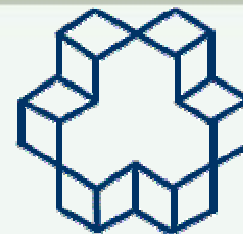




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد

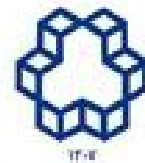


کامپوزیت ها (مواد مرکب)

جلسه دهم
(مواد مرکب زمینه فلزی)

دکتر رضا اسلامی فارسانی





مواد مرکب زمینه فلزی

مواد مرکب زمینه فلزی دارای کاربرد بسیار محدودتری نسبت به مواد مرکب زمینه پلیمری هستند.

بیشتر مواد مرکب زمینه فلزی هنوز در مراحل اولیه توسعه بوده و مانند مواد مرکب زمینه پلیمری توسعه نیافته اند.

نخستین کاربرد مواد مرکب زمینه فلزی در اجزاء شاتل فضایی (لوله کامپوزیت آلومینیم- بور) در سال 1974 بود.

امروزه در رینگ پیستون، پیستون، میله اتصال، پروانه توربین، کالیبر ترمز، میل موج گیر شاسی خودرو، قطعات ایمنی سیستم تعلیق و ... از مواد مرکب زمینه فلزی استفاده می شود.



مواد مرکب زمینه فلزی

نادر مواد مرکب زمینه فلزی انواع تقویت کننده های ذره ای، الیافی و ویسکری مورد استفاده قرار می گیرند.

نادر در مجموع ذرات SiO_2 ، Al_2O_3 ، SiC ، B_4C ، TiC ، BN ، سیم های فولاد زنگ نزن، B ، W ، الیاف کولار و الیاف کربن مهمترین نوع تقویت کننده ها در مواد مرکب زمینه فلزی بشمار می روند.

نادر در میان مواد مرکب زمینه فلزی، مواد مرکب زمینه آلومینیمی بیشترین کاربرد را بخصوص در صنایع هوافضا دارا می باشند. استحکام ویژه و مدول الاستیک بالا، هدایت حرارتی خوب، مقاومت به اکسیداسیون مناسب و قابلیت تولید به روش های مختلف از مهمترین ویژگی های آنها می باشد.

مواد مرکب زمینه فلزی



مزایای مواد مرکب زمینه فلزی در مقایسه با فلزات یکپارچه عبارتند از:

- مقاومت به سایش بالاتر
- خصوصیات بهتر در درجه حرارت های بالا
- استحکام و مدول ویژه بالاتر
- ضریب انبساط حرارتی کمتر

معایب مواد مرکب زمینه فلزی در مقایسه با فلزات یکپارچه عبارتند از:

- چقرمگی کمتر
- هزینه بالاتر

مواد مرکب زمینه فلزی



مزایای مواد مرکب زمینه فلزی در مقایسه با مواد مرکب زمینه پلیمری عبارتند از:

- استحکام و مدول عرضی بالاتر
- استحکام فشاری و برشی بالاتر
- قابلیت های بهتر در درجه حرارت های بالاتر
- نداشتن قابلیت جذب رطوبت و قابلیت اشتعال
- هدایت حرارتی و الکتریکی بالاتر
- مقاوم در برابر اکثر تشعشعات

فرآیندهای تولید مواد مرکب زمینه فلزی



بطور کلی فرآیندهای تولید مواد مرکب زمینه فلزی را می توان به 4 دسته زیر دسته بندی نمود:

- روش حالت جامد
- روش حالت مایع
- روش حالت رسوب
- روش درجا



روش های حالت جامد

در روش های حالت جامد، ماده جامد زمینه یا به صورت پودر و یا به صورت ورق های نازک است که در این حالت سطح فصل مشترک جامد / گاز با انرژی زیاد وجود دارد.

فرآیند به این صورت است که ذرات یا ورق های نازک تحت اعمال دما و فشار مناسب در تماس با تقویت کننده قرار گرفته و به هم متصل می شوند. با تشکیل فصل مشترک جامد / جامد انرژی سیستم کاهش پیدا می کند.

