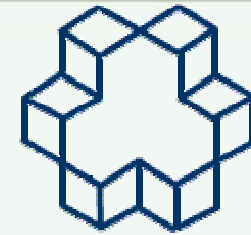




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد



مواد پیشرفته

جلسه هشتم

(سوپرآلیاژها - خواص و ویژگی ها، روش های تولید و کاربردها)

دکتر رضا اسلامی فارسانی



خواص و ویژگی‌های سوپر آلیاژها



- فولادهای معمولی و آلیاژهای تیتانیوم در دماهای بالاتر از 541 درجه سانتی‌گراد دارای استحکام کافی نیستند و امکان خسارت دیدن آلیاژ در اثر خوردگی وجود دارد.

- اگر استحکام در دماهای بالاتر (زیر دمای ذوب) که برای اکثر آلیاژها تقریباً 1204-1371 درجه سانتی‌گراد است مورد نیاز باشد، سوپر آلیاژهای پایه نیکل انتخاب می‌شوند.

- از سوپر آلیاژهای پایه نیکل می‌توان در نسبت دمایی بالاتری (نسبت به دمای ذوب) در مقایسه با مواد تجاری موجود استفاده کرد. فلزات دیرگداز نسبت به سوپر آلیاژها دمای ذوب بالاتری دارند، ولی سایر خواص مطلوب آنها را ندارند و به همین خاطر بطور وسیعی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

خواص و ویژگی های سوپر آلیاژها



- سوپر آلیاژهای پایه کبالت را می توان بجای سوپر آلیاژهای پایه نیکل استفاده کرد که این جایگزینی به استحکام مورد نیاز و نوع خوردگی بستگی دارد.
- در دماهای پایین تر وابسته به استحکام مورد نیاز، سوپر آلیاژهای پایه آهن- نیکل نسبت به سوپر آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت کاربرد بیشتری دارند.
- استحکام سوپر آلیاژ نه تنها مستقیماً به ترکیب شیمیایی بلکه به فرآیند ذوب، آهنگری و روش شکل دهی، روش ریخته گری و بیشتر از همه به عملیات حرارتی پس از شکل دهی، آهنگری یا ریخته گری بستگی دارد.

خواص و ویژگی‌های سوپر آلیاژها



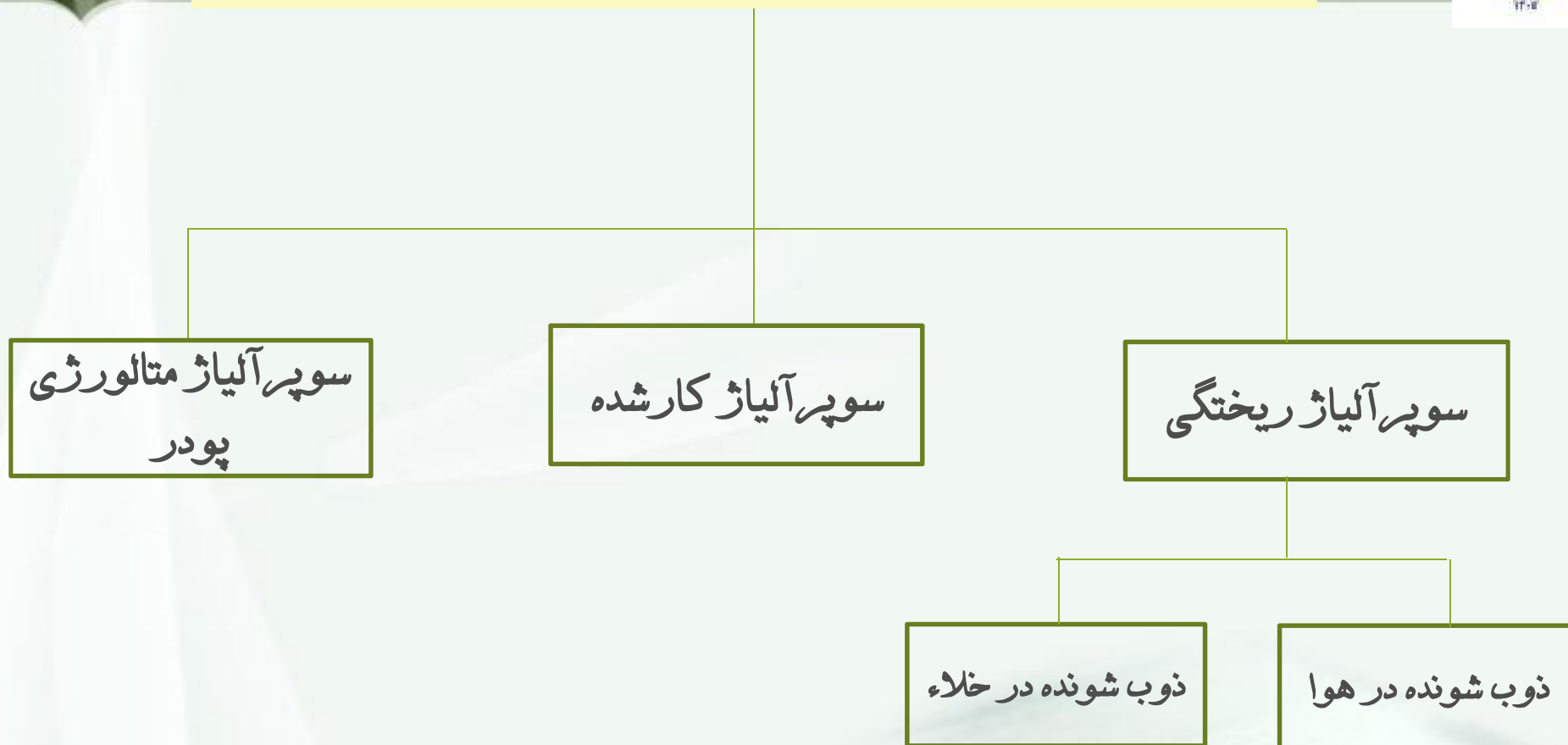
- در سوپر آلیاژها بویژه در سوپر آلیاژهای پایه نیکل بعضی از عناصر در مقادیر جزئی تا زیاد اضافه شده اند. در بعضی از آلیاژها تعداد عناصر کنترل شده موجود تا 14 عنصر و بیشتر می تواند باشد.

