

خصوصیات عمومی آلیاژها

۲-۳ کوره های الکتریکی

تولید و ذوب آلومینوم در مقادیر زیاد و برای اجتناب از اکسیداسیون مذاب و جلوگیری از ورود گازهای ناشی از احتراق سوختگیهای فسیلی و افزایش کیفیت مذاب آلومینوم کوره های الکتریکی در انواع کوره های مقاومتی بوتته ای ، روبرو کوره های القائی مورد استفاده قرار می گیرند . مکانیسم اصلی کوره های مقاومتی استفاده از گرمای حاصل از مقاومت میله (الکترودهائی) در مقابل عبور جریان می باشد . معمولا مقاومت ها از نیکروم (نیکل ، کرم ، آهن) و کرومیل (آهن ، کروم ، آلومینوم) ساخته می شوند . در نوع کوره های مقاومتی بوتته ای که با ظرفیت حداکثر ۵۰۰ کیلوگرم به کار می روند ، بوتته از چدن خاکستری ساخته می شود و قدرت الکتریکی این کوره معمولا ۴۰ تا ۸۰ کیلو وات می باشد .

کوره های روبرو الکتریکی و بوتته ای مقاومتی تفاوت چندانی با آنچه در قسمت های قبل گفته شد ندارند و فقط تفاوت عمده در منبع حرارتی است که الکتریکی و مقاومتی بوه و از این رو کنترل حرارت و کیفیت محصول بهتر و مطلوب تر می باشد . در بعضی از کوره های مقاومتی بوتته از فلز ساخته

می شود و مکانسیم را طوری تهیه می کنند که بوته مرکز و هسته اصلی مقاومت و ایجاد حرارت باشد.

۱-۳-۲ کوره های القائی

کوره های القائی از نظر افزایش ظرفیت و تقلیل مصرف انرژی نسبت به کوره های مقاومتی دارای مزایائی می باشند. این کوره ها در ظرفیت های مختلف قادر به ذوب ۱۵ کیلوگرم تا چندین تن آلومینوم هستند.

در این کوره ها هیچ گونه فعل و انفعال شیمیائی که باعث افزایش ناخالصی و تغییرات ترکیبی مذاب گردد، انجام نمی شود و علاوه بر آن به دلیل عدم استفاده الکتروود امکان ورود ناخالصی های مواد از طرق مکانیکی نیز امکان پذیر نیست و از نظر مسائل الکتریکی محدودیتی برای افزایش درجه حرارت ندارند.

تا سال ۱۹۵۰ فقط کوره های القائی با فرکانس زیاد مورد استفاده قرار می گرفت که از نظر نیاز به تاسیسات و ژنراتورها و همچنین ظرفیت بسیار کم، از نظر سرمایه گذاری و هزینه تمام شده مقرون به صرفه نبود. در سال ۱۹۵۰ استفاده از کوره های القائی با فرکانس کم (۵۰ تا ۶۰ سیکل) بدون هسته و کانال جریان (ساده) آغاز گردید که بنحو قابل ملاحظه ای هزینه سرمایه

گذاری و قیمت تمام شده تقلیل پیدا کرد و افزایش ظرفیت و کارآئی آنها به سرعت بالا رفت بطوریکه امروز کوره هائی با ظرفیت ۷۰ تن چدن و ۱۷/۵۰۰ کیلو وات قدرت در مورد کوره های القائی با هسته و کانال جریان و ۲۶۰ تن و ۴۰۰۰ کیلو وات قدرت در مورد کوره های القائی ساده مورد استفاده قرار می گیرد .

کوره های القائی به سه دسته :

کوره های فرکانس کم بدون هسته و کانال جریان

کوره های فرکانس کم با هسته و کانال جریان و

کوره های فرکانس زیاد، تقسیم می شوند که استفاده از دو نوع اول رو به افزایش می باشد.

کوره های القائی نوع اول بسیار ساده و مشتمل بر بوتله و سیم پیچ های جریان است که به وسیله آب همواره خنک می شوند در حالی که در کوره های نوع دوم مذاب بین دو قطب اصلی (هسته) جریان پیدا می کند . تفاوت عمده این دو نوع کوره در استفاده از جریان برق و تبدیل به انرژی حرارتی می باشد. کوره های نوع اول بیشتر در مورد ذوب شمش و قطعات بکار می روند و کوره های نوع دوم برای ذوب ، تصفیه ، کنترل و نگاهداری مذاب مورد استفاده واقع می شوند و راندمان حرارتی و الکتریکی آنها زیادتر است و همان

گونه که از شکل ۴-۲ استنباط می گردد منطقه ذوب آنها بسیار کوتاه می باشد و از این رو درجه حرارت و سرعت حرکت مذاب به حدی باید باشد تا درجه حرارت لازم در تمام قسمت های بوتۀ تامین گردد. اشکال عمده دیگر در کوره های القائی با هسته و کانال جریان در آنست که این کوره ها همواره برای شروع نیاز به مذاب دارند که در کنار کانال های جریان قادر به تشکیل هسته های القائی باشند .

در کوره های القائی ساده شکل ۵-۲ که با تغییرات بسیار جزئی در اغلب کارخانجات مورد استفاده قرار می گیرند، سیم پیچ های مسی (کویل) که در داخل آنها آب جریان دارد مهمترین عامل انتقال جریان الکتریسیته به حرارت می باشد و به دلایل الکترو مغناطیسی اندازه های کوچک این نوع کوره ها از راندمان مطلوب برخوردار نیستند . این کوره ها معمولاً با فرکانس ۱۰۰۰ سیکل کار می کند و انتقال مذاب به قسمت های مختلف با شدت و تحت تاثیر جریان انجام می گیرد.

کوره های القائی با فرکانس زیاد معمولاً شامل یک موتور ژنراتور به قدرت ۵ تا ۱۰۰۰ کیلو وات است که فرکانس معمولی را به ۱۰۰۰۰ می رساند. اصول کلی ساخت این کوره ها با کوره های القائی ساده کم فرکانس تفاوت زیادی ندارند جز آنکه برای تامین انرژی و فرکانس به ژنراتورها و

ترانسفورماتورهای قوی نیاز دارد و ظرفیت آنها نیز کم و محدود می باشد و حداکثر از ۳۵ کیلوگرم آلومینوم تجاوز نمی کند.

کوره های با فرکانس زیاد معمولاً از سیستم یک فاز تغذیه می شوند و یک

مخزن و ژنراتور برای عرضه راندمان انرژی در سیستم های ۳ فاز در آنها

بکار گرفته می شود، فاکتور انرژی این کوره ها معمولاً ۰/۲ و به وسیله سلف

و یا مخزن بزرگ به ۰/۱ تصحیح می شود که معمولاً قیمت این مخزن $\frac{1}{2}$ قیمت

کل دستگاه می باشد. ولتاژ لازم برای کوره های کوچکتر (۲۰۰۰ کیلوواتی) تا

۸۰۰ ولت و برای کوره های بزرگ تا ۲۶۰۰ ولت می رسد. از این رو وجود

ترانسفورمرهای تبدیل ولتاژ و جریان ضروری است. بسته ها و مواد نسوز

در داخل کوره های القائی بایستی ۲ پارامتر متضاد را مشمول شوند اول آنکه

برای انتقال جریان و القاء آن نازک و از قابلیت انتقال برخوردار باشند و دوم

آنکه به اندازه کافی ضخامت داشته باشند تا از استحکام برخوردار گردند، که

معمولاً این ضخامت را ۸٪ قطر بسته منظور می کنند.

