



سازمان جهاد دانشگاهی تهران

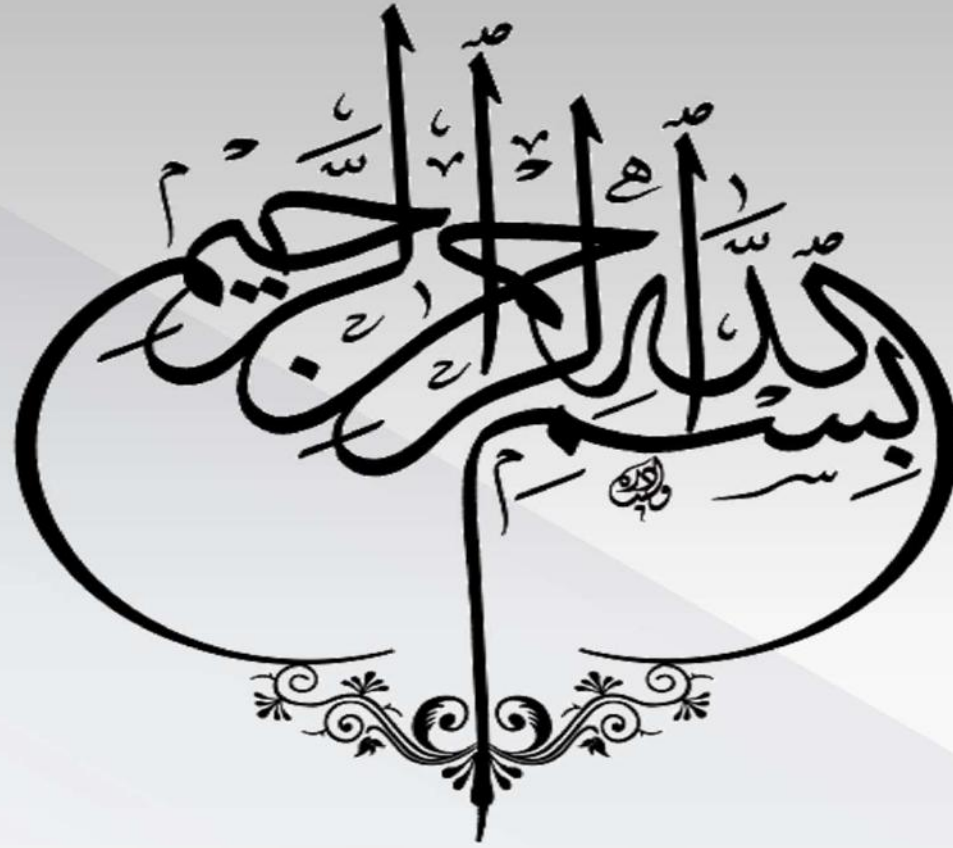
شرحی کوتاه بر طرح فناوریانه
تکمیل دانش فنی وساخت و تولید کریستالیزاتور صنایع فولاد دوریخته گری

مجری:

حسین شهریاری احمدی

مرکز تحقیقات و فناوری فراوری مواد ویژه فلزی

شهریور ۱۴۰۲



مقدمه

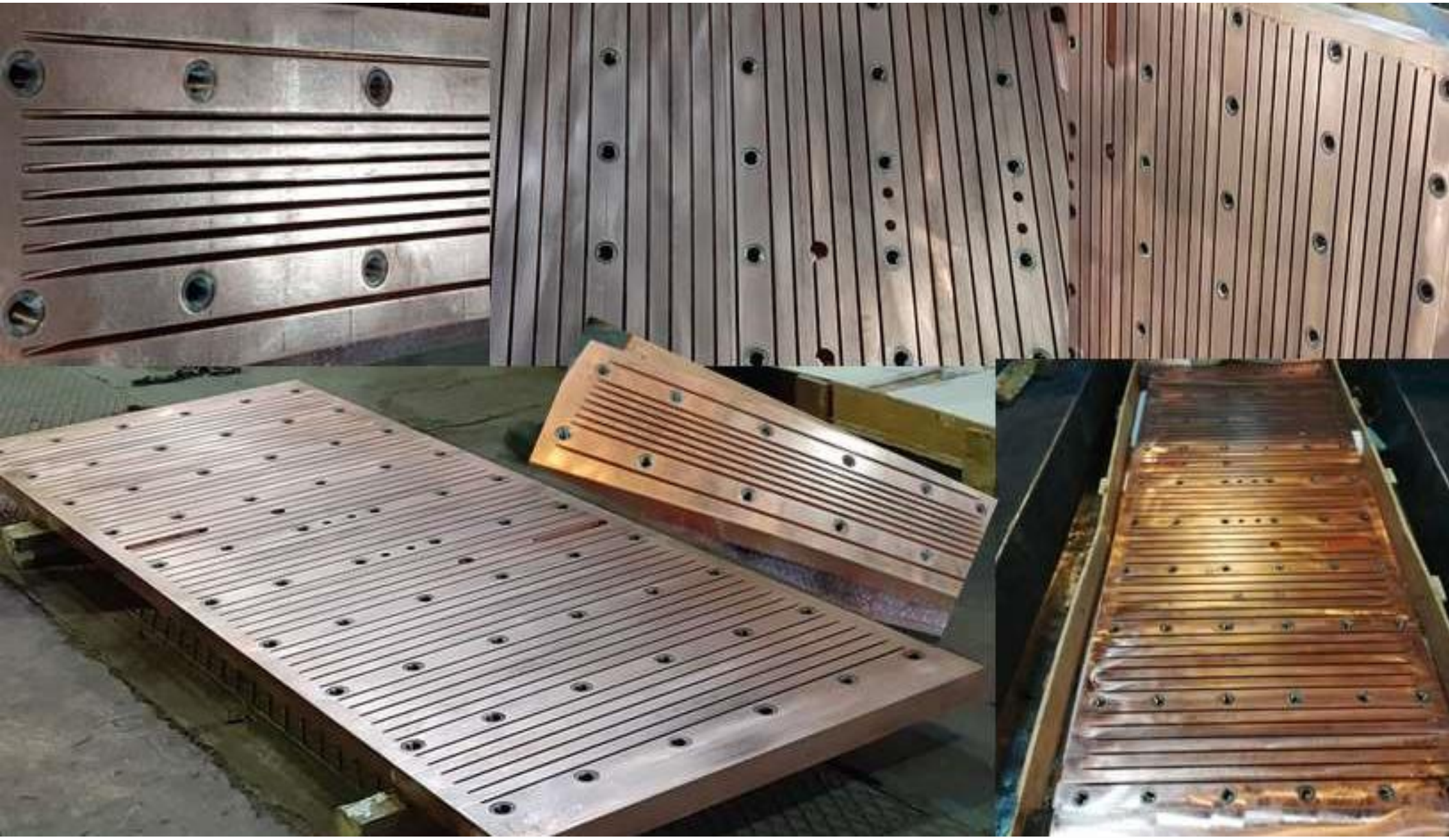
حدود (۹۰-۸۵)٪ از فولاد جهان به روش ریخته‌گری پیوسته تولید می‌گردد. قالب‌های انجماد یا کریستالیزاتورها مهم‌ترین و استراتژیکی‌ترین بخش ریخته‌گری پیوسته است که نقش گلوگاهی در این صنعت را داراست. قالب‌های انجماد قطعاتی از مس آلیاژی است که محفظه انجماد تبدیل مذاب به شمش جامد را تشکیل می‌دهد و بسته به نوع محصول فولادی، بصورت تیوپی، یکپارچه و یا چهارتکه ساخته می‌شود.

