

عملیات کیفی ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم و محاسبه میزان موادبری

آلومینیم و آلیاژهای آن به دلیل نقطه ذوب کم و داشتن سیالیت خوب و همچنین پذیرفتن عملیات حرارتی و مکانیکی برای افزایش خواص مکانیکی در صنایع مختلف بخصوص در صنعت خودرو کاربرد بیشتری داشته و روز به روز موارد مصرف این آلیاژها توسعه می‌یابد. آلیاژهای آلومینیم به دو گروه ریخته‌گری و کار شده یا نوردی تقسیم می‌شوند. آلیاژهای ریخته‌گری در صنعت خودرو بیشتر مورد استفاده قرار گرفته و با توجه به خودروهای موجود در ایران خودرو این آلیاژها در قالب استاندارد پژیوی B541120 و استاندارد انگلیسی BS1490 تعریف و دسته‌بندی شده‌اند. عناصر مختلف مانند سیلیسیم، منیزیم و مس در خواص ریخته‌گری و مکانیکی این آلیاژها شدیداً تاثیر گذاشته و باعث ایجاد آلیاژهای صنعتی مصرفی در صنعت شده‌اند. آلیاژهای Al-Cu در قدیم کاربرد و اهمیت زیادی داشته‌اند، ولی بتازگی آلیاژهای Al-Si به دلیل ریخته‌گری آسان و خواص بهتر، کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند. به‌طور کلی برای تحقق فرایند ریخته‌گری مناسب، باید سه اصل مهم را در نظر گرفته و رعایت کنیم:

۱. شناسایی عوامل و پارامترهای موثر
۲. پیشگیری از ایجاد معضلات و پدیده‌های مضر
۳. اصلاح و بهسازی فرایند با رعایت مسائل فنی و اقتصادی



مواد شارژ مورد استفاده برای ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم

شمش‌های اولیه

این شمش‌ها بیشتر در کارخانه‌های بزرگ تولید آلومینیم، نظیر شرکت ایرالکو و المهدی در ایران تولید شده و معمولاً وزن آنها بیشتر از شمش‌های دیگر است. برای ساخت شمش‌های اولیه آلیاژهای مختلف آلومینیم، عناصر مطلوب را به مذاب Al خالص که از پودر Al_2O_3 تهیه می‌شود، می‌افزایند. شمش‌ها معمولاً در ساخت قطعاتی که به کیفیتی بالا نیاز دارند، استفاده شده و قیمت آنها حسب درجه خلوص و تقلیل ناخالصی‌ها، به‌صورت تصاعدی افزایش می‌یابد.

شمش‌های ثانویه یا دوباره ذوب

این شمش‌ها از ذوب و تصفیه قراضه‌ها و آلیاژهای برگشتی تهیه شده و معمولاً حاوی ناخالصی‌های معمولی مانند آهن، مس و سیلیسیم هستند.

برگشتی‌ها

از برگشتی‌های خود قطعه نظیر راه‌گاه‌ها، تغذیه و ... با درصد مناسب به همراه شمش اولیه استفاده می‌شود.

آمیزان‌ها

آمیزان آلیاژی از Al و یک عنصر دوم و در برخی موارد، عنصر سوم است که برای تنظیم ترکیب شیمیایی و افزایش میزان عناصر مختلف، به هنگام ذوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آلیاژها را با توجه با نمودارهای تعادلی تولید می‌کنند به‌طوری که اولاً مقدار عنصر مورد نظر را زیاد می‌گیرند و ثانیاً، آلیاژ باید دارای نقطه ذوب پایین باشد. به طور کلی در افزودن مواد شارژی به کوره باید چند قانون را رعایت کرد:

۱. فلزی که نقطه ذوب بالایی دارد اول اضافه شود.
۲. عناصری که باعث افزایش سیالیت می‌شوند شرایط را برای افزودن عناصر دیگر بهتر می‌کنند.
۳. حلالیت: با افزودن بعضی عناصر، شرایط برای حل شدن عناصر دیگر بهتر می‌شود.
۴. قانون اکسایش و فشار بخار: عناصری نظیر Zn که دارای فشار بخار بالا و نظیر Mg که دارای اکسایش بالایی هستند باید در آخر اضافه شوند.
۵. عملکرد خاص عناصر: برای مثال تیتانیوم با اینکه نقطه ذوب بالایی دارد، به دلیل نقش جوانه‌زنی یا ریزدانه کردن، در آخر اضافه می‌شود.

