دانشگاه صنعتی شاهرود

جلسه پنجم
آلومینیم و استاندارد آلومینیم

مقدمه

افتخار تولید اولین قطعات آلومینیوم خالص فلزی به شیمیست دانمارکی بنام اورستد H.C.Oersted تعلق دارد. هر چند که او نتوانست برای بار دوم آزمایش خود را با موفقیت تکرار کند اما همکار جوان او وهلر F.Wohler در سال ۱۸۲۷، از واکنش $AlCl_3$ با پتاسیم فلزی، توانست بقدر کافی آلومینیم خالص تولید نماید.

$$AlCl_3 + 3K = Al + 3KCl$$

قیمت یک کیلوگرم از این آلومینیوم تولیدی در حدود ۱۲۰۰ دلار بود، به گونه ای که گفته می شود در قصر ناپلئون سوم از ظروف آلومینیومی به جای ظروف طلا جهت پذیرایی میهمانان ویژه استفاده می شد.

-
- بالاخره در سال ۱۸۸٦ دانشمند آمریکائی C.M.Hall و دانشمند فرانسوی P.L.Heroult به طور همزمان و جداگانه موفق شدند که با حل کردن آلومینا در کریولیت مذاب و عبور دادن جریان برق از محلول الکترولیتی بدست آمده، فلز آلومینیوم را به دست آورد وقیمت آلومینیم به شدت کاهش یافت.

خواص آلومینیم

۱- آلومینیوم، فلزی نرم، سبک با ظاهری نقره‌ای - خاکستری مات با وزن مخصوص ۲/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب است. به همین دلیل جزء آلیاژ های سبک محسوب می شود. وزن آلومینیوم تقریباً یک سوم فولاد یا مس است. (این خاصیت از مهمترین خواص آلومینیوم محسوب می شود).

۲- آلومینیوم فلزی است با نقطه ذوب کم در نتیجه سیالیت خوب و ریخته گری مناسب. این فلز می تواند با انواع روشهای شناخته شده، ریخته گری شود.

۳- آلومینیوم مقاومت بسیار خوبی در برابر خوردگی و اکسیداسیون دارد. لایه نازک اکسیداسیون پایدار متخلخل که در اثر برخورد با هوا در سطح آن تشکیل می‌شود، از اکسیداسیون بیشتر جلوگیری می‌کند.

۴- آلومینیم دارای قابلیت هدایت حرارتی و الکتریکی بالایی می باشد و دارای قابلیت انعکاس زیاد نسبت به نور و گرما است. این فلز بعد از نقره و مس بهترین هادی حرارتی شناخته می شود.

استفاده از آلومینیم و آلیاژهای آن به دلیل سبکی بیشتر نسبت به مس، جایگزین مناسبی برای مس در هدایت الکتریسته است و جای این فلز را در خطوط هوایی انتقال نیروی ولتاژ بالا گرفته است.

آلومینیم ٪۸۰ نور را منعکس می کند که به استفاده آن در lithing fixtures منجر می شود. سقف های آلومینیم یک درصد زیادی از گرمای خورشید را منعکس می کنند، بنابراین ساختمان های مسقف شده با این فلز در تابستان خنک تر هستند

۵- قابلیت انجام عملیات حرارتی دارد. البته عملیات حرارتی آن ایج هاردینگ یا پیر سازی می باشد.

۶- براحتی به هر شکل می توان آنرا تبدیل کرد. دومین فلز چکش خوار و ششمین فلز انعطاف‌پذیر است و به راحتی خم می‌شود. دارای قابلیت انجام کار مکانیکی و تغییر فرم سرد و گرم می باشد. آلومینیم به علت داشتن ساختار FCC و تراکم زیاد در ساختار شبکه بلوریش فرم کاری خوبی در درجه حرارت محیط دارد .

۷- این فلز محصولات سمی در اثر واکنش ایجاد نمی کند. به همین دلیل در صنایع غذایی و همچنین به عنوان فویل در تماس مستقیم با مواد غذایی استفاده می شود.

