

## دسته بندی آلیاژهای مس:

آلیاژهای مس مانند آلومینیم به دو دسته آلیاژهای کارپذیر (نوردی) و ریختگی تقسیم می گردند. هر دسته از این آلیاژها نیز بر حسب شرایط ترکیبی و عناصر آلیاژی می توانند عملیات حرارتی پذیر یا عملیات حرارتی ناپذیر باشند. انواع برنجهای کارپذیر (نوردی) فقط حاوی مس و روی می باشند و عناصر دیگر در حد ناخالصی در آنها وجود دارد و برنجهای آلیاژی علاوه بر مس و روی حاوی عناصر دیگری نظیر سیلیسیم، آهن، همچنین دارای مشخصات ریخته گری به شرح زیر می باشد:

۱. دارای نقطه ذوب بالایی نسبت به آلیاژهای غیر آهنی می باشد
۲. دارای سیالیت کم
۳. اکسیداسیون بالا
۴. آلیاژ مس دارای دامنه انجماد طولانی و انجماد خمیری می باشد به خصوص در آلیاژهای برنج که این دامنه انجماد خیلی طولانی می شود مواد شارژی که برای ساخت آلیاژهای مس به کار می رود شبیه آلیاژهای آلومینیم می باشد که شامل:

۱. شمش های اولیه
۲. شمش های ثانوی
۳. قراضه ها
۴. برگشتی ها
۵. هاردنر ها

قابل توجه است که مس قابلیت انحلال اکثر عناصر را دارد بنابراین ساخت آلیاژهای مس همراه عنصری نظیر Ni, Si, Zn امکان پذیر می باشد.

### شمش های اولیه

در مواد شارژ شمش های اولیه می باشد که شامل شمش مس قلع سیلیسیم روی و سرب می باشد. نکته: شمش مس به شکل ورق یا مفتول استفاده می شود که با درجه خلوص ۹۹٫۹ تا ۹۹٫۵ درصد معمولا دارای ناخالصی های نظیر قلع نیکل آهن آنتیموان سرب بیسموت می باشد که معمولا بیشترین ناخالصی در این آلیاژ آهن و نیکل می باشد.

### شمش قلع

این شمش عموما برای ساخت برنزهای قلع دار استفاده می شود که دارای نقطه ذوب ۲۳۲ درجه سانتیگراد می باشد که وزن مخصوص آن در حدود ۷٫۳ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. این عنصر دارای درجه خلوصی در حدود ۹۹٫۵ تا ۹۹٫۹ درصد می باشد که دارای ناخالصی هایی نظیر مس آهن سرب آلومینیم بیسموت آنتیموان می باشد و عموما به شکل شمش های ۲۵ کیلویی و یا مفتول استفاده می شود.

## شمش سیلیسیم

که عموماً در ساخت عنوان برنج ها و برنز ها استفاده می شود و به شکل آمیژن و هاردنر به مذاب مس اضافه می شود.

## شمش روی

این شمش عموماً برای ساخت برنج ها استفاده می شود که دارای وزن مخصوص ۷,۱ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد و نقطه ذوب آن ۴۲۰ درجه سانتی گراد می باشد. شمش سرب: این شمش دارای نقطه ذوب ۳۲۷ درجه سانتیگراد و وزن مخصوص ۱۱,۳ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد و در صنعت به عنوان سنگین ترین عنصر شناخته می شود این عنصر عموماً در برنز های سرب دار و برنج های استفاده می شود

## شمش نیکل

نیکل از لحاظ خواص فیزیکی بسیار شبیه مس بوده و دارای نقطه ذوب ۱۴۵۳ درجه سانتیگراد و دانسیته ۸,۹ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. نیکل عموماً در برنج های مخصوص استفاده می شود که در اصطلاح به این برنج ها ورشو می گویند.