فرایند ذوب

برای ذوب و نگهداری مذاب آلیاژهای Al، از کوره‌هایی مختلف استفاده می‌شود، که آنها را می‌توان به سه دسته اصلی طبقه‌بندی کرد:

۱. کوره‌های ذوب با حرارت غیرمستقیم

در این کوره‌ها، سوخت یا شعله، مستقیماً با مذاب تماس نداشته بلکه حرارت به وسیله هدایت از دیواره بوته و محفظه کوره به مذاب انتقال می‌یابد و به دلیل عدم تماس مستقیم شعله با مذاب، بسیاری از فعل و انفعالات ناشی از چنین تماسی انجام نگرفته و همچنین میزان پرت و اکسیداسیون مذاب کاهش می‌یابد. در این کوره‌ها، بیشتر از دو نوع بوته چدنی و گرافیتی استفاده می‌شود. به دلیل نفوذ آهن از بوته‌های چدنی به داخل مذاب، بوته‌های گرافیتی مناسب‌تر هستند. عیب این کوره‌ها، قیمت بالای بوته و عدم امکان ذوب تناژهای بالاست.

۲. کوره‌های ذوب با حرارت مستقیم

در این نوع کوره‌ها که با سوخت گازی یا مایع کار می‌کنند، بین شعله و مواد شارژ تماس مستقیم برقرار بوده و به دلیل استفاده کامل از سوخت و حرارت گازهای تولید شده، بازده حرارتی زیادی دارند همچنین، برای ذوب تناژهای بالا مناسب هستند، اما استفاده از آنها باعث افزایش شدت اکسیداسیون و پرت مذاب می‌شود.

۳. کوره‌های الکتریکی

به منظور تولید مذاب آلومینیم در مقادیر زیاد و پیشگیری از اکسیداسیون و افزایش کیفیت مذاب، از این نوع

کوره‌ها استفاده می‌شود. مذاب حاصله، یا به صورت مستقیم از کوره ذوب به داخل قالب ریخته شده و یا بعد از ذوب به کوره نگهدارنده انتقال داده شده و سپس داخل قالب مورد نظر ریخته می‌شود.

عملیات کیفی مذاب

مذاب آلیاژهای Al به گازهایی نظیر اکسیژن و هیدروژن حساس بوده و در صورت ورود و یا واکنش مذاب با این گازها، عیوبی مثل مک‌های گازی و یا آخال‌های اکسیدی در قطعات تشکیل می‌شود که قطعات را ضایع می‌کنند. هیدروژن تنها گاز قابل حل در آلومینیم مذاب است و حلالیت هیدروژن در آلومینیم نسبت به منیزیم و یا مس کمتر است، اما به دلیل اختلاف زیاد حلالیت آن در حالت مذاب و جامد، مقدار ناچیز هیدروژن در مذاب آلومینیم پس از انجماد باعث ایجاد مک‌های ریز و درشت در سطح یا زیرسطح قطعه و داخل دندریت‌ها می‌شود. این مسئله باعث کاهش شدید خواص مکانیکی قطعه شده و از این‌رو عملیات گاززدایی در ذوب آلیاژهای آلومینیم از اهمیت خاصی برخوردار است.