استاندارد آلومینیم

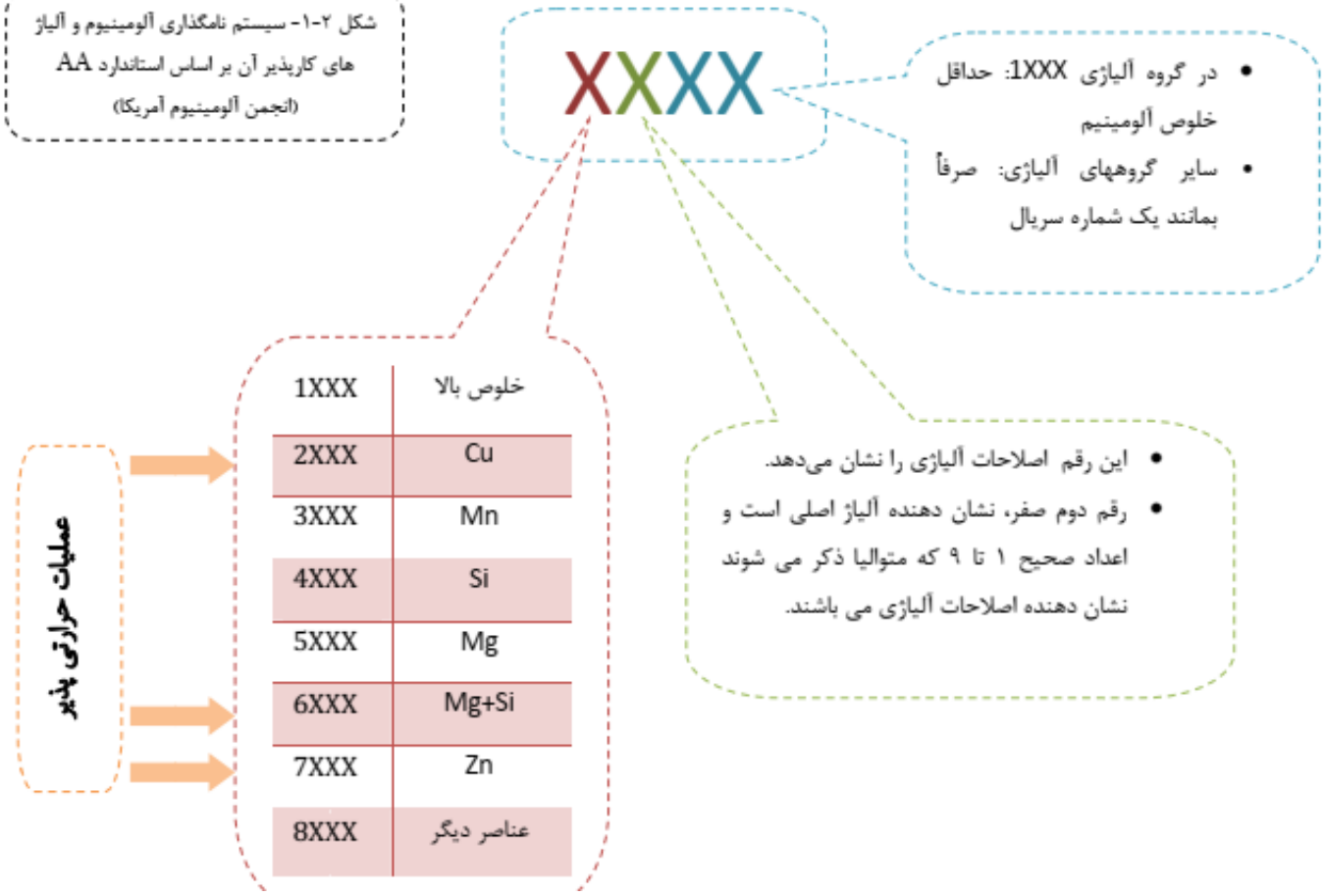
- انتخاب آلیاژهای آلومینیم برای کاربردهای مهندسی اغلب دشوار بوده زیرا مشخصات و نامگذاری آلیاژها از کشوری به کشور دیگر متفاوت بوده است. بنا براین انجمن آلومینیم آمریکا این مشکل را حل کرد.
- انجمن آلومینیم آمریک (استاندارد AA) یک استاندارد چهار رقمی برای دو دسته از آلیازهای آلومینیم تعریف می کند.
- ۱- آلیاژهای کار پذیر
- ۲- آلیاژهای ریختگی
- در هر دو روش، این کد گذاریها، از چهار عدد و یک حرف که نشاندهنده نوع عملیات سختکاری است، استفاده میشود.
- برای مثال عدد 2024-O

نشان میدهد که این آلیاژ از نوع کار شده دارای ترکیب آلیاژی از آلومینیم است که حاوی عنصر اصلی آلیاژی مس است و عملیات سختکاری O بر روی آن انجام شده است.