روش های حالت جامد برای ساخت مواد مرکب زمینه فلزی

- متالورژی پودر
- اتصال دهی نفوذی



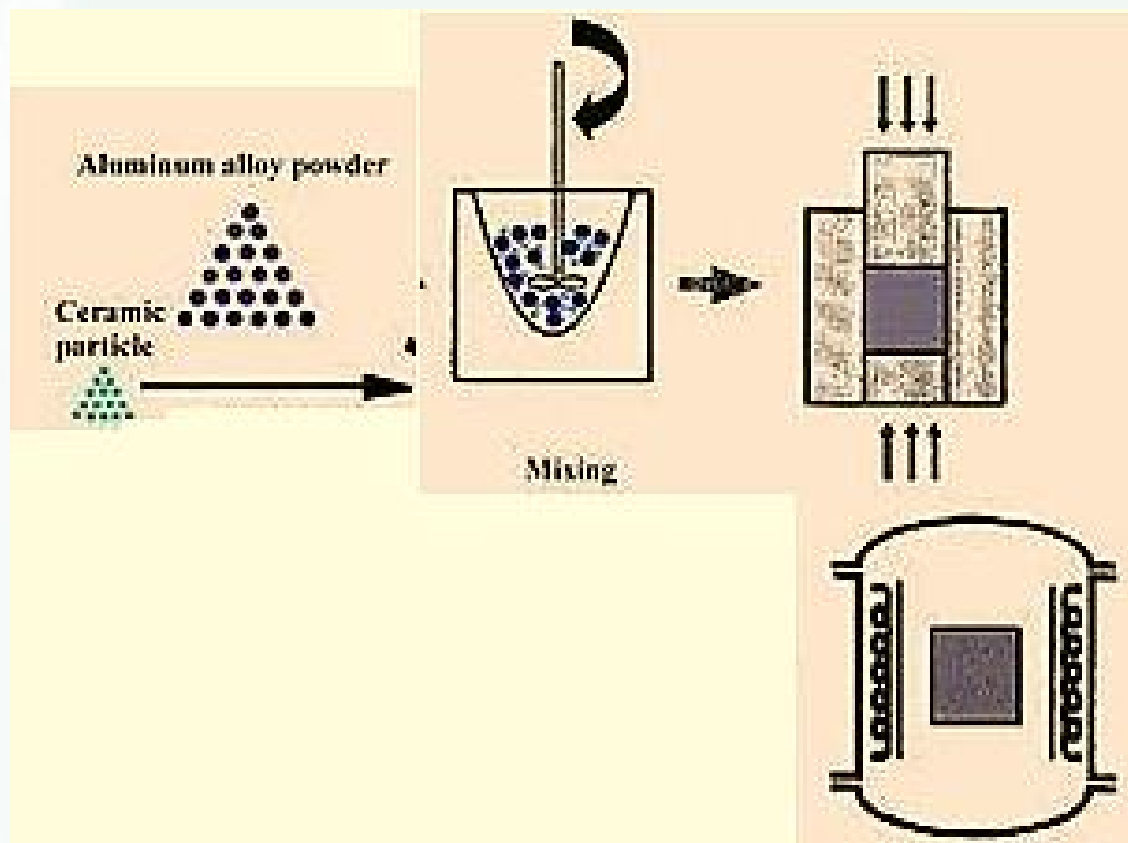
روش های حالت جامد - متالورژی پودر

۱ روش متالورژی پودر برای پودرها، ویسکرها و الیاف غیرپیوسته مورد استفاده قرار می گیرد. پودر زمینه با تقویت کننده مخلوط شده و سپس تحت فشار در دمای نسبتاً بالا تحت تف جوشی قرار گرفته تا یکپارچه شوند.

