

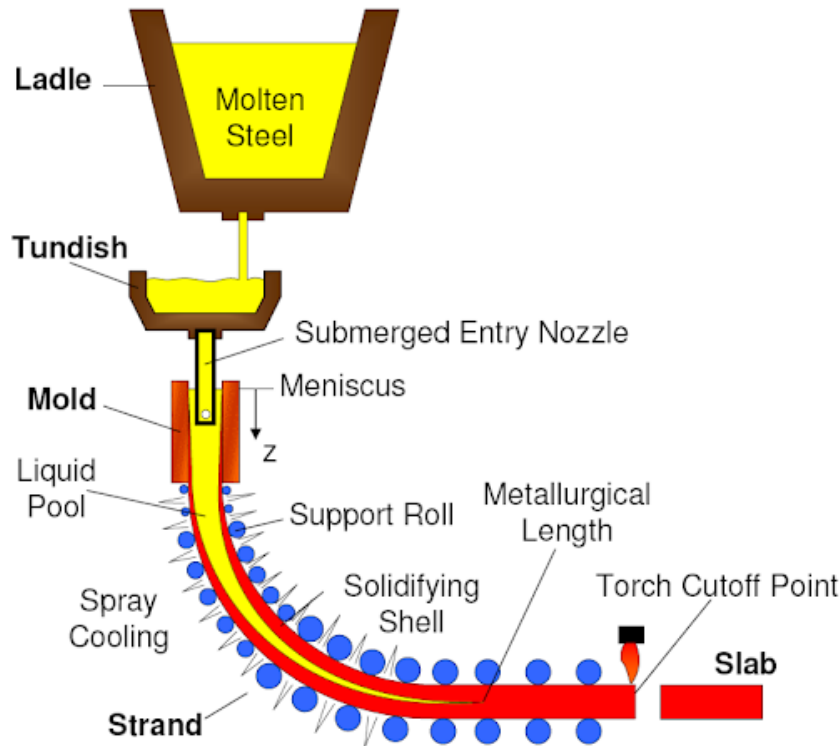
تولید و تعمیر تیوب‌های مسی خطوط ریخته‌گری مداوم شمش فولادی



شرح مسئله:

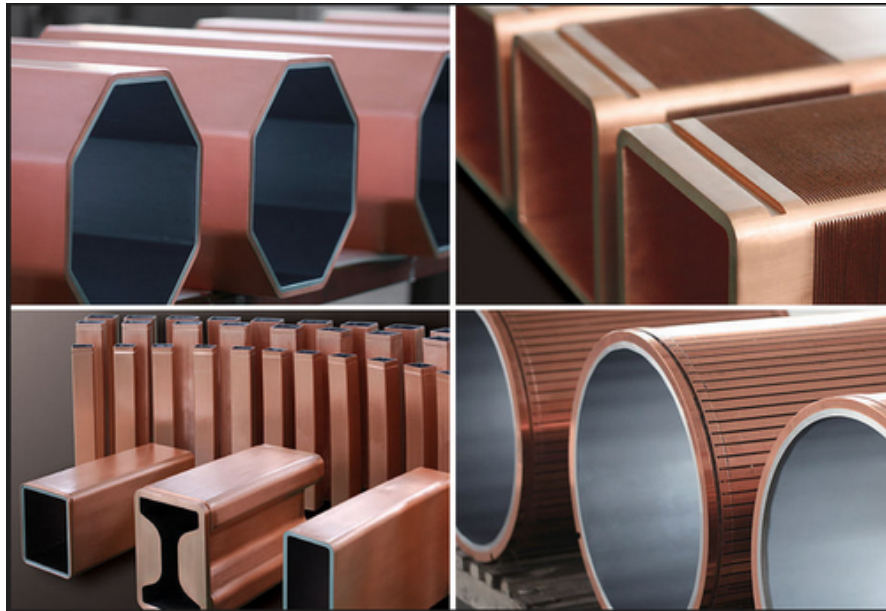
تیوب‌های مسی در ریخته‌گری مداوم نقش بسیار مهمی در کیفیت و کمیت (افزایش سرعت ریخته‌گری) شمش تولیدی دارند. این قالب‌ها، ساختمانی مکعبی‌شکل و شبیه قوطی دوسر باز دارند و معمولاً از جنس آلیاژ Cu-Ag یا Cu-DHP می‌باشند و با یک کوتینگ (پوشش) مقاوم به سایش (Cr, Ni-P-WC, ...) پوشش داده شده‌اند. مذاب فولاد جهت تبدیل به شمش ابتدا وارد این تیوب‌های مسی شده تا عملیات خنک‌سازی و شکل‌دهی اولیه صورت پذیرد. در اثر فرسایش ناشی از عبور تناژ مشخصی از فولاد، پوشش سطح به مرور زمان ضخامت و کیفیت خود را از دست داده و غیر قابل استفاده می‌شود.

با توجه به قیمت بالا و دشواری تامین قالب‌ها، تعمیر آنها از طریق پوشش‌دهی مجدد سطح داخلی قالب، امکان‌پذیر و مقرون به صرفه است.



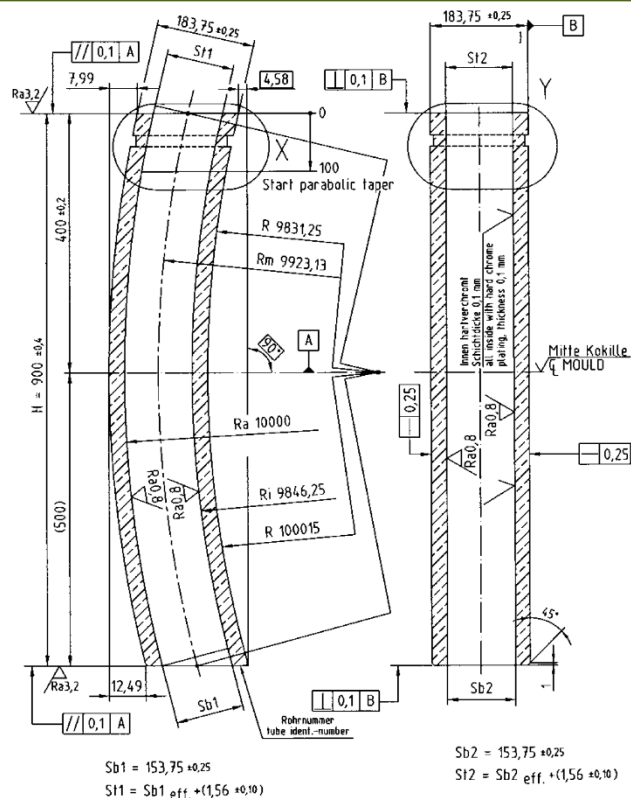
شکل ۱: شیوه ریخته گری و استفاده از قالب های مسی در ابتدای مرحله سرد سازی

قالب به عنوان یک محیط سردکننده، اولین و اساسی ترین قسمت فناوریانه سیستم ریخته گری مداوم فولاد می باشد که در آن انجماد و شکل گرفتن شمش آغاز می شود. مهم ترین وظیفه تیوب، جذب حرارت از فولاد مذاب می باشد (شکل ۱). فولاد مذاب به محض ورود به قالب شروع به انجماد می کند و تشکیل پوسته جامد می دهد. ضخامت پوسته هنگام بیرون آمدن از قالب باید در حدی باشد که تحت تأثیر فشار فرو استاتیکی مذاب درونی دچار پارگی نشود. به منظور جلوگیری از افزایش دمای قالب، از سیستم لوله های آبگرد استفاده می شود. به دلیل ضریب هدایت حرارتی بالای مس، دیواره های درونی قالب از مس ساخته می شوند و دیواره های محافظ بیرونی قالب را معمولاً از جنس چدن یا فولاد می سازند که آب با دبی بالا در بین دوجداره حرکت می کند. به غیر از مقاطع متداول مثل مربع، مستطیل و دایره، مقطع های توخالی و چندضلعی را نیز می توان به صورت مداوم ریخته گری نمود تا به عنوان شمش برای عملیات نورد بکار رود (شکل ۲).



شکل ۲: تیوب های مسی با مقاطع مختلف

دمای کاری تیوپ مسی بین ۱۴۵۰ تا ۱۵۰۰ درجه سلسیوس متغیر می باشد. تیوپ مربوطه از یک سو در تماس مستقیم با مذاب بوده و از بیرون در تماس با آب قرار دارد.



شکل ۳: ساختار هندسی تیوب مسی با مقطع مستطیلی

خصوصیات قالب‌های مسی شامل جنس تیوب‌های مسی و جنس پوشش داخلی به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات و آلیاژ تیوب‌های مسی

نوع متریال	واحد	Cu-DHP	Cu-Ag	Cu-Cr-Zr
آنالیز شیمیایی	%	P0.015 ~ 0.040	Ag 0.08 ~ 0.12 P0.004 ~ 0.012	Cr 0.30 ~ 1.20 Zr 0.03 ~ 0.3
هدایت الکتریکی	%IACS	83	93	80
هدایت گرمایی	w/mk	340	377	330
انبساط حرارتی	$10^{-6}/k$	17.7	17.7	18
استحکام کششی	N/mm ²	295	285	425
تغییر طول	%	20	17	20
سختی	HB	85~100	90~105	130

جدول ۲: خصوصیات و انواع پوشش‌های داخلی تیوب‌های مسی

نوع پوشش	واحد	Cr	Cr-NiCo	CoNi
سختی	HV	≥900	≥950	≥220
انبساط حرارتی	$10^{-6}/C$	6 ~ 10	12 ~ 13	14
هدایت گرمایی	w/(m.k)	70 ~ 72	74 ~ 82	80 ~ 84
ضخامت	mm	0 ~ 2	0 ~ 2	0 ~ 2

علت اصلی کاهش عمر و از رده خارج شدن این قالب‌ها از بین رفتن پوشش داخلی کروم در اثر سایش شدید می‌باشد. در حال حاضر میانگین عمر تیوب‌های مسی بسته به برند و کیفیت ساخت آنها بین ۳۰۰ الی ۸۰۰ ذوب است. در صورتی که بتوان یک سیستم پوششی ضد سایش طراحی و اعمال نمود که نحوه انتقال حرارت قالب را نیز تحت تاثیر قرار ندهد، و همزمان منجر به افزایش چشم‌گیر عمر قالب‌ها گردد، می‌توان مصرف آنها را تا حد زیادی کاهش داده و از خروج ارز بیشتر از کشور جهت واردات قالب‌های مسی جلوگیری نمود.

محورهای فراخوان

- ساخت قالب‌های مسی ریخته گری پیوسته در داخل کشور
- تعمیر قالب‌های آسیب دیده و بازگشت به چرخه تولید
- بررسی جایگزینی پوشش کروم با پوشش‌های کاربردی یا نیتریدی و... با هدف افزایش عمر آنها