- حروف مربوط به سختکاری میتواند یکی از حروف F,O,H,T باشد که هر کدام مفهوم خاصی دارند.

استاندارد آلیاژهای کار پذیر

شکل ۲-۱- سیستم نامگذاری آلومینیوم و آلیاژ های کارپذیر آن بر اساس استاندارد AA (انجمن آلومینیوم آمریکا)



کاربرد رقمهای سوم و چهارم در نامگذاری گروه 1XXX، با سایر گروه ها تفاوت دارد. در گروه آلیاژی 1XXX، حداقل خلوص آلومینیم بوسیله این رقمها مشخص می شود، مثلاً ۱۱۴۵ دارای حداقل خلوص ٪۹۹/۴۵ و ۱۲۰۰ دارای حداقل خلوص ٪۹۹/۰۰ است. در سایر گروههای آلیاژی رقمهای سوم و چهارم صرفاً بمانند یک شماره سریال عمل می کنند. بنابراین آلیاژهای ۳۰۰۳، ۳۰۰۴، ۳۰۰۵، آلیاژهای متفاوت Al-Mn هستند و به همین ترتیب آلیاژهای ۵۰۲۸ و ۵۰۸۳ آلیاژهای مختلف گروه آلیاژهای Al-Mg را نشان می دهند. در این آلیاژ ها رقم دوم اصلاحات آلیاژی را نشان می دهد. رقم دوم صفر، نشان دهنده آلیاژ اصلی است و اعداد صحیح ۱ تا ۹ که متوالیا ذکر می شوند نشان دهنده اصلاحات آلیاژی می باشند. معمولا بین این آلیاژ ها رابطه نزدیکی وجود دارد. برای مثال ۵۳۵۲ با ۵۰۵۲ و ۵۲۵۲ رابطه نزدیک دارد و به همین ترتیب ۷۰۷۵ و ۷۴۷۵ از نظر ترکیب شیمیایی اختلاف کمی دارند.

آلیاژهای گروه ۱۰۰۰

این آلیاژها دارای خلوص ۹۹ درصدی آلومینیم بوده و به اصطلاح به آن‌ها آلومینیم خالص تجاری می‌گویند. این گروه از آلیاژها دارای مقاومت به خوردگی زیاد و فرم‌پذیری بالایی هســـتند. در تولید فویل‌های بسته‌بندی، تجهیزات حمل و نقل مواد شیمیایی و تجهیزات الکتریکی کاربرد فراوانی دارند

فویل الومَینیمی برای
بسته‌بندی مواد غذایی

آلیاژهای گروه ۲۰۰۰

این گروه آلیاژی دارای عنصرمس در ترکیب خود هستند و دارای استحکام بالا و مقاومت به خوردگی هستند. از جمله کاربردهای آن‌ها در بدنه هواپیما و بدنه محل حمل بار در کامیون‌هاست

اغلب قطعات بدنه هواپیما از آلومینیم است

آلیاژهای گروه ۳۰۰۰

- منگنز عنصر آلیاژیی مهم در این گروه از آلیاژهای آلومینیم است.
- اضافه شدن این عنصر مقاومت خوردگی را چندان بالا نمیبرد ولی استحکام بالا می برد.
- در تولید ظروف آشپزخانه، قوطی های مواد نوشیدنی و تجهیزات سرمایش و گرمایش استفاده می شود.