۱- معرفی کریستالیزاتور

کریستالیزاتور بعنوان اولین کاهش دهنده دمای مذاب، اصلی ترین قسمت ماشین ریخته گری پیوسته فولاد است که در آن انجماد مذاب و شکل گیری شمش آغاز می شود. مهم ترین کار کریستالیزاتور انتقال حرارت بالای فولاد مذاب در حال انجماد و ایجاد مداوم پیوسته جامد بیرونی شمش ریخته گری است بطوریکه این پوسته در هنگام خروج شمش از کریستالیزاتور دچار پارگی نشود. ارزش قالب جدا از مواد و هزینه ی ساخت، بستگی به عمر کاری و کیفیت محصول تولیدی آن دارد که در محاسبه اقتصادی مؤثر است.

عمر کاری قالب، مقدار تناژ تولیدی یا تعداد دفعاتی است که قالب می تواند بدون آنکه پایداری ابعادی خود را از دست بدهد در ذوب ریزی مورد استفاده قرار گیرد و محصول تولیدی مطابق با استاندارد تعیین شده باشد.

قالب ساخته شده در مرکز فرآوری جهاد دانشگاهی تهران از نوع قالب صفحه ای است که برای ریخته گری تختال های بزرگ (اسلب) به کار می رود. چهار صفحه مسی که دیواره قالب را تشکیل می دهند به یک قالب فولادی به نام ژاکت (جعبه آب) پیچ می شود. شیارهای خنک کاری در دیواره پشت صفحات قالب مسی و در جعبه آب به وسیله ماشین کاری ایجاد می شود.



۲- ساخت کریستالیزاتور

جهت تولید قطعات ویژه مسی و به خصوص کریستالیزاتور، فرآیند ویژه‌ای صورت می‌گیرد که فعالیت‌های کلی این فرآیند به شرح زیر می‌باشد:

- ❖ انتخاب و تهیه مواد اولیه مناسب
- ❖ عملیات ذوب و ریخته‌گری
- ❖ آماده‌سازی سطوح جهت شکل‌دهی گرم
- ❖ شکل‌دهی گرم
- ❖ آماده‌سازی سطوح جهت شکل‌دهی سرد
- ❖ شکل‌دهی سرد
- ❖ ماشین‌کاری و ساینده‌کاری

هدایت گرمایی

در هنگام انجماد، حرارت مذاب از دیواره قالب به آب خنک کننده منتقل می شود. لذا جهت بازدهی مطلوب، لازم است که فلز به کار گرفته شده در ساخت قالب، بالاترین هدایت حرارتی را دارا باشد.

خواص مکانیکی

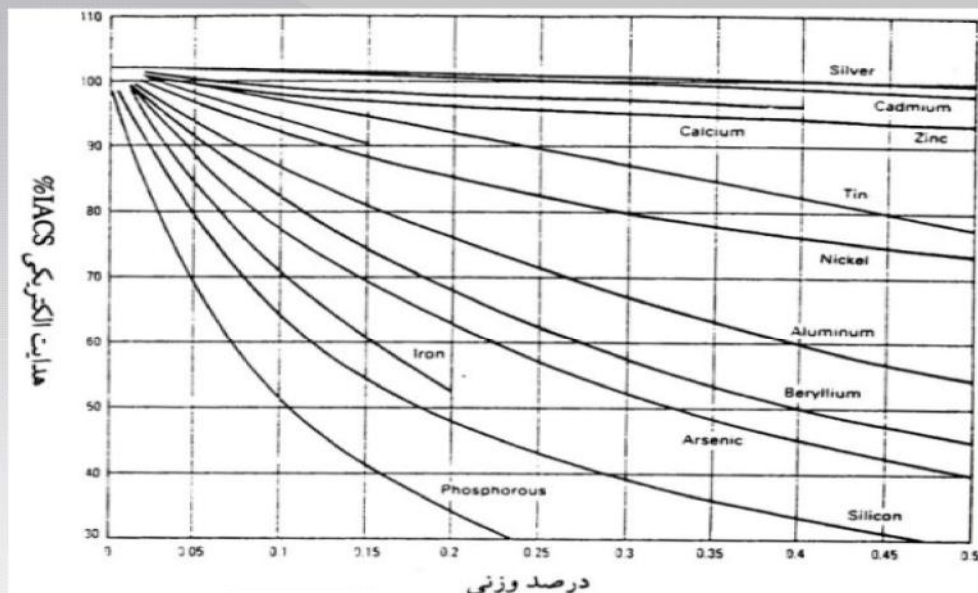
استحکام و مقامت جنس قالب تعیین کننده میزان پایداری و ثبات قالب است. لذا، برای به حداقل رساندن اعوجاج و خوردگی مکانیکی (خراشیدگی) ناشی از حرکت رشته ای فولاد و سرباره در قالب، مقاومت مکانیکی و سختی بالا برای فلز قالب، اصل کلی و لازم محسوب می گردد.