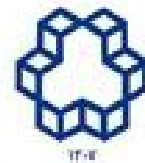
۲ مواد مرکب با بیش از 50% تقویت کننده را می توان با روش متالورژی پودر تهیه نمود. اما به علت آسیب دیدن رشته ها در حین فرآورش و کاهش میزان چقرمگی در درصدهای حجمی بالا اغلب تولیدکنندگان میزان آن را حدود 25% در نظر می گیرند.

۳ مرحله اختلاط می تواند در اتمسفر خنثی انجام شده و گاززدایی نیز صورت پذیرد. در مرحله فشردن می توان از آهنگری، نوردکاری و اکستروژن استفاده کرد. در مواردی نیز ابتدا فشردن گرم و سپس کار مکانیکی ثانویه جهت ایجاد شکل مورد نظر انجام می شود.

روش های حالت جامد - متالورژی پودر



روش متالورژی پودر



روش های حالت جامد - اتصال دهی نفوذی

در روش اتصال دهی نفوذی ورقه های تقویت کننده (نظیر الیاف بافته شده)، بین دو فویل یا دو صفحه فلزی قرار داده شده و سپس عمل مستحکم کردن صورت می گیرد.

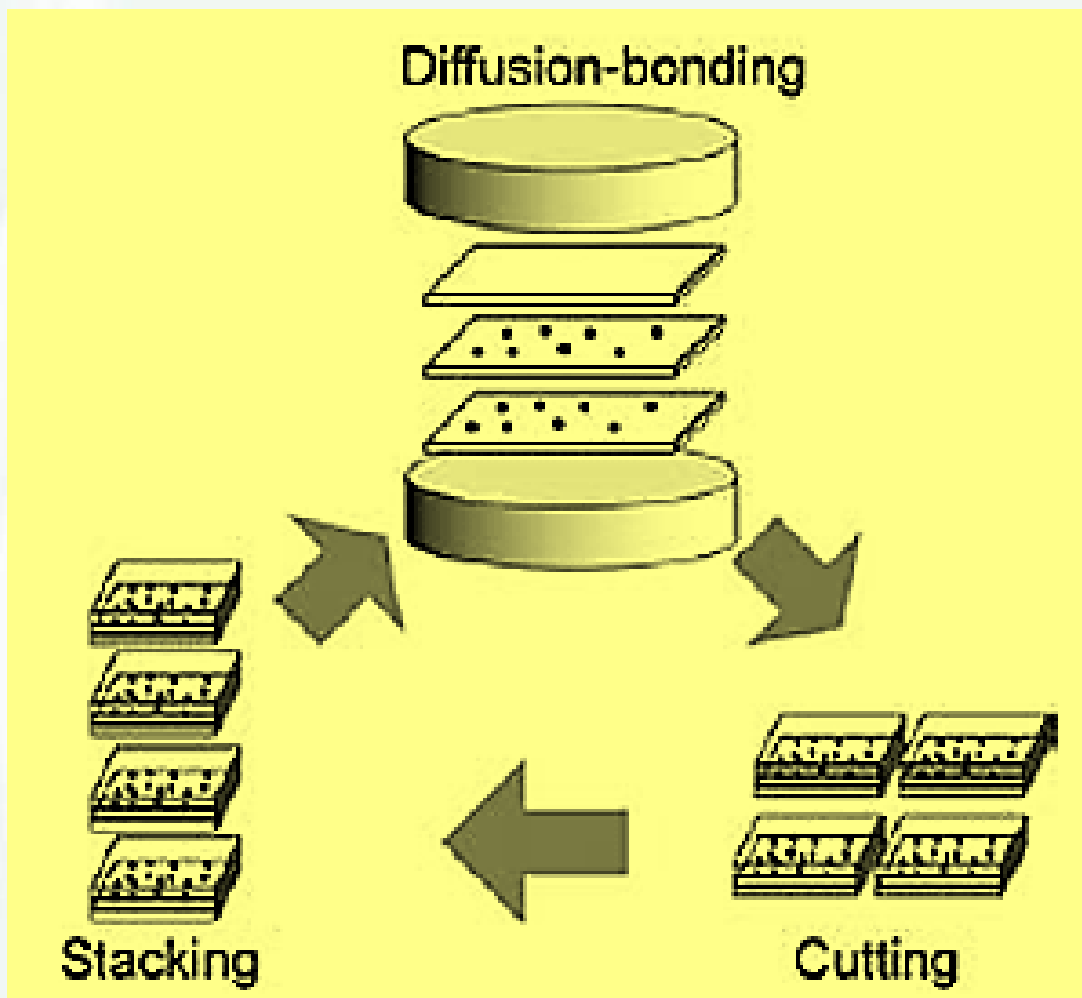
این لایه ها به اندازه کافی بریده شده و روی هم قرار داده می شوند. سپس مجموعه در داخل پرس داغ تحت فشار و درجه حرارت بالا به قطعه مورد نظر تبدیل می شود.