آلیاژهای گروه ۴۰۰۰

در این گروه از آلیاژها با اضافه کردن سیلسیم به آلومینیم دمای ذوب آن را کم کرده و امکان سیلان فلز را در فرایندهای مثل شکل‌دهی افزایش می‌دهند. این آلیاژها در صنایع خودروسازی و تولید سازه‌های فلزی کاربرد دارند

آلیاژهای گروه ۵۰۰۰

با افزودن منیزیم به آلومینیم، آلیاژهایی تولید می‌شـــود که مقاومت زیادی نسبت بـــه خوردگی دارند، بالاخص در برابر آب شـــور دریا مقاومـــت عالی دارند. به همین دلیل اســـت که این ســـری از آلیاژهای آلومینیم را با نام آلیاژهای دریایی آلومینیم می‌شناسند

آلیاژهای گروه ۶۰۰۰

در این آلیاژها برای دست یافتن به خواص واسطه‌ای میان استحکام سیلان فلزی مناسب و مقاومت به خوردگی از عناصر آلیاژی سیلیسیم و منیزیم در این گروه از آلیاژها استفاده می‌شود. از این گروه از آلیاژهای آلومینیم برای تولید مقاطع اکستروژن شده برای مصارف ساختمانی استفاده می‌شود چراکه استحکام این آلیاژها با فولاد قابل رقابت است

آلیاژهای گروه ۷۰۰۰

این آلیاژها از اهمیت خاصی در صنایع هوافضا برخوردار است. با افزودن اندکی روی به آلومینیم استحکام آلیاژ به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. به‌طوری که استحکام این آلیاژها در حدود ۵۰۰ MPa خواهد بود. این آلیاژها قابلیت جوشکاری ندارند و اتصال آن‌ها اغلب به صورت مکانیکی مثل پرچکاری است .

پرچکاری بال هواپیما

آلیاژهای گروه ۸۰۰۰

گروه هشـــتم از آلیاژهای کار شـــده آلومینیم، بسیار تخصصی است و اغلب در کاربردهای خارج جو از آن‌ها اســـتفاده می‌شـــود. این آلیاژها دارای استحکام فوق‌العاده زیادی هســـتند. و برای بالا رفتن استحکام آن‌ها از دیگر عناصر برای تولید آلیاژ استفاده می‌کنند

شاتل

گروه ۸xxx : آلیاژهای جدید آلومینیوم (آلیاژ آلومینیوم و سایر عناصر آلیاژی)

آلیاژهای آلومینیوم – لیتیم (Al – Li) : اخیرا تحقیقات زیادی بر روی آلیاژهای آلومینیوم – لیتیم (Al – Li) به عنوان خانواده جدید آلیاژهای آلومینیوم انجام گرفته و تولید و استفاده از این آلیاژ را به حد بالایی رسانده است.

مهمترین کاربرد این نوع آلیاژ در صنایع پیشرفته هوا – فضا و نیز ساخت هواپیماها می باشد.
لیتیم با چگالی پائین و نیز حلالیت حالت جامد بالای خود در آلومینیوم در بین آلیاژهای جدید آلومینیوم از اهمیت ویژه ای برخوردار گشته است.
زیرا که به ازای هریک درصد افزایش لیتیم در آلیاژ، دانسیته آن سه درصد کاهش می یابد. لیتیم همچنین در بین عناصر محلول منحصر به فرد است، زیرا افزایش قابل ملاحظه ای در مدول الاستیک (مدول یانگ) آلومینیوم بوجود می آورد. به گونه ای که به ازای هریک درصد افزودن لیتیم شش درصد مدول الاستیک افزایش می یابد.

همچنین لیتیم باعث افزایش مقاومت به رشد ترک ناشی از تنش خستگی و نیز افزایش چقرمگی در دماهای پائین می شود.

خواص کلی آلیاژهای آلومینیم کار پذیر

گروه	عملیات حرارتی	عنصر آلیاژی اصلی	خواص و کاربرد
1XXX	غیر قابل عملیات حرارتی	خلوص بالا	خواص خوردگی، هدایت حرارتی و الکتریکی خوب کاربرد: صنایع الکتریکی و شیمیایی
2XXX	قابل عملیات حرارتی	Cu	مقاومت مکانیکی بالا و خوردگی ضعیف جوش پذیری ضعیف
3XXX	غیر قابل عملیات حرارتی	Mn	مقاومت مکانیکی متوسط، شکل پذیری بالا، مقاومت به خوردگی خوب کاربرد: عمومی
4XXX	غیر قابل عملیات حرارتی	Si	نقطه ذوب کم کاربرد:الکترود جوشکاری، لحیم کاری و بریزینگ
5XXX	غیر قابل عملیات حرارتی	Mg	خواص جوش پذیری و بریزینگ خوب خواص خوردگی خوب نسبت به آب دریا خواص مکانیکی متوسط
6XXX	قابل عملیات حرارتی	Mg+Si	مقاومت مکانیکی متوسط- کارپذیری خوب مقاومت به خوردگی خوب- جوش پذیری خوب
7XXX	قابل عملیات حرارتی	Zn	مقاومت مکانیکی خیلی زیاد، جوشکاری ضعیف کاربرد: عمومی – صنایع هوایی
8XXX		عناصر دیگر	

آلیاژهای کاپذیر به صورت شمش تولید می شوند.