مقاومت در دماهای بالا، دمای تبلور مجدد

به جهت آنکه در دیواره های قالب دمای بالایی وجود خواهد داشت، باید جنس قالب در این دما از استحکام و مقاومت لازم برخوردار باشد؛ یعنی آنکه که دمای تبلور مجدد آن به اندازه کافی بالا باشد تا از کاهش استحکام فلز جلوگیری شود. اضافه کردن ۰.۱٪ نقره به مس سبب افزایش دمای تبلور مجدد تا حدود 100°C می شود. لذا، آلیاژ مس - نقره به طور گسترده ای برای تولید کریستالیزاتور به کار گرفته می شود.

ذوب و ریخته‌گری

بطور کلی ذوب و ریخته‌گری آلیاژهای مس از جمله آلیاژ مس - نقره، از پیچیدگی خاصی برخوردار است؛ زیرا از طرفی در هنگام ذوب حلالیت و جذب گاز در مس مذاب افزایش می‌یابد و از طرف دیگر استفاده از مواد گاز زدا و اکسیژن زدا باید محدود باشد تا مقدار باقیمانده این مواد در آلیاژ باعث کاهش هدایت حرارتی نگردد. بطور کلی عناصر آلیاژی باعث کاهش هدایت الکتریکی می‌گردند. در شکل ۱ نموداری در رابطه با تأثیر برخی از مواد بر هدایت الکتریکی نشان داده شده است.



شکل ۱- تأثیر ناخالصی‌ها بر روی هدایت الکتریکی

فسفر یکی از عناصر مهم برای گاز زدایی در مس و آلیاژهای آن است و محدوده مجاز این عنصر در آلیاژ قالب مسی کمتر از ۱۴۰ PPM است. علیرغم اینکه فسفر اثر نامطلوبی بر روی هدایت الکتریکی آلیاژ دارد، وجود آن به میزان کنترل شده موجب می‌شود که نفوذ و جذب اکسیژن به مس مذاب در مرحله ذوب و ریخته‌گری کاهش یابد.

برای انجام عملیات ذوب و ریخته‌گری، ابتدا مس خالص به داخل بوته کوره القایی شارژ شده و به منظور جلوگیری از نفوذ گاز از پودر زغال چوب بعنوان پوشش محافظ بر روی سطح مذاب استفاده می‌شود و برای حذف گازهای داخل مذاب از موادی مانند آلیاژ مس - فسفر، بعنوان اکسیژن زدای استفاده می‌گردد. پس از ذوب مواد و رسیدن دمای ذوب به درجه حرارت مناسب، نقره به آن اضافه می‌گردد و سپس مذاب آماده، به پاتیل انتقال داده می‌شود و از پاتیل به داخل قالب فلزی از قبل پیشگرم شده تخلیه می‌گردد.



پژوهشکده توسعه تکنولوژی

بسمه تعالی

آزمایشگاه متالورژی جهاد شریف

گزارش نتایج آزمون

درخواست کننده: جهاد قتی تهران

نشانی: خ کارگر شمالی - بعد از تقاطع جلال آل احمد

نام نمونه: CC02-I-01

شماره شناسایی: ۴۱۰۶۳۱

(بررسی تکمیلی)

تاریخ درخواست: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

تاریخ صدور گزارش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳

تاریخ انجام آزمون: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳

ع آزمون: کوانتومتری

■ نمونه برداری توسط مشتری انجام شده و نتایج فقط برای نمونه‌های ارسالی معتبر است.

استاندارد مرجع: DIN EN 15079-15

استاندارد کنترل شرایط محیطی: ASTM E 406-81(2012)

نتایج: برحسب درصد وزنی

آنالیز آلیاژ مس - نقره

Cu	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si
- 99.88	0.0055	0.00061	0.00058	0.0253	< 0.00020	0.0672	0.0142	< 0.00040
Mg	Cr	As	Sb	Cd	Bi	Co	Al	S
0.0022	0.0009	0.00024	< 0.00010	0.00062	< 0.00010	< 0.00060	< 0.00070	0.0033
Be	Zr	B	Ti	Ag	---	---	---	---
< 0.00010	< 0.00010	0.00018	< 0.00010	< 0.250	---	---	---	---

ذکر: به دلیل عدم دسترسی به نمونه استاندارد با ترکیب شیمیایی فوق (جهت کنترل کالیبره دستگاه کوانتومتری)، احتمال وجود خطای جزئی در آنالیز طلعه فوق وجود دارد.



گواهی‌نامه ISO/IEC 17025
تاییدیه صلاحیت شماره ۱۸۵



تاییدیه شرکت ملی گاز ایران



تاییدیه شرکت سایکو

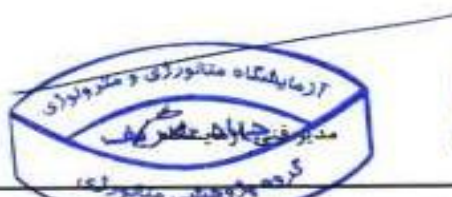


تاییدیه شرکت MBGT



تاییدیه شرکت مگسپون

تاییدیه اداره گستر سایما



کارشناس آزمون

کد سند: F-Che.02

شماره بازنگری: ۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۵

• تنها اصل گزارش با برچسب هولوگرام مورد تایید است. • مسئولیت تطابق نام نمونه با قطعه ارسالی بر عهده آزمایشگاه نمی‌باشد. • نمونه‌های آزمون و باقیمانده آنها حداکثر به مدت یکماه نگهداری خواهند شد.