این فرآیند روشی گران است و برای اشکال ساده مانند صفحات و لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد.

چون دمای فرآورش حالت جامد کمتر از حالت مایع است لذا از واکنش های ناخواسته در فصل مشترک جلوگیری می شود.

کامپوزیت های زمینه تیتانیم، نیکل، مس و آلومینیم تقویت شده با بور به این روش تولید می شوند.

روش های حالت جامد - اتصال دهی نفوذی



روش اتصال دهی نفوذی



روش های حالت مایع

در روش های حالت مایع دو مانع عمده زیر وجود دارند:

۱) عدم ترشوندگی فاز تقویت کننده با زمینه

۲) واکنش های ناخواسته در فصل مشترک زمینه با تقویت کننده به دلیل دماهای بالای فرآیند.

بهترین راه حل برای غلبه بر مشکلات فوق، پوشش دهی ذرات تقویت کننده با ماده مناسب جهت افزایش میزان ترشوندگی و جلوگیری از واکنش های ناخواسته است. برای مثال، ایجاد پوشش های گرافیتی روی الیاف SiC در زمینه آلومینیم، ترشوندگی را افزایش می دهد.

اصلاح ترکیب زمینه نیز می تواند به بهبود ترشوندگی کمک کند. مثلاً افزودن لیتیم به آلومینیم مذاب باعث بهبود ترشوندگی بین زمینه آلومینیم و تقویت کننده الیاف آلومینا از طریق تشکیل $\text{Li}_2\text{O} \cdot 0.5\text{Al}_2\text{O}_3$ می شود.