بسته در سیستم کوره های القائی با کوبیدن مواد نسوز در داخل کوره انجام

می گیرد و ماکزیمم چگالی مواد نسوز مورد نیاز است، مواد نسوز معمولاً از

منیزیت، mgO ، آلومین AL_2O_3 و مخلوط آنها و گاه سیلیس SiO_2 و مواد چسبی

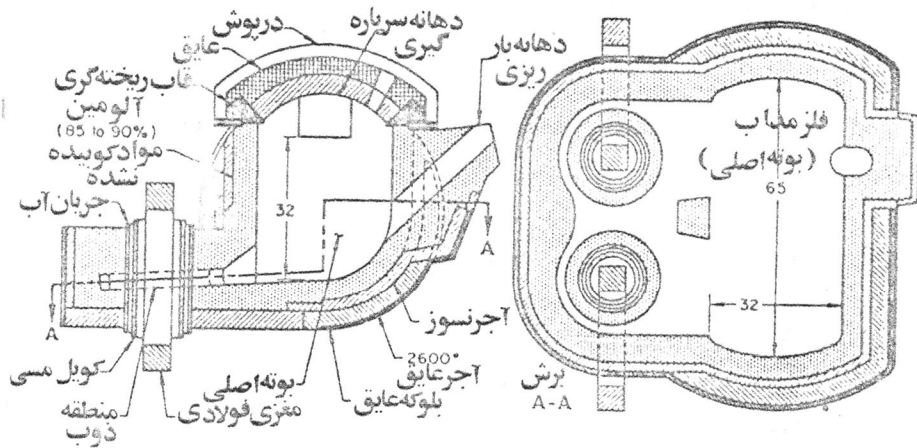
جامد (پودر) ترموست تشکیل می شود (اسید بوریک). مخلوط ماسه و

چسب که بدون رطوبت در اطراف یک ورقه فولادی (شکل داخلی بوته) کوبیده می شوند در جریان شارژ گرم شده و از استحکام زیاد برخوردار می گردند . قبل از ریختن و کوبیدن مواد نسوز ، از مواد عایق برای جلوگیری از اتصال سیم پیچ ها استفاده می کنند و بعد از کوبیدن سطح آزاد رویش را معمولا با چسب های زودگیر (سیلیکات سدیم) پوشش می دهند .

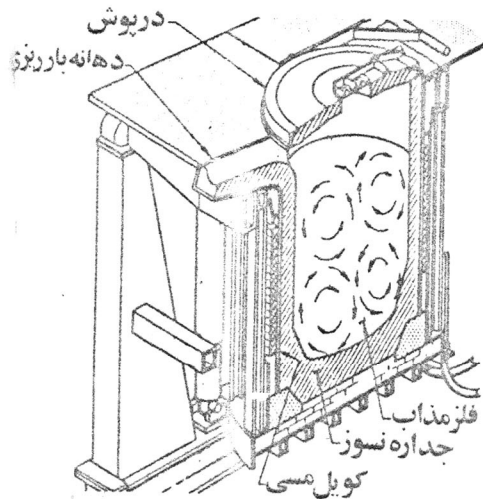
در کوره های القائی با هسته و کانال جریان معمولا بدنه کوره بوسیله ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر نسوز آلومینیا پوشش داده می شود . کانال ها و میله های اصلی جریان و حوزه ذوب از مخلوط پرکلین ، آلوندم ، خاک نسوز و پودر باریت به صورت محلول مایع (تقریبا خمیری) پوشش می شوند و پس از خشک شدن مورد استفاده قرار می گیرند (معمولا ۲۴ ساعت) .

کوره های القائی با فرکانس زیاد نیز درد و نوع بوته متحرک با ظرفیت ۲/۵ کیلوتا ۳۰ کیلوگرم آلومینوم و نوع بوته ثابت با ظرفیت تا ۵۰۰ کیلوگرم بکار می روند . بوته این کوره ها مانند کوره های بوته ای از خاک نسوز و گرافیک ساخته می شوند و قبل از ذوب درون کوره جای می گیرند .

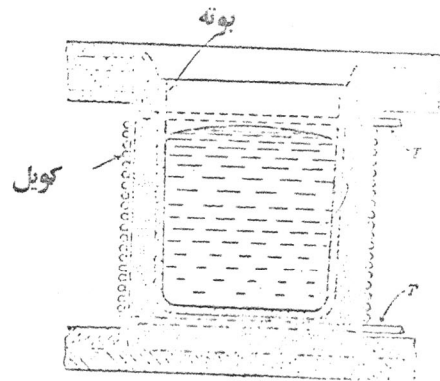
www.kandooon.com



شکل ۲-۴ کوره القائی فرکانس کم با هسته و کانال جریان



شکل ۲-۵ کوره القائی فرکانس کم ، ساده



شکل ۲-۶ کوره القائی فرکانس زیاد

www.kandooon.com

بخش سوم

فعل و انفعالات شیمیایی در مذاب

(ترکیبات و گازها)

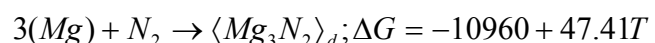
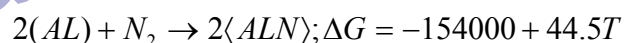
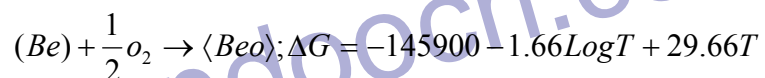
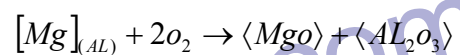
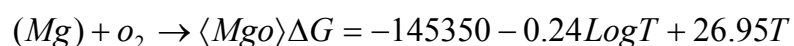
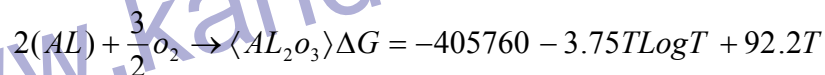
آلومینوم فلزیست که بخصوص در حالت مذاب قابلیت فعل و انفعال شیمیایی و حلالیت فیزیکی با بسیاری از عناصر را دارد. این عنصر به سهولت نسبت به مواد محیط خود مانند هوا، محصولات سوخت، قالب، مواد آلیاژی و سایر عناصر که برای مقاصد خاص به آن افزوده می گردد واکنش نشان می دهد، و نتایج این واکنش به صورت ترکیبات فلزی، ترکیبات غیر فلزی (اینکلوژن ها) و گازهای حاصل و تخلخل در قطعه ریخته شده ظاهر می شوند که هر یک به نوعی خواص مکانیکی و ریخته گری فلز را تقلیل می دهند. در این بخش ابتدا فعل و انفعالات موجود در آلومینوم مذاب و مواد محیطی آن و سپس هر یک از ترکیبات و محلول های ناخواسته مورد تشریح قرار می گیرند.

۳-۱ فعل و انفعالات عمومی

در درجه حرارت ذوب آلومینوم، فعل و انفعالات شیمیائی مختلف بین مواد اکسیدی و ترکیبات مختلف و آلومینوم و مواد آلیاژی آن انجام می گیرد که حاصل آن به صورت مواد جامد غیر فلزی (اکسیدی) و یا حباب های گازی در قطعه باقی می ماند.

۳-۱-۱ فعل و انفعالات با هوا

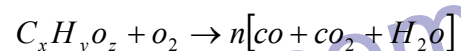
اکسیژن هوا و همچنین ازت موجود در آن مهمترین منشاء وجود ترکیبات غیر فلزی در مذاب آلومینوم هستند.