- نیکل، کبالت، کروم، تنگستن، مولیبدن، رنیم، هافنیم و دیگر عناصر استفاده شده در سوپر آلیاژها اغلب گران بوده و مقدارشان در طی زمان متغیر است.

- سوپر آلیاژهای پایه آهن - نیکل نسبت به سوپر آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت ارزان تر هستند.



طبقه بندی سوپر آلیاژها بر اساس روش تولید





ریخته‌گری دقیق:

- 1- ابتدا قالب موم ساخته شده و پس از تهیه مدل‌های مومی معمولاً تعدادی از آنها حول یک راهگاہ به صورت خوشه‌ای مونتاژ می‌شوند.
- 2- مدل خوشه‌ای در داخل دوغاب سرامیکی فروبرده می‌شود. در نتیجه یک لایه دوغاب سرامیکی روی مدل را می‌پوشاند.
- 3- مدل خوشه‌ای در معرض جریان باران ذرات ماسه نسوز قرار می‌گیرد تا یک لایه نازک در سطح آن تشکیل شود.
- 4- پوسته سرامیکی ایجاد شده، کاملاً خشک شده و سخت و محکم می‌شود.



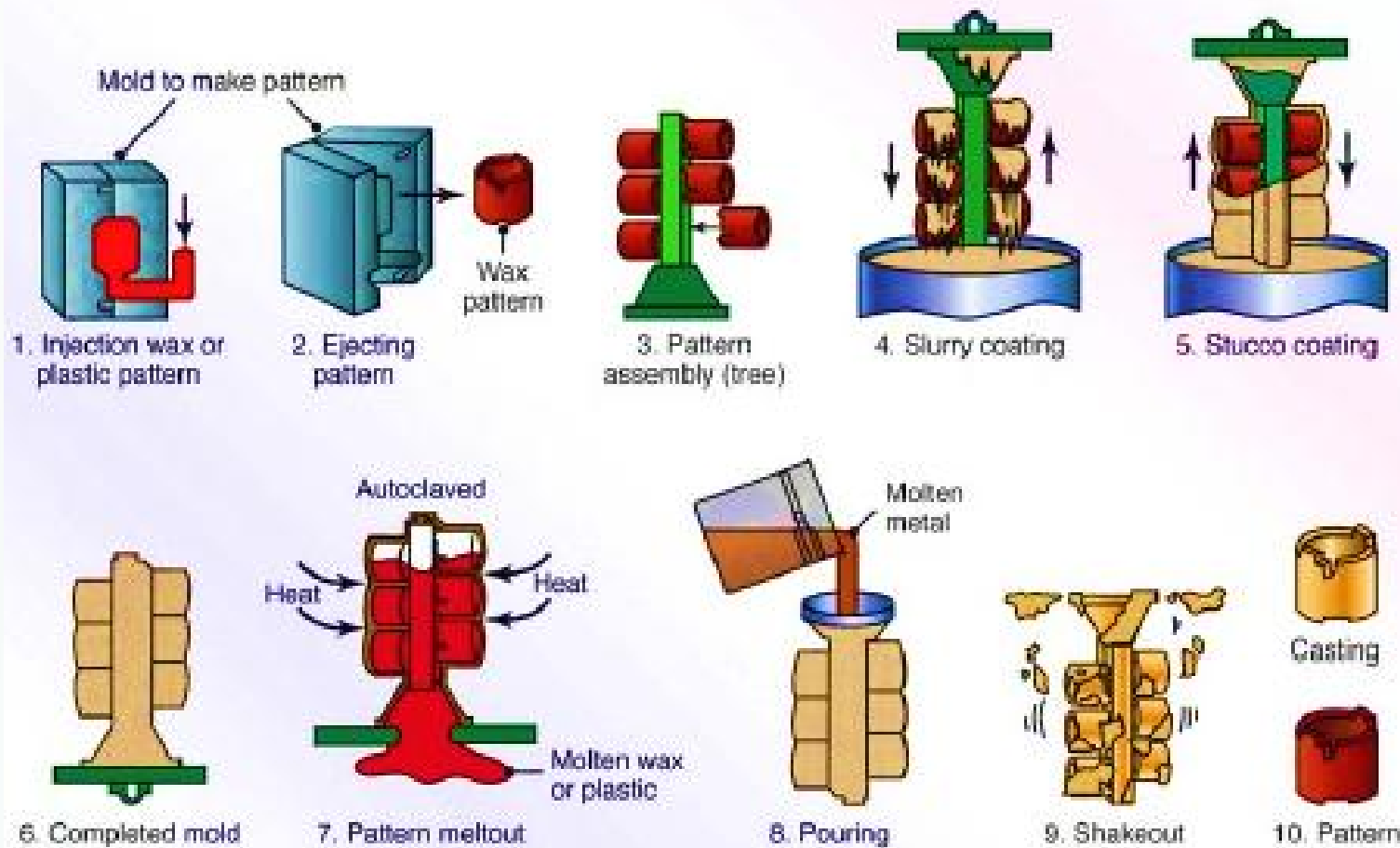
ریخته‌گری دقیق:

- 5- مدل مومی توسط سوزاندن یا ذوب از محفظه قالب خارج می‌شود.
- 6- در قالب‌های تولید شده عمل بارریزی مذاب انجام می‌شود
- 7- پس از انجماد مذاب، پوسته سرامیکی شکسته می‌شود.
- 8- در آخرین مرحله قطعات از راهگاه جدا می‌شوند.