با افزایش دمای مذاب، حلالیت هیدروژن افزایش می‌یابد. مثلاً، اگر دمای مذاب آلومینیم حدود ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد، میزان حلالیت می‌تواند به ۲/۷ سانتی‌متر مکعب بر ۱۰۰ گرم برسد. به بیانی دیگر، به ازای هر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای فوق ذوب، یک cc بر ۱۰۰ گرم مذاب Al به حلالیت هیدروژن در آلومینیم اضافه می‌شود. همچنین، با افزایش فشار، میزان حلالیت هیدروژن در آلومینیم افزایش می‌یابد. برعکس فشار، با ایجاد خلا، میزان حلالیت کاهش می‌یابد. در حالتی دیگر، با افزایش فشار داخل مذاب می‌توان حلالیت را کاهش داد. در نتیجه، میزان حلالیت هیدروژن در مذاب به دما و فشار داخل مذاب بستگی دارد و همین امر اساس گاززدایی آلومینیم را تشکیل می‌دهد. لذا برای اجتناب از جذب گاز، دمای مذاب باید در حداقل ممکن قرار گیرد. معمولاً ۷۲۰ تا ۷۴۰ درجه سانتی‌گراد برای این منظور مناسب است.

برای افزایش فشار نسبی داخل مذاب، از گازهای بی‌اثر مانند ازن و آرگون استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از ترکیبات کلریدی نظیر $MgCl_2$ ، NH_4Cl و یا هگزاکلورو اتان که به شکل قرص است، استفاده کرد. از قرص‌های دگازور برای کوره‌های بزرگ استفاده نمی‌کنند زیرا برای مقادیر کم مذاب، قرص‌ها بهتر و مقرون به صرفه‌تر هستند. اگر مذاب خیلی تمیز باشد، می‌توان فرایند گاززدایی را کنار گذاشت.

به دلیل میل ترکیبی زیاد آلومینیم مذاب با اکسیژن، این فلز و عناصر مشابه نظیر منیزیم، با تمام مواد اکسیدکننده نظیر هوا ترکیب شده و اکسید آلومینیم یا اکسید منیزیم را تشکیل می‌دهند. Al_2O_3 تشکیل شده در دمای پایین، با مورفولوژی م و به شکل فیلم اکسیدی نازک بوده و تا حدودی متخلخل است. این ماده، عنصر اصلی تشکیل دهنده سرباره آلومینیم است. فیلم اکسیدی گاما که در دمای پایین تشکیل می‌شود، از مذاب آلومینیم محافظت می‌کند، اما در بعضی موارد مضر است. مثلاً همین فیلم، جوشکاری Al را مشکل‌تر می‌سازد. هرچه عناصر آلیاژی بیشتر باشد، میزان حفاظت این لایه کاهش می‌یابد. بین این عناصر، Be تأثیری مثبت دارد. هنگام شارژ، قسمتی از این پوسته اکسیدی کنده شده و وارد مذاب می‌شود و در داخل مذاب به صورت مچاله شده در می‌آید. در حالتی که در دمای مذاب Al از حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر رود، اکسید آلومینیم از حالت م به ل (کوراندوم) تبدیل می‌شود. وزن مخصوص کوراندوم ۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده، در حالی که وزن مخصوص اکسید فیلم حدود ۲/۷ تا ۳/۹ گزارش شده است. با توجه به قانون استوک و چسبندگی خوب این اکسیدها به مذاب، انتقال این اکسیدها به سرباره یا ته کوره با مشکلات زیادی همراه بوده و نیازمند تدابیری خاص است. اکسیدهای م، داخل شمش یا قطعه و یا ورق بزرگتر از ل بوده، اما زیان آن در سطح مساوی حدود ۱۰ برابر کمتر است.

برای جداسازی اکسید از مذاب‌های فولاد، مس و آلومینیم، از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود. در فولاد، با استفاده از فلاکس نقطه ذوب اکسیدها را پایین می‌آورند تا حالت خمیری پیدا کرده و سپس آنها را از سطح مذاب

