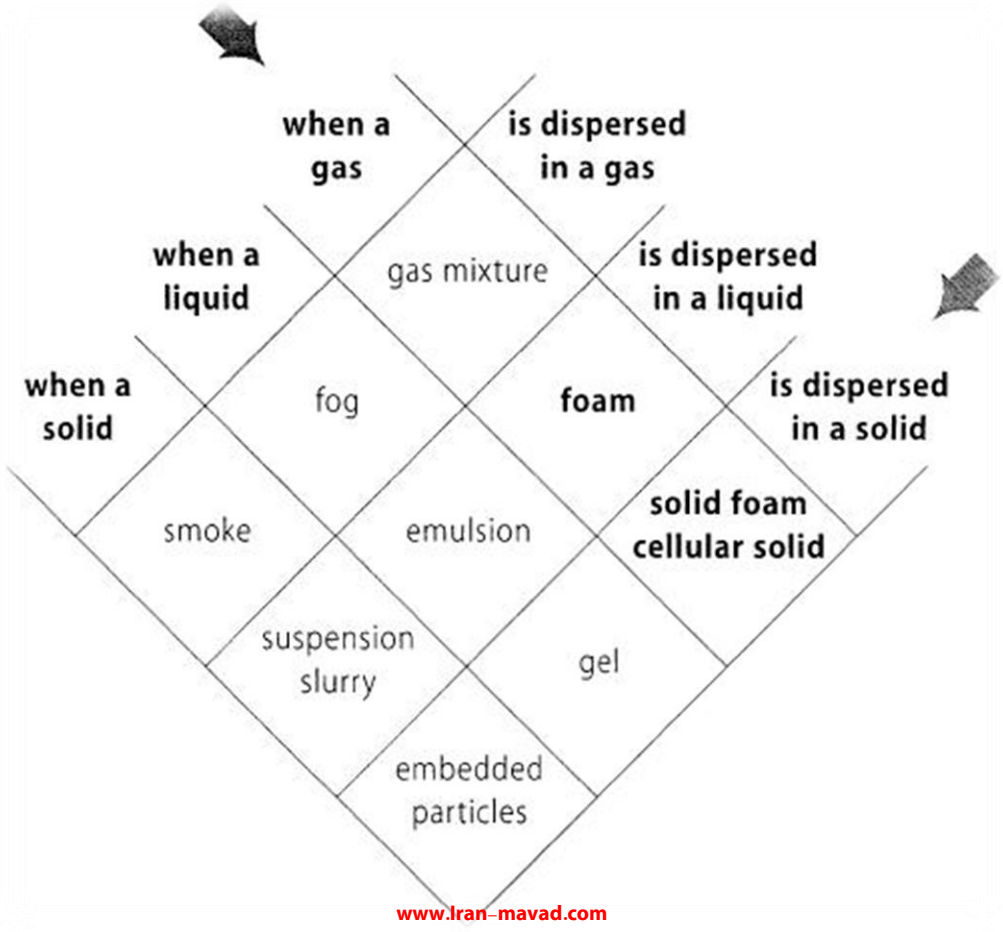
فوم های فلزی



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

معرفی

واژه فوم به معنای اصلی آن برای انتشار حباب های گاز در داخل مایع به کار می رود. ساختار چنین فوم هایی می تواند توسط منجمد کردن مایع حفظ شود که در این صورت به آن فوم جامد گفته می شود.

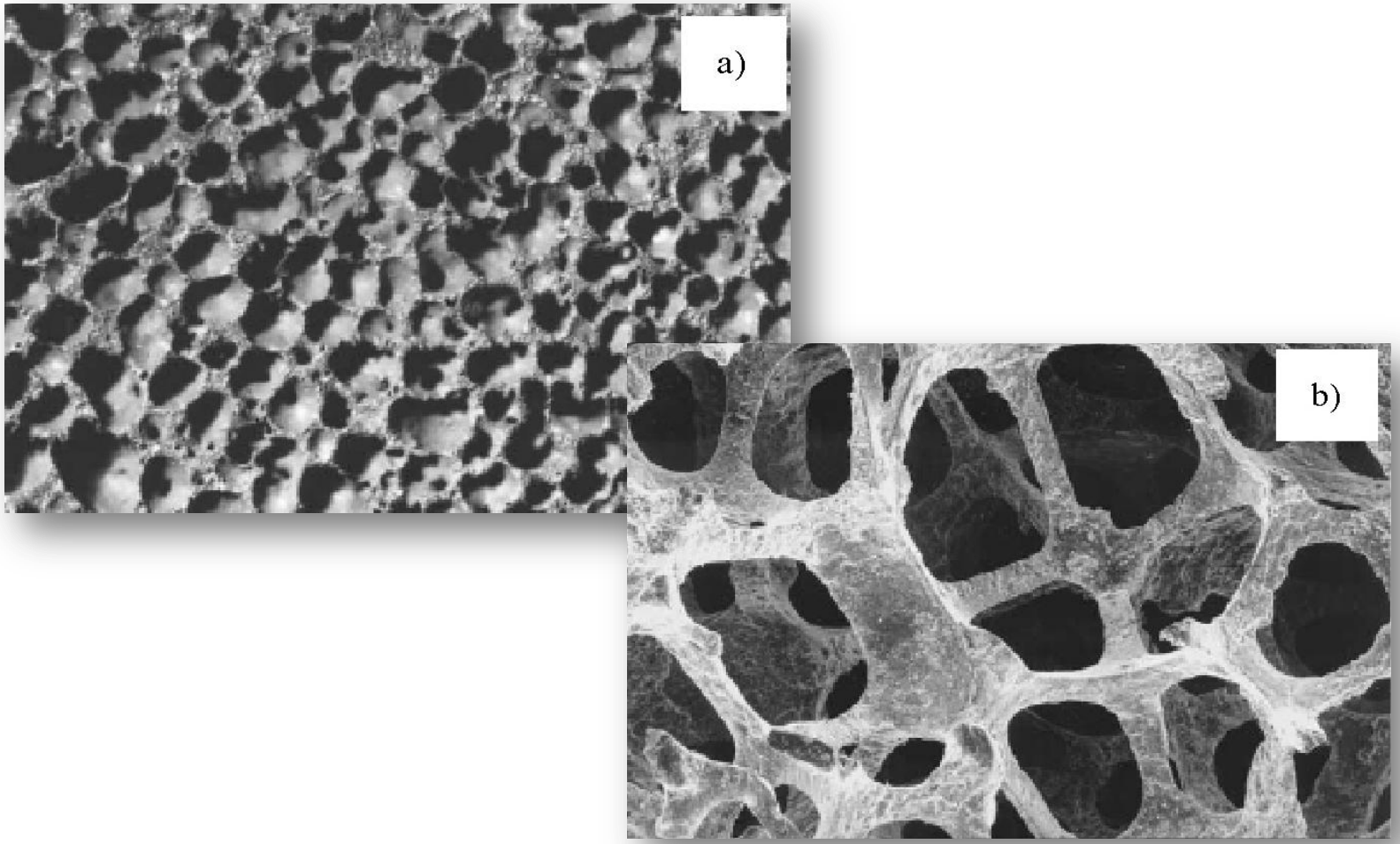


www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

تاریخچه

- اگرچه تحقیقات اولیه مربوط به تولید مواد متخلخل و یا فوم ها از سال ۱۹۴۳ میلادی توسط بنیامین سوسنیک آغاز شد و به دنبال آن طی سال های ۱۹۵۰، ۱۹۵۹ و ۱۹۶۳ روش های گوناگونی جهت تولید فوم ها ابداع و ثبت شد اما می توان گفت تولید تجاری فوم های فلزی از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی آغاز شده است. از جمله این مواد متخلخل می توان به فوم های **آلپوراس**، محصول شرکت شینکووایر ژاپن، **آلکان** محصول شرکت سایمت کانادا، **اینکوفوم** محصول شرکت اینکو در انگلیس، **آلولایت** محصول شرکت اتریشی مپورا، **دوسل** محصول شرکت ارگ امریکا اشاره کرد.

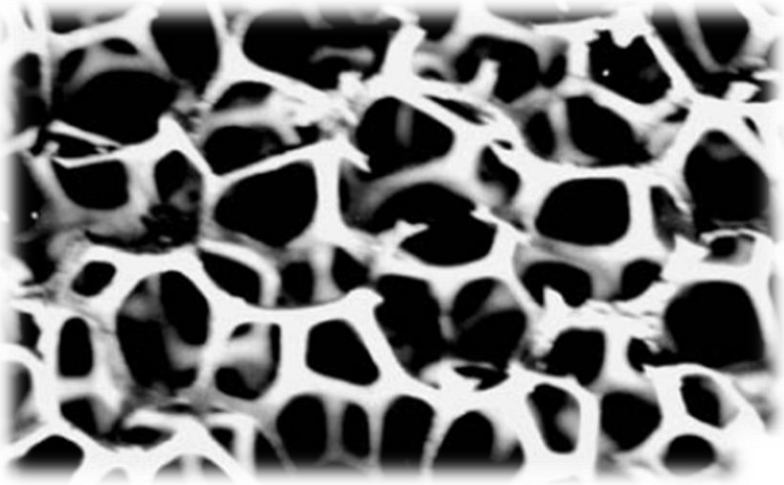
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



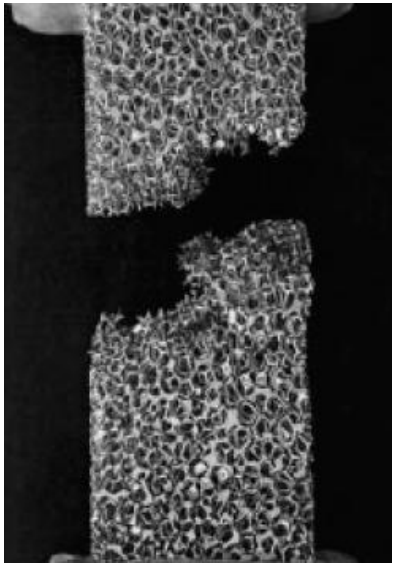
Representative structures of:
a) closed cell, b) open cell