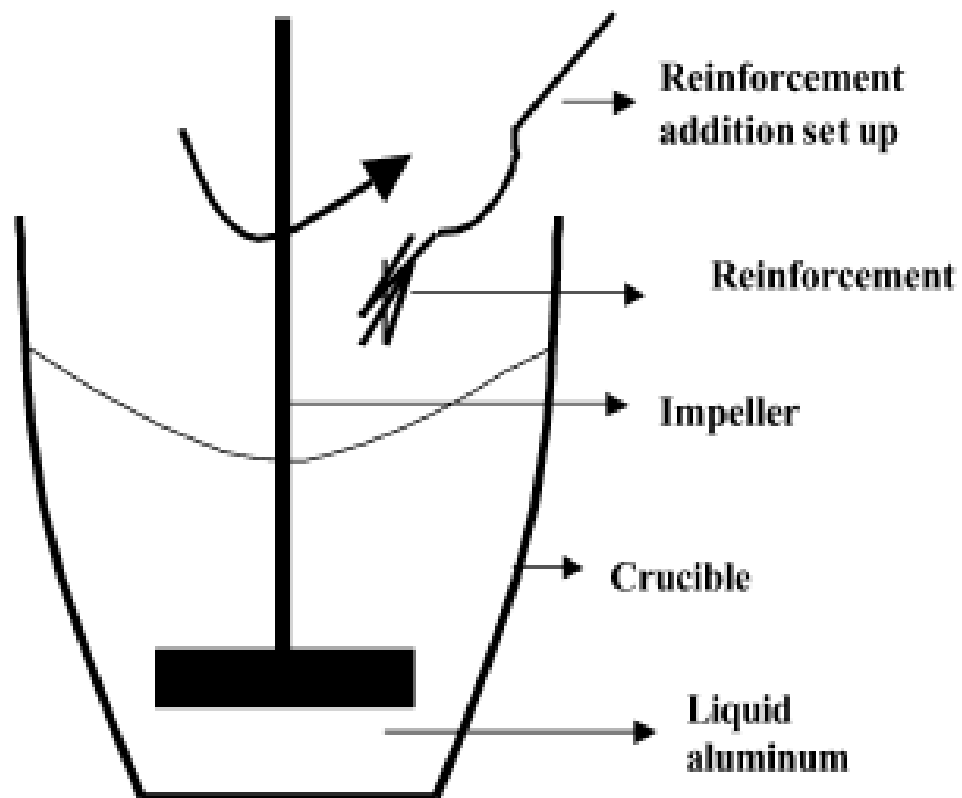
روش های حالت مایع - روش ریخته گری

ساده ترین روش حالت مایع شامل افزودن تقویت کننده (ذره، ویسکر و الیاف ناپیوسته) به فلز مذاب زمینه، هم زدن و ریخته گری آن است. اما به دلیل اختلاف دانسیته زمینه و تقویت کننده، اختلاط مشکل است.

برای حل مشکل فوق و کسب اختلاط یکنواخت و بهبود توزیع ذرات در زمینه از روش های ریخته گری ترکیبی استفاده می شود که در آن افزودن ذرات تقویت کننده در حالت نیمه جامد زمینه صورت می گیرد. در این حالت به علت دمای کمتر مذاب، ویسکوزیته بالاتر است و اختلاط بهتری حاصل می شود.

در روش ریخته گری محدودیت فاز تقویت کننده تا حدود 20% حجمی وجود دارد. زیرا اولاً توزیع ذرات تقویت کننده در بالاتر از این مقادیر دشوار است و ثانیاً ویسکوزیته خیلی بالای دوغاب، ریخته گری آن را مشکل می سازد.

