آلومینیوم وآلیاژهای آن

آلومینیوم، فلزی نرم و سبک، با ظاهری نقره ای -خاکستری مات و لایه نازک اکسیداسیون بر روی سطح آن است. به طور تقریبی، وزن آلومینیوم یک سوم وزن فولاد یا مس است .آلومینیوم فلزی بسیار بادوام و مقاوم در برابر خوردگی است .به علاوه، این عنصر غیرمغناطیسی، فلزی چکش خوار و انعطا ف پذیر است.

8 درصد از عناصر پوسته زمین، عنصرآلومینیوم است .این عنصر در حالت آزاد بسیار نادر است و زمانی فلزی گرانبها و ارزشمندتر از طلا به حساب می آمد .درسالهای اخیر، به عنوان فلزی صنعتی مورد توجه قرار گرفته و در مقیاسهای تجاری تنها بیش از100 سال است که مورد استفاده قرار گرفته است.

آلومینیوم دارای قابلیت هدایت حرارتی بالایی می باشد؛ به گونه ای که، بعد از نقره و مس بهترین هادی حرارتی شناخته میشود .دانسیته آلومینیوم در حدود 2.7 گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و به همین دلیل جز آلیاژهای سبک محسوب میشود .نقطه ذوب پایینی در حدود 670 درجه سانتیگراد دارد .قابلیت انجام عملیات حرارتی دارد اما عملیات حرارتی آن اچ هاردینگ یا پیرسازی می باشد.

دارای قابلیت انجام کار مکانیکی و تغییر شکل سرد و گرم میباشد. آلومینیوم و آلیاژهای آن را می توان در قالبهای دائمی و یا فورج نیز استفاده کرد .آلومینیوم و آلیاژهای آن به علت ویژگیهای خاص در بیشتر صنایع از جمله اتومبیل سازی، غذاسازی، ساختمان سازی، خودروسازی، اسکلت سازی، صنایع حمل ونقل ریلی و دریایی، صنایع پتروشیمی و صنایع هوایی به کار برده می شود.

خواص مختلف و پرکاربرد این فلز سبب شده است که برای نیازهای مختلف بتوان از آلومینیوم استفاده کرد. تنوع بسیار بالای آلیاژهای آلومینیوم (بیش از 450 نوع) دلیل کاربرد و تنوع مصرف آلومینیوم می باشد. اگر چه این آلیاژها دارای ویژگیهای خاصی هستند، لیکن کلیه آلیاژهای دارای خواص مشترکی نظیر وزن مخصوص کم، هدایت الکتریکی زیاد، هدایت حرارتی زیاد، قابلیت انعکاس، خاصیت جرقه نزدن و غیر مغناطیسی بودن، مقاومت بسیار زیاد در برابرخوردگی،

افزایش استحکام در دمای پائین، نسبت استحکام به وزن بالا، شکل پذیری بالا، غیرسمی بودن، زیبایی و قابلیت بازیافت آسان اشاره کرد.

عناصر آلیاژی بکار رفته در ساختار آلیاژهای آلومینیوم به تنهایی یا در حضور سایر عناصر، خواص ویژه ای را به آلومینیوم می دهند. تاثیر هر یک از این عناصر به صورت زیر بیان شده است:

- **مس (Cu):** حداکثر استفاده از این عنصر 4ـ 10 درصد می باشد. وجود مس باعث بهبود استحکام و سختی در حالت ریختگی و عملیات حرارتی شده، مقاومت به خوردگی و حساسیت به خوردگی در اثر تنش راکاهش می دهد.

- **سیلیسیم (Si):** سیلیسیم باعث بهبود خواص ریخته گری می شود و شدیداً سیالیت، مقاومت به ترک گرم وخاصیت موادرسانی مذاب را بهبود می بخشد. خانواده آلیاژهای آلومینیوم ـ سیلیسیم مصرف فراوانی در صنعت داشته و به صورت آلیاژهای یوتکتیک، هیپویوتکتیک یا هایپریوتکتیک تا 25٪ درصد سیلیسیم مصرف می شوند.