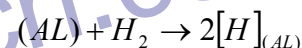
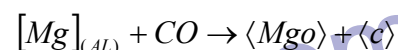
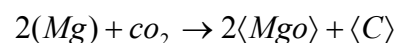
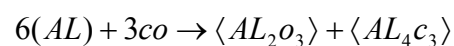
تمام عناصر حاصل از فعل و انفعال در حالت مذاب جامد بوده و تحت تاثیر قوانین استوک در مذاب شناور میشوند و به صورت مواد ناخواسته غیر فلزی در قطعه معایبی را ایجاد می کنند.

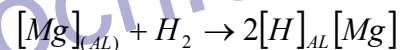
۲-۱-۳ فعل و انفعالات با محصولات سوخت

سوخت های فسیلی در تحت درجه حرارت اشتغال از صورت فرمولی زیر به H_2O ، Co ، Co_2 تجزیه می شوند.



سایر ترکیبات سوخت مانند N_2 ، H_2 ، CH_4 می توانند تا حدودی از شدت اکسیداسیون بکاهد ولی اغلب آنان به صورت دیگری گازهای محلول در مذاب را افزایش می دهند.





بایستی توجه داشت که کلیه گازها مانند CH_4, Co_2, Co, H_2O در مذاب

آلومینوم نا محلول می باشند و فقط هیدروژن در آن حل می گردد و CH_4 نیز

در اثر تجزیه



کربن حاصل در فعل و انفعالات فوق در صورت وجود تیتان در مذاب با آن

ترکیب شده و بصورت *Tic* در ریز کردن دانه های آلومینوم (grain

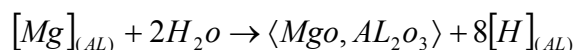
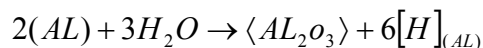
refiner تاثیر شدید دارد .

۳-۱-۳ فعل و انفعالات با بخار آب (هوا، قالب)

بخار آب از هر منبعی که حاصل شود با آلومینوم مذاب و با مواد آلیاژی آن

ترکیب می شود که نتیجه آن علاوه بر ترکیبات اکسیدی وجود هیدروژن

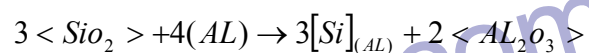
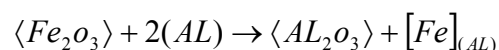
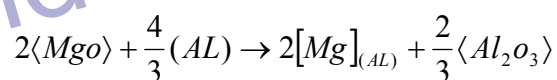
بصورت اتمی می باشد که در مذاب حل می گردد.



۳-۱-۴ فعل و انفعالات با مواد نسوز

مواد نسوز مورد استفاده در صنایع آلومینیم بیشتر از انواع گرافیت و ترکیبات سیلیسی می باشند تا امکان ترکیبات مختلف را کاهش دهد مواد نسوز اغلب از طریق مکانیکی شکسته و به مذاب آلومینوم افزوده میشوند.

ولی در درجه حرارت های ذوب نیز وجود فعل و انفعالات زیر امکان پذیر می باشد.



به استثناء فعل و انفعال با سیلیس که هنوز مورد تایید کامل قرار نگرفته است فعل و انفعالات دیگر در شرایط ذوب حاصل می گردند.

۳-۱-۵ فعل و انفعال با هیدروژن

هیدروژن تنها گاز قابل حل در آلومینوم مذاب می باشد و بدلیل آنکه حلالیت آن در حالت جامد بسیار کم است گازهای خارج شده از حلالیت بصورت حباب و تخلخل در قطعه ریخته شده خواص مکانیکی را به شدت تقلیل می دهند.

هیدروژن از طریق بخار آب



و یا بصورت هیدروژن موجود در هوا $(Al) + H_2 \rightarrow 2[H]_{(Al)}$

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K = \Delta G^0 + RT \ln \frac{p^2_H}{p_{H_2}}$$

و در تعادل حلالیت که $G=0$ می باشد

$$-\Delta G^0 = RT \ln \frac{p^2_H}{p_{H_2}}$$

$$P^2_H = p_{H_2} e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}}$$

و یا بعبارت دیگر

$$PH = K_T \sqrt{PH_2}$$

که در آن $K_T = \sqrt{e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}}}$ و از آنجا

$$K_T \sqrt{PH_2} = P[H]_{(Al)} - rH_1 - NH_1$$

که با توجه به ثابت بودن $P[H]_{(Al)}$ ، rH_1 و NH_1 می توان نوشت $NH_1 = K^1_T \sqrt{PH_2}$

که در آن NH_2 عبارت است از تعداد اتم هیدروژن که تحت فشار PH_2 در

آلومینوم حل می شود و چون اغلب فشار H_2 برابر فشار اتمسفر می باشد

$$NH_1 = K^1 \sqrt{760} .$$

و در هنگامی که فشار H_2 بیشتر از فشار اتمسفر باشد

$$NH_{1(pi)} = K^1_T \sqrt{Pi(H_2)}$$

$$NH_1 = NH_1(760) \sqrt{\frac{Pi}{760}}$$

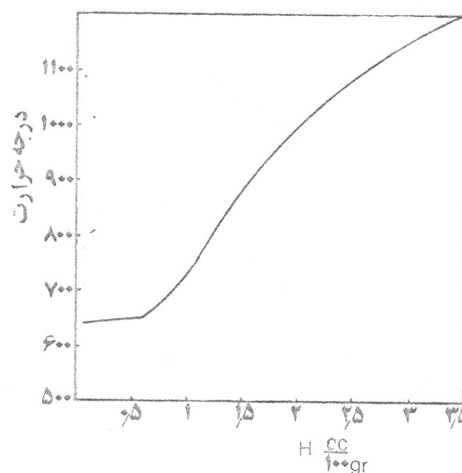
که چنانچه بجای تعداد اتم N درصد ترکیبی آن را بر ۱۰۰ گرم مذاب منظور کند

$$S(H_1)_{pi} = SH_1(760) \sqrt{\frac{Pi}{760}}$$

و از معادلات ترمودینامیکی نیز معلوم است که :

$$\text{Log}S H_1 = -2760T^{-1} + 2.765$$

و در نتیجه در تحت هر فشار و درجه حرارت می توان درصد حلالیت



ئیدروژن را در آلومینوم مذاب پیدا کرد. در منحنی ۱-۳ حلالیت ئیدروژن در آلومینوم مذاب با توجه به افزایش درجه حرارت نشان داده شده است .

شکل ۱-۳ حلالیت ئیدروژن در آلومینیم مذاب

همانگونه که عناصر آلیاژی در چگونگی فعل و انفعالات شیمیایی و افزایش (تقلیل) اکسیداسیون مذاب موثر می باشند در میزان حلالیت گاز ئیدروژن در مذاب نیز موثر هستند. به طور مثال مس و سیلیسیم حلالیت ئیدروژن در آلومینوم را تقلیل می دهند ولی منیزیم حلالیت را تشدید می کند بطوریکه آلیاژی با ۱۰٪ منیزیم دارای حلالیت تقریباً ۲ برابر آلومینوم خالص است و ۵٪ مس یا ۶٪ سیلیسیم نیز قادرند حلالیت ئیدروژن را تا ۳۰٪ کاهش دهند. علاوه بر فعل و انفعالات فوق مواد ناخالصی و مواد غیر فلزی از طریق مکانیکی، در جریان ذوب، کاربرد وسایل ذوب حمل و نقل، مواد قالب و نیز داخل مذاب رانده می شوند که ممکن است به همان صورت در مذاب باقی بمانند و یا در تحت تاثیر یکی از فعل و انفعالات فوق تغییرات ترکیبی آلیاژ را نیز باعث شوند.