نشانی: تهران - خیابان آزادی - خیابان شهید صادقی - روبروی درب شمالغربی دانشگاه شریف - مجتمع جهاد دانشگاهی شریف وب سایت: www.jdsharif-met.com ایمیل: material@tdins.org

تلفن مستقیم پذیرش: ۶۷۶۴۱۲۳۱-۲ - فاکس: ۶۶۰۷۵۲۰۰ - صدای مشتری: ۶۷۶۴۱۲۳۳

شکل دهی

فورج یا آهنگری

عملیات فورج یکی از قدیمی ترین روش های شکل دهی است که به صورت گرم و سرد انجام می شود و اغلب فورج گرم متداول است. در طول عملیات فورج گرم، در دمای بالا (بالای دمای تبلور مجدد) فلز با تغییر شکل پلاستیک به شکل مورد نظر، تبدیل می شود.

بعد از ریخته گری، سطح شمش ریخته گی را از ناخالصی و اکسیدهای سطحی تمیز کرده و آنرا برای فورج گرم آماده می نماییم.

ابتدا شمش مطابق شکل ۲ برای انجام فورج، پیش گرم می شود. شمش اولیه، استوانه ای شکل است و سپس تحت فورج گرم و مطابق اشکال ۳ و ۴ به شکل مکعب مستطیل در می آید. در نهایت محصول نهایی در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۲- پیشگرم شمش به قطر ۶۵۰ میلیمتر و طول ۱۱۰۰ میلیمتر، آماده برای عملیات فورج گرم



شکل ۴- ادامه فورج گرم



شکل ۳- مراحل اولیه فورج گرم



شکل ۶- ادامه فورج گرم



شکل ۵- ادامه فورج گرم (دور کوبی)



شکل ۸- صفحه مسی به دست آمده بعد از فورج گرم با ابعاد: ۱۴۰*۷۲۰
۳۶۰۰* میلیمتر

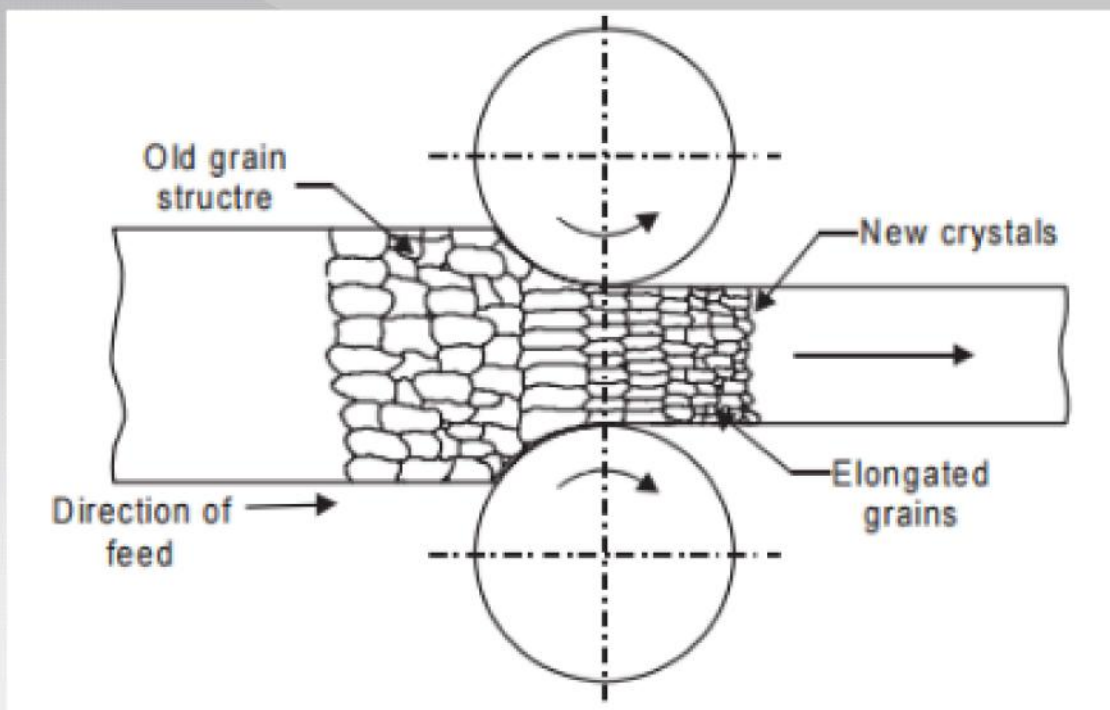


شکل ۷- ادامه فورج گرم

نورد گرم

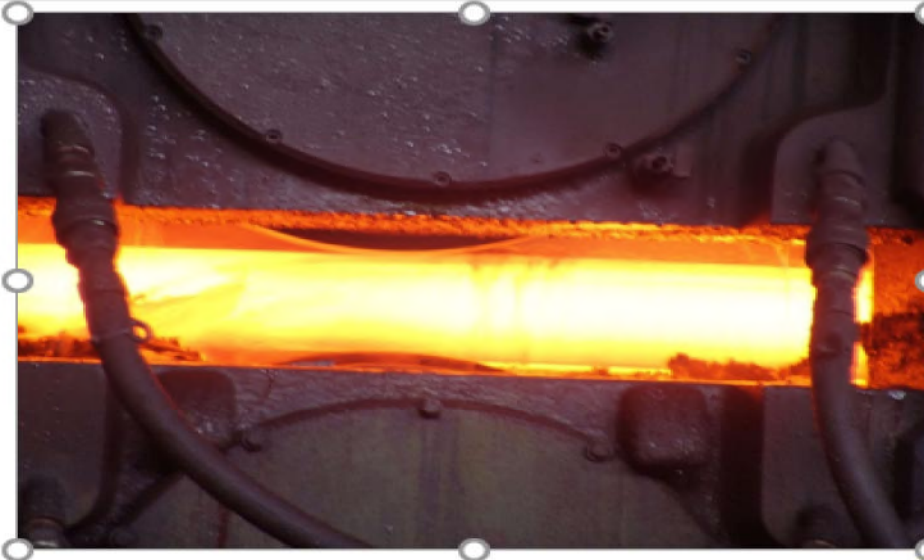
پروسه نورد عبارت است از شکل دادن فلزات، به صورت سرد یا گرم، با عبور شمش از بین دو غلتک که می‌توانند صاف یا کالیبردار باشد. غلتک‌ها با سرعت مساوی و در خلاف جهت یکدیگر می‌چرخند. در نورد، فلز توسط نیروهای اصطکاکی مابین غلتک‌ها به داخل گپ غلتک‌ها کشیده می‌شود و بر اثر نیروهای فشاری اعمال شده توسط غلتک‌ها تغییر فرم پلاستیک می‌دهد.