ساخت سوپر آلیاژهای ریخته‌گری



روش ریخته‌گری دقیق برای ساخت سوپر آلیاژها





ریخته‌گری تحت خلاء

فرآیند ذوب القایی تحت خلاء یکی از روش‌های معمول در متالورژی است که برای تولید آلیاژهای تمیز با کیفیت شیمیایی دقیق و خلوص بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در روش ذوب القایی تحت خلاء، واکنش عناصر آلیاژی فعال با اتمسفر حداقل شده، و امکان کنترل دقیق ترکیب شیمیایی و رسیدن به خلوص بالا فراهم می‌شود.



ریخته گری تحت خلاء

این فرآیند بطور عمده برای تولید سوپر آلیاژها و فولادهای تمیز و برخی فلزات و آلیاژهای غیر آهنی فعال مورد استفاده قرار می گیرد.

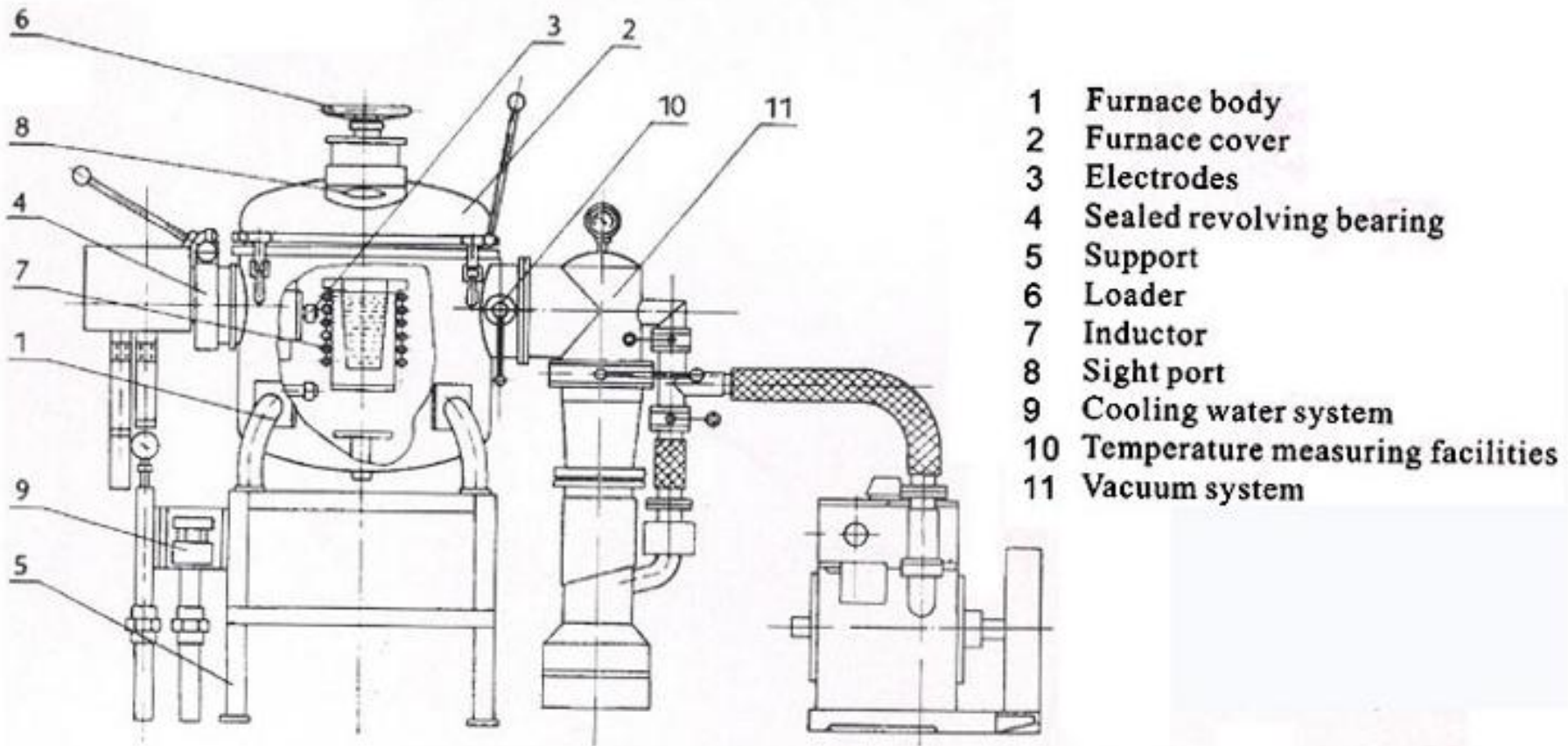
در روش ذوب القایی تحت خلاء، عملیات ذوب، آلیاژسازی و ریخته گری در محفظه خلاء انجام می گیرد.

در این روش برای ذوب از القای مغناطیسی استفاده می شود. برای ایجاد خلاء نیز ترکیب مناسبی از پمپ های مکانیکی و نفوذی بکار می رود.

ساخت سوپر آلیاژهای ریختگی



کوره القایی تحت خلاء





شکل دهی سوپر آلیاژها

در ابتدا شمش به روش ریخته گری تحت خلاء تولید می شود. سپس با روش های فورج، اکستروژن و یا نورد، کار مکانیکی بر روی سوپر آلیاژ صورت می پذیرد.