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

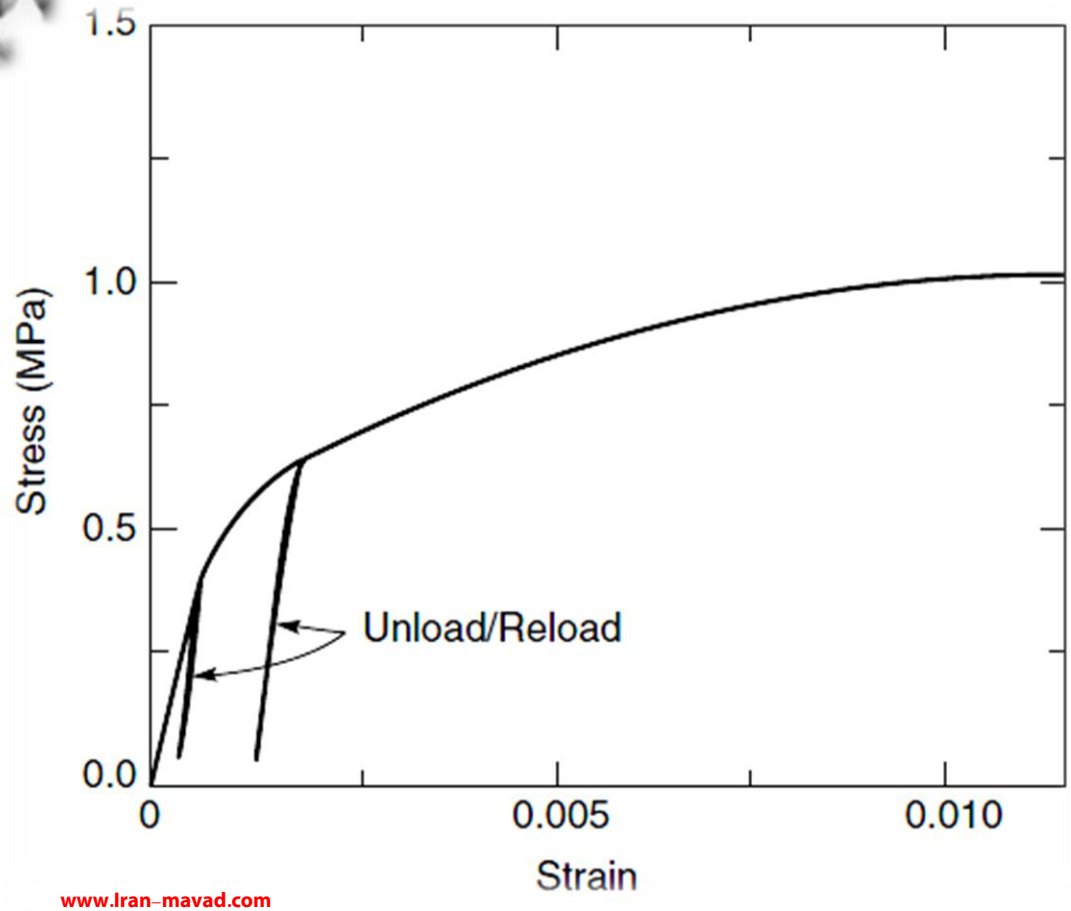
رفتار تنش _کرنش فوم فلزی



A typical cellular structure



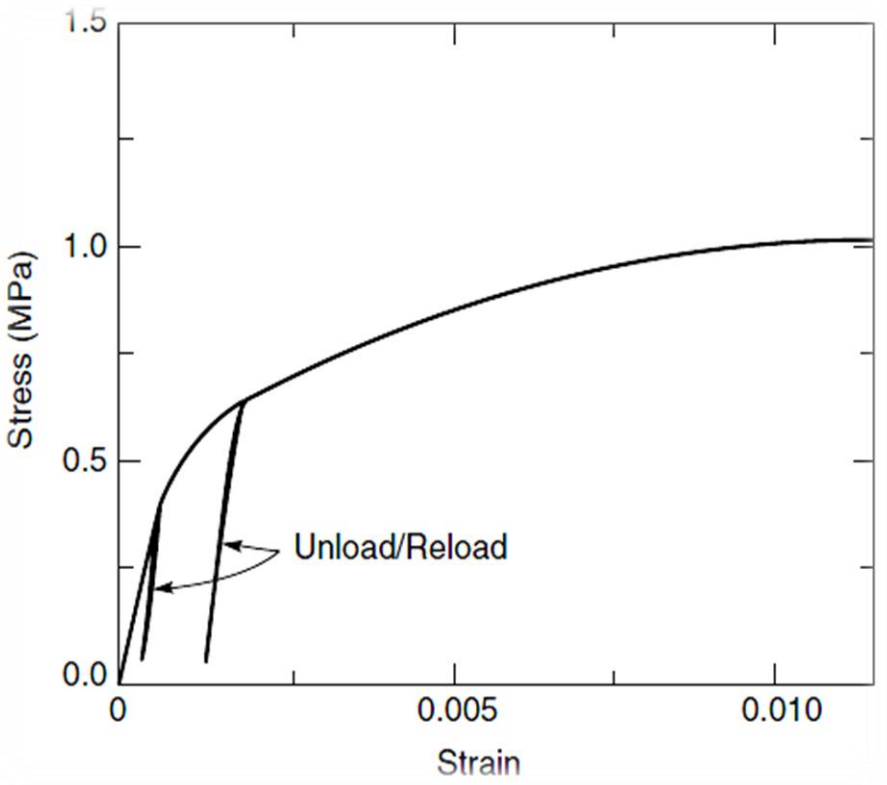
Failure of open cell foam in tension



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

رفتار تنش ـ کرنش فوم فلزی

- تهیه نمونه تست کشش طبق استاندارد ASTM E8-96a انجام می شود.
- قطر سنجه باید حداقل ۷ برابر قطر حفرات باشد تا اثرات اندازه حفرات ناچیز گردد.
- مدول یانگ با استفاده از باربرداری از نمونه اندازه گیری می شود.



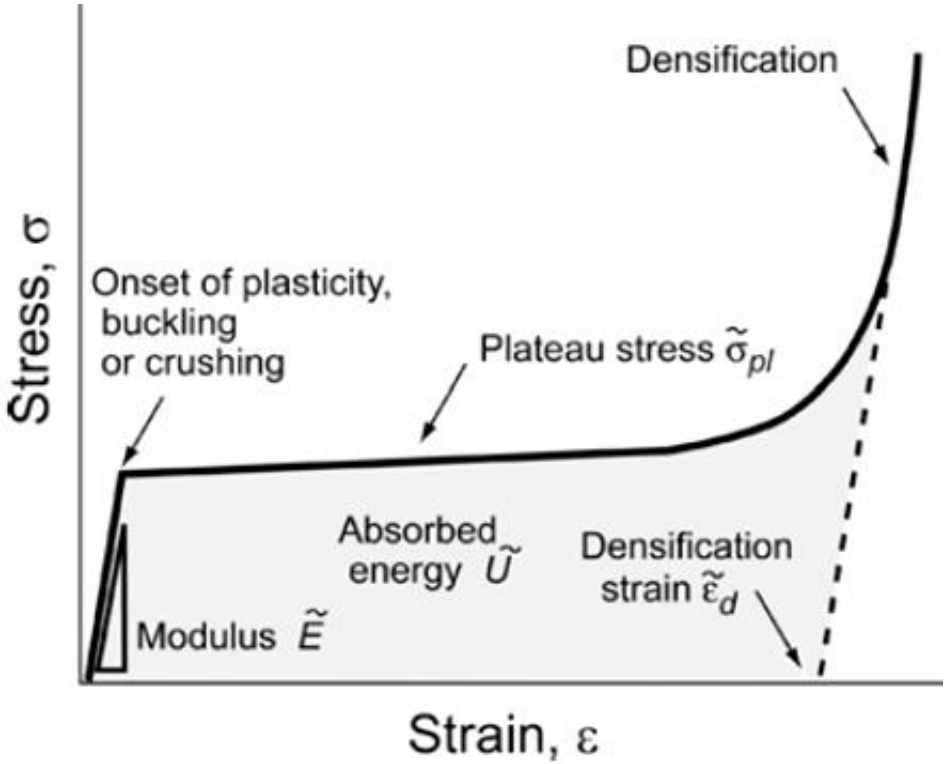
Stress–strain curve from a uniaxial tension test on a aluminum foam

در حالت کشش تک محوری:

- در حد تسلیم بسته به جنس فوم و میزان خلوص آن تسلیم شدن یالهای حفرات و یا شکست آنها اتفاق می افتد. پس از تسلیم یالها بصورت پلاستیکی، کار سختی موجب افزایش میزان تنش تا رسیدن به نقطه شکست می گردد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

رفتار تنش ـ کرنش فوم فلزی

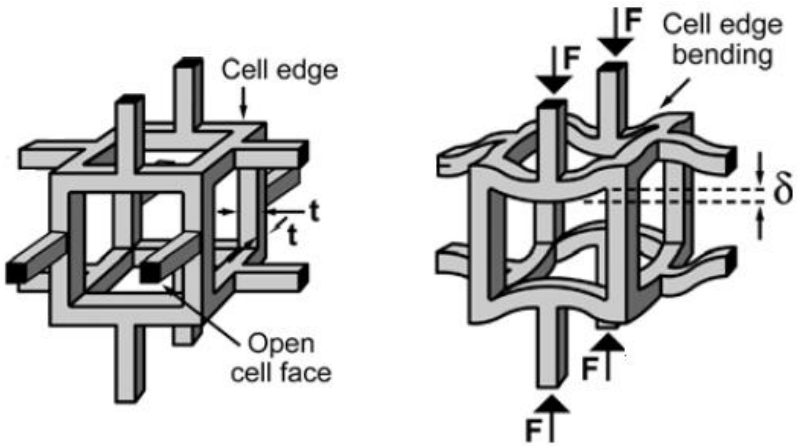


در حالت اعمال فشار:

در حد تسلیم یکی از سه وضعیت زیر رخ می دهد:

- تسلیم شدن یالها
- کمانش و بشکه ای شدن یالها
- شکست ترد یالها

سپس در مقدار ثابتی از تنش (تنش پایا) تخریب یالها ادامه می یابد تا سرتاسر نمونه را فرا گیرد. این فرایند موجب جذب مقدار زیادی از تنش اعمالی می گردد.