استاندارد آلیاژهای ریختگی

- وقتی که تغییری بر روی آلیاژ اصلی و یا حدود ناخالصی‌ها انجام گیرد؛ به ابتدای نامگذاری عددی یک حرف اضافه می‌شود. این حروف به ترتیب حروف الفبا و از A شروع می‌شود ولی حروف I, O, Q و X به کار برده نمی‌شوند.
- از حرف X برای آلیاژهای آزمایشی استفاده می‌گردد.

- در گروه ۱XX.X رقمهای دوم و سوم از سمت چپ نشان دهنده حداقل درصد آلومینیم است. بعنوان مثال آلیاژ 150.x نشان دهنده ترکیبی حاوی حداقل 99.50 درصد آلومینیم است.

- رقم آخر که پس از اعشار قرار دارد، نشان دهنده شکل محصول است که با کد صفر یا یک مشخص می شود.
- کد صفر برای قطعات ریختگی است
- کد یک برای شمش است

در گروه های آلیاژی ۲XX.X تا ۹XX.X رقمهای دوم و سوم به تنهایی اهمیتی ندارند و به عنوان عددی به کار می روند که نشان دهنده آلیاژ های مختلف در آن گروه ها می باشد. در این گروه آخرین رقم مشخص کننده شکل محصول است.

علایم پسوندی عملیات حرارتی و سختی در استاندارد انجمن آلومینیم امریکا

F (As Fabricated)

این نشانه برای فرآورده‌های شکل داده شده‌ای به کار می‌رود که کنترل ویژه‌ای بر شرایط حرارتی یا کار سختی آنها صورت نگرفته است. برای فرآورده‌های کار شده، محدودیت‌های خواص مکانیکی وجود ندارد.

O (Annealed)

این نشانه برای فرآورده‌های کار شده‌ای به کار می‌رود که برای دستیابی به حداقل استحکام تمپر یا بازپخت، آنیل‌کاری شده‌اند. برای فرآورده های ریختگی، که برای بهبود نرمی و ثبات ابعادی، آنیل‌کاری می‌شوند نیز، از این نشانه استفاده می‌شود.

H کار سخت شده (تنها برای محصولات کار شده آلومینیوم و آلیاژ های آن):

این نشانه برای فرآورده هایی به کار می‌رود که با کار سختی استحکام یافته‌اند و با، یا بدون عملیات حرارتی مکمل، کاهشی در استحکام آن‌ها به وجود آمده است. همیشه بعد از حرف H، دو یا چند رقم می‌آید که در ادامه شرح داده خواهند شد.

W: عملیات حرارتی محلولی شده (Solution Heat-Treated):

یک تمپر ناپایدار، که تنها برای آلیاژهایی که پس از عملیات حرارتی محلولی، به طور طبیعی ایج یا پیر شده‌اند (پیرشدگی خود به خودی در دمای اتاق)، کاربرد دارد. این نشانه‌گذاری، تنها ویژه مواقعی است که مدت زمان ایج یا پیرشدگی طبیعی ذکر شده است؛ برای مثال W ½ hr

T: عملیات گرمایی برای فرآوری بازپخت یا تمپر پایدار، به جز O,F یا H:

این نشانه برای محصولاتی به کار می‌رود که بر روی آن‌ها عملیات حرارتی با، یا بدون کار سختی مکمل، به منظور ایجاد یک بازپخت پایدار انجام می‌گیرد. همیشه بعد از حرف T، یک یا چند رقم می‌آید که در ادامه شرح داده شده اند.

حرف H

نشانه فرآورده هایی که با کار سختی استحکام یافته‌اند عبارت است از یک حرف H که به دنبال آن دو یا چند رقم آمده است. اولین رقم بعد از H نشان دهنده نوع عملیاتی است که روی محصولات انجام گرفته است:

H1: فقط کار سخت شده

این نشانه برای فرآورده هایی به کار می‌رود که برای دست یابی به استحکام مطلوب، بدون عملیات حرارتی مکمل، کار سختی شده‌اند. رقم بعد از H1 نمایش‌گر درجه کار سختی است.