- **منیزیم (Mg):** سبب بهبود استحکام و سختی آلیاژهای عملیات حرارتی پذیر می شود. نسبت استفاده از این فلز در آلیاژها 0.07 ـ 0.4 می باشد. منیزیم در آلیاژ سبب روشن شدن سطح، مقاومت به خوردگی و ترکیبی از استحکام و شکل پذیری می گردد.

- **روی (Zn):** روی به تنهایی اثری بر آلومینیوم ندارد، لیکن به همراه عناصری نظیر مس یا منیزیم سبب ایجاد خواص عملیات حرارتی پذیری و پیرسختی طبیعی می شود. روی بیشتر در ترکیبات شیمیایی آلیاژهایی که از طریق دایکاست و ریخته گری ثقلی تهیه می شوند، استفاده می شود.

- **قلع (Sn):** این عنصر به طور موثر خاصیت ضد اصطکاکی را بهبود می بخشد، بنابراین در کاربردهای یاتاقانی مفید می باشد. آلیاژهای ریختگی ممکن است تا 25٪ قلع داشته باشند. افزایش میزان قلع سبب بهبود خواص ماشینکاری شده و عمل رسوب سختی را در بعضی از آلیاژها مورد تاثیر قرار دهد.

- **سرب (Pb):** وجود سرب در مقادیر بیش از0.1 درصد باعث بهبود خواص ماشین کاری می گردد.

- **آهن (Fe):** این عنصر مقاومت به ترک گرم را بهبود داده و چسبیدن قطعه به قالب را در ریخته گری تزریقی کاهش می دهد. افزایش درصد آن سبب کاهش خاصیت فرم پذیری می شود. ضمنا این عنصر ممکن است با سایر عناصر افزوده شده به مذاب واکنش داده و ترکیبات بین فلزی پیچیده یا لجن تولید کند.

- **منگنز(Mn):** این عنصر در مقادیرکم برای کنترل اثر تخریبی آهن بصورت فازهای ترد و شکننده بکار می رود. مقدار آن در حدود نصف درصد آهن است. منگنز به عنوان عنصر آلیاژی درترکیبات آلیاژی کار پذیر بکار می رود.

- **کرم (Cr):** افزودن کروم سبب ایجاد ترکیبات بین فلزی شده و چونه این ترکیبات حلالیت بسیارکمی در حالت جامددارند، از رشد دانه جلوگیری می کنند. کروم در برخی آلیاژها مقاومت به خوردگی را بهبود داده و در مقادیر بالاتر حساسیت به سریع سرد شدن را افزایش می دهد.

- **نیکل (Ni):** این عنصر همراه با مس مقاومت در درجه حرارت بالا را افزایش داده و همچنین ضریب انبساط حرارتی را کاهش می دهد.

- **فسفر (P):** این عنصر باعث جوانه زنی و تصفیه (ریز شدن) فاز سیلیسیم اولیه درآلیاژهای هایپریوتکتیک آلومینیوم ـ سیلیسیم می شود.