## شمش های ثانویه

این شمش ها از ذوب مجدد و تصویه آلیاژ های مس به دست می آید که از نظر کنترل ترکیب شیمیایی مناسب تر و مرغوب تر می باشد همچنین دارای عناصر آلیاژی می باشد معمولاً شمش های ثانویه دارای ۲ تا ۷ درصد قلع ۴ تا ۱۰ درصد روی و ۲ تا ۶ درصد سرب می باشد.

## قراضه ها

که معمولاً ضایعات مس بوده که قبل از استفاده باید پیش گرم شده و عملیات اسید شویی و چربی گیری بر روی آن ها انجام می شود.

## آمیژن ها

دلیل استفاده از آمیژن ها در آلیاژ های مس به این دلیل می باشد که آلیاژ سازی علاوه بر کاهش نقطه ذوب از تبخیر عناصر آلیاژی و تلفات مذاب جلوگیری می کند

## انواع هاردنر ها در آلیاژ های مس

### آمیژن مس – سیلیسیم

جهت تولید این آلیاژ ساز ابتدا مس را ذوب کرده سپس سیلیسیم را به شکل ذرات ریز به مذاب اضافه می شود معمولاً تعداد دفعات اضافه کردن ۷ تا ۸ مرتبه می باشد که بعد از هر دفعه اضافه کردن Si به مذاب Cu درجه حرارتش کاهش پیدا می کند تا از تلفات Si در Cu جلوگیری شود.

## آمیزن Al-Cu

روش تهیه این نوع آمیزن به این صورت می باشد که در صورت وجود دو کوره Al و Cu را به طور جداگانه ذوب نموده سپس مس را به شکل بارکه مذاب به Al اضافه می کنند اما روش دوم ساخت آمیزن به این صورت می باشد که مس را ذوب کرده سپس Al را به مرور به مذاب اضافه می کنند که پس از هر بار اضافه کردن Al درجه حرارت را کاهش داده تا از تلفات Al جلوگیری شود

## آمیزن سه گانه Cu,Al,Ni

برای تهیه این هاردنر به علت آنکه اضافه کردن Ni به مس هیچ گونه مشکلی ندارد ابتدا هاردنر Cu.Ni را ایجاد کرده و سپس Al را به مرور به مذاب اضافه می کنند . پس از آماده سازی مواد شارژ و پیش گرم کردن قراضه ها با توجه به نقطه ذوب فشار بخار و درجه حرارت تصفیه عناصر آلیاژی به مذاب اضافه می شود . بهترین نوع کوره ها در ذوب Cu کوره های القایی می باشد اما از کوره های و روبربرگ نیز استفاده می شود . معمولا این نوع آلیاژها در صنایع الکترونیک و برق استفاده می شود که تا حدود ۲ درصد شامل ناخالصی می باشد و جود ناخالصی باعث کاهش هدایت الکتریکی آلیاژ می شود ناخالصی های موجود شامل روی آرسنیک کادمیم سیلیسیم کرم و نقره می باشد به علت قابلیت اکسیداسیون بالا و انجماد خمیری و سیالیت پایین ریخته گری این آلیاژ مشکل می باشد .

## مواد قالب گیری در ریخته گری مس

ریخته گری مس هم در داخل قالب های دائمی و هم قالب های موقت انجام می شود ریخته گری قالب های موقت به روش های ماسه ای تر ماسه ای خشک پوسته ای CO<sub>2</sub> انجام می شود که حسب مورد استفاده آن بنتونیت همراه مواد افزودنی می باشد که آرد حبوبات به دلیل افزایش استحکام، خاک اره به جهت افزایش نفوذ گاز می باشد در آلیاژ های مس باید نفوذ گاز ماسه به دلیل انجماد خمیری بالا باشد همچنین گرد زغال باعث افزایش مقاومت به ماسه سوزی ماسه استفاده می شود.