در نهایت پس از تخریب سلولها یا حفرات، چگالش فوم آغاز و میزان تنش لازم افزایش می یابد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

روش های تولید فوم های فلزی، درصد تخلخل، فلزات مورد استفاده و نوع تخلخل

نوع فرایند	روش تولید	درصد تخلخل	فلزات مصرفی	نوع تخلخل
فرایندهای حالت مایع	تزریق گاز به درون مذاب	۸۰-۹۷/۵	Al,Zn	بسته
	افزودن عامل فوم ساز به مذاب	۹۱-۹۳	Al,Zn	بسته
	انجماد یوتکتیک فلز-گاز	۵- ۷۵	Ni,Cu,Al,Mg	بسته
	ذوب پودر متراکم شده	۶۰-۹۰	Al,Zn,Pb	بسته
	ریخته گری دقیق با استفاده از فوم های پلیمری	۸۰-۹۷	Al,Zn	باز
	ریخته گری دقیق مدل شبکه ای پلیمری		Al	باز
	ریخته گری نفوذی (اطراف فیلتر)	≤۶۵	Al,Zn,Pb,Cu	باز
	شکل دهی پاششی	≤۶۰	Steel,Cu	بسته
فرایندهای حالت جامد	تف جوشی پودر با فیبرهای فلزی	۲۰-۸۰	Bronze,Steel	باز
	روش به دام انداختن گاز	≤۴۵	Ti	بسته
	فوم سازی دوغابی	≤۹۳	Al	بسته- باز
	فشردن پودر اطراف فیلر	≤۷۰	Ti	باز
	ساختارهای کروی توخالی	≤۸۰	Steel	باز
	پودر فلز/چسب		Fe, Cu	باز
	تف جوشی واکنشی	≤۵۰	Ti-Al, Fe-Al	
فرایندهای رسوب دهی	رسوب دهی الکتریکی	۹۲-۹۵	Ni, Cu	باز
	رسوب دهی فاز بخار	۹۳-۹۷/۵	Ni, Ni-Cr, Cu	باز

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

روش های تولید فوم های فلزی

بسته به روش تولید

- رنج معینی از دانسیته نسبی و اندازه حفرات ← انواع فوم فلزی
  - فوم های با حفرات باز
  - فوم های با حفرات بسته
- قیمت هر کیلوگرم فوم فلزی ← از ۷ دلار تا ۱۲۰۰۰ دلار

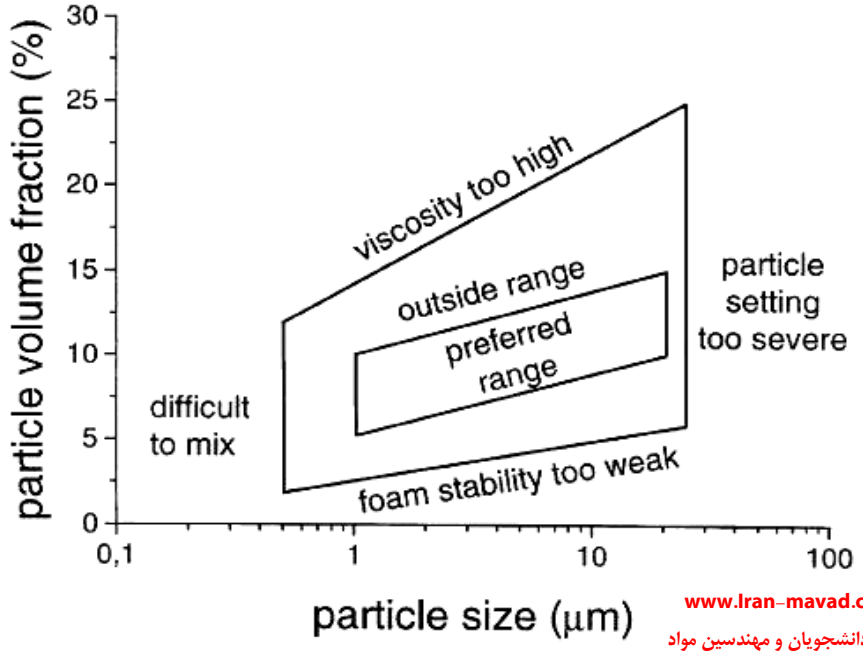
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- تولید فوم فلزی در حالت مذاب

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- تهیه مذاب فلز با ویسکوزیته مناسب

شرکت های آلومینیم هایدرو در نروژ و آلومینیم سایمت در کانادا برای تولید فوم های آلومینیم و آلیاژهای آن از این روش بهره برده اند. در این روش جهت بالا بردن ویسکوزیته مذاب از ذرات کاربید سیلیسیم، اکسید آلومینیم یا اکسید منیزیم (۱۰ تا ۳۰ درصد) استفاده می شود. بنابراین اولین مرحله تهیه این نوع فوم ها، تهیه مذاب آلومینیم حاوی یکی از این مواد می باشد. افزایش ویسکوزیته برای پایدارسازی حباب ها ضروری است.

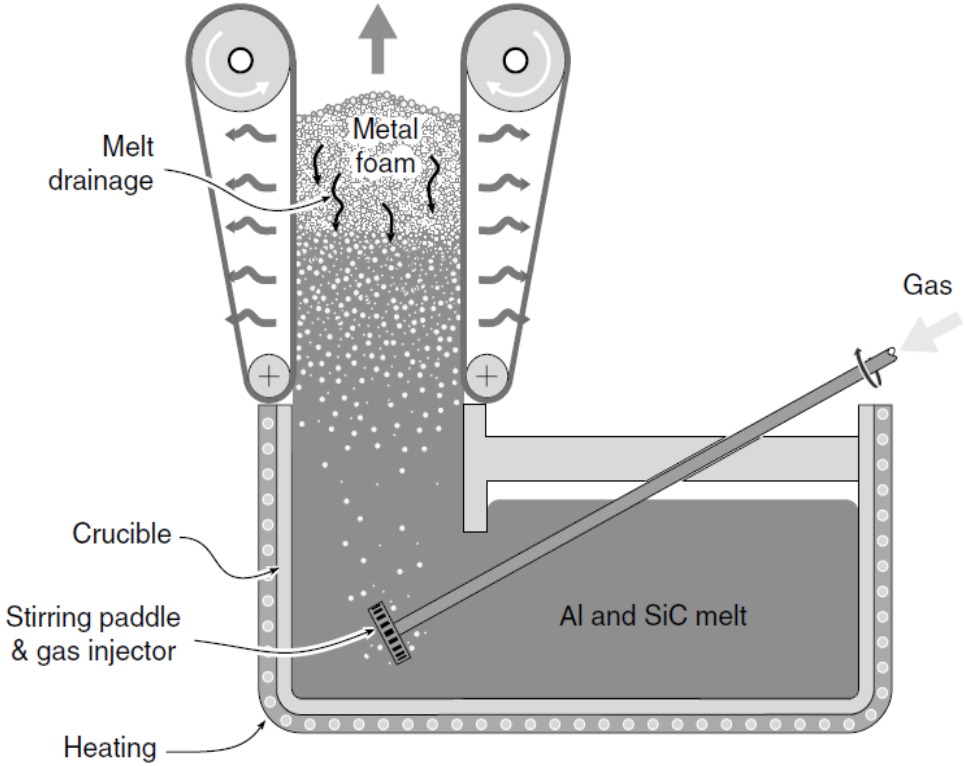


www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۱ فوم سازی به روش تزریق گاز

Foaming By Gas Injection

۲ – تزریق گاز درون مذاب



در مرحله دوم، تزریق گاز توسط پره های چرخان و یا نازل های لرزان به مذاب صورت می گیرد. گاز مورد استفاده می تواند هوا، نیتروژن، آرگون، اکسیژن وگازهای بی اثر باشد. مخلوط ویسکوز حباب ها و فلز مایع به سطح مایع بالا می آیند و بر روی آن شناور شده و در آنجا فوم مایع خمیری می شود. به دلیل وجود ذرات سرامیکی در داخل فوم، محصول پایدار است و می توان توسط یک تسمه نقاله آن را از سطح مایع بیرون کشید.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۱ فوم سازی به روش تزریق گاز Foaming By Gas Injection

ویژگی محصول

- چگالی فوم آلومینیمی تهیه شده با این روش : ۰/۵۴ g/cm^3 -۰/۰۶۹
- اندازه متوسط تخلخل ها: ۲۵-۳ میلیمتر

معایب روش

- لزوم استفاده از مواد افزاینده ویسکوزیته و کامپوزیتی بودن فوم محصول
- ماشینکاری مشکل این نوع فوم به دلیل محتوای زیاد پودرها و ذرات سرامیکی
- مشکل بودن توزیع یکنواخت گاز و ذرات سرامیکی پایدار کننده

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۲ تولید فوم توسط عامل حباب زا Foaming With Blowing Agents

روش دوم جهت فوم سازی از مذاب، افزودن عامل حباب زا به جای دمش گاز به داخل مذاب است. عامل حباب زا در اثر حرارت تجزیه شده و با تولید گاز باعث تشکیل فوم می شود.

۱- تهیه مذاب فلز با ویسکوزیته مناسب

در این روش در فشار ثابت و دمای ۶۸۰ درجه سانتیگراد فلز کلسیم به مذاب آلومینیم اضافه می شود. در نتیجه تشکیل اکسید کلسیم (CaO)، اکسید آلومینیم/کلسیم ($CaAl_2O_4$) یا حتی ترکیب بین فلزی Al_4Ca، ویسکوزیته مذاب افزایش می یابد. در طول این چند دقیقه، مذاب همزده می شود. معمولاً در عمل برای تولید فوم، ۵/۱ تا ۳ درصد کلسیم اضافه می کنند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲ – افزودن ماده حباب زا

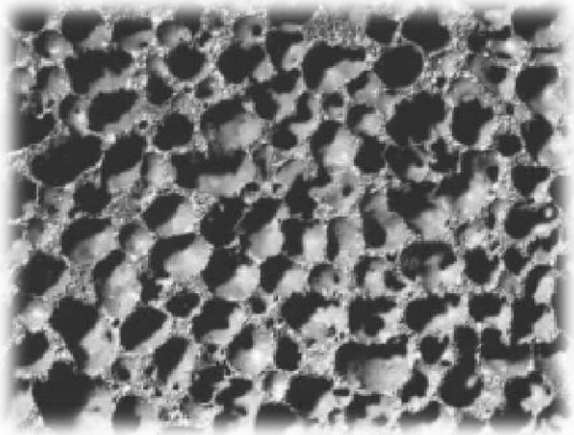
پس از رسیدن ویسکوزیته مذاب به حد مطلوب، در حدود ٪wt۱/۶هیدرید تیتانیم (TiH_2) اضافه می شود. در دمای بالای ۴۶۵ درجه سانتیگراد هیدرید تیتانیم تجزیه می شود و با آزاد شدن گاز هیدروژن در مذاب گرم ویسکوز، عامل حباب زا (H_2) نقش خود را ایفا می کند. بلافاصله مذاب به آرامی شروع به انبساط می کند و ظرف فوم سازی پر می شود. بعد از سرد شدن ظرف تا زیر نقطه ذوب آلیاژ، فوم مایع آلومینیم، جامد می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۲ تولید فوم توسط عامل حباب زا Foaming With Blowing Agents