۲-۳ ترکیبات در نوب آلومینوم

ترکیبات مختلفی که در آلیاژهای آلومینوم پدید می آید و جزء ترکیبات و یا فازهای اصلی خواسته شده و در مذاب نیستند به صورت ناخالصی های فلزی، ترکیبات فلزی، ترکیبات غیر فلزی و ترکیبات گازی دسته بندی می شوند که هر یک به نوعی خواص آلیاژی را تحت تاثیر قرار می دهند.

ناخالصی های فلزی عموماً تحت نام ناخالصی مشکلات جدی را فراهم نمی کنند، زیرا بیشتر عناصر در محدوده کوچکی قابلیت انحلال در آلومینوم مذاب را دارند و ناخالصی های موجود اغلب در حد حلالیت باقی می مانند. ناخالصی های فلزی همان گونه که از جدول بخش اول استنباط می گردد بیشتر از مواد معدنی و در تهیه شمش ها حاصل می گردند و چنانچه مقدار آنها از حد حلالیت تجاوز نماید به صورت ترکیبات غیر فلزی و با تشکیل فاز دوم در آلیاژ ظاهر می شوند که اگر ترکیب آنها جزء خواسته های آلیاژی نباشد خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ را شدیداً تغییر می دهند.

۱-۳-۲ ترکیبات بین فلزی

ترکیبات بین فلزی در دو صورت کاملاً مجزا در آلیاژ آلومینوم ظاهر می شود. در حالت اول ترکیب جزء خواست آلیاژی است و خواصی از آن انتظار می

رود و در حالت دوم ترکیباتی هستند که در اثر سگرگاسیون و یا حضور ناخالصی های غیر فلزی حاصل می شوند. ترکیبات فلزی عموماً سخت و دیر ذوب هستند و در ته بوته و یا در سیاره متمرکز میشوند، مهمترین ترکیبات فلزی در آلیاژ های آلومینوم عبارتند از :

الف - ترکیبات آهن : آهن یکی از ناخالصی های معمولی در آلومینوم می باشد و میتواند تا میزان ۰/۵۰ درصد در آلومینوم جامد حل شود و ۱/۷ درصد و در درجه حرارت 650°C با آلومینوم تشکیل او تیکتیک دهد. چنانچه آهن از میزان حلالیت تجاوز نماید وجود ترکیب $FeAl_3$ که قابلیت حل مقدار کمی منگنز و مس را نیز دارد حتمی است. آلومینوم می تواند آهن را از هر منبعی (مانند ابزار و وسائل ذوب ، و مخلوط کننده ها) و یا تجزیه اکسید آهن جذب نماید. Al_3Fe دارای سختی حدود ۵۵۰ برنیل می باشد و از این رو حضور این عنصر در آلیاژ آلومینوم شکنندگی آن را شدیداً افزایش می دهد.

حضور منگنز و سیلیسیم بصورت ناخالصی همراه با آهن باعث ترکیبات بسیار سخت و شکننده $Al(Mn,Fe)si$ می گردد که قابلیت تغییر فرم آلیاژ را کاهش می دهد.

ب- ترکیبات سیلیسیم : سیلیسیم به تنهایی هیچ گونه ترکیبی با آلومینوم ندارد میزان حلالیت آن در حالت جامد با تقلیل درجه حرارت پائین آمده به طوریکه

در درجه حرارت محیط به صفر می رسد . این عنصر به صورت ناخالصی در شمشهای اولیه وجود دارد و همچنین می تواند بوسیله فعل و انفعالات مواد قالب و یا بوته به داخل مذاب جذب شود. چنانچه آلیاژ مذاب حاوی منیزیم باشد ، ترکیب Mg_2Si در مذاب و جامد آلومینوم وجود پیدا می کند.

پ- ترکیبات تیتانیوم : تیتانیوم که حلالیت بسیار کمی در آلومینوم مذاب دارد به سهولت ترکیبات Al_3Ti را که سختی حدود ۷۷۰ برنیل دارد تولید می کند. ترکیبات تیتانیوم اغلب برای ریز کردن دانه ها به صورت TiC, TiB_2 و با ترکیبات k_2TiF_6 به کار می روند.

سایر ترکیبات که در ذوب آلومینوم صنعتی حاصل می شوند عبارت از AL_2CU و AL_3Mg_2 و ترکیبات سه گانه آنها می باشند که به سهولت قابل تشکیل نیستند.

در جدول ۱-۳ که توسط آندرسن و وان لانگ جداگانه تهیه شده و در این کتاب مشترک مورد استفاده قرار گرفته اند حد حلالیت و فاز دوم بسیاری از عناصر در آلومینوم درج گردیده است .

ماکزیمم حلالیت جامد		مینیمم حلالیت در درجه حرارت محیط		فاز دوم اضافه بر حلالیت	
عنصر	درجه حرارت	% وزنی	% وزنی	ترکیب	نقطه ذوب
B	۶۵۹	خیلی کم	۰	AlB ₂	۱۱۰۰ P
Be	۶۴۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵	[Be]	۱۱۸۰
Bi	۶۵۷	۰/۲	~۰	[Bi]	۲۷۴
C	R	۰	—	Al ₄ C ₃	—
Ca	۶۱۶	۰/۶	۰/۳	Al ₃ Ca	۷۰۰ P
Cu	۵۴۸	۵/۷	۰/۱	Al ₂ Cu	۵۹۱ P
Fe	۶۵۵	۰/۵۲	۰	Al ₃ Fe	۱۱۲۰ P
H	۶۶۰	۳۶CC/۱۰۰gr	۰/۰۰۰۱	H ₂	
Mg	۶۰	۱۴/۹	۱/۹	Al ₃ Mg ₂	۴۵۲
Mn	۶۵۸	۰/۶۵	۰/۱	Al ₆ Mn	۷۱۰ P
N	R	—	—	AlN	—
Na		—	—	[Na]	۹۷/۵
Ni	۶۴۰	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳	Al ₃ Ni ₂	۸۴۵ P
O	R	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	Al ₂ O ₃	۲۰۵۰
Pb	۶۵۰/۵	۰/۰۲۵	۰	[Pb]	۳۲۷
Si	۵۷۰	۱/۵۹	۰	[Si]	۱۴۰۰
Ti	۶۶۵	۰/۱۵	۰	TiAl ₃	۱۳۲۰
Zr	۶۶۰	۰/۱۵	۰	ZrAl ₃	۱۵۸۰
Zn	۳۸۲	—	۴	[Zn]	۴۱۹

R : فعل و انفعال شیمیائی P : درجه حرارت پرتیکتیک

جدول ۱ - ۳ حلالیت جامد و فاز دوم بعضی عناصر در آلومینوم

۳-۲-۲ ترکیبات غیر فلزی

ترکیبات غیر فلزی از هر منبعی که حاصل شود (به کتاب اصول ریخته گری

رجوع نمائید) می تواند به ۴ دسته اصلی زیر طبقه بندی گردد:

اکسیدها، نیتروورها، کربورها و کلورها

الف - اکسیدها: آلومینوم با تمام مواد و عناصر اکسید کننده ترکیب گردیده و نتیجه حاصل اکسید آلومینوم است که جمله محققین بر این اتفاق نظر دارند که اکسید آلومینوم در آلومینوم مذاب و جامد اصولاً قابلیت انحلال ندارد. اغلب عناصر و اکسیدها مانند TiO_2 , FeO , CuO , SiO_2 می توانند به عنوان اکسید کننده برای آلومینوم منظور شوند و فقط بعضی عناصر مانند منیزیم تا $1600^\circ C$ ، کلسیم، برلیوم و لیتیوم میل ترکیبی بیشتری با اکسیژن دارند و از این رو اغلب اکسیدها در آلومینوم شامل MgO , Al_2O_3 و یا مخلوط آنها می باشد.