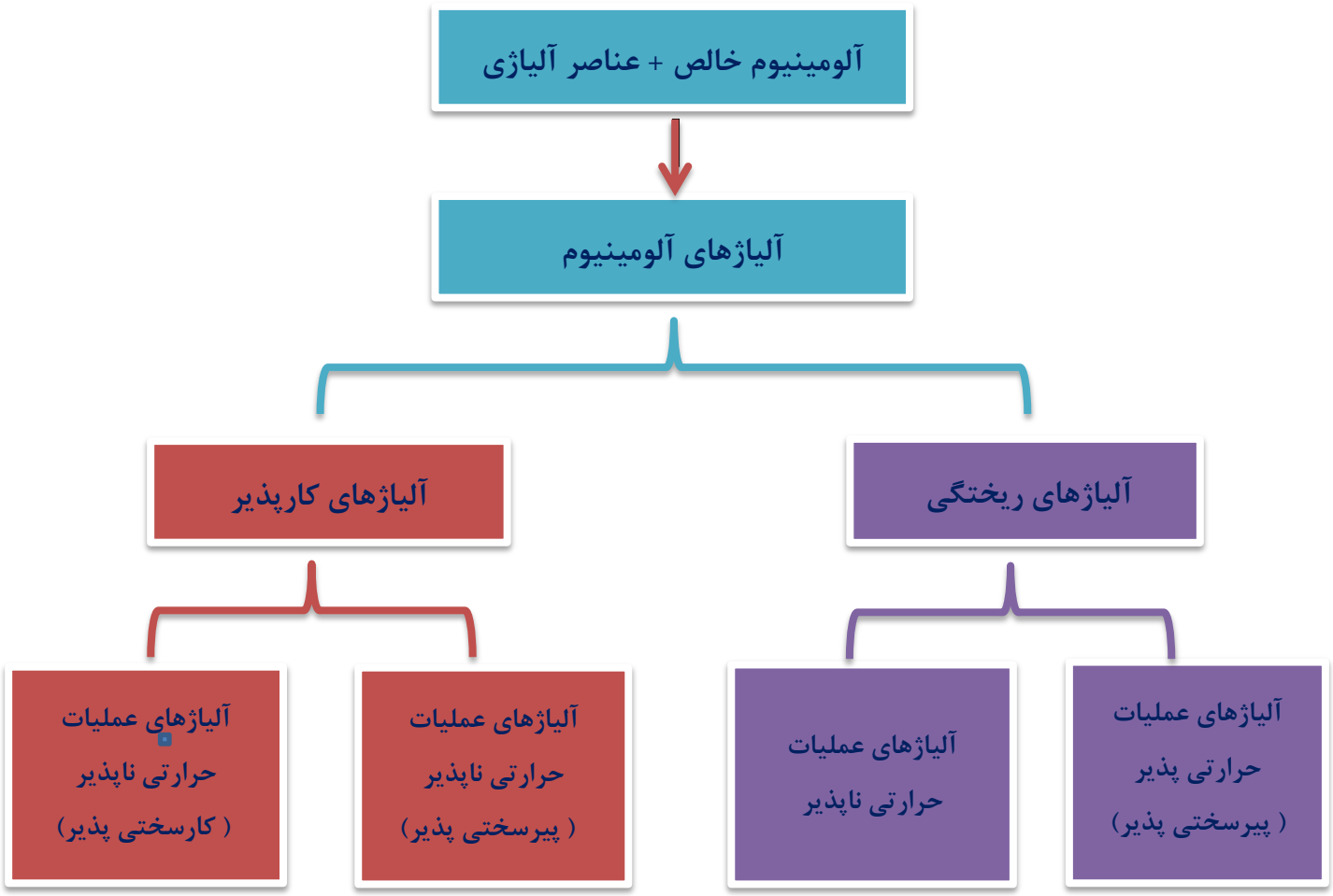
- **تیتانیوم (Ti):** برای ریز کردن ساختار در آلیاژهای ریختگی آلومینیوم از این عنصر استفاده می شود. تیتانیوم معمولا به همراه مقادیرکمی بر به کار می رود.

- **استرانسیوم (Sr):** این عنصر جهت اصلاح و بهسازی آلیاژهای یوتکتیک آلومینیوم ـ سیلیسیم استفاده می شود.

- **آنتیموان (Sb)، سدیم (Na):** هردوی این عناصر در مقادیرکم (در حدود 0.05٪) جهت اصلاح و بهسازی سیلیسیم بکار می روند.

طبقه بندی آلیاژهای آلومینیوم

به طور کلی، آلیاژهای آلومینیوم از نقطه نظر روش تولید به دو گروه اصلی آلیاژهای کارپذیر[1] و آلیاژهای ریختگی[2] تقسیم می شوند و هر کدام از این گروه ها به دو دسته عملیات حرارتی پذیر و غیر قابل عملیات حرارتی تقسیم بندی می شوند.