ویژگی محصول

- نام تجاری: آلپوراس (Alporas)
- چگالی فوم آلومینیمی تهیه شده با این روش بین ۰/۳ – ۰/۰۷ g/cm^3
- اندازه متوسط تخلخل ها ۵–۰/۵ میلیمتر
- همگنی مناسب فوم



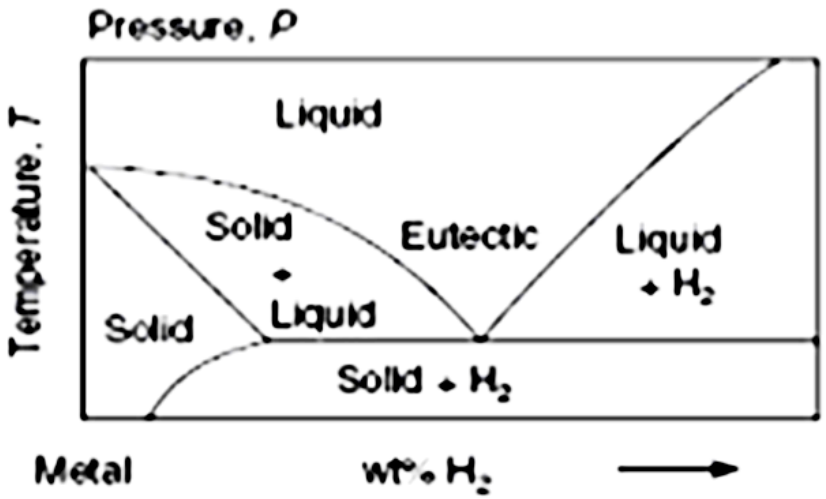
معایب روش

- عدم امکان تولید قطعات فومی با اشکال پیچیده (امکان هم زدن در قالبهای پیچیده وجود ندارد)
- ترد شدن برخی از فلزات با هیدروژن

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۳ انجماد یوتکتیکی جامد- گاز (گازار) Solid–Gas Eutectic Solidification (“Gasars”)

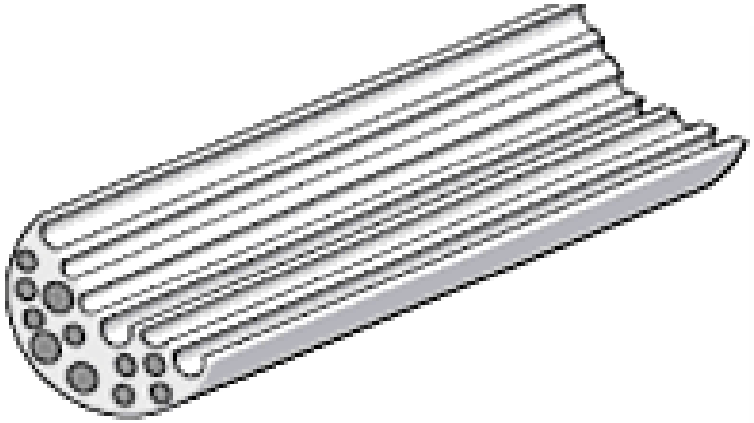
بعضی از فلزات مایع با گاز هیدروژن یک سیستم یوتکتیک تشکیل می دهند. با ذوب یکی از این نوع فلزات با هیدروژن تحت فشار بالا (بالاتر از ۵۰ اتمسفر) مذاب همگنی حاوی هیدروژن حاصل می شود. با کاهش دما، مذاب به تدریج توسط استحاله یوتکتیک به یک سیستم دو فازی غیرهمگن "جامد+گاز" تبدیل می شود. اگر ترکیب سیستم به میزان کافی به ترکیب یوتکتیک نزدیک باشد، واکنش جدایش در یک دمای خاص صورت خواهد گرفت.

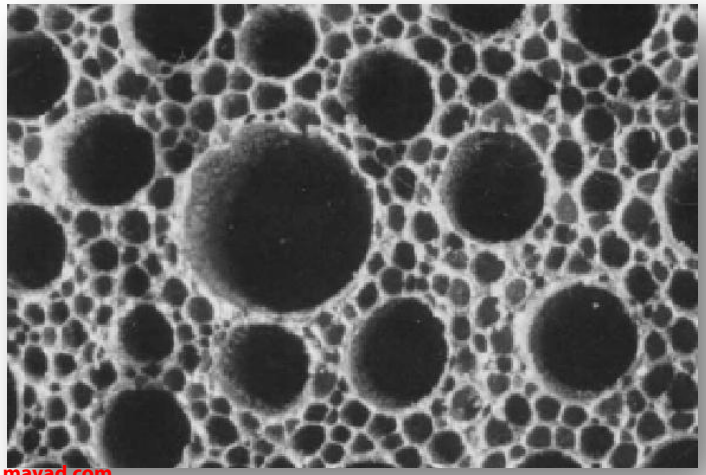


www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۳ انجماد یوتکتیکی جامد- گاز (گازار) Solid–Gas Eutectic Solidification (“Gasars”)

پارامترهای فرایند باید طوری انتخاب شوند که حباب ها به طرف مذاب باقیمانده شناور نشده و ناپدید نگردند و در نزدیکی ناحیه انجماد در جامد محبوس شوند. مورفولوژی حفرات حاصل توسط مقدار هیدروژن، فشار روی مذاب، جهت و سرعت انتقال حرارت و ترکیب شیمیایی مذاب تعیین می شوند. مطابق شکل زیر تخلخل های بزرگ و کشیده به طور عمده در راستا و جهت انجماد تشکیل می شوند. قطر حفره ها در محدوده ۱۰ میکرومتر تا ۱۰ میلی متر، طول آنها از ۱۰۰ میکرومتر تا ۳۰۰ میلی متر است.





www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۴ روش ذوب فشردان پودری Powder Compact Melting Technique

۱- تهیه فشردان پودری

فرایند تولید با مخلوط کردن پودر فلزات (پودر فلزات پایه و اصلی)، پودر آلیاژها و یا مخلوطی از پودر فلزات **به همراه عامل حباب زا** آغاز می شود. بعد از آن مخلوط توسط فشار به یک محصول متراکم و چگال (فشردان پودری) تبدیل می شود.

توسط هر روشی که بتوان عامل حباب زا را در زمینه فلزی بدون باقی گذاشتن تخلخل های باز قرار داد، عمل فشرده سازی قابل قبول است. از جمله روش های فشرده سازی می توان به فشار تک محوری، فشار ایزواستاتیک، اکستروژن میله یا نورد پودر به صورت تختال اشاره کرد. انتخاب روش فشرده سازی به شکل مورد نیاز برای ماده اولیه بستگی دارد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲- عملیات حرارتی

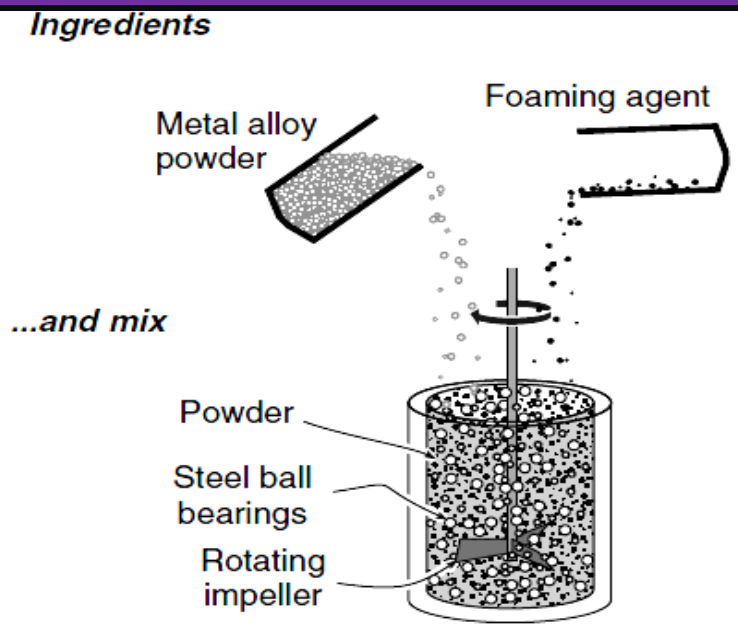
مرحله بعدی فرایند، عملیات حرارتی در دمایی نزدیک نقطه ذوب مواد زمینه است. عامل حباب زا که به طور همگن و یکنواخت در داخل زمینه فلزی فشرده شده، پخش شده است توسط حرارت تجزیه شده و گاز آزاد می شود. گاز آزاد شده باعث منبسط شدن ماده اولیه می شود و نتیجه آن ساختاری با تخلخل زیاد است.

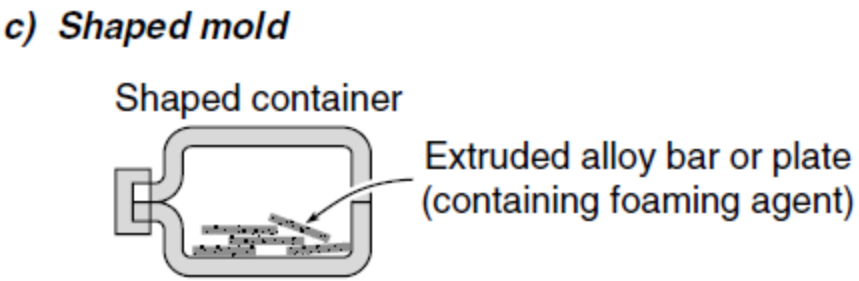
زمان مورد نیاز برای انبساط کامل به دما و اندازه ماده اولیه بستگی دارد و از چند ثانیه تا چند دقیقه طول می کشد. مقدار بیشینه انبساط و درنتیجه چگالی فوم فلزی جامد با استفاده از تنظیم دقیق مقدار ماده حباب زا و پارامترهای دیگری مانند دما و سرعت گرم کردن کنترل می شود.