H2: کار سخت شده و به طور جزیی آنیل شده

این نشانه برای فرآورده هایی به کار می رود که بیش از مقدار نهایی مطلوب، کار سخت شده و سپس با آنیل کاری جزیی، استحکام آن ها تا سطح مطلوب کاهش یافته است. رقم بعد از H2 نشان دهنده درجه کار سخت باقیمانده. پس از آنیل‌کاری جزیی محصول است.

H3: کار سخت شده و پایدار شده

این نشانه برای فرآورده هایی به کار می رود که کار سخت شده‌اند و خواص مکانیکی آن ها با عملیات حرارتی کم دما و یا گرمای ایجاد شده در حین فرآیند تولید پایدار شده است. در نتیجه استحکام کششی شان اندکی کاهش یافته و نرمی شان بهبود پیدا کرده است. این نشانه در مورد آلیاژهایی که به تدریج در دمای اتاق، پیرنرم (اَبَع نرم) می شوند نیز کاربرد دارد. رقم بعد از H3 نمایان‌گر درجه کار سختی باقیمانده. پس از پایداری است. لازم به ذکر است H3 تنها در مورد آلیاژ های گروه 5XXX اعمال می‌شود.

رقم بعد از نشانه‌های H2, H1 و H3 که نشان‌گر درجه کار سختی است و بین ۱ تا ۸ متغیر است.

Hx8 نشان دهنده وضعیت کاملا سخت شده می باشد. استحکام کششی به دست آمده از کاهش ۷۵٪ در سطح مقطع اولیه نمونه آنیل کامل شده می باشد (دما در طول کاهش سطح مقطع نبایستی از ۵۰ سانتی گراد تجاوز کند). تمپر یا بازپخت میان صفر (آنیل شده)
عدد ۲ نشان دهنده حالت یک چهارم سخت شده بین حالت صفر (آنیل کامل) و حالت ۸ می باشد (Hx2=¼ Hx8).
۴ نشان دهنده حالت نصف سخت شده بین حالت صفر (آنیل کامل) و حالت ۸ می باشد
و عدد ۶ نشان دهنده حالت سه چهارم می باشد

حرف T

:T1

۱. فرآیند ساخت در دمای بالا
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی طبیعی تا رسیدن به شرایط پایدار

:T2

۱. فرآیند ساخت در دمای بالا
۲. سرد کردن قطعه
۳. انجام کار سرد بر روی قطعه
۴. پیرسازی طبیعی تا رسیدن به شرایط پایدار

:T3

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. انجام کار سرد بر روی قطعه
۴. پیرسازی طبیعی تا رسیدن به شرایط پایدار

:T4

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی طبیعی تا رسیدن به شرایط پایدار

:T5

۱. فرآیند ساخت در دمای بالا
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی مصنوعی

:T6

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی مصنوعی

:T7

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی مصنوعی تا رسیدن به شرایط پایدار

:T8

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. انجام کار سرد بر روی قطعه
۴. پیرسازی مصنوعی

:T9

۱. عملیات حرارتی محلولی
۲. سرد کردن قطعه
۳. پیرسازی مصنوعی
۴. انجام کار سرد بر روی قطعه

T10:

۱. فرآیند ساخت در دمای بالا
۲. سرد کردن قطعه
۳. انجام کار سرد بر روی قطعه
۴. پیرسازی مصنوعی

نکته مهم

در بعضی موارد پسوندهای رده T دارای اعدادی بیش از یک رقم هستند مانند AA 6061-T651 که در این صورت باید موارد زیر را در نظر داشت

- TX51 بیانگر کشش بعد از عملیات حرارتی عدد اول عدد (x) است.
- TX52 بیانگر تنش فشاری بعد از عملیات حرارتی عدد اول (x) است.
- TX54 بیانگر ترکیبی از کشش و فشار بعد از عملیات حرارتی عدد اول (x) است
- TX6 بیانگر کار سرد به وسیله نورد تا کاهش ٦ درصد از سطح مقطع، بعد از عملیات X هست.