آلومینوم و اکسیژن می توانند یک رشته ترکیبات مختلف مانند Al_2O , AlO و $Al_2O_3(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta)$ که از نظر شکل ساختمانی و کریستالی متفاوتند تولید نمایند ولی مهمترین این ترکیبات، γAl_2O_3 به عنوان اکسید فیلم که عنصر اصلی تشکیل دهنده سرباره آلومینوم می باشد و دیگر αAl_2O_3 است که تحت نام کوراندم بعد از الماس سخت ترین عناصر است. اکسید فیلم آلومینوم قادر به حفاظت بقیه مذاب از اکسید شدن می باشد زیرا این اکسید بر خلاف اکسیدهای آهن، مس و بسیاری عناصر دیگر متخلخل نیست و فاکتور تخلخل آن از یک بزرگتر است (بر اساس رابطه $Bedworth\ epilling$) فاکتور تخلخل

عبارتست از R

$$R = \frac{W_0 d_m}{W_m d_o}$$

که در آن d_o, w_o به ترتیب وزن ملکولی و وزن مخصوص اکسید و d_m, w_m وزن اتمی (ملکولی) و وزن مخصوص مذاب می باشد از طرف دیگر درجه حرارت مذاب ، زمان نگاهداری مذاب و رشد انرژیتیک اکسید تاثیر شدیدی در مقدار اکسید دارند، اکسید فیلم در آلومینوم تا درجه حرارت ۷۰۰ بی شکل می باشد ولی در درجه حرارت بالاتر از ۷۰۰ یک نوع ساختمان γAl_2O_3 ناپایدار تشکیل می دهد.

مطالعات تجربی *kissling* ثابت نموده است که در سرباره آلومینوم مذاب علاوه بر مقدار زیادی اکسید فیلم ، مقداری نیترو ، کربور و حتی سولفور آلومینوم وجود دارد.

یا کوراندوم معمولاً بایستی از تجزیه سایر اکسیدها حاصل گردد ولی چنانچه γAl_2O_3 در درجه حرارت های بیش از $800^\circ C$ نگاهداری شود انتقال از حالت γ به α انجام می پذیرد . همچنین در تماس بین اکسید فیلم و مذاب آلومینوم تشکیل کوراندوم در درجه حرارت پائین نیز امکان پذیر می باشد . بطور کلی می توان چنین استنباط نمود که ابتدا اکسید فیلم γAl_2O_3 تشکیل میشود و پس از مدتی به αAl_2O_3 تبدیل می گردد.

وزن مخصوص کوراندوم برابر $4qr/cm^3$ می باشد در حالی که وزن مخصوص اکسید فیلم و سرباره های آلومینوم حدود $2/7$ تا $3/9$ qr/cm^3 گزارش شده

است و از این رو با توجه به قانون استوک عمل رسوب و یا ورود اکسیدها به سرباره با اشکالات زیادی توأم است. بدیهی است در این موارد نمی توان وزن مخصوص فشرده اکسیدها را ملاک قرار داد زیرا وزن مخصوص ظاهری اکسیدها همواره کمتر می باشد، اکسید منیزیم MgO که در اثر ترکیب با اکسیژن مواد اکسید آن حاصل می گردد نیز از جمله اکسیدهای موجود در آلومینوم مذاب است. MgO در سطح مذاب باعث ایجاد رنگ تقریباً طلائی و یا سیاه خواهد شد و در بعضی مواقع وجود پودر سفید در سطح مذاب دال بر وجود اکسید منیزیم است. این اکسید در درجه حرارت $2720^\circ C$ تجزیه می گردد ولی هنگامی که مقدار آن زیاد باشد با اکسید آلومینوم تولید اکسید مضاعف (اسپنیل) (MgO, Al_2O_3) می نماید که از کوراندم سبک تر و نقطه ذوب آن $2135^\circ C$ می باشد.

سایر ناخالصی ها (عناصر آلیاژی) مانند مس ، آهن ، روی ، منگنز تاثیر شدیدی در اکسیداسیون آلومینوم ندارند و از این رو می توان نتیجه گرفت که اکسیدهای موجود در آلومینوم مذاب ، آلومین ، منیزیت و اسپنیل می باشند و سایر اکسیدها در صورت حضور در مذاب از طرق مکانیکی وارد شده اند.

ب- نیتروورها: نیتروورها مانند Si_3N_4, BN, ALN بر اثر روابط شیمیائی امکان تشکیل دارند ولی در آلومینیم مذاب فقط نیترو آلومینیم ALN و نیترو منیزیم

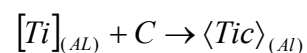
Mg_3N_2 (در مورد آلیاژهای آلومینیم، منیزیم) تشکیل می شوند. حلالیت ازت در آلومینیم ناچیز می باشد و بنابراین وجود مقداری ازت باعث تشکیل نیترو آلومینیم خواهد شد. وزن مخصوص ALN حدوداً برابر خ ۳/۰۵ و این پدیده برای Mg_3N_2 به ۳ گرم بر سانتی متر مکعب می رسد. نکته قابل توجه این است که در شرایط ذوب معمولی وجود نیتروورها در اثر فعل و انفعالات شیمیائی به ندرت اتفاق می افتد و این بیشتر در درجه حرارت های بیش از ۸۰۰ پدید می آید. از طرف دیگر وجود اکسیژن و سایر عناصر که میل ترکیبی شدیدی با آلومینیم و عناصرالیاژی آن دارند وجود نیترو آلومینیم را تقریباً غیر ممکن می سازد بطوریکه این عنصر برای گاززدائی ئیدروژن بعنوان گاز بی اثر بکار می رود (باستثنای آلیاژهای آلومینیم، منیزیم).

پ- کربورها: حلالیت کربن در آلومینیم بسیار ناچیز و در $1000^\circ C$ کمتر از ۰/۰۱ درصد گزارش شده است و به دلیل آفینیت ترکیبی بین کربن و آلومینیم وجود هر مقدار کربن باعث تشکیل Al_4C_3 در درجه حرارت های ذوب معمولی می گردد. این ترکیب نتیجه ای از فعل و انفعالات مواد سوخت و بوت ه های گرافیکی با آلومینیم مذاب می باشد.

مهمترین مواد کربوری که در مذاب (جامد) آلومینیم گزارش گردیده است AL_4C_3 و SiC و tic می باشند.