شکل (1-1)طبقه بندی کلی آلیاژهای آلومینیوم

1-Wrought Ailloys

2-Casting Alloy

آلیاژهای کارپذیر با استفاده از فرآیندهای شکل دهی به حالتهای سرد و گرم تولید می شوند؛ درحالیکه، فرآیند اصلی در تولید آلیاژهای ریختگی، ذوب و ریخته گری می باشد .آلیاژهای کارپذیر از نقطه نظر ترکیب شیمیایی و ساختار میکروسکوپی با آلیاژهای ریختگی کاملاً تفاوت دارند .هر یک از دو گروه فوق نیز به دو دسته متمایز،آلیاژهای عملیات حرارتی ناپذیر[1] آلیاژهای عملیات حرارتی پذیر یا پیرسختی پذیر[2] تقسیم می شوند .در شکل (1-1) طبقه بندی کلی آلیاژهای آلومینیوم نشان داده شده است.

واژه عملیات حرارتی پذیر در مورد هر نوع عملیات حرارتی برروی آلیاژهای آلومینیوم اطلاق نمی شود .هر آلیاژ ریختگی یا نوردی (کارپذیر) آلومینیوم که بتوان استحکام آن را از طریق عملیات حرارتی خاصی موسوم به رسوب سختی [3] افزایش داد، آلیاژ عملیات حرارتی پذیر نامیده می شود.

به طور عمومی، آلیاژهای ریختگی یا کارپذیر با خاصیت رسوب سخت شوندگی حاوی عناصری مثل Cu، Cu+Mg، Mg+Si(Mg2Si) و Mg+Zn(Mg2Zn) هستند که خاصیت سختی پذیری را به آلیاژ می دهند .آلیاژهای آلومینیومی که استحکام آنها از این طریق قابل افزایش نیست، عملیات حرارتی ناپذیر نامیده میشوند.

3- Non Heat Treatable
4-Heat Treatable
5-Precipitation Hardening

آلیاژهای کارپذیر

در آلیاژهای کارپذیر(نوردی) ابتدا آلیاژ به شکل شمش ریخته و سپس با توجه به شرایط تولید هر یک از فرآیند-های کار سرد مانند نورد، فورج، سوراخ کاری، برش و .... بر روی قطعه انجام می شود .به طور معمول، از دو روش مداوم [1] ونیمه مداوم یا تک باری [2] برای تهیه شمش نوردی استفاده میشود.

در روش مداوم، محفظ های از فولاد گرم که در زیر پاتیل مذاب قرار دارد، مذاب را به صورت دائم دریافت کرده و مذاب پس از رها شدن از پاتیل وارد محفظه شده و در مرحله اول آبگردهایی که در قسمت بالای محفظه قرار دارند مذاب را به صورت خمیری نموده و در مرحله بعد مذاب به منطقه آبفشان رسیده و به طور کامل منجمد می شود و درپایان، با تیغه انتهایی محفظه، عمل برش فلز انجام و بر روی صفحه نقاله قرار میگیرد .این روش از سرعت تولید بالایی برخوردار است . روش تکباری در کارخانه ها و به وسیله قالبهای ماسه ای انجام می شود .ابتدا کوره را به مقدار معینی شارژ کرده و سپس شارژ آماده شده در قالبهای مورد نظر ریخته می شود.

آلیاژهای ریختگی

در این روش، هدف تولید شکل نهایی قطعه به صورت مذاب ریزی مستقیم می باشد .انواع مواد شارژ جهت ریخته- گری آلیاژهای آلومینیوم وجود دارند که عبارتند از:

1- شمش اولیه: این شمش معمولا در کارخانه های ذوب آلومینیوم تولید و از درصد خلوص بالایی در حدود 99/7٪ برخوردار است .به طور معمول، این شمشها به صورت پوکه های مستطیل شکل با وزن 15 الی 20 کیلوگرم تهیه می-شوند .به منظور آلیاژسازی از شمش های منیزیم، روی و سیلیسیم استفاده می شود .در مواقعی که، هدف افزودن مقدارکمی منیزیم و سیلیسیم به مذاب باشد، از آن شمش ها استفاده می شود .در سایر موارد، از آلیاژسازها یا هاردنرها استفاده می شود.

1-Continues
2-Non Continues

2- شمشهای ثانویه :این شمشها معمولا از ذوب مجدد قراضه ها و برگشتی ها تولید می شوند .به دلیل انجام عملیات تصفیه و تمیزکاری بر روی آنها، این شمش ها از لحاظ قیمت گرانتر از شمش های اولیه هستند ولی درصد خلوص و کیفیت بالاتری نسبت به شمش های اولیه را دارا می باشند.

3- قراضه ها :قیمت مناسبی داشته ولی قبل از استفاده باید عملیات تمیزکاری بر روی آنها انجام شود.

4- برگشتی ها :این شمشها شامل انواع قطعات معیوب و سیستم راهگاهی می باشد که جهت شارژ مجدد در ریخته گری استفاده می شود.

5- آلیاژسازها و یا هاردنرها (آمیژن ها): آمیژن به معنی عنصری است که با آلومینیوم آلیاژسازی شده است. هرگاه هدف، افزودن عناصری با نقطه ذوب بالاتر یا نقطه ذوب پایینتر به مذاب باشد، از آلیاژسازها استفاده می شود .به-عنوان مثال، اضافه کردن مس با نقطه ذوب 1080 درجه سانتیگراد و یا روی با نقطه ذوب 420 درجه سانتیگراد به مذاب آلومینیوم باید به صورت آمیژن انجام شود. فلزات دارای نقطه ذوب پایین، به علت فشار بخار زیاد در ریخته گری آلومینیوم باید آنها را به صورت آمیژان استفاده کرد؛ به دلیل آنکه، افزودن خالص آنها به مذاب باعث پاشش مذاب می-شود.

نمادگذاری آلیاژهای آلومینیوم براساس استاندارد[1] AA

زبان مشترک دنیای صنعت و مهندسی، استاندارد نامیده میشود .استفاده از استانداردها باعث تسهیل در انتقال اطلاعات و بیان اطلاعاتی همچون خواص، ترکیب و کاربرد آلیاژها و مواد مختلف با زبانی ساده و عمومی می شود. با توجه به فراوانی استانداردهای بومی و منطقه ای، کشوری و بین المللی، مشکلات مربوط به معادل سازی استانداردهای مختلف، همچنان پا بر جاست و در کشورها و مناطق مختلف از استانداردهای گوناگون استفاده میشود. که متداولترین و AA در این مبحث نحوه تقسیم بندی آلیاژهای آلومینیوم براساس استاندارد آمریکایی شناخته شده ترین روش در شناخت آلیاژهای آلومینیوم

1-Aluminium Association

محسوب می شود، ذکر می گردد تا ضمن آشنایی با آلیاژهای آلیاژهای AA آلومینیوم، این استاندارد و نحوه کـاربرد آن در مورد آلیاژهای آلومینیوم نیز بیان گردد .

در استاندارد آلومینیوم به دو دسته آلیاژهای کارپذیر و آلیاژهای ریختگی تقسیم بندی می شوند .هر دسته از ایـن آلیاژهـا براساس عنصر آلیاژی اصلی و نیز خواص و کاربرد به چند گروه تقسیم بندی می شوند.