روش های حالت مایع - روش ریخته گری



روش ریخته گری



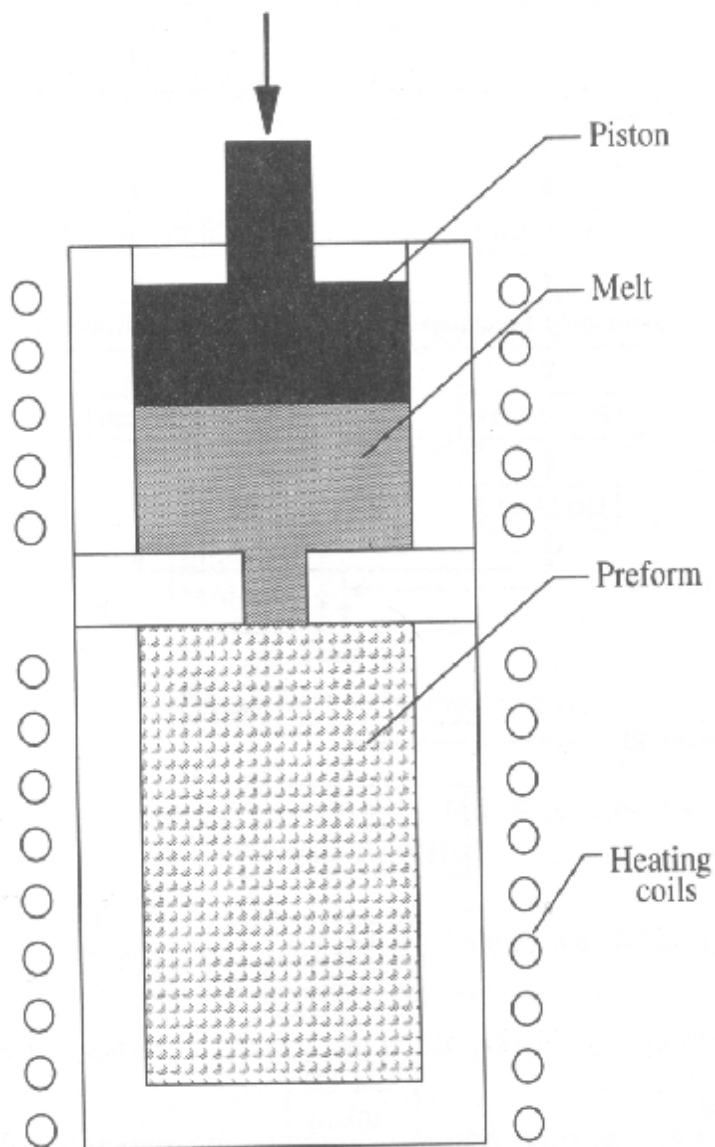
روش های حالت مایع - روش فلز خورانی

در روش فلز خورانی از یک پیش شکل (Preform) که مذاب با فشار به درون آن خورانده می شود، استفاده می کنند. فشار اعمالی می تواند به صورت مکانیکی یا از طریق اعمال گاز حاصل شود. فشار باید طوری انتخاب شود که تنها برای خوراندن کافی باشد و نباید آن قدر بالا باشد که به الیاف آسیب برساند یا باعث اعوجاج پیش شکل شود.

در روش استفاده از فشار مکانیکی (ریخته گری کوبشی یا فشاری)، پیش شکل در داخل حفره قالب قرار می گیرد و میزان مناسب مذاب روی آن ریخته می شود. در ادامه، فشار از طریق سنبه اعمال شده تا فلز بر روی پیش شکل فشرده شود. جهت به حداقل رساندن تخلخل، اعمال فشار به وسیله سنبه تا پایان انجماد حفظ می شود.

معمولاً حد بالایی تقویت کننده حدود 30% حجمی است. این روش به علت محدودیت

روش های حالت مایع - روش فلز خورانی



روش فلز خورانی
با اعمال فشار مکانیکی

در برخی روش های خوراندن مایع، محفظه حاوی فلز مذاب تحت خلاء قرار می گیرد و سپس گاز بر روی محفظه تحت فشار اعمال می شود. فشار گاز سبب نفوذ فلز مذاب به درون پیش شکل می شود.





روش های حالت رسوب

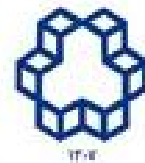
فرآیند رسوبی اصلی مورد استفاده در تولید کامپوزیت های زمینه فلزی، روش رسوب هم زمان افشانشی (اسپری - Osprey)، است.

سایر روش های رسوبی شامل رسوب بخار شیمیایی و فیزیکی (مثلاً برای تنگستن)، آبکاری الکتریکی (برای زمینه نیکلی) و روش پلاسما هستند که کاربرد محدودتری دارند. در روش های مذکور، زمینه بر روی پیش شکل الیاف رسوب داده می شود. چون این فرآیندها در دمای پایین انجام می شوند، لذا واکنش ها بین زمینه و الیاف به حداقل می رسد.

در روش رسوب بخار مزیت عمده آن است که بخارها می توانند به راحتی در پیش شکل های با وزن مخصوص بالا نفوذ کنند و بنابراین امکان تولید مواد مرکب با جزء حجمی بالای تقویت کننده بیش از مقادیری که از طریق خوراندن

18 مایع قابل حصول است، وجود دارد.