جمع می‌کنند. در آلیاژهای مس، با استفاده از فلاکس نقطه ذوب اکسید مس Cu_2O را بالا برده و توسط مواد دیگر آن را احیا می‌کنند. در آلیاژهای Al روش کاملاً متفاوت است زیرا اختلاف دمای ذوب آلومینیم با اکسید آن بسیار زیاد است. با ایجاد حباب دور اکسید Al می‌توان آن را سبک‌تر کرده و با بادکنکی کردن اکسیدها می‌توان آنها را به سطح آورده و جدا کرد. روش آسان برای تشخیص تمیزی مذاب این است که آن را داخل قالب ریخته و خالی می‌کنند. اگر مذاب خیلی تمیز باشد، سطح مذاب چسبیده به قالب، کاملاً صاف و اگر مذاب تمیز نباشد، سطح قالب ناصاف و به صورت ذرات برجسته دیده می‌شود. این برجستگی‌ها، اکسیدهای م و اکسیدهای ل هستند. برای ریزدانه کردن قطعات آلومینیمی از ترکیبی مشخص از تیتانیم و بور استفاده می‌کنند که برای پیشگیری از اتلاف این جوانه‌زا در انتهای عملیات ذوب به مذاب اضافه می‌شود. برای عملیات بهسازی ساختار در خصوص بیشتر آلیاژهای آلومینیم، از فلز استرانسیم یا آنتیموان استفاده می‌شود. به طور خلاصه، ذوب و عملیات کیفی مذاب به ترتیب زیر انجام می‌گیرد:

۱. ذوب

۲. فلاکسینگ برای حذف اکسید و ترکیبات بین فلزی

۳. گاززدایی

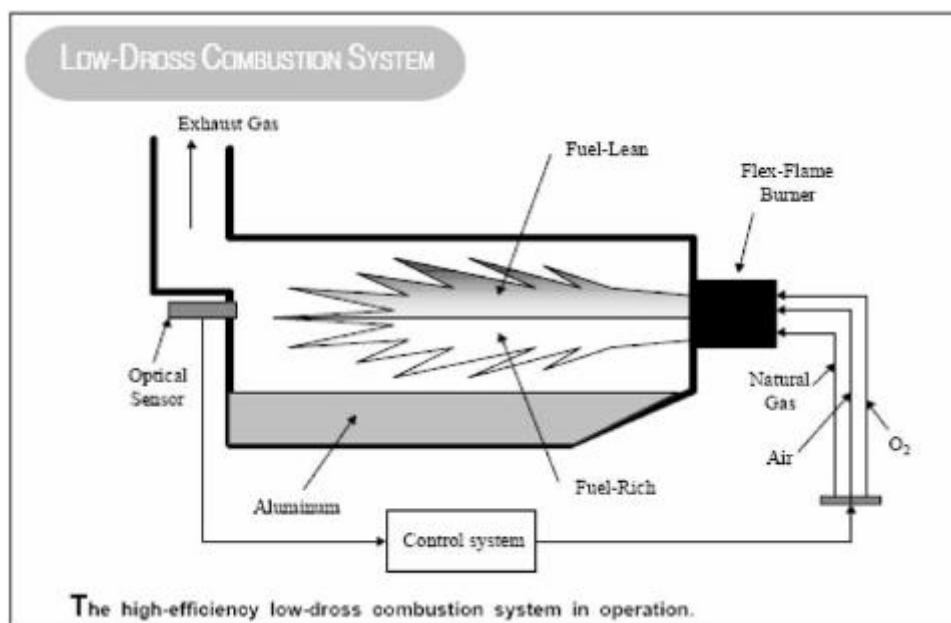
۴. اصلاح ساختار و جوانه‌زنی

محاسبه میزان موادبری یا شمش مورد نیاز برای تولید قطعات آلومینیمی

با توجه به مطالب پیش گفته در خصوص تولید قطعات آلومینیمی، مواد اولیه، شامل شمش، برگشتی و آمیزان‌های مورد نیاز با درصد‌های مناسب در کوره ذوب شارژ شده و در حین عملیات ذوب، به دلیل تأثیر اکسیژن هوای محیط و نیز وجود یک‌سری ناخالصی‌ها، نظیر: اکسیدها، نیتrideها و کاربیدها در مواد شارژ شده و یا جداره نسوز کوره، یک‌سری ناخالصی و ترکیبات بین فلزی نامطلوب در مذاب ایجاد می‌شوند که با توجه به وزن و ماهیت این ترکیبات و استفاده از فلاکس مناسب، از مذاب جدا شده و به شکل سرباره ۱ در سطح مذاب یا لجن ۲ در ته کوره، انباشته می‌شوند. سرباره را قبل از تخلیه مذاب و لجن ته کوره را بعد از تخلیه مذاب، از کوره خارج می‌کنند. همچنین، یک‌سری ترکیبات غیرفلزی در داخل مذاب باقی می‌مانند که با عمل فیلتراسیون می‌توان آنها را از مذاب جدا کرد. میزان پرت یا اتلاف آلومینیم و بعضی عناصر دیگر بستگی به مقدار آلومینیم موجود در داخل این ترکیبات دارد که قسمتی از آن، قابل بازیافت و قسمتی دیگر غیرقابل بازیافت است. در هر حال، برای کاهش میزان تلفات مواد اولیه، باید میزان آلودگی و سوخت یا اکسایش مذاب را کاهش داد.

دو عامل مؤثر در کاهش میزان آلودگی مذاب و افزایش بازده، دما و زمان مورد فرایند ذوب و ریخته‌گری است. هر چه دما و مدت زمان ذوب کمتر باشد، آلودگی مذاب کمتر است. البته شکل و اندازه مواد شارژی نیز در میزان سوخت و اتلاف مذاب مؤثر است، به‌طوری که هر چه میزان سطح به وزن مواد بیشتر باشد، میزان پرت حین ذوب بیشتر است. همچنین با کاهش اندازه مواد، میزان سوخت و پرت مواد، افزایش می‌یابد. مسئله دیگری که در میزان تشکیل سرباره و یا رسوب ته کوره بسیار مؤثر است، نحوه شارژ مواد اولیه است. در صورتی که شمش یا بار سرد به داخل مذاب شارژ شود، اولاً دمای مذاب سریعاً افت کرده و ثانیاً باعث تشکیل لایه غنی از عناصر با نقطه ذوب بالا می‌شود که در نهایت، باعث تشکیل ترکیبات سخت بین فلزی ۳، جدایش و ناهمگنی در مذاب و افزایش رسوبات می‌شود. با پیشگرم کردن مواد، اولاً این معضلات رفع شده و ثانیاً حجم بیشتری از مواد را بدون کاهش زیاد دمای مذاب، می‌توان به کوره اضافه کرد. به‌طور کلی برای شارژ، باید افت دمای مذاب حداکثر ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

تحقیقات دیگری نشان داده است که وضعیت قرارگیری مشعل‌های کوره‌های شعله‌ای و عدم تماس مستقیم شعله با سطح مذاب، در کاهش اکسیداسیون و کاهش میزان سرباره بسیار مؤثر است (شکل ۱).



شکل ۱: وضعیت شعله در کوره‌های شعله‌ای

در حالت کلی، نوع کوره، اندازه قطعات، نوع آلیاژ و عوامل فرایند، نظیر: دما و زمان، در میزان اتلافات مذاب مؤثر است. مراجع مختلف با توجه به نوع کوره و فرایند ریخته‌گری آلیاژهای آلومینیم مقادیر مختلف برای تلفات مذاب در نظر گرفته‌اند. بعضی از شرکت‌های امریکایی، کل پرت مذاب را ۲ تا ۳ درصد نتیجه‌گیری کرده‌اند. در برخی شرکت‌ها نیز پرت آلومینیم ۴ درصد گزارش شده که یکی از آنها با انجام پروژه، توانسته است این مقدار را به دو ۲ درصد کاهش دهد.

در جدول ۱، درصد تقریبی اتلافات عناصر مختلف بر حسب تنوع شارژ و کوره مورد استفاده، درج شده است. به‌طور کلی، قطعات آلومینیمی خودروهای گروه صنعتی ایران خودرو، بیشتر با دو فرایند ریخته‌گری «دایکست» و ریخته‌گری «ریژه» تولید می‌شوند. برای ریخته‌گری دایکست، بیشتر قطعات پژویی از آلیاژ AS9U3Y40 استفاده می‌شود و برای قطعاتی نظیر دسته موتور که نیاز به استحکام و کیفیت بیشتری دارند، از روش ریخته‌گری «ریژه» استفاده می‌شود. آلیاژ مناسب برای این نوع قطعات، AS7G03Y33 است. برای محاسبه تلفات و همچنین موادبری قطعات آلومینیمی، لازم است نوع فرایند و آلیاژ مورد استفاده مد نظر قرار گرفته و میزان پرت مواد در حین فرایند، محاسبه شود. برای تولید قطعات آلومینیمی، سه نوع پرت را می‌توان در نظر گرفت.