نمادگذاری آلیاژهای آلومینیوم کارپذیر

در استاندارد AA آلیاژهای کارپذیر آلومینیوم مطابق با جدول (1-1) به هشت گروه تقسیم بندی می شوند که هر آلیاژ بـا یک عدد چهار رقمی مشخص می شود .رقم اول از سمت چپ نشان دهنده گروه اصلی آلیاژی است .چنانچـه رقـم دوم از سمت چپ صفر باشد، به معنی آلومینیوم آلیاژ نشده دارای مقدار کمی ناخالصی ذاتی میباشد .دو شماره بعدی بیانگر درجه خلوص آلومینیوم میباشد .به عنوان مثال، 1050 یعنی آلومینیوم با خلوص 99.5 درصد میباشد .چنانچه رقم دوم عددی از 1 تا 9 باشد، نشان دهنده کنترل میزان یک یا چند ناخالصی به مقدار تعریف شده در آلومینیوم می باشد. در گروههـای 2xxx تا 8xxx رقم دوم نشان دهنده اصلاح آلیاژی می باشد .

اگر صفر باشد بیان کننده آلیاژ اصلی است و اگر ارقام 1 تا 9 باشد نشان دهنده اصلاحات انجام شـده بـر روی آلیـاژ اصـلی است که براساس قوانین خاصی نام گذاری میشوند .دو رقم بعدی در این گروهها فقط جهت نامگذاری و تفکیک آلیاژهـای مختلف از هم می باشند. آلیاژهای ریختگی آلومینیوم نیز در 8 گروه مطابق جدول (1-2) تقسیم بندی می شوند .براساس استاندارد آلیاژهای آلومینیوم، ترکیب شیمیایی شمش و قطعه ریختگی هر آلیاژ یکسان می باشد ولـی اگـر عناصـر آهـن، منیزیم و یا روی، به- عنوان عنصر آلیاژی اضافه شود، دارای ترکیبی مشابه جدول (1-3) می باشند . در این حالتها شمش و قطعه ریختگی ترکیب شیمیایی متفاوتی مشابه جدول (1-2) پیدا می کنند.

جدول (1-1) : سیستم نامگذاری AA برای آلیاژهای کارپذیر آلومینیوم

گروه آلیاژی	عنصر اصلی آلیاژی	کاربرد
1xxx	99 درصد یا بیشتر آلومینیوم	هادی الکتریکی، صنایع غذایی، داروئی و ساختمانی
2 xxx	مس	صنایع هوایی، ابزارآلات و قطعات ماشین
3 xxx	منگنز	مقاوم به خوردگی، تراشکاری خوب، خواص مکانیکی خوب
4 xxx	سیلیسیم	شکل پذیری، سیالیت خوب
5 xxx	منیزیم	مقاوم به خوردگی، مقاوم به خستگی، جوش پذیری خوب
6 xxx	منیزیم + سیلیسیم	صنایع هوایی، دریایی، لوله سازی، مقاوم به خوردگی، جوش پذیری
7 xxx	روی	صنایع هوایی، مقاوم به خوردگی، استحکام بسیار بالا
8 xxx	سایر عناصر	مقاوم به خوردگی در درجه حرارت بالا، خوش تراشی

جدول (1-2) : سیستم نامگذاری AA برای آلیاژهای ریختگی آلومینیوم

گروه آلیاژی	عنصر اصلی آلیاژی
1xx.x	99 درصد یا بیشتر آلومینیوم
2 xx.x	مس
3 xx.x	سیلیسیم + مس و یا سیلیسیم + منیزیم/ مس
4 xx.x	سیلیسیم
5 xx.x	منیزیم
7 xx.x	روی
8 xx.x	قلع
9 xx.x	سایر عناصر

علاوه بر روش نام گذاری فوق، معمولا از علائم و نشانه های دیگری در کنار نام آلیاژ استفاده می شود که مشخص کننده برخی شرایط تولید و عملیات حرارتی اعمال شده (حالات تمپر) بر این آلیاژها می باشد. حالات تمپر بیانگر ترتیب

عملیات حرارتی، فرآیندهای حرارتی و مکانیکی اعمالی بر روی محصول می باشد. این علائم نشان می دهند کـه افـزایش سـختی ناشـی از عملیـات حرارتـی بـوده یـا ناشـی از کارسـختی. نحـوه نامگـذاری بـا اسـتفاده از حـروف بـزرگ لاتـین (W,T,H,O,F) و ارقام می باشد. حروف بیانگر تقسیم بندی حالات فرعی تمپر می باشد.