کربور آلومینیم در حضور اکسیژن ناپایدار می باشد و همچنین بدلیل وزن مخصوص کم آن $2/36 \text{ gr/cm}^3$ معمولاً کربور در سطح آلومینیم مذاب تشکیل می شود. چنانچه کربن به حالت اتمی در مذاب باقی بماند در صورت وجود

تیتانیوم به Tic تبدیل می شود



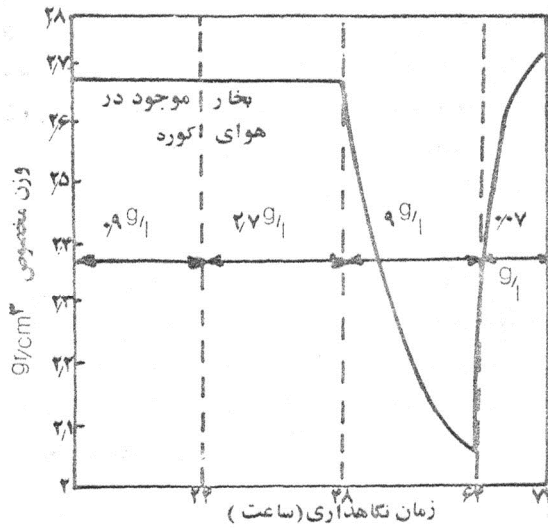
tic در حرارت 3250°C ذوب می گردد و می تواند بعنوان هسته های غیر یکنواخت در ریز کردن شبکه موثر باشد. تاثیر درجه حرارت در شدت کلی تمام فعل و انفعالات فوق بر اساس روابط ترمودینامیکی کاملاً اثبات شده است همچنین زمان نگاهداری مذاب در درجه حرارت های بالا و نفوذ گازهای مختلف بخصوص ئیدروژن به داخل مذاب از عواملی است که در مورد آلیاژهای متفاوت به تجربیات و آزمایش های متعدد نیاز دارد که در شکل های ۲-۳ و ۳-۳ تاثیر زمان نگاهداری و تلاطم سطح مذاب در جذب ئیدروژن توسط آلیاژ آلومینیم خالص تجارتي و آلیاژ $Al-ZnMgCu$ نشان داده شده است.

ت - کلورورها: انواع کلورورها مانند $AlCl_3, ZnCl_2, MgCl_2$ در آلومینیم امکان تشکیل دارند که معمولاً از منابع دگازرها و فلاکس های حاوی کلر حاصل میشوند.

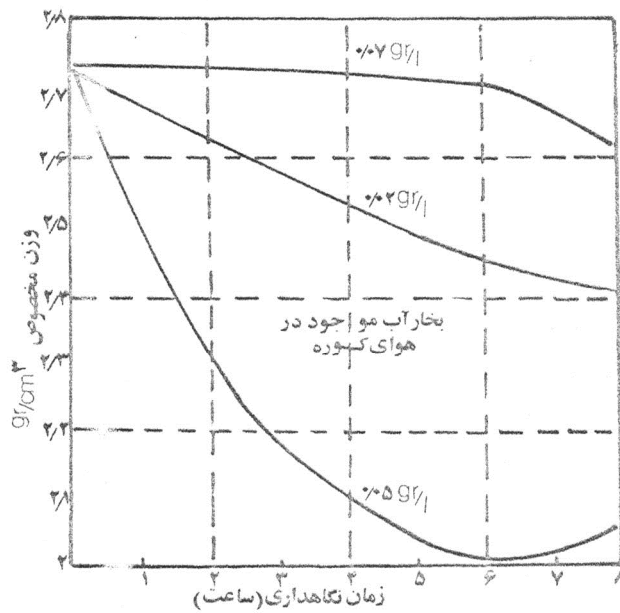
www.kandoo.cn.com

www

www



شکل ۲-۳ جذب گاز (تقلیل وزن مخصوص) در هوای کوره (مذاب بدون تلاطم) آلومینیم خالص تجارتي



شکل ۳-۳ تأثیر زمان نگهداری در جذب گاز (مذاب - تلاطم)

www

www.kandoo.cn.com

وزن مخصوص این عناصر حدود $2/9 \text{ gr/cm}^3$ میباشد و بدلیل درجه حرارت تبخیر پائین (حدود 200°C) معمولا در سطح مذاب مجتمع می گردند به طوریکه از این مواد اغلب بعنوان فلاکس و گاززدار استفاده می شوند.

ج- گازها : هیدروژن مهمترین گاز است که در آلومینیم حل می شود و حلالیت آن لگارتیمی با درجه حرارت و مستقیم با ریشه دوم فشار محیط تغییر می کند. در جریان سرد شدن هیدروژن مازاد بر حد حلالیت ، به حالت ملکولی تبدیل شده و تولید حباب می نماید که تشکیل هسته های گازی میدهد و رشد آنها توسط تنش سطحی مذاب محدود می گردد به طوریکه برای تشکیل حباب های گازی حداقل $0.2 \text{ CC}/100\text{gr}$ هیدروژن لازم است تا اندازه حبابها قابل مطالعه گردد و بتواند وزن مخصوص مذاب را تحت تاثیر قرار دهد.

مطالعات انجام شده توسط مولف ثابت کرده است که وجود ترکیبات غیر فلزی (اینکلژن ها) در مذاب آلومینیم شرایط تشکیل حباب های گازی را آسان می نماید . بسیاری از محققین و همچنین آزمایشات مولف ثابت نموده است که حباب های گازی و اینکلژن های غیر فلزی تا حدود زیادی بهم پیوسته اند ، به طوریکه خروج یکی از این مواد خروج عنصر دیگر را نیز دنبال دارد ، بدیهی است در مورد حباب های گازی و رشد آنها ، چگونگی سرد شدن و روش انجماد تاثیر شدیدتری دارند

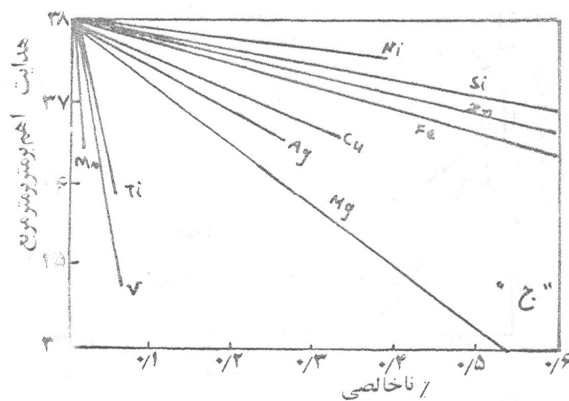
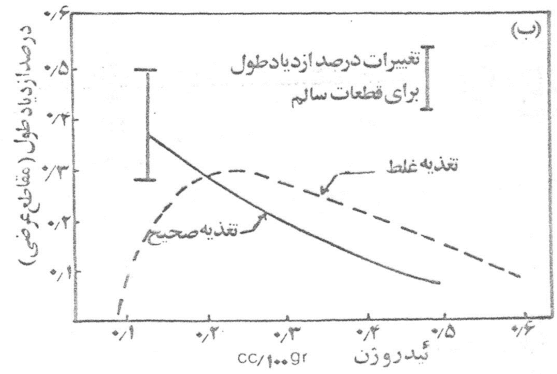
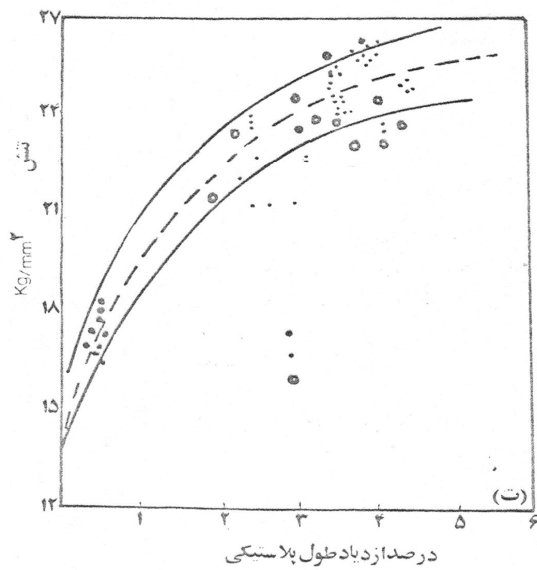
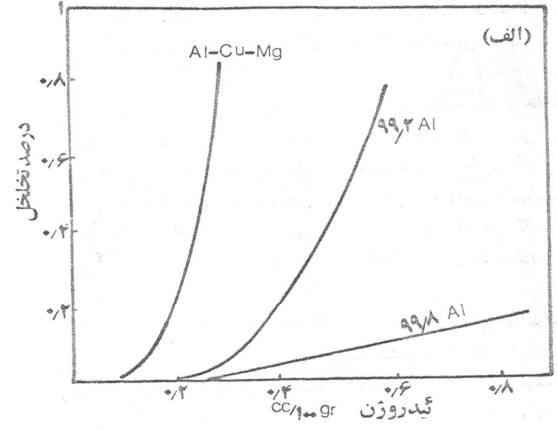
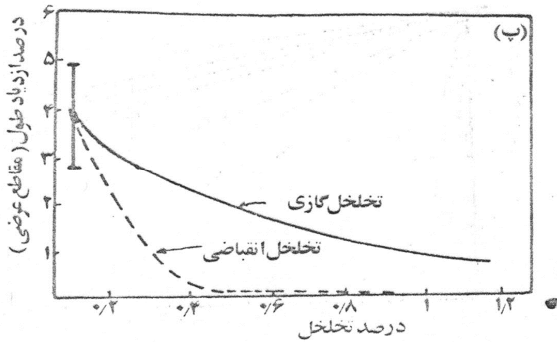
۳-۳ تاثیر ترکیبات و مواد ناخواسته در خواص آلومینیوم