۱. پرت مذاب که شامل اکسیداسیون و سوخت عناصر موجود در شمش اولیه است. این تلفات به صورت سرباره و لجن ته کوره دیده می‌شوند و میزان آنها با توجه به نتایج آزمایشات و تجربیات صورت گرفته، حدود ۲ تا ۳ درصد است. با انجام عملیات بازیابی آلومینیم موجود در سرباره، میزان تلفات مذاب را می‌توان تا ۱ درصد نیز کاهش داد. به‌طور متوسط، میزان Al موجود در سرباره ۳۰ تا ۶۰ درصد بوده و با عملیات مناسب، می‌توان ۸۵ تا ۹۵ درصد آن را بازیابی کرد.

۲. پرت برگشتی قطعات که شامل راهگاه، تغذیه و بیسکویت قطعات است، با توجه به شکل و اندازه این مواد، پرت

آنها بیشتر از نوع اول و حدود ۳ تا ۵ درصد است. در تولید قطعات دایکست با فرایند مناسب می‌توان بدون بروز مشکلی در کیفیت قطعه، حدود ۳۰ درصد از برگشتی آلیاژ استفاده کرد. برای قطعاتی که در ترکیب شیمیایی آلیاژ آنها، درصد آهن مجاز بسیار پایین‌تر است، معمولاً از برگشتی‌ها در مقادیر زیاد نمی‌توان به صورت مستقیم استفاده کرد. این نوع برگشتی‌ها یا به کارخانه‌های شمش‌ریزی فروخته شده و یا از آنها برای ریخته‌گری قطعات دیگر استفاده می‌شود. در هر حالت، پرت برگشتی این نوع آلیاژ را به دلیل مسائل اقتصادی، بیشتر از آلیاژهای دیگر در نظر می‌گیرند.

۳. پرت مواد بسیار ریز نظیر براده‌های ماشینکاری و پلیسه‌های اطراف قطعه که اگر به صورت مستقیم به کوره شارژ شوند، سوخت و پرت زیادی داشته و به نظر می‌رسد که میزان آن حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد. در حالتی که با روش‌های مناسب از این مواد استفاده شود، میزان تلفات را می‌توان حتی تا حدود ۷ درصد نیز کاهش داد. یکی از روش‌های افزایش بازده ذوب براده‌های ماشینکاری و مواد ریز، استفاده از پرس گرم به منظور متراکم‌سازی و کاهش سطح آنهاست.

به طور کلی استفاده از برگشتی قطعات و همچنین بازیابی آلومینیم، در کاهش هزینه تولید قطعات آلومینیمی بسیار مهم بوده و در کشورهای مختلف، با توجه به شرایط و نوع قطعات، به این موضوع توجه می‌شود. مثلاً در استرالیا حدود ۳۰ درصد و در اروپا حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از مواد شارژی را قطعات برگشتی تشکیل می‌دهند. برای نمونه، شکل ۲ پوسته گیربکس نوعی خودرو با وزن ۳/۶ کیلوگرم را نشان می‌دهد. در شکل ۳، چرخه بازیافت و تولید این قطعه نشان داده شده است.