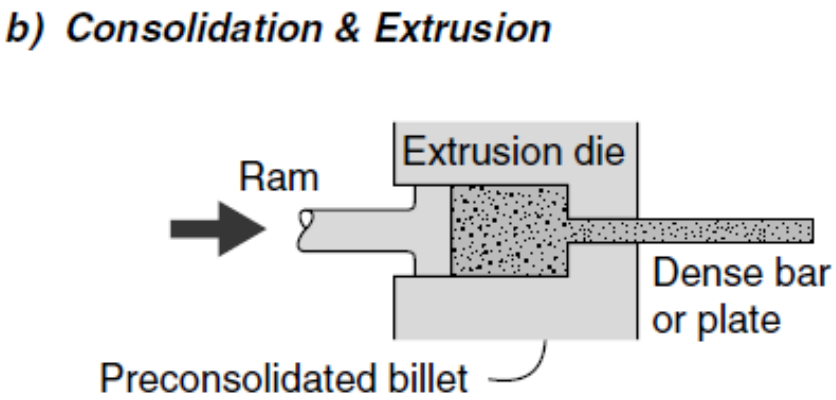
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

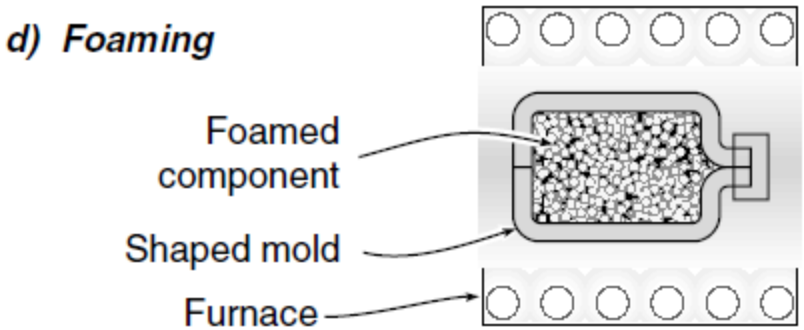
Powder Compact Melting Technique

۱- ۴ روش ذوب فشردان پودری





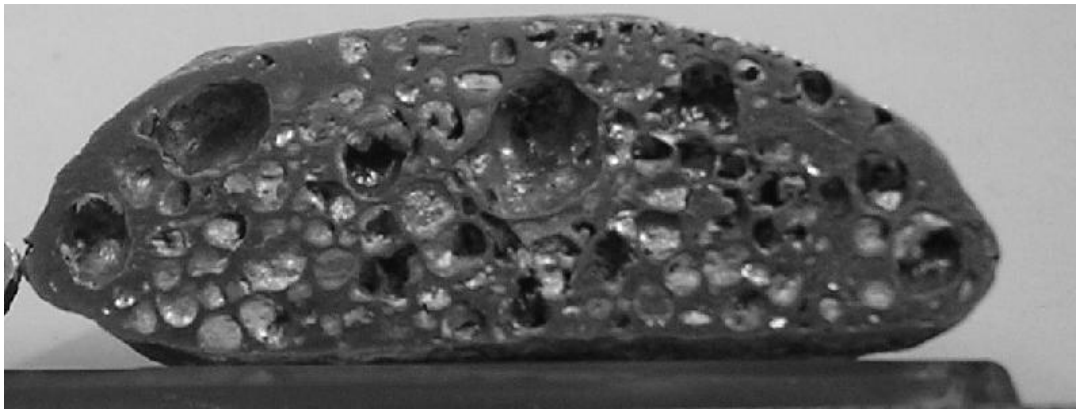




www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۴ روش ذوب فشردان پودری Powder Compact Melting Technique

فوم شدن یک نمونه از ماده اولیه در داخل کوره منجر به تولید یک فوم فلزی برآمده با شکل نامشخص خواهد شد مگر آنکه انبساط در یک راستای خاص محدود شود. این عمل با قرار دادن ماده اولیه در داخل حفره قالب و منبسط کردن آن توسط حرارت انجام می شود. قطعات کاملاً پیچیده می توانند با تزریق فوم در حال انبساط به داخل قالب های مناسب تولید شوند. نام تجاری فوم آلومینیومی تولید شده با این روش آلولایت (Alulight) می باشد.



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۵ ریخته گری دقیق با فوم های پلیمری Investment Casting With Polymer Foams

۱- استفاده از فوم پلیمری به عنوان مدل

نقطه آغازین فرایند، استفاده از یک فوم پلیمری با حفرات باز به عنوان مدل (مانند فوم پلی اورتان) است. سپس فوم پلیمری توسط دوغابی از یک ماده مقاوم به حرارت مانند مخلوطی از مولایت، رزین های فنولی و کربنات کلسیم یا گچ پر می شود.

۲- پخت و حذف پلیمر

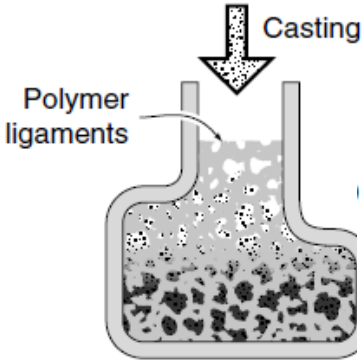
مرحله بعد، عملیات پخت این مجموعه است که توسط این عملیات حرارتی، فوم پلیمری تجزیه شده و حذف می گردد.

۳- پر کردن قالب با مذاب

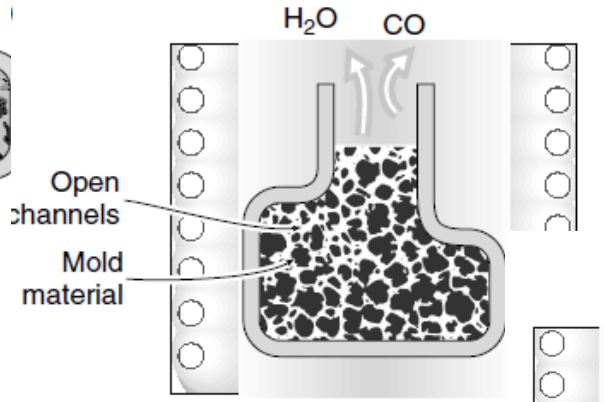
در نهایت فلز مذاب محل فوم پلیمری را که اکنون دیگر حذف شده است و جای خالی آن به جا مانده، پر می کند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

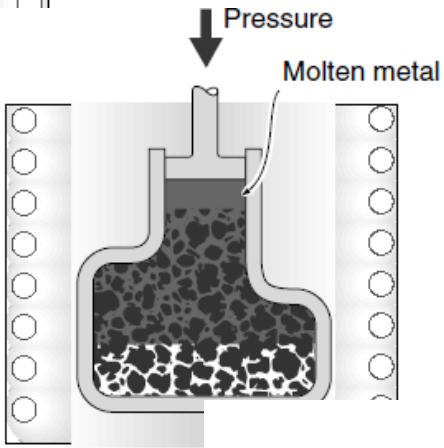
۱- ۵ ریخته گری دقیق با فوم های پلیمری Investment Casting With Polymer Foams



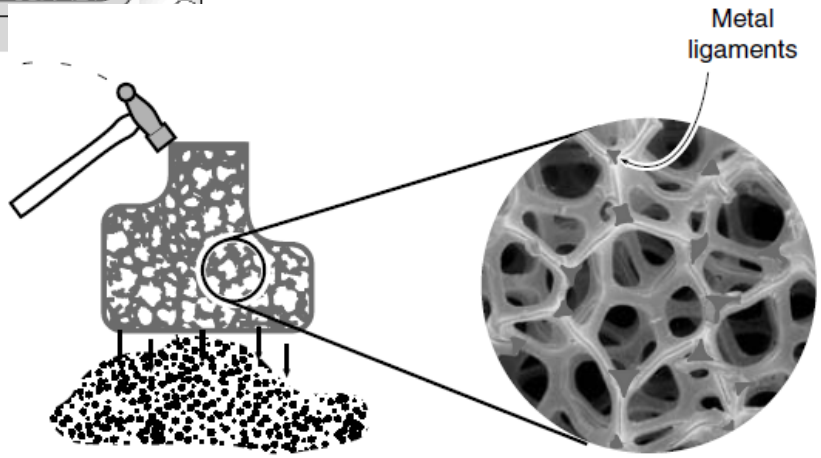
پر کردن فوم پلیمری با استفاده از دوغاب نسوز



پخت جهت حذف ماده پلیمری



پر کردن قالب با مذاب فلز



زدودن قالب پس از سرد شدن و انجماد

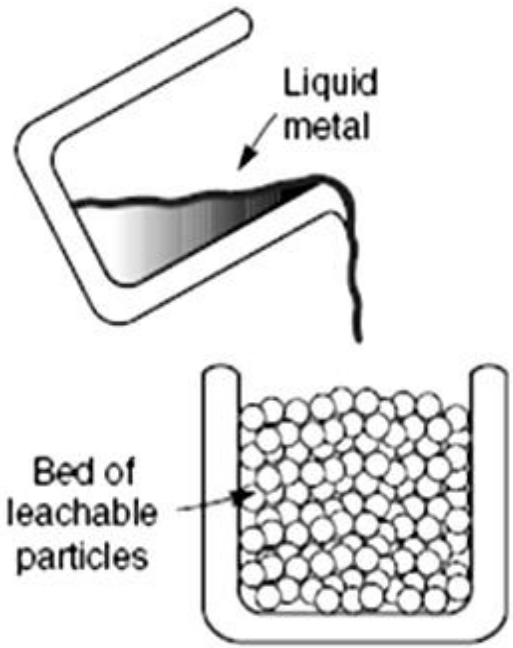
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۵ ریخته گری دقیق با فوم های پلیمری Investment Casting With Polymer Foams

در صورتی که شکاف ها و مجاری نازک داخل قالب که در واقع نشان دهنده شکل اصلی فوم پلیمری نیز هستند، توسط نیروی جاذبه وارد بر مذاب پر نشوند، اعمال فشار و پیشگرم قالب ضروری است. پس از انجماد و سرد شدن قالب، حذف ماده قالب (مثلاً توسط آب با فشار زیاد) صورت می گیرد و ساختار فلزی که درست برگردان و منعکس کننده فوم پلیمری است، به دست می آید.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۶ ریخته گری پیرامون مواد اشغال کننده فضا Casting Around Space Holder Materials

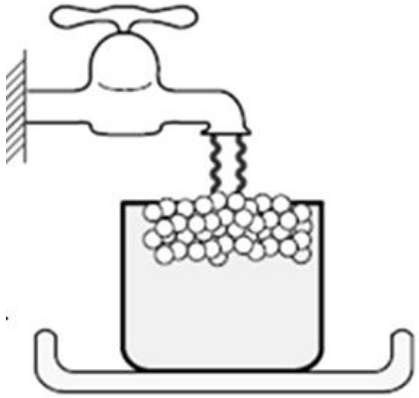


از طریق ریخته گری فلز مایع در اطراف موادآلی یا حتی غیرآلی، کره های توخالی با دانسیته کم، مواد معدنی گوناگون و یا گلوله های رسی، می توان فلزات سبک متخلخل را تولید کرد. همچنین وارد کردن چنین موادی در داخل مذاب فلزی نیز روشی دیگر برای تولید فلزات سبک متخلخل است.