مطابق شکل ۹:



شکل ۹- تغییر فرم پلاستیک

بعد از عملیات فورج گرم بیلت استوانه‌ای تبدیل به اسلبی با طول حدود ۳ متر گردید آنگاه آن اسلب جهت ماشین‌کاری (برای رفع ترک‌های ناشی از فورج گرم) و برشکاری به کارگاهی برای این منظور ارسال شد و آنگاه با استفاده از نورد گرم و در درجه حرارت ۸۵۰ الی ۹۵۰ درجه سانتیگراد، ضخامت این اسلب از ۱۴۰ میلیمتر به ۹۰ میلیمتر کاهش داده شد.



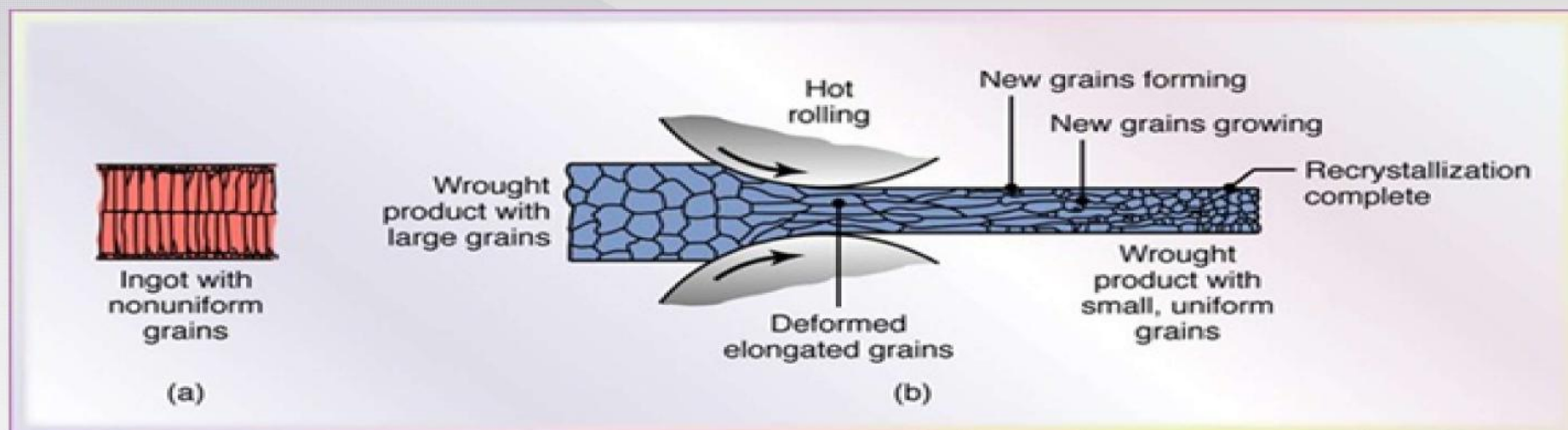
شکل ۱۰- نورد گرم

اسلب تولیدی پس از نورد گرم



لازم به ذکر است دمای کاری در نورد گرم بالای دمای تبلور مجدد است که این امر باعث تبلور مجدد شده که خود موجب ریز شدن دانه‌ها و افزایش استحکام در دمای اتاق می‌شود. همچنین به دلیل دمای بالای فرایند، تنش سیلان کاهش یافته و ماده شکل‌پذیری بهتری از خود نشان می‌دهد.

در شکل زیر تبلور مجدد دینامیکی حین نورد گرم مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱- تبلور مجدد دینامیکی و ریز شدن دانه‌ها حین نورد گرم