## ریخته گری قالب های دائمی

به دو روش ریژه و تزریقی انجام می شود که عمر قالب های دائمی در آلیاژ های مس در مقایسه با سایر آلیاژ های غیر آهنی کوتاه تر می باشد که به دلیل درجه حرارت ریخته گری بالای مس و دانسیته بالای مس می باشد نکته : چگالی و دانسیته مس ۸,۴ می باشد جهت افزایش عمر قالب:

استفاده از انواع پوشش ها به جهت جلوگیری از شوک حرارتی به محفظه قالب جنس محفظه قالب از چدن یا فولاد می باشد که در آلیاژ های مس در داخل فولاد تمرکز حرارتی شدیدی وجود دارد که به علت انتقال حرارتی کم فولاد می باشد به دلیل انتقال حرارتی شدید مذاب و انتقال حرارتی کم قالب تمرکز حرارتی در قالب های فولادی به وجود می آید.

## سیستم های راهگهی

که با توجه به سیالیت پایین مذاب مس در مقایسه با آلیاژ های غیر آهنی دیگر معمولا ابعاد سیستم راهگهی در آلیاژ های مس بزرگتر از آلیاژ های دیگر می باشد سیستم راهگهی در این نوع قالب ها به دو دسته تقسیم می شوند .

### قطعات کوچک با ابعاد یکنواخت:

در این گونه قطعات سیستم راهگهی به گونه ای طراحی می شود که کار تغذیه را سیستم راهگهی انجام می دهد و عملا نیازی به تغذیه گذاری نداریم نسبت به سیستم راهگهی در این حالت ۱-۹-۳ و ۱-۸-۲ می باشد.

### قطعات بزرگ و یکنواخت:

در این روش نیاز به تغذیه گذاری می باشد که نسبت سیستم راهگهی در این حالت ۲-۳-۲ و ۱-۸-۲ می باشد تغذیه های به کار گرفته شده در این سیستم هم به صورت گرم و هم به صورت سرد می باشد.

### تغذیه گذاری

تغذیه گذاری در آلیاژ های مس بسته به نوع انجماد دارد انواع آلیاژ های مس بسته به نوع انجماد عموما به سه دسته تقسیم می شوند

۱. آلیاژ ها با دامنه انجماد کوتاه و انجماد پوسته ای مانند مس - آلومینیم در این گونه قطعات میزان مک و حفرات گازی پراکنده کمتر و بیشترین انقباض در قسمت وسط یا گرمترین نقطه انجماد در نظر گرفته می شود دارای ۴,۵ تا ۴% انقباض می باشد.

۲. آلیاژ ها با دامنه و انجماد خمیری مانند آلیاژ های مس - روی ، برنز ها - مس - سرب این نوع آلیاژ ها دارای انجماد شدید خمیری می باشند میزان مک و حفرات انقباضی پراکنده در این گونه آلیاژ ها زیاد می باشد لذا تعیین محل تغذیه مشکل می باشد بنابراین باید با استفاده از مبرد و یا مواد آگزوترم مواد گرما زا انجماد جهت دار در قطعه به وجود آوریم تا حداقل میزان مک و حفرات انقباضی و گازی در قطعه تولید شوند که معمولا در این قطعات از تغذیه گرم استفاده می شود.

۳. آلیاژ هایی با دامنه انجماد متوسط می باشد این نوع آلیاژ ها در حدفاصل دو حالت بالا قرار می گیرند معمولا در این نوع قطعات هم انقباضات متمرکز و هم غیر متمرکز دیده می شود که این امر را می توان با آگزوترم و مبرد برطرف کرد مانند مس - بریلیم

عملیات کیفی تهیه مذاب Cu

که شامل مراحل:

(۱) اکسیژن زدایی

(۲) هیدروژن زدایی

۳) کنترل ترکیب شیمیایی

۴) تصفیه

### اکسیژن زدایی

اکسیژن یکی از مهمترین عناصری که میل ترکیبی زیادی با مس و آلیاژهای مس دارد که با افزایش درجه حرارت تا حدود ۷۰۰ درجه مس با اکسیژن تولید اکسید مس دو ظرفیتی می کند. در ۱۰۵۰ تا ۱۱۰۰ درجه اکسید ۲ ظرفیتی مس تبدیل به اکسید یک ظرفیتی می شود. اگر درجه حرارت از ۱۱۰۰ بیشتر شود مجدداً اکسید مس تجزیه می شود به مس و اکسیژن محلول که این اکسیژن در داخل مذاب حل شده و تولید اکسید می کند واکنش دیگری را که انجام می دهد با هیدروژن می باشد که تولید رطوبت و اکسید فلزات موجود در مذاب را می کند بخار مرطوب موجود به مرور از مذاب خارج شده و اکسیدهای موجود نیز به شکل ناخالصی در مذاب به وجود می آید برای حذف اکسیژن و اکسیدهای فلزی در آلیاژهای مس از سه روش استفاده می شود

#### استفاده از فلاکس های پوششی:

این مواد مانع از ورود اکسیژن و هیدروژن به داخل مذاب Cu می شود. فلاکس های مورد استفاده معمولاً ترکیبات کربنی - خورده شیشه - و براکس می باشد (براکس که ترکیبات سدیم و پتاسیم کریولیت می باشد) و خورده شیشه نیز ترکیبات سیلیسی بوده که علاوه بر مانع شدن ورود اکسیژن به مذاب باعث افزایش سیالیت مذاب و سرباره گیری آسان می شود

#### استفاده از مواد غیر محلول در مذاب جهت حذف اکسیژن

مواد غیر محلول در سطح مذاب قرار داده که این مواد در روی سطح شروع به انجام واکنش شیمیایی کرده و در ضمن احیاء اکسیدهای مذاب به عنوان مواد پوششی در سطح مذاب از اکسید شدن مذاب جلوگیری می کنند که مهمترین آنها عبارتند از کاربید کلسیم  $CaO_2$ ، پراید منیزیم  $Mg_3O_2$  فلاکس های مایع نظیر اسید بوریک زغال چوب این مواد ضمن احیایی دارای وزن مخصوص پایین می باشد و روی مذاب قرار می گیرند بعضی از واکنش هایی که این مواد انجام می دهند شامل

#### استفاده از اکسیژن زدهای محلول در مذاب:

این نوع اکسیژن زدها در حد فاصل سرباره و مذاب واکنش می دهند معمولاً احیاء کننده های قوی هستند که عناصری مانند فسفر روی منگنز سیلیسیم لیتیم آلومینیم و در بعضی از مواد سرب شامل این دسته از اکسیژن زدها می باشد این عناصر قابلیت انحلال در مذاب مس را دارند و با توجه به قابلیت احیاء کنندگی قوی اکسید مس را احیاء می کنند و محصولات واکنش عموماً وارد سرباره شده و یا به صورت گاز از مذاب خارج می شود واکنش هایی که این عناصر انجام می دهند شامل عناصر  $Al$ - لیتیم - سیلیسیم پس از پایان واکنش محصولات واکنش در آنها باقی می ماند لذا کمتر استفاده می شود و بهترین اکسیژن زدای محلول

فسفر می باشد که پس از واکنش از مذاب خارج می شود و با کاهش انحلال اکسیژن در مذاب از طرف دیگر انحلال هیدروژن افزایش پیدا می کند لذا بعد از مرحله اکسیژن زدایی باید عملیات ریخته گری بلافاصله انجام شود.

### هیدروژن زدایی

این عنصر مانند اکسیژن از اتمسفر محیط و یا رطوبت موجود در مواد شارژ و محیط قالب وارد مواد شارژ می شود اگر داخل مذاب میزان اکسیژن بالا باشد باعث کاهش حلالیت هیدروژن می شود. هیدروژن در مرحله انجماد تبدیل به مولکول هیدروژن مولکولی در داخل حفرات انقباضی قرار گرفته و مانع از تغذیه حفرات انقباضی توسط مذاب می شود در نتیجه حفرات انقباضی تشدید می شوند.

نکته: حفرات گازی هستند که در مقطع برشی آن حفرات به صورت گرد و منظم می باشد اما حفرات انقباضی حفراتی می باشند که در مقطع شکست آن شکل حفرات نامنظم و زبر بوده و حفرات سوزنی شکلی نیز در دور آن تشکیل شده است

بخار آب موجود به سه شکل در قطعات تولیدی اثر می گذارد:

۱. مقدار بخار آب تولیدی کمتر از حد بحرانی باشد در این شرایط اگر درجه حرارت ذوب و یا فوق ذوب بالا باشد در زمان انجماد نیز بالا باشد بخار آب فرصت خروج از محیط را پیدا می کند
۲. مقدار بخار آب تولیدی حدود حد بحرانی باشد در این شرایط در اثر افزایش دما و کاهش چگالی بخار آب و افزایش حجم بخار و همچنین افزایش فشار بخار سرعت خروج بخار از محیط قالب برابر با سرعت تولید گاز توسط مذاب است در این شرایط میزان عیوب گازی به حداقل می رسد
۳. میزان بخار آب تولیدی بیشتر از حد بحرانی باشد تشکیل بخار و عدم خروج بخار از محیط باعث افزایش مک تخلخل حفرات گازی و انقباضی در قطعه می شود.

### روش های حذف هیدروژن

#### استفاده از فلاکس و سرباره های اکسیدی:

این نوع سرباره ها با هیدروژن موجود در مذاب واکنش داده و تشکیل بخار آب می دهد این بخار از سرباره خارج شده و لذا عمل هیدروژن زدایی تشکیل می شود این روش در صنعت کمتر استفاده می شود که به دلایل زیر می باشد.

- ۱) واکنش های ایجاد شده در سرباره باعث کاهش سرباره می شود.
- ۲) باعث افزایش تلفات مذاب می شود
- ۳) ممکن است بخار آب موجود در فصل مشترک مذاب و بخار دوباره تجزیه شود و هیدروژن دوباره به داخل مذاب برگشت زده شود

## دمش گاز خنثی

با دمش گاز خنثی مثل نیتروژن و آرگون می توان هیدروژن موجود در مذاب را به شکل فیزیکی و مکانیکی به سطح مذاب هدایت کرد علاوه بر گاز های هیدروژن و اکسیژن که ممکن است در مذاب وجود داشته باشد دی اکسید کربن  $CO_2$  و دی اکسید گوگرد  $SO_2$  نیز در مذاب وجود دارد که منشا این عناصر محصولات حاصل از احتراق می باشد  $CO_2$  می تواند با مذاب واکنش داده و تشکیل سولفید مس دهد : که سولفید مس می تواند به صورت ناخالصی در حفرات باقی بماند.

## کنترل ترکیب شیمیایی

مواد شارژ حین تهیه مذاب دارای تلفات می باشد این نوع تلفات باعث بر هم خوردن ترکیب شیمیایی مذاب می شود

### منشاء تلفات عناصر آلیاژی در مذاب

### تلفات مذاب و عناصر آلیاژی در سرباره:

به علت قابلیت چسبندگی مذاب و عناصر آلیاژی با سرباره مقداری از مذاب و عناصر آلیاژی همراه با سرباره خارج می شود

### تمایل ترکیب عناصر آلیاژی با اکسیژن:

درجه حرارت بالای مذاب که باعث تصعید و تبخیر عناصر آلیاژی می شود.

### تلاطم مذاب

باعث افزایش سطح تماس مذاب و سرباره می شود که این امر باعث افزایش تلفات مذاب و عناصر آلیاژی می شود روش ذوب

اگر در روش ذوب تقدم و تاخر اضافه کردن عناصر آلیاژی در نظر گرفته نشود باعث افزایش تلفات مذاب و عناصر آلیاژی می شود.