۳-۳-۱ تاثیر در خواص ریخته گری

ترکیبات غیر فلزی ، و گازها معمولا بعنوان هسته های ضعف در ساختمان ماکروسکپی آلیاژ و خواص مختلف آن عمل می کنند.

سیالیت

سیالیت آلیاژهای آلومینیوم در حضور ترکیبات غیر فلزی و ترکیبات فلزی شدیداً کاهش می یابد و این بیشتر به دلیل افزایش تنش سطحی مذاب آلومینیوم در قبال این عناصر است. تعیین کاهش سیالیت توسط مواد اکسیدی و مواد ترکیبی در آزمایش های مختلف:



شکل ۳-۴ تاثیر گازها، اینکلوزن‌ها و عناصر ناخالصی در خواص آلیاژهای

آلومینیوم

الف : تاثیر مقدار گاز جذب شده در تخلخل آلیاژهای مختلف

ب : تاثیر مقدار گاز جذب شده در ازدیاد طول عرضی

آلیاژنوردی AL-zn-mg-cu

ت: تاثیر اینکوژن ها در منحنی کششی آلیاژ AL-Si- Cu

ج: تاثیر عناصر ناخالصی در هدایت الکتریکی آلیاژ آلومینیوم به ثبوت رسیده

است ولی از آنجایی که سیالیت بیشتر تحت تاثیر تغییرات درجه حرارت می

باشد نمی توان انتظار داشت که سیالیت عناصر در مقابل وجود ترکیبات

مختلف شدیداً کاهش یابد.

تغذیه

در مورد عمل تغذیه و در صد افزایش (تقلیل) انقباض کتمرکز آلومینیوم تحت

تاثیر مواد ترکیبی مطالعات متعددی انجام گرفته است که نتیجتاً حاصل می

گردد که :

الف - مواد ترکیبی هیچ گونه تاثیری در کار کل انقباض حجمی آلیاژی

آلومینیوم ندارند.

ب - در صد انقباض متمرکز آلیاژهای آلومینیوم در اثر وجود هسته های غیر

یکنواخت و ایجاد انجماد تقریباً خمیری کاهش شدیداً پیدا می نماید نکته اخیر از

طرف محققین متعدد در حالی که مقدار ترکیبات غیر فلزی متشابه باشد مورد قبول قرار گرفته است .

۳-۳-۲ تاثیر در خواص مکانیکی

در این مورد مطالعات متعددی انجام گرفته است که جملگی بر این نظر متفق میباشد که گازها ، اینکلوزن ها ، خواص مکانیکی آلیاژ را شدیداً کاهش می دهند که برای جلوگیری از اطناب کلام تاثیر این مواد در خواص مکانیکی در شکل های ۳-۴ نشان داده شده است :

۳-۴ سرباره

از آنچه گفته شد نتیجه گرفته می شود که بسیاری از فعل و انفعالات درون مذاب انجام می گیرد که بر حسب وزن مخصوص ممکن است به صورت سرباره (Dross) و یا ته نشین (لجن) (Sludge) در آیند . علاوه بر آن بسیاری از ترکیبات نیز به حالت شناور در مذاب باقی می مانند. سربار و یا مواد ته نشین همواره با مقادیر زیادی آلومینیوم همراه می باشند که در صورت عدم تفکیک آنها اتلاف مذاب بسیار زیاد خواهد بود که در این مواقع از فلاکس ها و دگازرها استفاده می کنند که در بخش بعد مورد مطالعه قرار می

گیرند. از این رو ترکیبات مختلف که در جریان ذوب آلومینیوم حاصل می گردند بنابر وزن مخصوص و چگونگی توزیع در یکی از سه دسته سرباره ، ته نشین و شناور قرار خواهند گرفت که در جدول ۲-۱ مشخصات کلی آنها درج گردیده است .

مواد شناور		مواد ته نشین		مواد سرباره	
وزن مخصوص	ترکیب	وزن مخصوص	ترکیب	وزن مخصوص	ترکیب
۴	$\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$	۶/۴	CuO	۲/۳	(Al)
۳/۹	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{MgO}$	۶	Cu_2O	۲/۸	$\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$
	TiC	۶	Fe_2O_3	۲/۴	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$
	TiB ₂		Fe_3Al	۲/۹	MgO
۳/۶	Al_4C_3		Al_2Cu	۱/۵	(Mg)
	H ₂		Mn_3Al	۲/۲۰	SiO_2
	Mg_2Si			۲/۸	کلورها
	نیتروها			۳	کربورها
	مواد نسوز			۲/۱۵	CaO

جدول ۲-۲ مواد مختلف ترکیبی در طبقات ذوب آلومینیوم

در خاتمه یک بار دیگر منابع و منشاء وجود ترکیبات مختلف در مذاب آلومینیوم بطور خلاصه تشریح می گردند:

۱- فعل و انفعالات با هوا ، باعث تشکیل انواع اکسیدها ، حباب های گازی و نیتروها می گردد.

۲- فعل و انفعالات با سوخت ، که باعث تشکیل انواع اکسیدها ، کربورها و

حباب های گازی می شود.

۳- فعل و انفعالات با مواد نسوز ، که اکسیدها و ناخالصی های فلزی را شامل

می گردد.

۴- فعل و انفعالات با وسایل ذوب ، که انواع اکسیدها و ترکیبات فلزی را

حاصل می نماید.

۵- فعل و انفعالات با مواد قالب ، که جذب گاز و اکسیداسیون را تشدید می

نماید.

۶- دخول مکانیکی عناصر و وسایل ذوب و قالب گیری در اثر عدم وقت.