نورد سرد

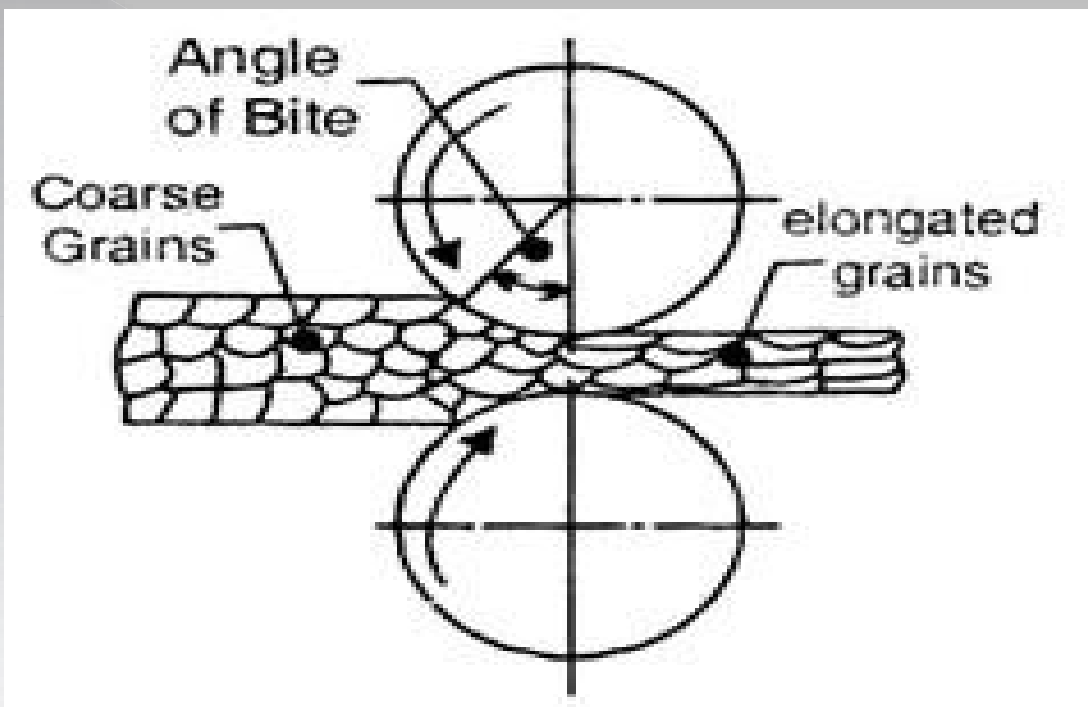
در نورد سرد معمولاً از طریق کار مکانیکی، استحکام محصول افزایش می یابد و این پروسه در زیر دمای تبلور مجدد انجام می پذیرد.

محصول تولیدی دارای سطحی خوب و نیز تلرانس ابعادی بهتری در مقایسه با محصول نورد گرم شده دارد. زیرا در دمای پایین اکسیدی تشکیل نمی شود و همچنین انبساط حرارتی کمتری داریم.

همچنین برخلاف نورد گرم، تبلور مجدد در نورد سرد اتفاق نمی افتد. فشار مورد نیاز در نورد سرد خیلی بالا است و کاهش اندازه در هر پاس خیلی کم است. مطابق شکل زیر دانه ها پس از نورد سرد در راستای تغییر شکل امتداد

یافته اند.

نورد سرد برای افزایش خواص مکانیکی اسلب تولیدی در دستور کار است و اندازه نهایی صفحات بزرگ کریستالیزاتور بعد از نورد سرد، برابر با $۶۲ * ۷۱۰ * ۱۹۵۰$ میلیمتر می باشد.

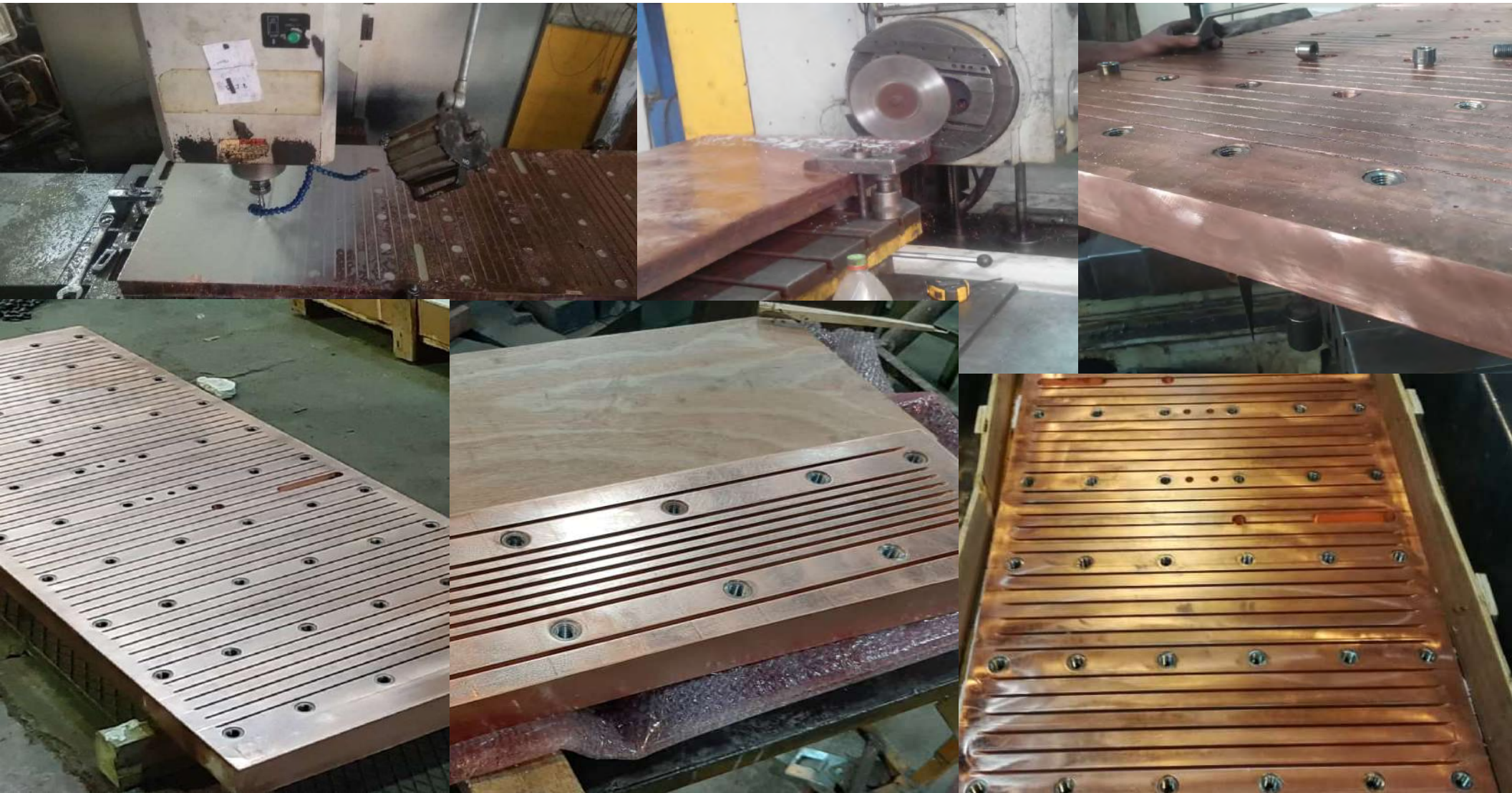


شکل ۱۲- تغییر شکل دانه ها در اثر نورد سرد



اسلب بعد از نورد سرد





شکل ۱۳- کریستالیزاتور

برای ساخت قالب کریستالیزاتور، دو صفحه بزرگ و دو صفحه کوچک، مورد استفاده قرار می گیرد.

