Subject
Date

«آلیاژهای غیرآهنی»

جلسه اول ۱ مهر

ASM Specialty Hand book Aluminum and Aluminum alloys.

- آلیاژهای آلومینیوم
- آلیاژهای منیزیم
- آلیاژهای مس
- آلیاژهای تیتانیوم
- آلیاژهای نیکل
- آلیاژهای سرب و روی

آلیاژهای آلومینیوم:

آلیاژهای آلومینیوم نسبت استحکام به وزن بالایی دارند. چگالی آلومینیوم حدود 2.7 است و در مقایسه با آلیاژهای آهنی که حدود 7.3-7.9 است، آلیاژ سبکی است. استحکام آلیاژهای Al هم مناسب است.

معمولاً در جاهایی که وزن خیلی مهم است (در بدنه هواپیماها، تجهیزات جنگی مثل موشک‌ها، موتور خودروها و ...) از Al استفاده می‌شود.

اگر بخواهیم بین آلیاژهای غیرآهنی پرمصرف‌ترین (و پرکاربردترین) را معرفی کنیم، آلیاژهای Al و مس را معرفی می‌کنیم.

چگالی Al، 2.7 است.

آلیاژهای آلومینیوم
- 1. آلیاژهای ریختگی — Cast alloys
- 2. آلیاژهای کارپذیر — wrought alloys.

آلیاژهای ریختگی: آلیاژهایی هستند که از طریق فرآیندهای ریخته‌گری شکل داده می‌شوند. (مذاب را در داخل قالب می‌ریزند)

مثل: قابلمه‌های ضخیمی که تحت عنوان قابلمه‌های چدن در بازار موجودند.

آلیاژهای کارپذیر: آلیاژهایی هستند که با فرآیندهای شکل‌دهی تغییر فرم می‌یابند. مثل قابلمه‌های آلومینیومی نازک

برای ریخته‌گری کردن شرایط خاصی دارند، هر فلز (آلیاژی) را نمی‌توان ریخته‌گری کرد. این شرایط عبارتند از: (ریخته‌گری چدن‌ها از فولادها راحت‌تر است.)

شرایط مورد نیاز برای یک آلیاژ ریختگی: ۱. داشتن سیالیت بالای مذاب ۲. عدم حساسیت یا حساسیت پایین به ترک گرم

۳. قابلیت تغذیه و مذاب رسانی بالا (جهت کاهش مرگ‌ها و حفره‌ها به منظور افزایش سلامت قطعه)

پس از آلیاژهایی که این شرایط را ندارند، سعی می‌شود در ریخته‌گری استفاده نشود.

PAPCO

Subject
Date

مثل سیلندر ماشین

از مزیت‌های ریخته‌گری: ۱. اشکال پیچیده را میتوان از طریق ریخته‌گری تولید کرد. ۲. هزینه کمی صرف ریخته‌گری می‌شود. ریخته‌گری کلا از نظر، هزینه، سرعت عمل و از لحاظ اجرایی بر فرآیندهای شکل‌دهی اولویت دارد.

توضیح ترک گرم: معمولاً وقتی قطعه‌ای را ریخته‌گری می‌کنیم، قطعه منقبض می‌شود، فرضاً اگر یک قالب فلز داشته باشیم مطابق شکل، وقتی مذاب را داخل قالب می‌ریزیم، به هنگام انجماد، فلز میخواهد منقبض شود ولی محل مشخص شده در مقابل انقباض ممانعت می‌کند و در این مناطق، ترک گرم ایجاد می‌شود، بنابراین آلیاژی که حساسیت آن به ترک گرم بالا باشد، در اثر ریخته‌گری قطعه ترک برمیدارد به هنگام ریخته‌گری و قطعه سالمی بدست نمی‌آید.

(معایب) ویژگی‌های آلیاژ ریختگی نسبت به آلیاژهای کارپذیر

۱. استحکام و شکل‌پذیری پائین
۲. وجود انواع عیوب در قطعه ریختگی
۳. قابلیت اطمینان پائین (ممکن است قطعه 1m باشد ولی آزمایش‌های انجام شده روی آن 2m شود تا به اطمینان مورد نیاز برسد)

۱. بهترین آلیاژها را هم که در قالب‌های فلزی ریخته‌گری کنیم، نهایتاً ازدیاد طول ۶ الی 12 درصد می‌شود و این در حالی است که در حالت معمولی آلیاژهای ریختگی ۱ الی 2 درصد - بیشتر - ازدیاد طول ندارند و هم چنین استحکام پائینی دارند ولی آلیاژهای شکل‌پذیر حدود 30 الی 40 درصد ازدیاد طول ممکن است داشته باشند و حتی ممکن است استحکام تا 700 MPa هم برسد (آلیاژهای سری هفت هزار مثل 7075 یا مثلاً سری دو هزار (2024) استحکام‌های بالایی دارند)