جدول ۱: درصد اتلافات عناصر مختلف در تحت شرایط نوع کوره و شارژ

عنصر	شمش‌های اولیه			برگشتی‌ها و قراضه‌ها		
	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوته‌ای	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوته‌ای
آلومینیم	۱-۱,۲	۱-۲	۱-۱,۵	۱-۲	۲,۵-۳	۱,۵-۲
منیزیم	۲-۳	۳-۵	۲,۵-۳,۵	۳-۵	۳-۱۰	۳-۶
برلیم	۲-۳	۳-۵	۲,۵-۳,۵	۳-۵	۵-۱۰	۳-۶
سدیم	۲-۳	۳-۵	۲,۵-۳,۵	۳-۵	۵-۱۰	۴-۷
روی	۱-۲	۲-۴	۱-۲	۲-۳	۳-۵	۲-۴
منگنز	۰,۵	۱-۲	۰,۵-۱	۱-۲	۲-۳	۱-۲
قلع	۰,۵	۱-۱,۵	۰,۵-۱	۱-۱,۵	۱,۵-۲	۱,۵-۲
آهن	۰,۵	۰,۵-۱	۰,۵	۰,۵	۰,۵-۱	۰,۵
نیکل	۰,۵	۰,۵-۱	۰,۵-۱	۰,۵	۰,۵-۱	۰,۵
سیلیسیم	۰,۵	۱-۱,۵	۰,۵-۱	۱-۱,۵	۱,۵-۲	۱-۲
مس	۰,۵	۱-۲	۰,۵	۱-۲	۲-۳	۱-۲



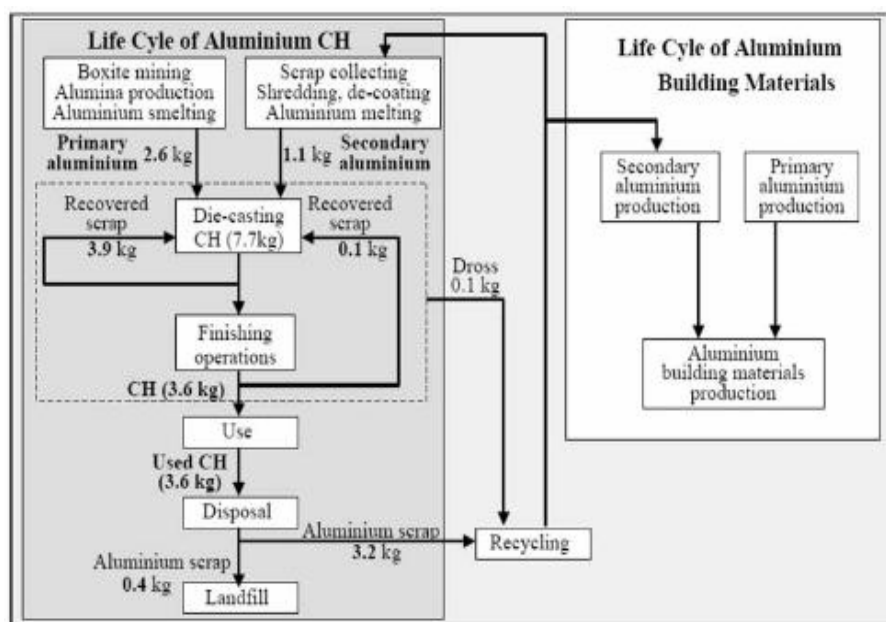
بررسی عملی افت مذاب

این آزمون با هدف اندازه‌گیری میزان افت آلیاژ آلومینیم و بررسی عملی مقادیر فوق، با همکاری یکی از شرکت‌های سازنده انجام شد. کوره مورد استفاده، کوره مشعلی با شعله مستقیم به ظرفیت یک تن بوده و در مدت حدود ۱/۵ ساعت، عملیات ذوب را انجام داد. ۲۹ شمش AS9U3Y40 ایرالکو به وزن ۴۹۵ کیلوگرم در کوره، شارژ شد و پس از حدود ۱/۵ ساعت، مذاب با دمای حدود ۷۰۰ تا ۷۲۰ درجه سانتی‌گراد تخلیه شد. پاتیل، در حالت خالی توزین شده و مذاب کوره به صورت کامل داخل آن تخلیه و