ابعاد نهایی صفحات ماشینکاری شده:

صفحه بزرگ: $۱۸۵۰*۷۰۴*۵۵$ میلیمتر.

صفحه کوچک: $۲۱۵*۷۰۴*۶۵$ میلیمتر.

بعد از انجام سه مرحله کار عملیات شامل ذوب و ریخته گری، شکل دهی، ماشین کاری و به منظور اطمینان از کیفیت قطعات تهیه شده آزمایش های مختلفی در مراحل مختلف اجرایی انجام می پذیرد.

نظر به اهمیت تولید ماده تمیز و سالم و عاری از عیوب متالورژیکی، از آزمایش فوسیکو جهت تعیین درصد گازهای موجود در مذاب در هنگام ریخته گری استفاده می شود. همچنین تعیین میزان کمی و کیفی عناصر شیمیایی محصول با انجام آزمایش کوانتومتری تعیین می گردد. کلیه قطعات پس از آماده سازی مورد آزمایش آلتراسونیک با حساسیت بالا قرار می گیرند چراکه عیوب ریز داخلی در حین کار عمر قالب را کاهش می دهد. همچنین ابعاد صفحه تولیدی با استفاده از ابزارهای دقیق کنترل می شود.

به طور کل آزمایش های لازم شامل: آنالیز شیمیایی، تعیین هدایت حرارتی، سختی سنجی، متالوگرافی، آزمایش آلتراسونیک، آزمایش کشش، آزمایش ابعادی و صافی سطح می باشد.

ساخت و مونتاژ دستگاه نورد سرد



گزارش تجهیز و ساخت دستگاه نورد سرد



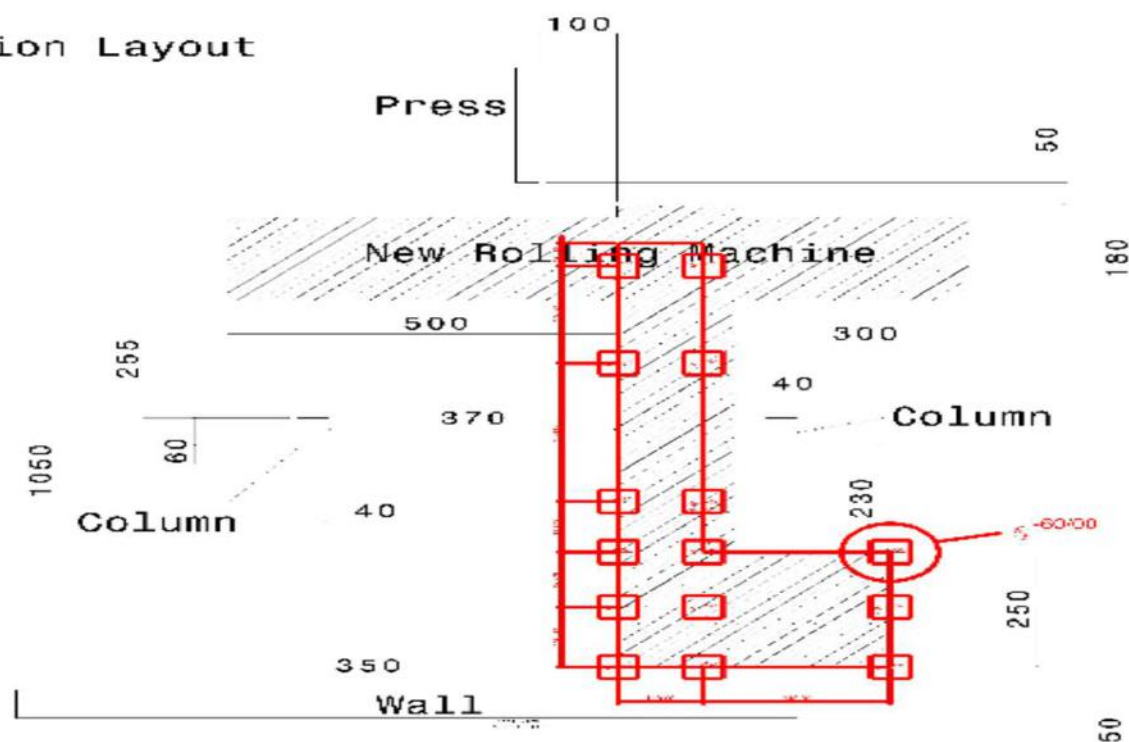
فعالیت‌های صورت گرفته شامل:

- ❖ خرید مذاکره و تهیه پیش فاکتور
- ❖ انعقاد قرارداد ساخت دستگاه نورد سرد
- ❖ شروع به کار توسط سازنده
- ❖ اتمام ساخت دو عدد از غلتک های نورد سرد و تحویل گیری آن

نقشه فونداسیون دستگاه نورد

Local Position Layout

R.Pourneza



عملیات فونداسیون دستگاه نورد در کارگاه تولید آلیاژهای ویژه فلزی در مجتمع هلجرد

مراحل اجرا

❖ تهیه نقشه جانمایی استقرار دستگاه نورد در هلجرد

❖ تهیه نقشه فونداسیون.

❖ حفاری و آماده شدن موقعیت فونداسیون دستگاه نورد

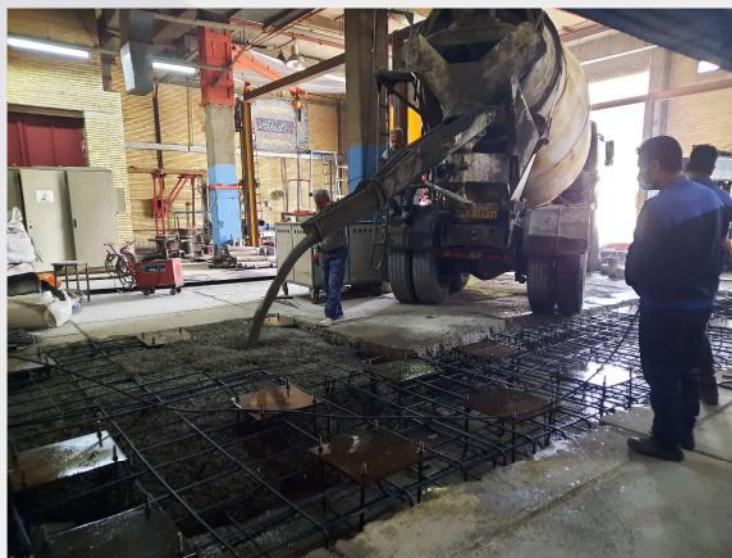


آماده سازی و ساخت فونداسیون دستگاه نورد در هلجرد

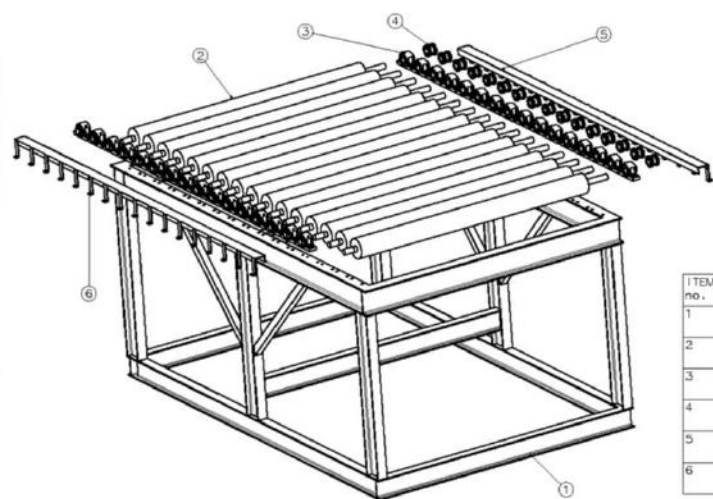
گزارش تصویری از مراحل آماده سازی فونداسیون



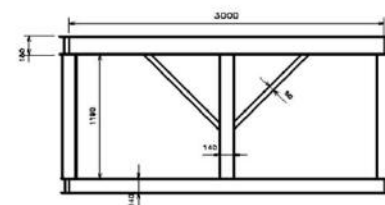
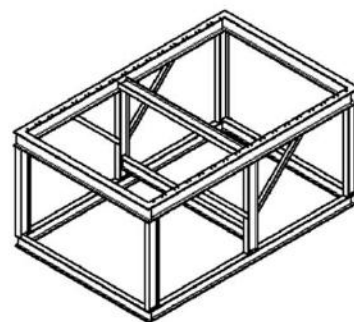
بتن ریزی فونداسیون دستگاه نورد



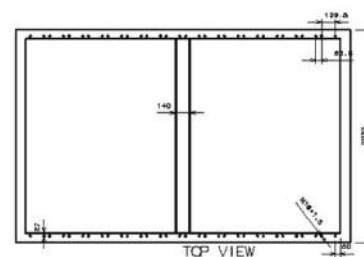
طراحی میز نورد توسط کارشناسان مرکز آذرخش



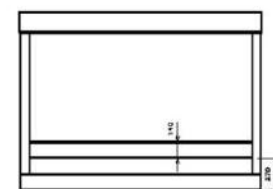
ITEM no.	Drawing Name	Qty
1	STAND	1
2	ROLLIK	16
3	BEARING	32
4	CHAIN GEAR	16
5	RIGHT PROTECTOR	1
6	LEFT PROTECTOR	1



SIDE VIEW



TOP VIEW



FRONT VIEW

مراحل ساخت میز نورد در کارگاه آذرخش



دو عدد میز نورد که در مرکز آذرخش طراحی و ساخته شده است



حمل اجزا دستگاه دستگاه نورد به

هلجرد



حمل اجزاء دستگاه نورد به کارگاه هلجرد



نصب متعلقات دستگاه نورد

نصب یاتاقان های غلتک بالایی دستگاه نورد



نصب متعلقات دستگاه نورد

انجام تست های غیر مخرب بر روی غلتک نورد (UT,MT,PT)





حمل مجموعه گیربکس
دستگاه نورد به کارگاه تولید
آلیاژهای ویژه فلزی





نصب بدنه گیربکس
برروی شاسی دستگاه نورد





مراحل مونتاژ گیربکس

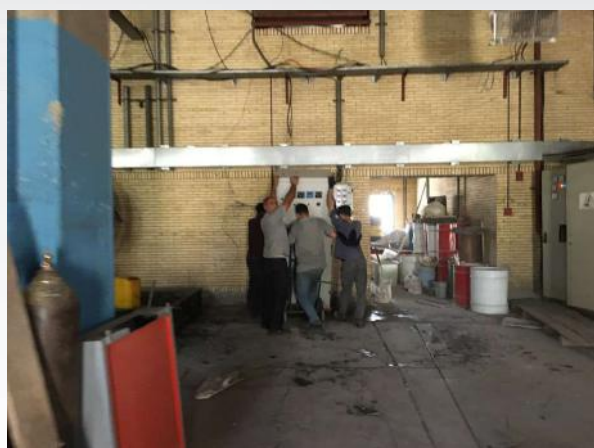




حمل چرخ طیار به کارگاه ومونتاز آن



مراحل نهایی نصب و مونتاژ دستگاه نورد



باتشکراز حسن توجه شما