2. انواع عیوب مثل موک انقباضی، موک گازی، مواد خارجی، ترک و ... در آلیاژهای ریختگی ممکن است وجود داشته باشند که باعث می‌شود این مسئله معیاری برای ارزش یک قطعه باشد. عیوب با استحکام و شکل‌پذیری مرتبط است در واقع اگر بتوانیم قطعه‌ای بریزیم که عیوب آن حداقل باشد و درست ریخته‌گری شده باشد، خواص مناسبی از جمله استحکام و شکل‌پذیری بالا خواهد داشت. در صنایع هوایی (چه نظامی، چه غیرنظامی) معمولاً قطعاتی که ریخته‌گری می‌شوند قیمت بالایی دارند و تست‌های زیادی روی آنها انجام می‌شود و چون قطعه ریخته‌گری هرچقدر هم که صحیح ریخته شود، احتمال عیب درون آن هست.

3. برای سازه‌های با حساسیت بالا از قطعات ریختگی استفاده نمی‌شود، مگر اینکه قطعه بر اساس استاندارد از نظر عیوب داخلی کاملاً بررسی شود.

* برای آلیاژهای کارپذیر حتماً باید یک شمش اولیه داشته باشیم که این شمش از طریق ریخته‌گری پیوسته تولید می‌شود. سپس روی این شمش کار می‌شود. پس در تولید آلیاژهای کارپذیر، فرآیند ریخته‌گری شمش اولیه هم داریم ولی فرآیند ریخته‌گری در آن به نحوی است که خیلی از عیوب مانند موک، آخال و حفرات و ... در آن وجود ندارد. فرآیند ریخته‌گری شمش اولیه، کنترل شده است. چون در ریخته‌گری پیوسته، مذاب با قالب در ارتباط نیست و تغذیه رسانی خوبی انجام می‌شود و سرعت سرد شدن بالاست، عیوب شمش اولیه‌ای که تولید می‌شود کم است.

آلیاژ کارپذیر

۱. استحکام و ازدیاد طول بالا.
۲. عیوب داخلی پائین (به دلیل ریخته‌گری شمش اولیه و فرآیندهای شکل‌دهی بعدی)
۳. قابلیت اطمینان بالا

و در ضمن فرآیندهای بعدی شکل‌دهی بسیاری از این عیوب را حذف می‌کنند.

PAPCO

Subject
Date

معمولاً آلیاژهای کارپذیر Al با 4 رقم و آلیاژهای ریختگی Al با 3 رقم شناسایی می‌شوند.

طبقه‌بندی آلیاژهای کارپذیر آلومینیوم:

۱. آلیاژهای سری هزار 1xxx

سری هزار تقریباً Al خالص است که عناصر جزئی آلیاژی به صورت ناخالصی وجود دارند و کنترل شده

این سری آلیاژها معمولاً در صنایع شیمیایی و الکتریکی استفاده می‌شود.

(کابل‌های برق که یا مسی هستند یا Al که به دلیل قیمت کم Al، ترجیح بر استفاده از Al است.

این سری آلیاژها به صورت سیم، ورق، Plate، تختال، شمش و ... وجود دارند.

غالباً در مصارف الکتریکی است ولی در تولید برخی آلیاژهای دیگر نیز استفاده شده

۲. آلیاژهای سری دو هزار 2xxx

جزو سری‌های خیلی مهم است. در این سری، عنصر مس، به عنوان عنصر آلیاژی اصلی بوده و عناصر دیگری به خصوص منیزیم به عنوان عناصر آلیاژی دوم و سوم می‌توانند استفاده شوند.

این سری آلیاژها بیشتر در صنایع هوایی استفاده می‌شوند.

(مثل بدنه هواپیماها، بدنه موشک‌ها و ...) * گاهی دو قطعه ترکیب یکسان دارند اما به دلیل منابع مختلف، خواص مختلفی هم دارند.

۳. آلیاژهای سری سه هزار 3xxx

در این سری منگنز به عنوان آلیاژهای سری اصلی است و کاربردهای عمومی دارند یعنی جائیکه خواص زیاد مهم نیست فقط جنس آلومینیومی مهم است، از این سری استفاده می‌شود.

۴. آلیاژهای سری چهار هزار 4xxx

در این سری، سیلیسیم به عنوان عنصر اصلی است و کاربرد آن به صورت الکترودهای جوشکاری است.