عملیات سرباره‌گیری انجام و مجدداً توزین شد. بعد از محاسبه، وزن مذابی که داخل کوره نگهدارنده ریخته شد، حدود ۴۸۳ کیلوگرم، سرباره غنی از آلومینیم که از روی مذاب داخل پاتیل جمع شد، ۴/۵ کیلوگرم و سرباره و رسوبات کوره ۲۱ کیلوگرم بود. لذا بدون در نظر گرفتن آلومینیم موجود در سرباره، میزان افت مذاب در کوره ذوب ۲/۴ درصد بود. با در نظر گرفتن آلومینیم موجود در سرباره و رسوبات کوره، می‌توان نتیجه گرفت که میزان تلفات مذاب در حدود ۱ درصد است. همچنین، با ذوب تعدادی از قطعات ضایع شده به همراه مواد برگشتی ریز، نظیر تغذیه‌ها و پلیسه‌های اطراف قطعه ۴، مشخص شد که میزان تلفات این مواد در حین ذوب، حدود ۵ تا ۷ درصد است.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

۱. با توجه به تاثیر دما و زمان در افت عناصر آلیاژی در مذاب، پیشنهاد می‌شود که عملیات ذوب و عملیات کیفی مذاب در حداقل دما و زمان ممکن صورت پذیرد
۲. دمای بارریزی آلیاژ دایکست AS9U3Y40 و یا LM24 به عوامل متعددی نظیر: ضخامت، شکل و اندازه قطعه بستگی دارد. برای پیشگیری از بروز عیوبی نظیر: نیامد، سردجوشی و ... بهترین محدوده دمایی برای ذوب‌ریزی هر قطعه باید تعیین شود.
۳. مطابق نظریه‌های اثبات شده در کتب، مقالات و همچنین آزمایش‌های انجام شده، میزان افت مذاب آلومینیم در کوره‌های ذوب، بین ۱ تا ۲ درصد است.
۴. در صورتی که محدودیتی در زمینه میزان مجاز آهن در آلیاژهای ریختگی آلومینیم وجود نداشته باشد، می‌توان حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از برگشتی آلیاژ را همراه با شمش اولیه، در هر شارژ کوره مصرف کرد.
۵. برای کاهش تلفات مذاب قراضه‌های ریز، نظیر براده‌های ماشینکاری و پلیسه‌های اطراف قطعه، بهتر است آنها را با روش‌هایی نظیر پرس گرم متراکم کرده و سپس مصرف کرد. راه حل دیگر، استفاده از براده‌ها در مذاب کوره‌های بوت‌های (شعله غیرمستقیم) همراه با پوشش کاورال مناسب و سپس تهیه شمش از آنهاست.
۶. به‌طور متوسط، میزان آلومینیم موجود در سرباره و رسوبات ته کوره ۳۰ تا ۶۰ درصد است که با اعمال روش و عملیات مناسب، می‌توان حدود ۹۰ درصد از آن را بازیابی کرد.



شکل ۳: چرخه بازیافت پوسته آلومینیومی گیربکس

پانوشته‌ها:

۱. Dross

۲. Sludge

۳. Hard Spots

۴. OverFlow

منابع:

۱. "Metal Handling" E-302, 2000 & Melting NADCA, "Metal

۲. "An approach to treatment of recycling in LCA study P. Koltun, "Australian ۴, Sydney, LCA Conference, February 2005

۳. International Primary Aluminum Institute, "Life Cycle Inventory of Worldwide regard to Energy Consumption and Greenhouse Gases, LCI Aluminum Industry with Report, Parer-1: Automotive, May, 2000, 146pp

۴. "Aluminum Processing apparatus and aluminum from a mixture of alloys", July 27, 2004 Patent 6767382, "aluminum and aluminum dross",

۵. "preparing aluminum- silicon alloys", February 26, 2004 Patent 20040035250, http://www.secat.net/docs/projects/Redution_of_Oxidative_Melt_Loss.pdf ۶

۷. جلال حجازی، «ریخته‌گری فلزات غیر آهنی»، چاپ ششم، خرداد ۱۳۸۳، صفحه ۵ تا ۵۹

۸. "process for the recovery of liquid aluminum by compression hot Patent 4575392, "dross", March 11 ۱۹۸۶.