بخش چهارم

عملیات کیفی مذاب

در ریخته گری آلیاژهای آلومینیوم بسیاری از عناصر بصورت های ناخالصی فلزی، ترکیبات بین فلزی، گازها و اینکلوژن ها از منابع متنوع و متعدد به مذاب افزوده می گردند که در صورت عدم کنترل دقیق بر آنها و یا انجام عملیات خاص جهت حذف این مواد و یا تقلیل خواص مضر آنان، آلیاژ ریخته شده از کیفیت مطلوب برخوردار نخواهد بود. وجود مواد اکسیدی، حباب های گازی، و درشت بودن شبکه از جمله مسائلی است که در ذوب آلومینیوم همواره مورد توجه و بررسی قرار می گیرد. از این رو عملیات کیفی در مذاب آلومینیوم به دسته های مختلف تقسیم می گردد که به ترتیب و در حد جلوگیری از اطناب کلام در زیر مورد بررسی قرار می گیرند.

۴-۱ کنترل ترکیب

آلیاژهای متعدد و متفاوت آلومینیوم هر یک به نوعی دارای ناخالصی های طبیعی هستند که در شمش های اولیه آنان موجود می باشد و علاوه بر آن شارژ نامناسب و عدم دقت در شارژ باعث بروز انواع ناخالصی ها در فلز

مذاب می گردد. عناصر ناخالصی اغلب از حد حلالیت متجاوز هستند و به صورت فازهای فلزی و ترکیبات فلزی در قطعه ریخته شده ظاهر می گردند. ترکیبات بین فلزی هم چنین تحت تاثیر پدیده سگرگاسیون در مذاب حاصل میشوند که در عمل برای جلوگیری از این پدیده تنظیم شرایط ریخته گری و انجماد الزامی میگردد. بعضی از عناصر متشکله آلیاژ مانند منیزیم، برلیوم، سدیم، کلسیم در اثر حرارت های محیط ذوب و وجود هوا اکسیده می گردند و در صد اتلاف آنان در مذاب افزایش می یابد بخصوص اگر زمان نگاهداری مذاب در درجه حرارتهای بالا زیاد باشد از این رو ترکیب شیمیایی آلیاژ تغییرات عمده خواهد داشت، از طرف دیگر عناصری مانند مس، آهن، کرم، نیکل، منگنز تمایل چندانی به اکسید شدن ندارند ولی پدیده سگرگاسیون در حضور این عناصر با سهولت بیشتری انجام می گیرد، که برای جلوگیری از آن بهم زدن مذاب در طول ذوب و در زمان ریختن الزامی است (بدیهی است بهم زدن مذاب بایستی به گونه ای باشد تا اکسیده شدن مذاب را تشدید نکند. در بسیاری موارد برای جلوگیری از اکسیداسیون مواد شارژ آنها را با فلاکس (Coveral Flux) پوشش می دهند.

در حالت کلی بایستی ترکیب دقیق مواد شارژ و در صد اتلاف کوره نسبت به هر یک از عناصر آلیاژی که به درجه حرارت آن نیز بستگی دارد کاملاً از

طریق تجزیه و آزمایش روشن گردد. در جدول ۱-۴ درصد تقریبی اتلاف عناصر مختلف بر حسب نوع شارژ و کوره مورد استفاده درج گردیده است.

عناصر	شمش‌های اولیه			برگشتی‌ها و قراضه		
	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوت‌های	کوره الکتریکی	کوره شعله‌ای	کوره بوت‌های
آلومینوم	۱ - ۱/۲	۱ - ۲	۱ - ۱/۵	۱ - ۲	۲/۵ - ۳	۱/۵ - ۲
میریم	۲ - ۳	۳ - ۵	۲/۵ - ۳/۵	۳ - ۵	۳ - ۱۰	۳ - ۶
برلیوم	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
مگنیز	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	"	"	"	"	"	"
سلیسیم	۰/۵	۱ - ۱/۵	۰/۵ - ۱	۱ - ۱/۵	۱/۵ - ۲	۱ - ۲
مس	۰/۵	۱ - ۲	۰/۵ - ۱	۱ - ۲	۲ - ۳	۱ - ۲
سرب	۰/۵ - ۲	۱ - ۲	۱ - ۲	۱ - ۲	۱/۵ - ۲/۵	۱ - ۲

جدول ۱ - ۴ درصد اتلافات عناصر مختلف در تحت شرایط نوع شارژ و کوره

از جدول ۱-۴ نتیجه می‌گردد که برنوع کوره اندازه قطعات و همچنین چگونگی آلیاژ آن در میزان اتلاف موثر می‌باشد. در آزمایشات مولف در آلیاژ $AL - Cu_4 - Mg_{1.5}$ که بصورت شمش و براده‌های ماشین شده انجام گرفت ثابت شد که میزان اتلاف ناشی از مراحل ذوب از ۲٪ به ۷٪ افزایش یافته است که قسمت اعظم این افزایش مربوط به اتلاف منیزیم و آلومینیوم بوده است.

آهن یکی از عناصریست که بسهولت از وسایل ذوب به آلومینیوم نفوذ می کند و به همراه منگنز و کرم در صورت وجود، ترکیبات بین فلزی بسیار سخت تولید می کند و همچنین همراه با مقادیر زیادی آلومینیوم در ته بوت به صورت ته نشین (لجن) رسوب می کند. برای جلوگیری از این امر بایستی توجه داشت که همواره رابطه زیر برقرار باشد:

$$\%Fe + 3(\%Cr) + 2(\%Mn) < 1.9\%$$

علاوه بر آن، آهن و سیلیسیم به صورت α (Al-fesi) و یا β باعث افزایش مقدار انقباض حجمی و انقباض پراکنده در سطح قطعه می گردند.

برای جلوگیری از تمام مراحل ترکیبی، بایستی آلومینیوم قبل از ریختن از نظر ترکیب شیمیائی کنترل شود و چنانچه درصد یکی از عناصر زیاده تر از اندازه متعارف باشد با افزودن آلومینیوم خالص و یا هاردنرهای مخصوص ترکیب آن را موازنه نمود، در آزمایشات کنترل ترکیبی معمولاً مذاب را در یک قالب فلزی کتابی

ریخته و از قسمت های مختلف آن نمونه برداری می کنند و همچنین آزمایشات متالوگرافی نیز می توانند در این امر از اهمیت خاصی برخوردار باشد. حذف ناخالصی های فلزی بخصوص در مورد آلیاژهای ریخته گری و ذوب قراضه ها حائز اهمیت می باشد و همان گونه که در قسمت های مختلف

این کتاب ذکر شده است ، عمده ترین نا خالص های آلیاژهای آلومینیوم ، منیزیم ، آهن ، سیلیسیم ، مس ، روی ، منگنز ، کروم ، سرب ، تیتانیوم ، زیر کنیوم ، قلع ، سدیم و کلسیم می باشند که در عملیات ذوب برخی از آنها به کمک پدیده های شیمیایی و برخی بصورت عملیات فیزیکی حذف می شوند یا تقلیل می یابند.

انجام عملیات شیمیایی بر مبنای حرارت تشکیل - اکسیدها ، کلورها ، فلئورها سولفورها و نیترورها قرار دارد که در جدول ۲-۴ درج گردیده است و مشخص می گردد که ترکیب شیمیایی بعضی از عناصر سریعتر از ترکیب آلومینیوم تشکیل می شود و خروج و تخلیل آلیاژ را امکان پذیر می سازد.