گلوله های رسی پخته شده، نمک های قابل حل، گلوله های ماسه ای، یا کره های توخالی اکسیدآلومینیم می توانند به عنوان ماده پرکننده فضای خالی استفاده شوند. پیشگرم مجموعه تولیدکننده فضای خالی، ایجاد خلأ و فشردن مذاب باعث پر شدن بهتر فضاهای خالی می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۱- ۶ ریخته گری پیرامون مواد اشغال کننده فضا Casting Around Space Holder Materials



استفاده از آب جهت حل شدن نمک های ایجادکننده فضا و یا حرارت جهت تجزیه چسب گلوله های ماسه ای روش هایی است که ماده جامد از داخل فوم تولیدی خارج می شود..

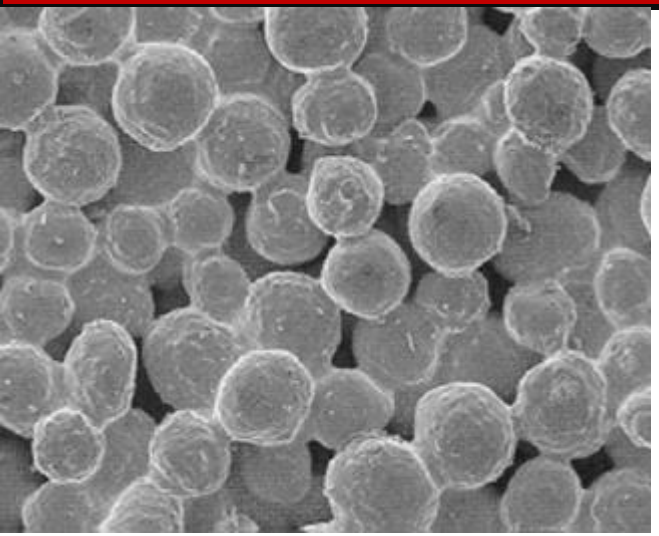
یکی از مزایای استفاده از روش ریخته گری پیرامون مواد اشغال کننده فضا، امکان کنترل دقیق اندازه حفره هاست که از طریق انتخاب اندازه دانه های پرکننده صورت می گیرد. بیشترین تخلخلی که در صورت استفاده از این روش به دست می آید، کمتر از ۸۰ درصد است؛ درحالی که در برخی روش های فوم سازی تا حدود ۹۵ درصد تخلخل نیز قابل ایجاد است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲-تولید فوم فلزی در حالت جامد

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲-۱ تف جوشی پودرها یا الیاف فلزی



فوم برنز
قطر ذرات ۱۰۰ میکرومتر

به طور کلی تولید ساختار مختلخل با این روش شامل مراحل آماده سازی، فشرده سازی و تف جوشی پودرهاست. میزان تخلخل های به دست آمده بین ۲۰ تا ۵۰ درصد است.

فشرده سازی تک محوری در قالب، پرس ایزواستاتیک و یا متراکم کردن پودر توسط نورد قبل از تف جوشی باعث افزایش استحکام قطعات بعد از مرحله تف جوشی می شود. ساخت قطعات متخلخل از پودر آلیاژهای آلومینیم دشوارتر از دیگر فلزات است، زیرا لایه اکسیدی تشکیل شده بر روی پودرها از تف جوشی جلوگیری می کند. برای رفع این مشکل از پرس کردن پودر به منظور شکستن فیلم های اکسیدی و تشکیل پیوند بین ذرات استفاده می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲-۲ روش محبوس کردن گاز Gas Entrapment Technique

در روش محبوس کردن گاز و در حین فشرده سازی پودر، عملیاتی انجام می شود که یک گاز خنثی مانند آرگون درون ماده محبوس شود. در مرحله دوم عملیات، با حرارت دیدن پودرها، گاز محبوس شده در آن انبساط پیدا می کند.

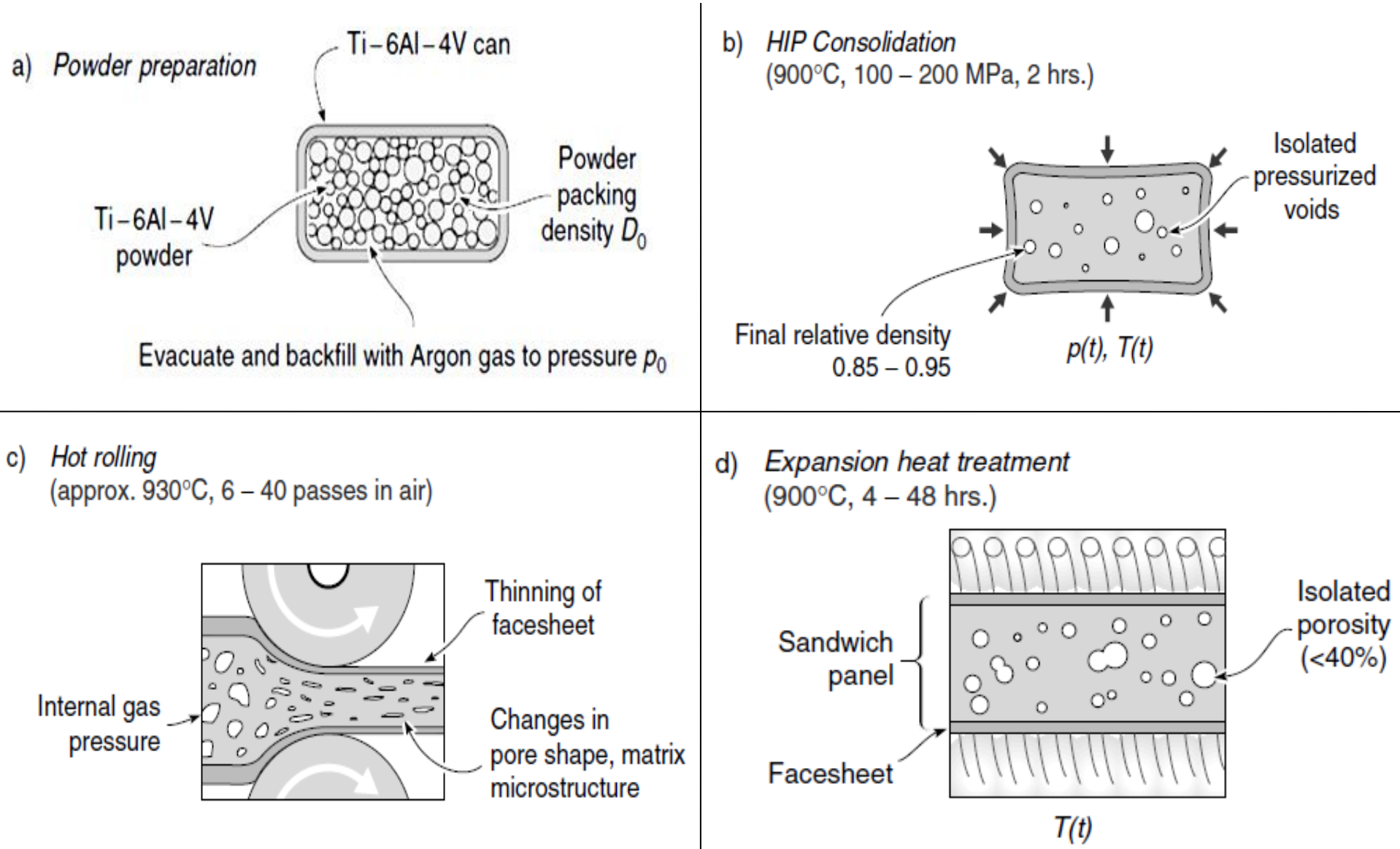
تولید فوم Ti/6Al/4V

پودر اولیه در داخل محفظه ای که قبلاً خلأ شده، ریخته می شود و سپس محفظه با گاز آرگون با فشار ۳ تا ۱۵ اتمسفر پر می شود. مجموعه تحت فشار و در دمای بالا، متراکم می شود و در نهایت به صورت ورق نورد می شود. پس از آن عملیات آنیل در ۰/۶ دمای ذوب آلیاژ به مدت ۶ تا ۲۴ ساعت باعث تولید ماده سلولی مناسب می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Gas Entrapment Technique

۲-۲ روش محبوس کردن گاز



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۲-۳ تولید فوم به کمک فضای اطراف پرکننده ها
Cellular Metals Based on Space-Holding Fillers

در روش ریخته گری پیرامون مواد اشغال کننده فضا، فضاهای خالی با مذاب فلز پر می شدند در حالیکه در این روش فضاهای خالی با پودرهای ریز فلزی پر می شوند. کره های توخالی، دانه های پلیمری توخالی، نمک ها و... می توانند برای ایجاد فضا استفاده شوند. توده به دست آمده از پودر فلز و مواد ایجاد کننده فضا به طور ساده فشرده می شود. اگر مواد ایجاد کننده فضا، مقاومت حرارتی خوبی داشته باشند می توان عملیات متراکم سازی و تف جوشی را در دمای بالا نیز انجام داد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خواص و کاربرد فوم های فلزی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نسبت استحکام به وزن بالا