کداصلی	شرح
W	**عملیات محلولی شده**
T	**عملیات حرارتی پیرسختی شده / تحت فرآیند کار سرد قرارگرفته**
H	**کرنش سختی شده**
O	**آنیل شدن**
F	**شرایط اولیه تولید (عدم انجام فرآیند خاص)**

جدول (1-3) : تفاوت ترکیب شیمیایی شمش و قطعه ریختگی در برخی آلیاژهای آلومینیوم

عنصر آلیاژی	فرآیند ریخته گری	مقدار تعریف شده عنصر آلیاژی(%)	
		در قطعه ریختگی	در شمش اولیه
آهن	ریخته گری ماس های و قالب دائم	≤ 0.15	≤ 0.03
		0.15 -0.25	≤ 0.05
		0.25 -0.6	≤ 0.1
		0.6 -1	≤ 0.2
		≥1	≤ 0.3
	ریخته گری دایکست	≤ 1.3	≤ 0.3
		≥ 1.3	≤ 1.1
منیزیم	همه روشهای ریخته گری	≤ 0.5	≥ 0.05
		≥ 0.5	≥ 0.1
روی	ریخته گری دایکست	0.25-0.6	≤ 0.10
		≥ 0.6	≤ 0.1

جدول (1–4): انواع استانداردهای آلیاژهای آلومینیوم پرکاربرد

UK/INDIA	ISO	EN AC-	FRANCE	GERMANY	ITALY UNI	USA AA / ASTM	USA SAE	JAPAN
LM 0	Al 99.5		A5		3950	150		
LM 2	Al-Si10Cu2Fe	46 100	A-S9U3-Y4		5076	384	383	ADC 12
LM 4	Al-Si5Cu3	45 200	A-S5U3	G-AlSi6Cu4,(225)	3052	319	326	AC 2A
LM 5	Al-Mg5Sil,AlMg6	51 300	AG6	G-AlMg5,(244)	3058	514	320	AC 7A
LM 6	Al-Si12,Al-Si12Fe	44 100	AS 13	G-AlSi12,(230)	4514	A413		AC 3A
LM 9	Al-Si10Mg	43 100	A-S10G	G-AlSi10Mg,(233)	3049	A360	309	AC 4A
LM 12	Al-Cu10Si2Mg		A-U10G		3041	222	34	
LM 13	Al-Si12Cu,Al-Si12Cu	48 000	A-S12UN		3050	336	321	AC 8A
LM 16	Al-Si5Cu1Mg	45 300	A-S4UG		3600	355	322	AC 4D
LM 20	Al-Si12Cu,Al-Si12Cu	47 000	A-S12-Y4	G-AlSi12(Cu),(231)	5079	A413	305	
LM 21	Al-Si6Cu4	45 000	A-S5U2	G-AlSi6Cu4,(225)	7369/4	308	326	AC 2A
LM 22	Al-Si5Cu3	45 400	A-S5U	G-AlSi6Cu4,(225)	3052	319	326	AC 2A
LM 24	Al-Si8Cu3Fe	46 500	A-S9U3A-Y4	G-AlSi8Cu3,(226)	5075 3601	A380	306	AC 4B ADC10
LM 25	Al-Si7Mg	42 000	A-S7G	G-AlSi7Mg	3599	A356	323	AC 4C
LM 26	Al-Si9Cu3Mg-		A-S7U3G		3050	332	332	
LM 27	Al-Si7Cu2Mn0.5	46 600			7369			AC 2B
LM 28	Al-Si19CuMgNi				6251			
LM 29	Al-Si23CuMgNi				6251			
LM 30	Al-Si17Cu4Mg					390		
LM 31	Al-Zn5	71 000	A-Z5G		3602	712	310	