Subject
Date

۵. آلیاژهای سری پنج هزار 5xxx

در این سری، منیزیم عنصر آلیاژی اصلی است. این سری آلیاژها بیشتر در جاهایی که همه عملی است (اطراف دریا) و مقاومت به خوردگی بالایی نیاز است، از آن استفاده می‌شود. در کاربردهای دریایی مثل کشتی (یا هلی‌کوپترهای دریایی) از این سری استفاده می‌شود. وقتی کار سرد روی این آلیاژها انجام می‌شود، استحکام بالایی پیدا می‌کنند و قابلیت پیدا نمی‌کنند. در ایران تولید نمی‌شود و غالباً وارد می‌شود.

۶. آلیاژهای سری شش هزار 6xxx

در این سری، منیزیم و سیلیسیم عناصر آلیاژی اصلی هستند و کاربردهای عمومی دارند. در واقع جایی که خواص مهم نیست و خواص بالایی مورد نیاز نباشد، از این سری استفاده می‌شود. (بین آلیاژهای سری سه هزار و شش هزار کاربردهای عمومی دارند.)
تفاوت سری سه هزار و شش هزار: خواص شش هزار بالاتر است مثلاً قابلیت عملیات حرارتی پذیری و استحکام بالاتری دارند.

۷. آلیاژهای سری هفت هزار 7xxx

در میان آلیاژهای Al، بالاترین استحکام را سری هفت هزار و سپس ده هزار دارند. در این سری، روی (Zn) به عنوان عنصر اصلی است. مس، منیزیم، زیرکونیم و کروم و ... در آن استفاده می‌شوند. بیشتر در هواپیماها و صنایع هوایی و در جاهایی که استحکام خیلی بالا مورد نیاز است، استفاده می‌شود.

۸. آلیاژهای سری هشت هزار 8xxx

در این سری، تلع و لیتیم به عنوان عناصر اصلی هستند و کاربردهای خاص دارند و آلیاژهای مرسومی نیستند.

۹. آلیاژهای سری نه هزار 9xxx

این سری وجود ندارند، جهت آلیاژهای جدیدی که قرار است بعدها مورد توجه و استفاده قرار گیرد (توسعه)، لحاظ شده است.

آلیاژهای کارپذیر به ۲ دسته تقسیم می‌شوند:

- عملیات حرارتی پذیر — Heat treatable
  این آلیاژها با استفاده از فرایندهای عملیات حرارتی مختلف مثل محلول سازی و پیرسازی و 2 جزء آلیاژی شکل می‌گیرند. می‌توان استحکام آنها را تقویت داد. (مثل 2024-T8 (+1 Temper))
- غیر عملیات حرارتی پذیر — Non Heat treatable
  این آلیاژها را با استفاده از کارسرد می‌توان استحکام‌شان را افزایش داد.

Subject
Date

- Heat treat able
  - 2xxx
  - 6xxx
  - 7xxx

⇒ محلول سازی → کوانچ → کارسرد ⇒ افزایش استحکام

یا عملیات حرارتی

یا پیرسازی age hardening

یا precipitate hardening (رسوب سختی)

☑ آلیاژ 2024_O (O یعنی آنیل شده) : $\sigma_y = 186\ MPa$ (در کوره حرارت دیده و سپس در کوره سرد شود به تدریج)

2024 → Heat treated + Cold worked + $2\frac{1}{2}$ hr natural aging → $\sigma_y = 483\ MPa$

پیرسازی در دمای محیط

با عملیات حرارتی تقریباً سه برابر استحکام افزایش می‌یابد.

☑ آلیاژ 7075_O $\sigma_y = 228\ MPa$ ← بعد از عملیات حرارتی (محلول سازی و پیرسازی) $\sigma_y = 572\ MPa$ (عملیات حرارتی باعث افزایش استحکام می‌شود.)

- non Heat treatable
  - 1xxx
  - 3xxx
  - 4xxx
  - 5xxx

عموماً استحکام این آلیاژها از طریق کارسرد بدست می‌آید

اگر روی آلیاژ 3003_O کارسرد انجام دهیم، استحکام آن از 110 MPa به 200 MPa می‌رسد.

آلیاژهای معروف:

2024	2xxx
5083	5xxx
6063	6xxx
7039 _ 7075	7xxx

در میان آلیاژهای Al، آلیاژهای 7178_T6 (پیرسازی شده، عملیات حرارتی) بالاترین نسبت استحکام به وزن را دارد. این نسبت 863 است

در stainless steel این نسبت 483 است و در فولادهای ساده کربنی 211 است (نسبت ح واحد استحکام بر حسب واحد چگالی) ksi / lb/in³

بالاترین نسبت استحکام به وزن متعلق به تیتانیوم است که جزو ارزشمندترین آلیاژها و تولید آن سخت است.