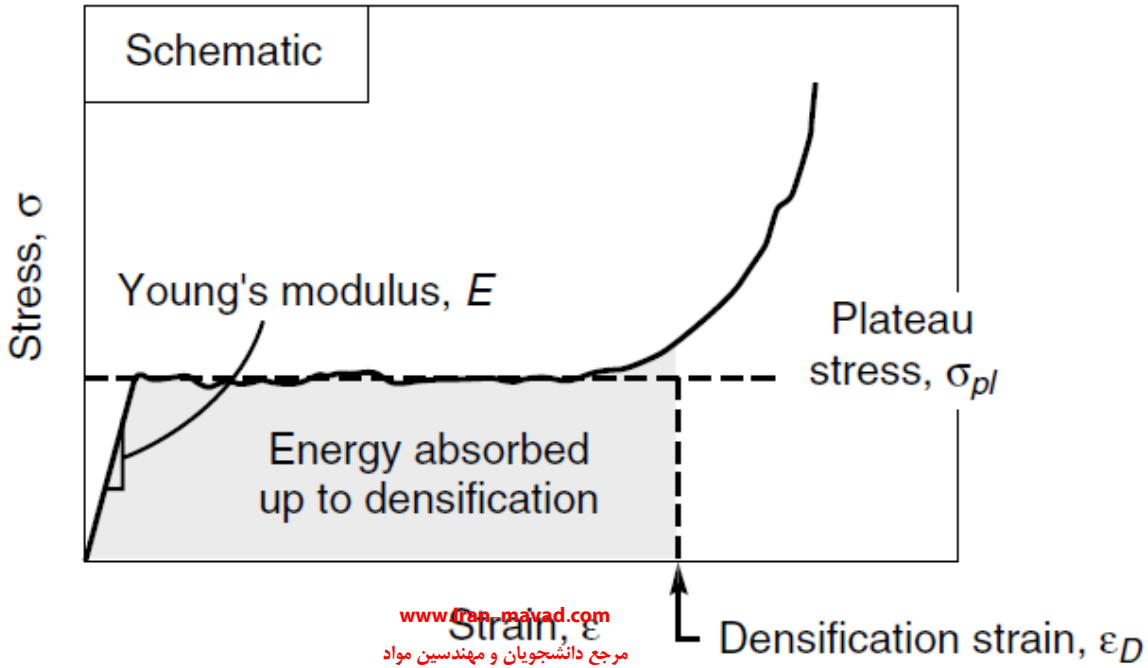
فوم های فلزی در بارگذاری تک محوری نسبت استحکام به وزن کمتری نسبت به سازه های فولادی و آلومینیومی دارند. به این جهت در بارگذاری های تک محوری، اغلب از خاصیت جذب انرژی و مقاومت به ضربه فوم های فلزی استفاده می شود.

خواص / نوع ماده	دانسیته (Kg/m^3)	مدول الاستیک (GPa)	E/ρ (سفتی محوری)	E/ρ^2 (سفتی خمشی)
فوم فلزی آلولایت	۵۰۰	۵	۱۰	۲۰
آلومینیوم	۲۷۰۰	۶۹	۲۰	۹,۵
فولاد	۷۸۰۰	۲۱۰	۲۰	۳,۵
اپوکسی	۱۳۰۰	۵	۳	۳

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

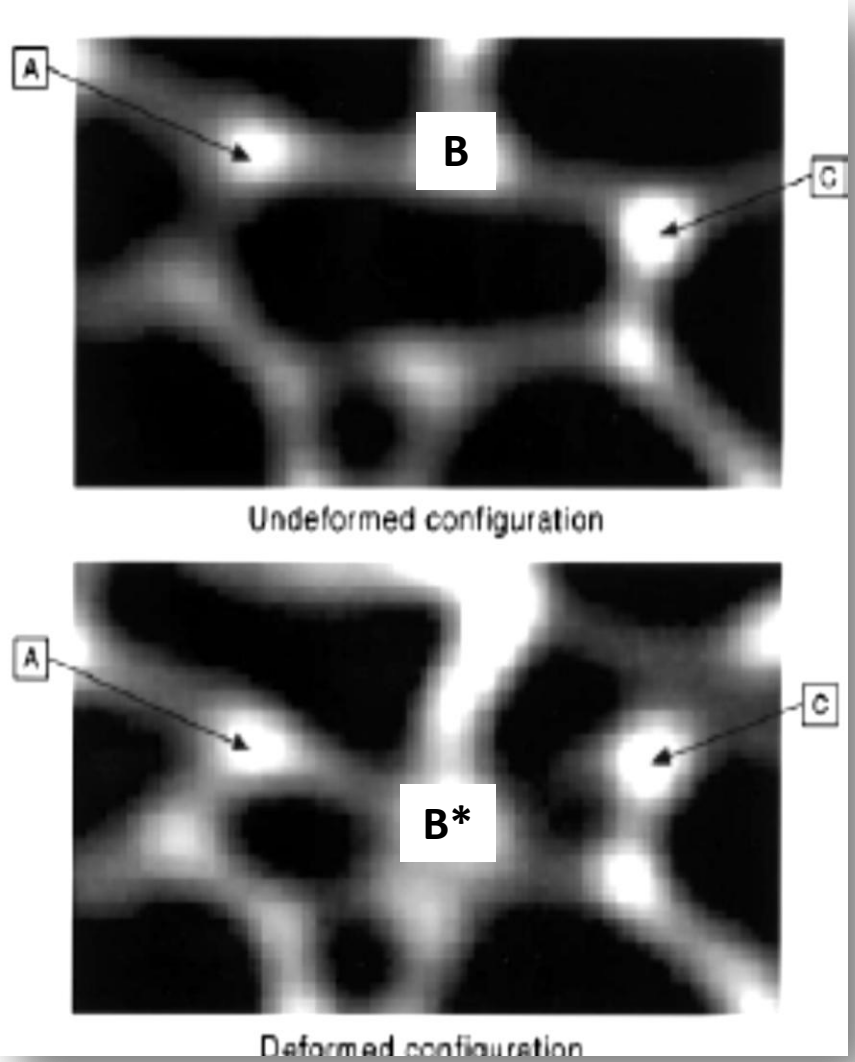
خاصیت جذب انرژی و مقاومت به ضربه

مواد صلب جاذب های مناسبی برای انرژی نیستند زیرا هنگام قرارگیری تحت تنش به سختی دچار تغییر شکل شده و مقدار زیادی از نیرو را منتقل می کنند. فوم ها به دارا بودن مقدار تنش پایای بالا و منحنی تنش-کرنش وسیع و هموار، جاذب های مناسب انرژی هستند. فوم های سلول باز، قابلیت جذب انرژی بیشتری دارند و در هنگام اعمال نیرو قبل از اینکه دیواره سلول ها تخریب شود و گره ها به طور کامل قفل شوند، به مقدار زیادی متراکم می شوند.



www.iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خاصیت جذب انرژی و مقاومت به ضربه



در حالت الاستیک در اثر اعمال بار، نقطه Bپس از جذب انرژی به مکان اولیه خود بر می گردد؛ در حالی که در شرایط پلاستیک در حین جذب انرژی نقطه B به B* منتقل می شود و به بیان ساده تر، شکل و اندازه تخلخل ها با اعمال تنش بیش از حد تسلیم، تغییر نموده و موجب جذب انرژی می گردد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خاصیت جذب صدا (عایق صوتی)

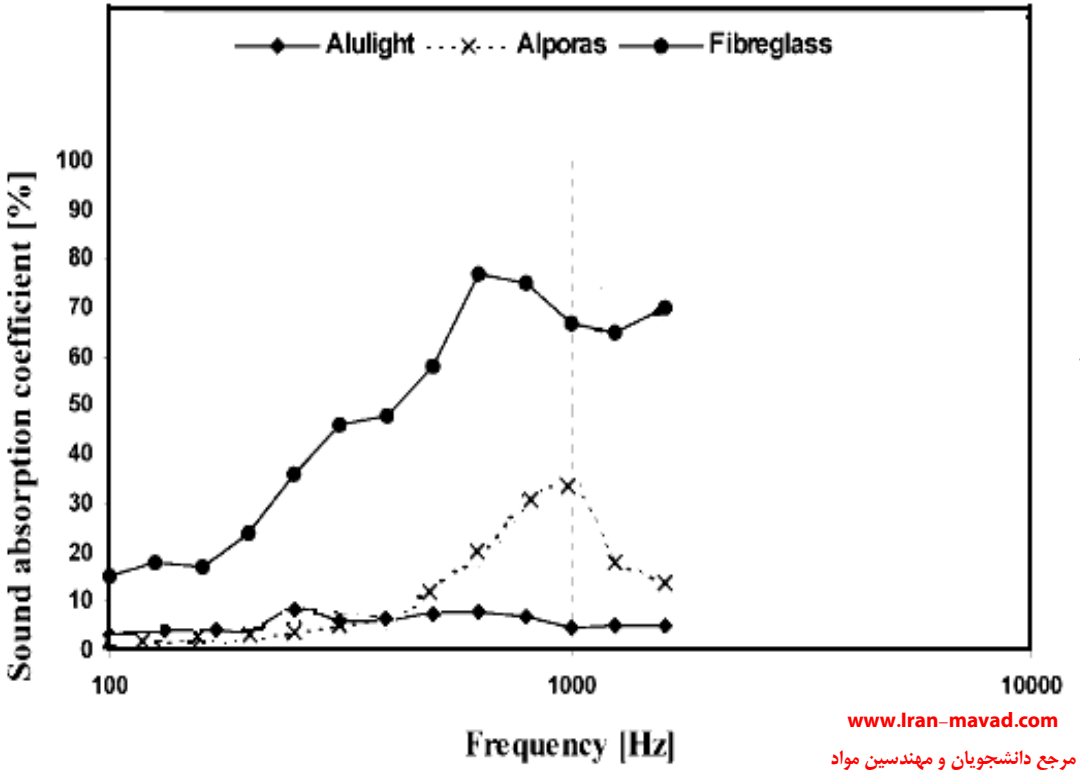
ضریب جذب صدای یک ماده= درصدی از انرژی صوتی که جذب ماده می گردد.

در اثر برخورد مولکولهای هوا با دیواره سلول های فوم و ایجاد اصطکاک، دامنه ارتعاش مولکول های هوا به شدت افت کرده و کاهش می یابد. در این حالت انرژی امواج نیز کاهش یافته و قدرت و شدت اولیه خود را از دست می دهند. در واقع اصطکاک بین مولکولهای هوا و دیواره حفرات به صورت یک مقاومت صوتی عمل می کند.