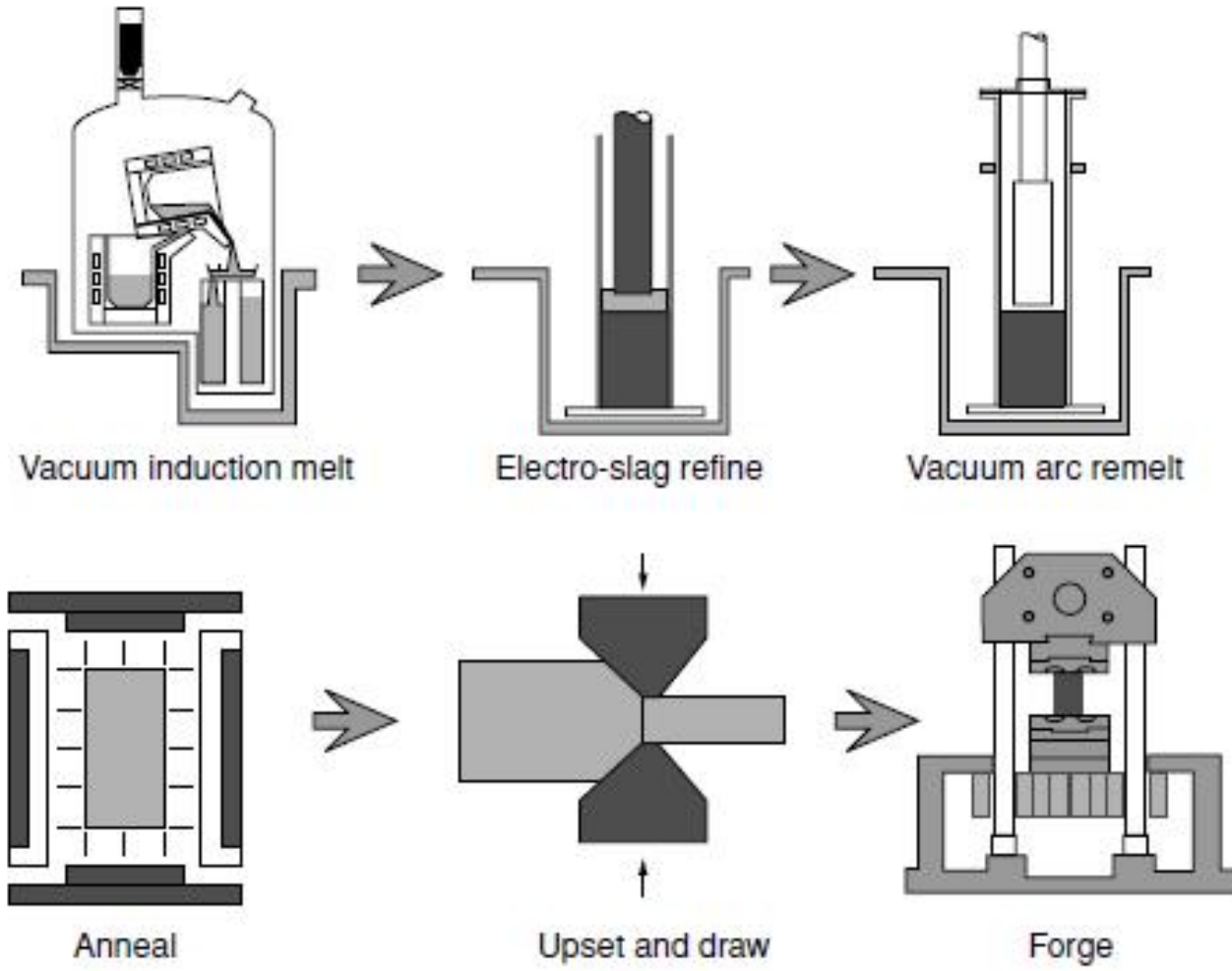
معمولاً عملیات شکل دهی در دمای بالا صورت می گیرد و تعداد کمی از سوپر آلیاژها را می توان به صورت سرد شکل دهی نمود.

عملیات ترمودینامیکی بر روی سوپر آلیاژها معمولاً در دمای 951-1111 درجه سانتی گراد انجام می شود که به این ترتیب در حین شکل دادن عملیات حرارتی نیز صورت می گیرد.

شکل دهی سوپر آلیاژها



مراحل شکل دهی سوپر آلیاژها به روش فورج





مراحل ساخت سوپر آلیاژها به روش متالورژی پودر

۱ ذوب مجدد شمش تولید شده

۲ اتمیزه کردن توسط دمش گاز آرگن و تولید پودر

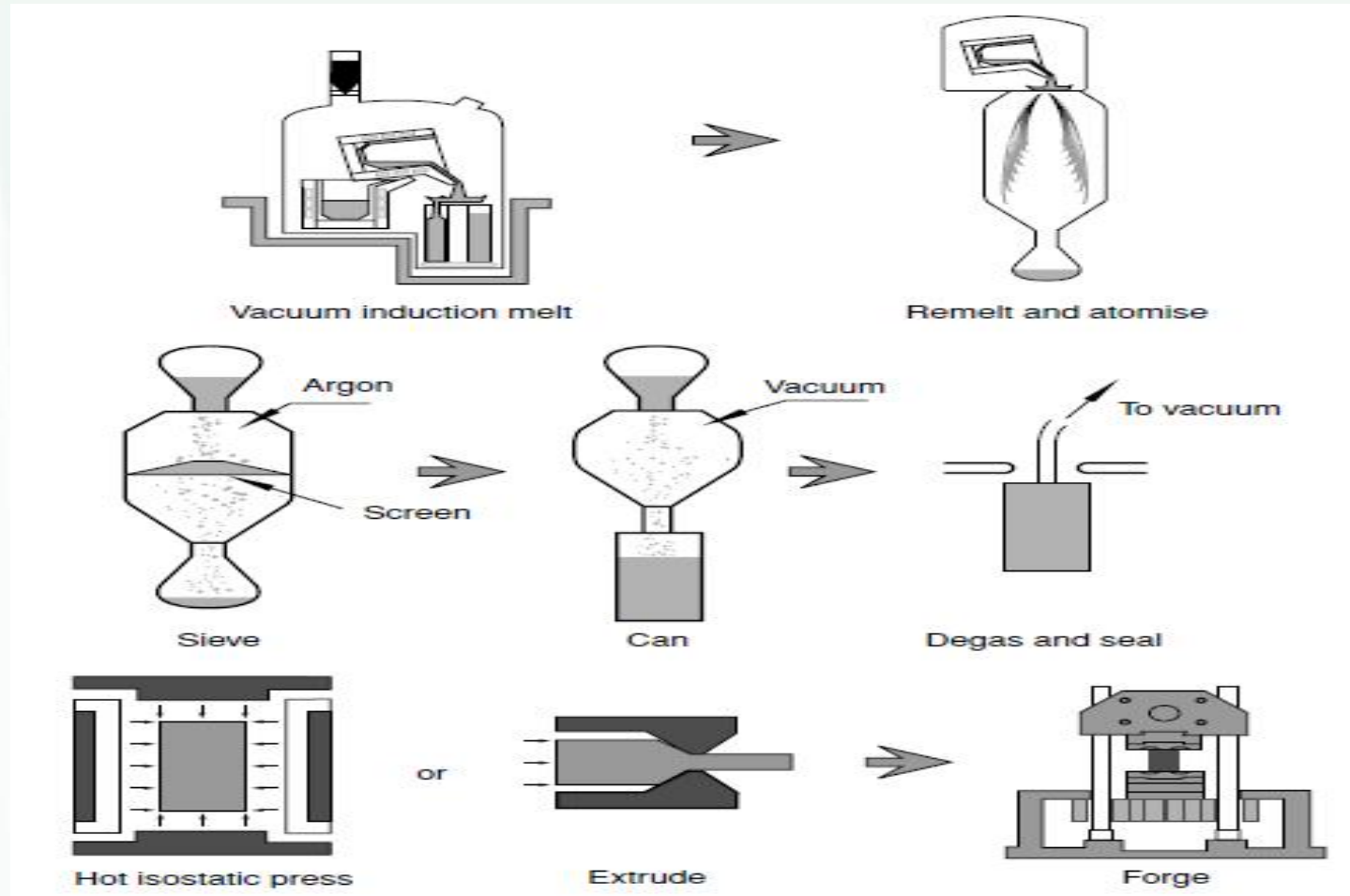
۳ پرس گرم و یا اکستروژن

۴ فورج

سوپر آلیاژهای متالورژی پودر



فرآیند تولید قطعه سوپر آلیاژی به روش متالورژی پودر



سوپر آلیاژهای متالورژی پودر



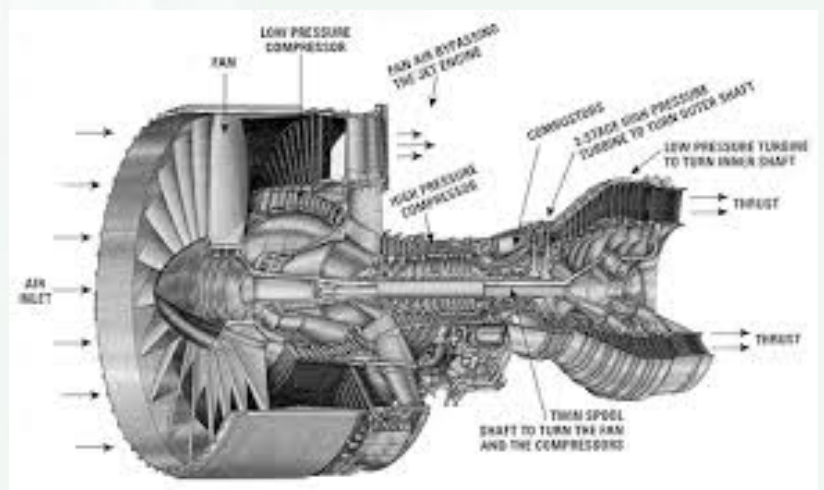
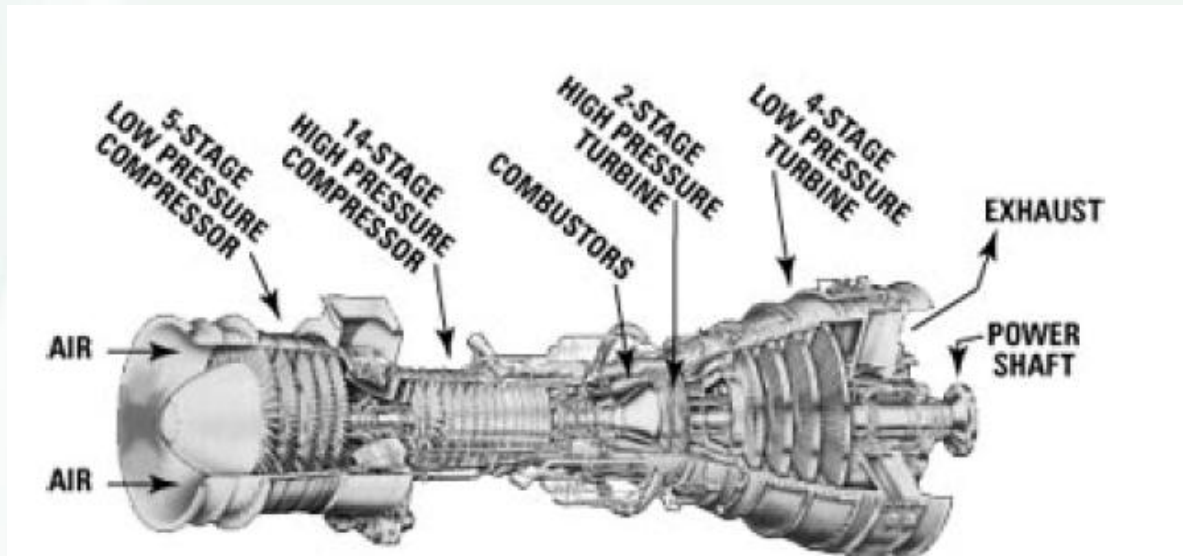
مزایا:

- یکنواختی در ترکیب شیمیایی و ساختار کریستالی
- ریز بودن اندازه دانه‌های کریستالی
- کاهش جدایش‌ها
- راندمان بالاتر از نظر مصرف مواد

معایب:

- حضور گاز باقیمانده، آلودگی کربنی و آخال‌های سرامیکی

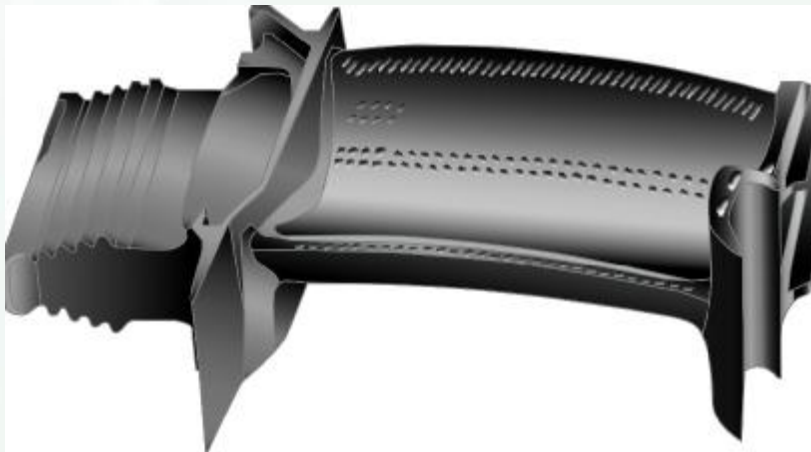
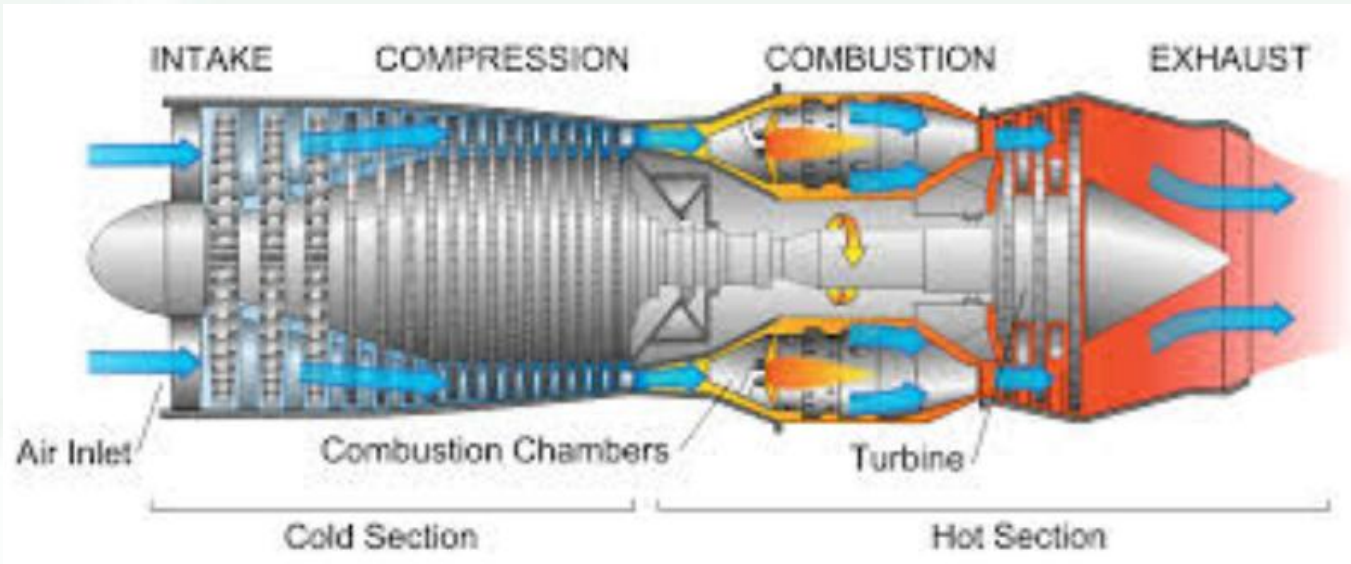
کاربرد سوپرآلیاژها



توربین گازی هواپیما



کاربرد سوپر آلیاژها

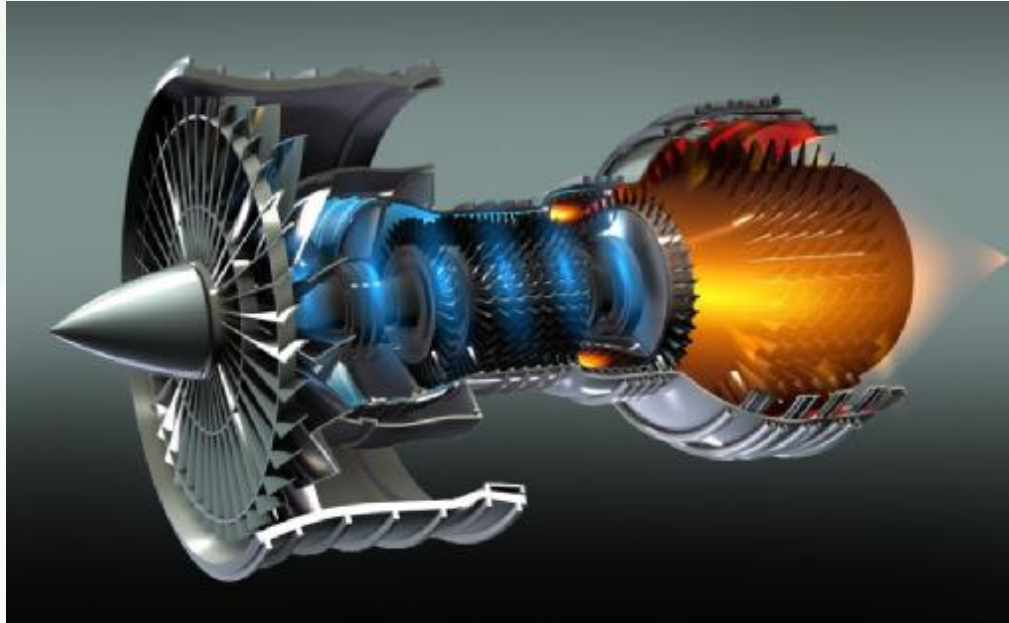


پره توربین موتور جت



Company Logo

کاربرد سوپر آلیاژها



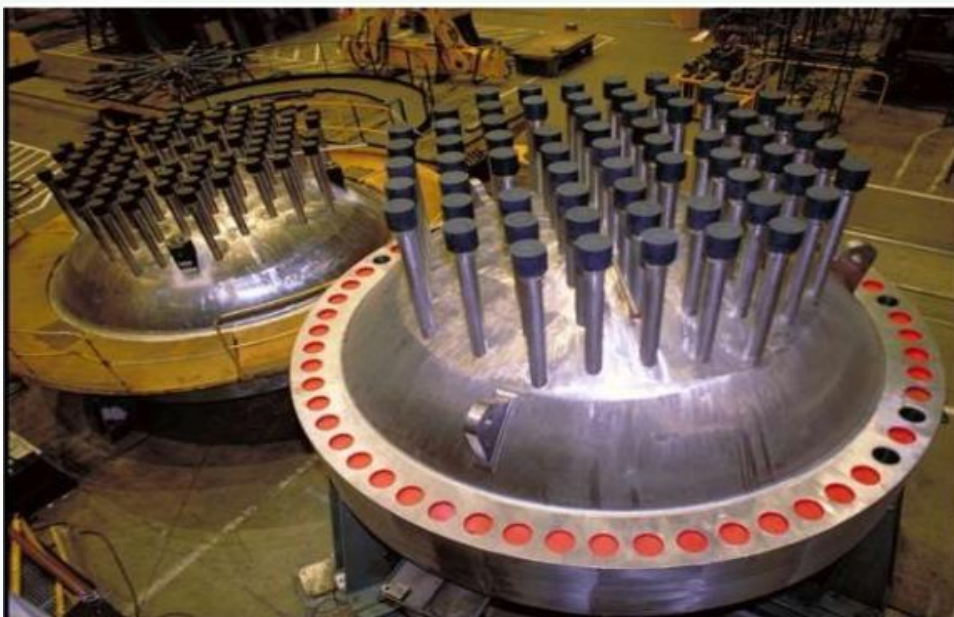
دیسک توربین موتور جت



Company Logo



کاربرد سوپر آلیاژها



مخزن راکتور هسته‌ای



• ساخت قالبهای ریخته‌گری و ابزارهای گرم کار

• مصارف پزشکی و دندانپزشکی

• فضاییها

• تجهیزات عملیات حرارتی

• صنایع دریایی

• سیستم‌های شیمیایی و پتروشیمی

• تجهیزات کنترل آلودگی



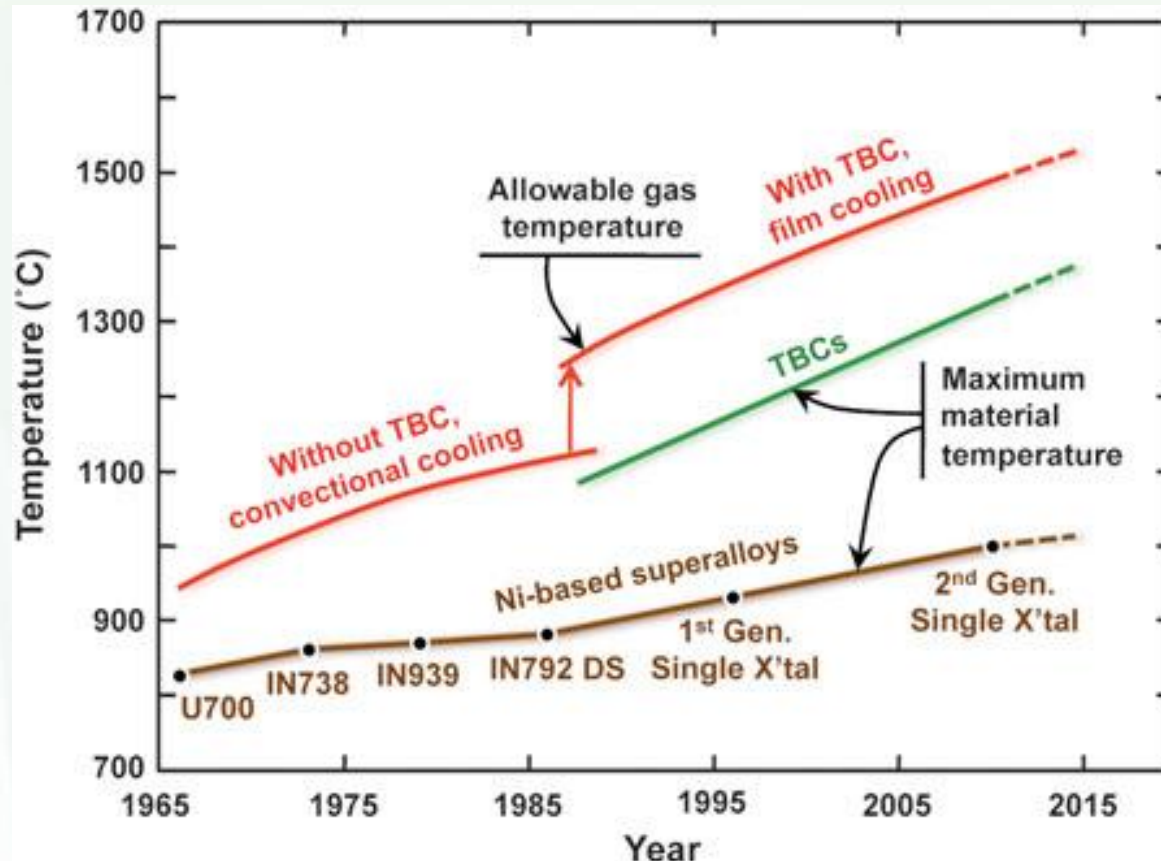
پوشش دادن سوپر آلیاژها

سوپر آلیاژها مقاومت در برابر اکسیداسیون بالایی دارند اما در بعضی موارد مقاومت به خوردگی کافی ندارند. در کاربردهایی مانند توربین هواپیما که دما بالاتر از 760 درجه سانتی گراد است، سوپر آلیاژها باید دارای پوشش باشند.

فن آوری پوشش دهی سوپر آلیاژها بخش مهمی از کاربرد و توسعه آنهاست. نداشتن پوشش به معنی کارایی کم سوپر آلیاژ در دمای بالاست.

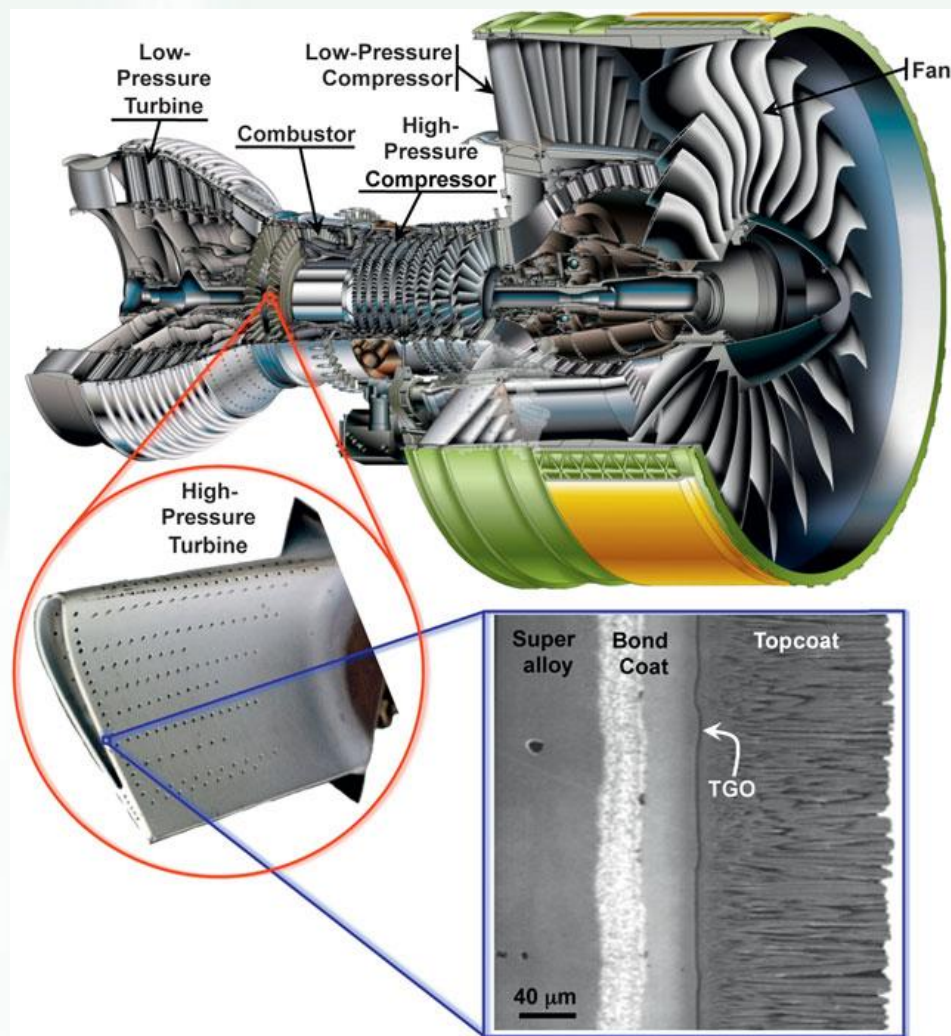
پوشش‌های محافظ حرارتی (TBC) شامل اکسیدهای سرامیکی دیرگداز باعث بهبود عملکرد قطعات سوپر آلیاژی حین کارکردشان می شود.

پوشش دادن سوپر آلیاژها



روند افزایش دمای کاری سوپر آلیاژها
با استفاده از پوشش های TBC

پوشش دادن سوپراآلیاژها



نمایی از پوشش سرامیکی $ZrO_2-7Y_2O_3$ ایجاد شده بر بدنه موتور هواپیما با استفاده از روش نشست فیزیکی بخار با استفاده از پرتو الکترونی (EB-PVD)