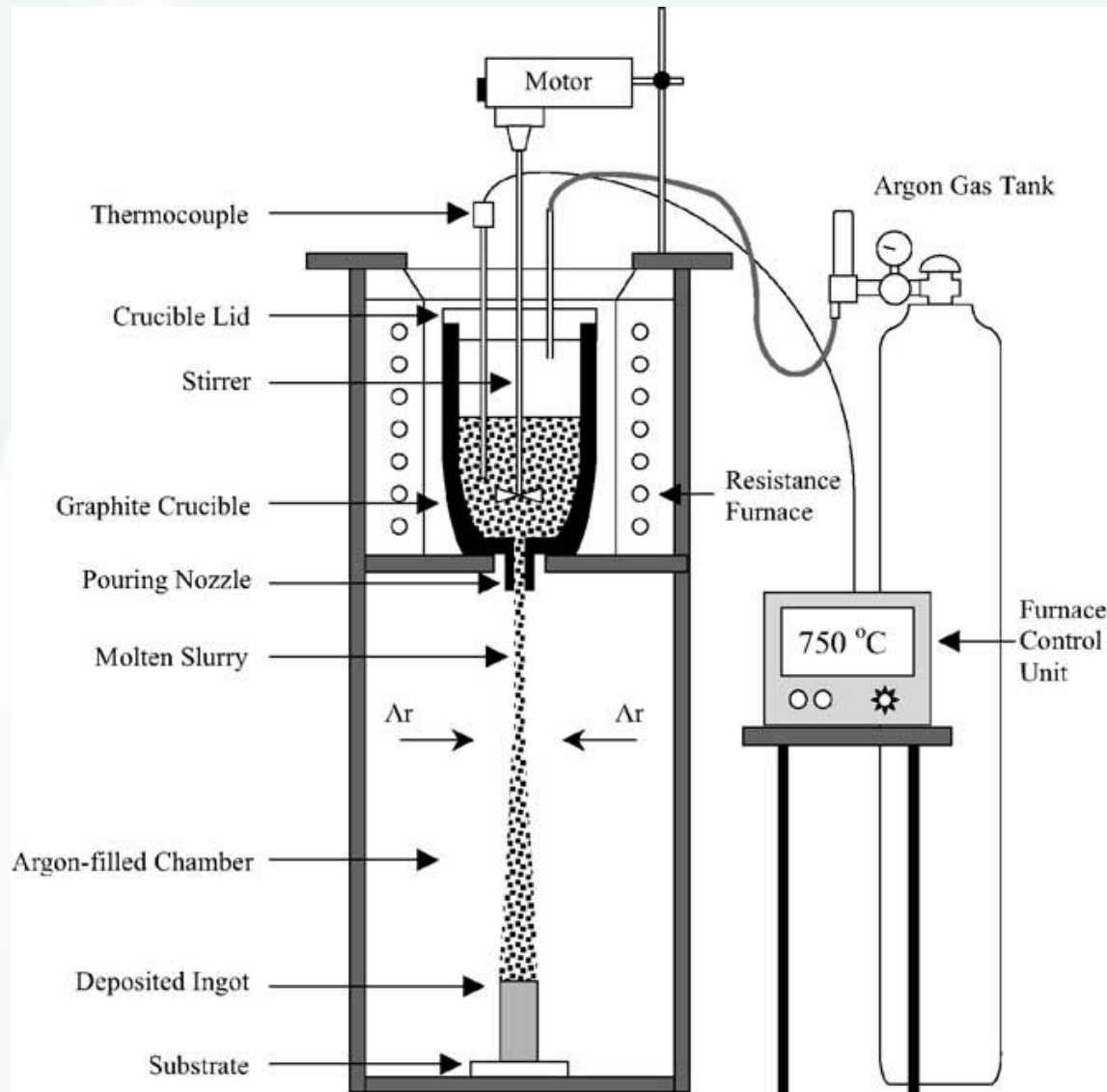
روش رسوب هم زمان افشانشی



روش رسوب هم زمان افشانشی، شامل اتمیزه کردن مذاب و وارد کردن ذرات تقویت کننده به داخل آن است. سپس به صورت همزمان ذرات فلز و تقویت کننده روی زیرلایه (پیش زمینه)، رسوب می کنند.

در این روش به علت انجماد سریع فلز اتمیزه، زمینه ای با ریزساختار ریزدانه و با دانه های هم محور ایجاد می شود. همچنین انجام واکنش های گسترده در فصل مشترک کاهش پیدا می کند. این روش برای کامپوزیت های زمینه آلومینیم تقویت شده با ذرات کاربید سیلیسیم بکار می رود.

روش رسوب همزمان افشانشی



فرآیند رسوب همزمان افشانشی



روش های درجا

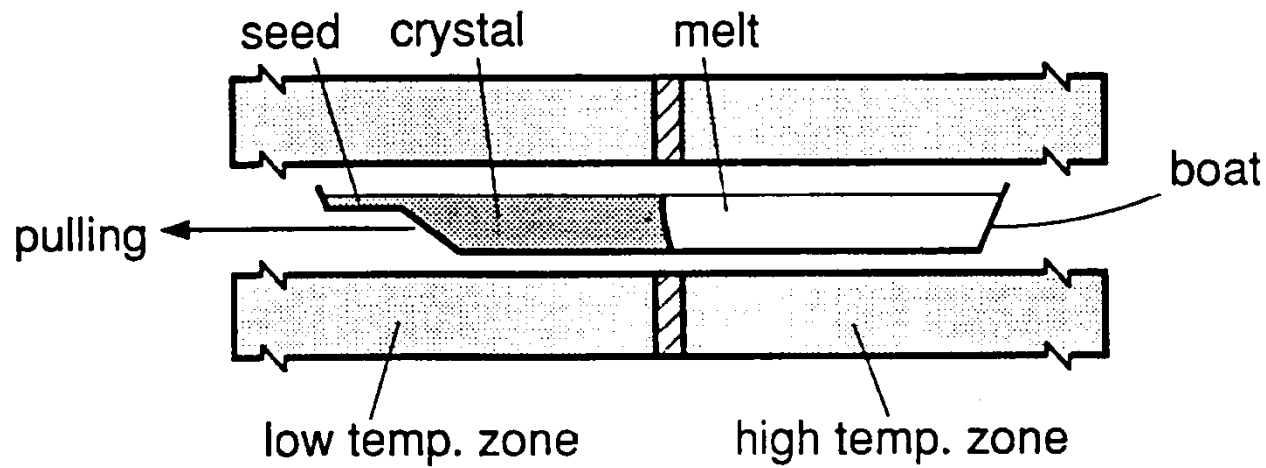


انجماد تک جهت آلیاژهای یوتکتیک می تواند به ایجاد ریزساختار دوفازی منجر شود که یکی از فازها به صورت ورقه ای یا شبه میله ای بوده که در جهت انتقال حرارت رشد می کند. این فرآیند را روش درجا (همزمان) نامند.

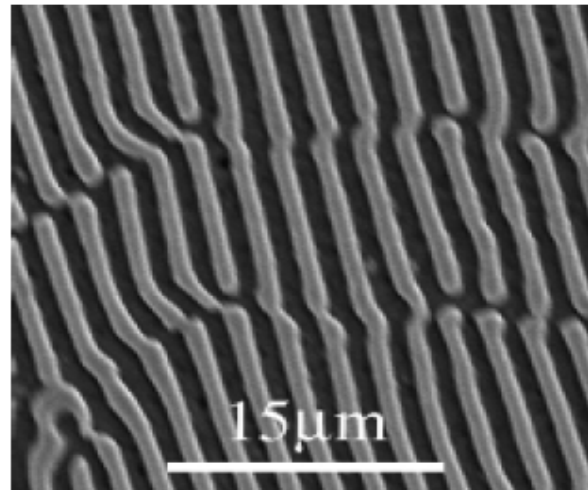
در آلیاژهای یوتکتیک، فاز یوتکتیک در بین 2 محلول جامد تشکیل می شود، ولی در اکثر کامپوزیت ها، زمینه، محلول جامد بوده و فاز تقویت کننده، یک ترکیب بین فلزی یا کاربید است.

مزیت یوتکتیک، کمترین نقطه ذوب جهت کاهش احتمال واکنش بین تقویت کننده و زمینه، و ایجاد ساختار لایه ای حاوی لایه های زمینه و تقویت کننده است.

روش های درجا



فرآیند درجا



Microstructure of Directionally-Solidified Al-Cu Eutectic Alloy