امواج صوتی در برخورد به فوم عبور نمی کند

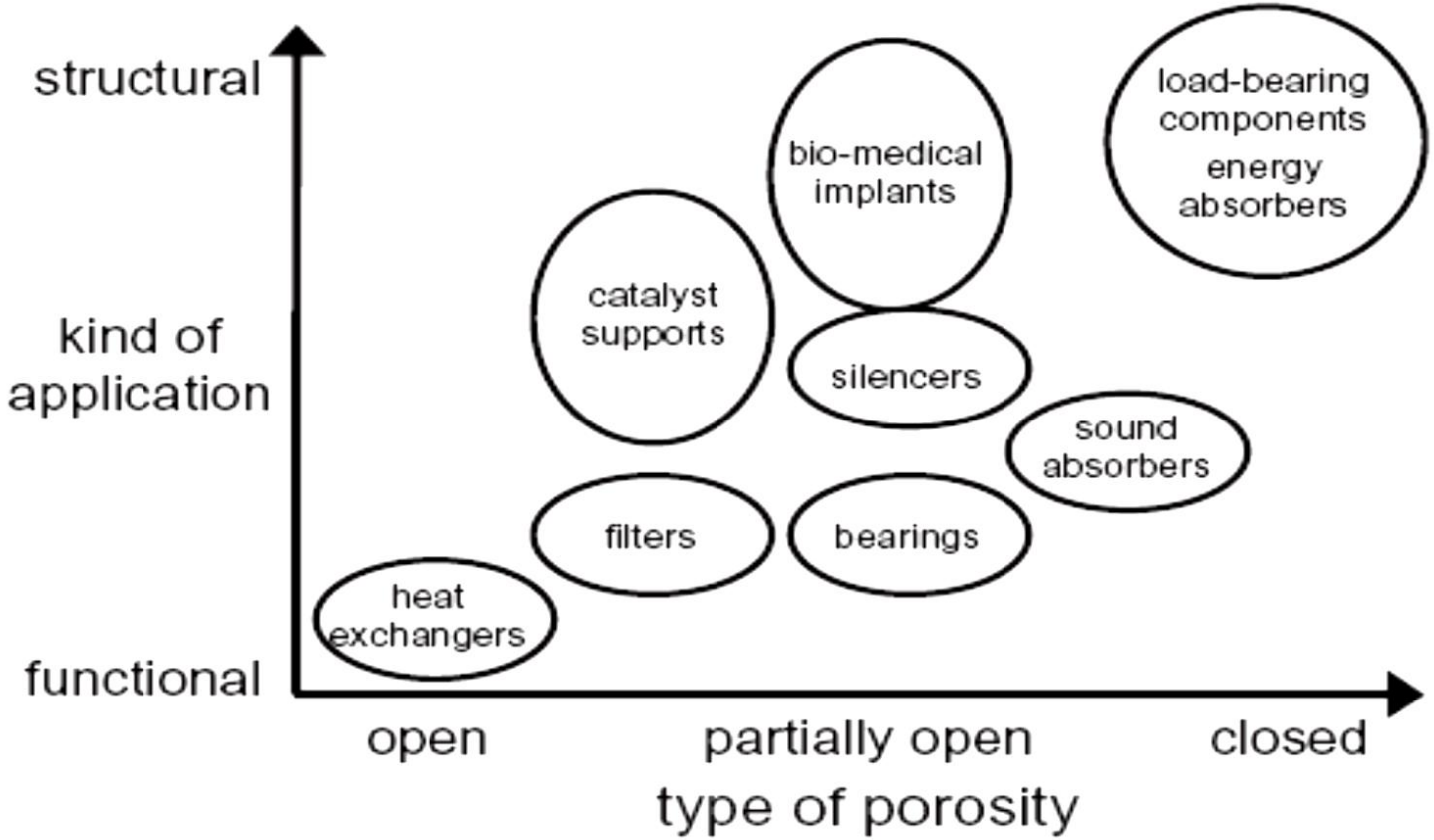
امواج صوتی در برخورد به فوم منعکس نمی شود

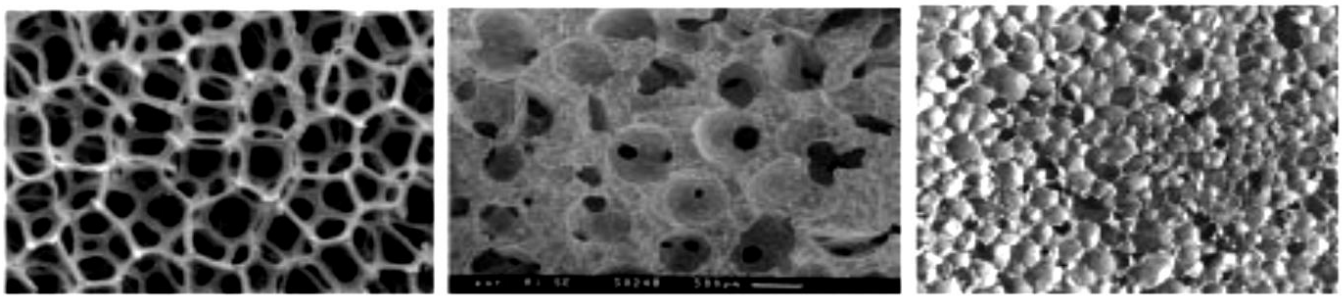
انرژی ناشی از آنها توسط فوم کاملا جذب می شود



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربردهای مختلف فوم ها با توجه به نوع تخلخل موجود در آنها





www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربرد در صنایع حمل ونقل و خودرو سازی

- در بسیاری از موارد، افزایش ایمنی در خودرو منجر به افزایش وزن اجزاء آن می شود. این موضوع در تضاد با مسئله کاهش مصرف سوخت بوده، لذا استفاده از روش ها و مواد خاص، جهت کاهش وزن ضروری است.

- وزن کم، نسبت استحکام به وزن بالا، قابلیت جذب انرژی و ضربه، قابلیت جذب امواج صوتی و عایق حرارتی و مهار آتش از جمله خصوصیات فوم های فلزی مورد استفاده در صنعت خودرو می باشد.

- فوم های فلزی به دلیل خاصیت جذب ضربه در سپر اتومبیل، جعبه سیاه هواپیما و ... به کار می روند.

- فوم های فلزی سلول باز به علت دارا یودن ساختار متخلخل، تمایل کمی به گسترش شعله در سطح خود داشته و اشتعال پذیری کمی دارند و می توانند برای متوقف کردن شعله های آتش مورد استفاده قرار گیرند .

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربرد در صنایع ساختمانی

برخی از خصوصیات فوم های فلزی در صنایع ساختمانی :

نسبت استحکام به وزن بالا، تحمل ضربات احتمالی و لرزش‌های ساختمان، عایق صوت، عایق حرارتی خاصیت جذب امواج الکترو مغناطیس، دارا بودن ظاهری زیبا ومطلوب

ساخت درِ اتاق‌ها و پوشش دیوارها، کف و سقف در بسیاری از سازه‌های ساختمانی و ساخت آسانسورها و بالابرها، دیوارهای سردخانه ها، معماری داخلی و خارجی ساختمان و ...

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربرد در صنایع نظامی

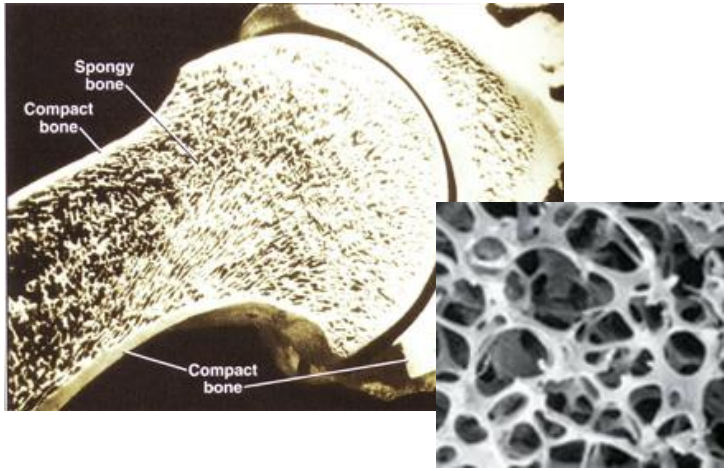
برخی از خصوصیات فوم های فلزی در صنایع نظامی :

ضد آتش بودن فوم های فلزی، قابلیت مهار امواج صوتی، جذب انرژی مکانیکی ناشی از انفجار بمب و مین و کاهش وزن و درنتیجه کاهش مصرف سوخت و آلودگی از جمله دلایل استفاده از فوم های فلزی در صنایع نظامی می تواند باشد. استفاده از این مواد در جلیقه های ضد گلوله، کفش های ضد مین، صدا خفه کن های اسلحه های نظامی، بدنه زیردریایی ها، بدنه تانک، گلوله و موشک در حال گسترش و توسعه است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربرد در بیومواد

آلیاژهای تیتانیم یا کبالت-کروم به دلیل سازگاری بیولوژیکی با بدن برای ساخت پروتزها و قطعات کاشتنی دندانپزشکی استفاده می شوند. برای اطمینان از رشد درونی بافت معمولاً یک لایه متخلخل از همان ماده یا ماده سازگار دیگری بر روی پروتز توسط روش های مختلفی مانند پاشش حرارتی ایجاد می گردد. استفاده از فوم تانتالم جهت ساخت استخوان مصنوعی در بدن بسیار روبه رشد است. مقاومت در برابر خوردگی به خصوص در مورد فوم های تیتانیمی به دلیل تشکیل اکسید پایدار و سازگار تیتانیم در بدن از دیگر موارد جالب توجه در مورد فوم های فلزی است.



www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نگهدارنده مواد کاتالیستی

کارایی و اثربخشی یک کاتالیزور، وابستگی شدیدی به سطح تماس آن با گاز یا سیال واکنش دهنده دارد. یک روش کاربردی در مورد استفاده از مواد متخلخل به عنوان نگهدارنده های کاتالیزوری عبارت از تهیه یک ورق نازک از فوم فلزی و پر کردن تخلخل های فوم توسط دوغابی حاوی ماده کاتالیستی است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مراجع

- M.F. Ashby, A.G. Evans, N.A. Fleck, L.J. Gibson, J.W. Hutchinson and H.N.G. Wadley, *Metal Foams: A Design Guide,* 2000

- J. Banhart, Progress in material Science, Vol 46 (2001) 559

- دکتر مهدی دیواندری، مهندس علیرضا گلپایگانی ، دکتر حمید رضا شاهوردی. " فوم های فلزی“ ، ۱۳۸۵، دانشگاه علم و صنعت

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد