کتاب دانش فنی تخصصی (متالورژی)

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن
و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس:آره ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی تخصصی

رشتهٔ متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی تخصصی (رشتهٔ متالورژی) ـ ۲۱۲۵۳۲
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: میثم بهربر، حسن جعفری، حسن حامد، غلامرضا خلج، ندیٰ دیده‌ور، امیر ریاحی، حسن طبیب‌زاده، اسدالله عابدی، حسن عبدالهزاده ، مهدی قربانی‌جمال‌آبادی و محمد معتمدی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
میثم بهربر، حسن جعفری، حسن حامد، اکبر خدمتی، غلامرضا خلج، ندیٰ دیده‌ور، اسدالله عابدی‌کردکندی، حسن عبدالهزاده، مهدی قربانی جمال‌آبادی و محمد معتمدی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری(مدیر هنری)ـ سارا ساعدی‌نژاد (صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان(طراح جلد) ـ سعید آقایی(رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تـهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن :۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۴

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۷- ۳۷۲۳ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3723–7**



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اوّلاً با هم متحد باشد، و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم. بلکه ان‌شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الان عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول: استخراج آهن و فولادسازی ۱

پودمان دوم: محاسبات تخصصی انتقال حرارت و سوخت..... ۳۳

پودمان سوم: بازرسی و انجام آزمون‌های غیر مخرب روی قطعات ریختگی..... ۵۵

پودمان چهارم : روش‌های ماشینی قالب‌گیری و ریخته‌گری..... ۷۵

پودمان پنجم : کسب اطلاعات فنی..... ۱۲۳

مراجع..... ۱۵۶

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و تغییرات سریع عصر فناوری و نیازهای متغیر جامعه بشری و دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته متالورژی بازطراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. این کتاب و درس از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که در سبد درسی هنرجویان برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است و مانند سایر دروس شایستگی و کارگاهی دارای ۵ پودمان می‌باشد. کتاب دانش فنی تخصصی مباحث نظری و تفکیک‌شده دروس کارگاهی و سایر شایستگی‌های رشته را تشکیل نمی‌دهد بلکه پیش‌نیازی برای شایستگی‌های لازم در سطوح بالاتر صلاحیت حرفه‌ای ـ تحصیلی می‌باشد. هدف کلی کتاب دانش فنی تخصصی آماده‌سازی هنرجویان برای ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر و تأمین نیازهای آنان را در راستای محتوای دانش نظری است. یکی از پودمان‌های این کتاب با عنوان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوای شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی موردنیاز از متون فنی غیر فارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، دستگاه‌های اداری، خانگی و تجاری و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد. تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعالی صورت می‌گیرد.
به مانند سایر دروس هنرآموزان گرامی برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش ارزشیابی پایانی و مستمر تشکیل می‌شود. این کتاب مانند سایر کتاب‌ها جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ برخی از فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. در هنگام ارزشیابی استاندارد عملکرد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.
کتاب دانش فنی تخصصی شامل پودمان‌هایی به شرح زیر است:
پودمان اول: استخراج آهن و فولادسازی
پودمان دوم: محاسبات تخصصی انتقال حرارت و سوخت
پودمان سوم: بازرسی و انجام آزمون‌های غیرمخرب روی قطعات ریختگی
پودمان چهارم: روش‌های ماشینی قالب‌گیری و ریخته‌گری
پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی
هنرآموزان گرامی در هنگام یادگیری و ارزشیابی، هنرجویان باید کتاب همراه هنرجو را با خود داشته باشند.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها درسی تغییر رویکرد آموزشی، آموزش و ارزشیابی مبتنی‌بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار در محیط واقعی براساس استاندارد عملکرد تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی درنظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند مدلسازی، قالب‌گیری، ماهیچه‌گیری، ریخته‌گری، کوره‌داری و عملیات حرارتی.

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند مسئولیت‌پذیری، نوآوری و مصرف بهینه انرژی

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها و انواع شبیه‌سازها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

براین‌اساس دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هر یک از کتاب‌های درسی در هر رشته است.

درس دانش فنی تخصصی، از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که ویژه رشته متالورژی برای پایهٔ دوازدهم تألیف شده است. کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و توسعه آن براساس جدول توسعه حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

این کتاب نیز شامل پنج پودمان است. هنرجویان عزیز پس از طی فرایند یاددهی ـ یادگیری هر پودمان می‌توانند شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنند. در پودمان «کسب اطلاعات فنی» هدف توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای شما بعد از اتمام دوره تحصیلی در مقطع کنونی است تا بتوانید با درک مطالب از منابع غیرفارسی در راستای یادگیری در تمام طول عمر گام بردارید. و در دنیای متغیر و متحول کار و فناوری اطلاعات خود را به‌روزرسانی کنید. هنرآموز محترم شما مانند سایر دروس این خوشه برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید. شرط قبولی در این درس، کسب شایستگی در تمام پودمان‌های این درس است. درصورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فهرست جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. در کارنامه شما این درس شامل ۵ پودمان درج شده که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی تشکیل می‌شود. و چنانچه در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، لازم است همان پودمان‌ها مورد ارزشیابی قرار گیرید. همچنین این درس دارای ضریب ۴ بوده و در معدل کل شما تأثیر می‌گذارد.

همچنین در کتاب همراه هنرجو واژگان پرکاربرد تخصصی در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما آورده شده است. کتاب همراه هنرجوی خود را هنگام یادگیری آزمون و ارزشیابی حتماً همراه داشته باشید. در این درس نیز مانند سایر دروس اجزایی دیگر از بسته آموزشی درنظر گرفته شده است و شما می‌توانید با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.oerp.ir از عناوین آنها مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی مانند مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش کنید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به‌کار گیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان اول

استخراج آهن و فولادسازی



مقدمه

کلیهٔ موادی که کرهٔ زمین و جو را تشکیل می‌دهند، ترکیبی از عناصر مختلف با یکدیگر هستند. این عناصر می‌توانند فلزات[۱]، شبه فلزات[۲] و غیر فلزات[۳] باشند. از بین عناصر کشف شده که از صد عنصر هم تجاوز می‌کند، فقط حدود ۴۰ عنصر در زندگی روزمره و صنایع به‌طور وسیع مورد استفاده بوده و نیاز انسان‌ها را به‌صورت‌های مختلف تأمین می‌کند.

این عناصر به‌طور خالص و یا به‌صورت ترکیب و یا مخلوطی از آنها در صنعت و زندگی روزمره به‌کار می‌روند. متوسط چگالی کره زمین حدود $5/5 gr/cm^3$ است. به این ترتیب که سبک‌ترین مواد تشکیل‌دهنده آن روی پوسته سطحی زمین و سنگین‌ترین مواد، مرکز زمین را تشکیل می‌دهند. در مرکز زمین مواد به‌صورت گداز (مذاب) با درجهٔ حرارت بالا وجود دارند، به‌طوری‌که متوسط چگالی پوستهٔ زمین حدود $2/76 gr/cm^3$ است. عناصر تشکیل‌دهنده مواد معدنی که تا به امروز کشف شده در جدول ۱ همراه با درصد نسبی آنها در کرهٔ زمین آورده شده است.

جدول ۱

نام عنصر	علامت اختصاری	درصد فراوانی در کره زمین	نام عنصر	علامت اختصاری	درصد فراوانی در کره زمین
اکسیژن	O	۴۶/۴۶	هیدروژن	H	۰/۱۴
سیلیسیم	Si	۲۷/۶۷	فسفر	P	۰/۱۲
آلومینیوم	Al	۸/۰۷	کربن	C	۰/۰۹
آهن	Fe	۵/۰۶	منگنز	Mn	۰/۰۹
کلسیم	Ca	۳/۶۴	گوگرد	S	۰/۰۶
سدیم	Na	۲/۷۵	کلر	Cl	۰/۰۵
پتاسیم	K	۲/۵۸	فلوئور	F	۰/۰۲
منیزیم	Mg	۲/۰۷	استرانسیم	Sr	۰/۰۲
تیتانیم	Ti	۰/۶۲	بقیه عناصر		۰/۵

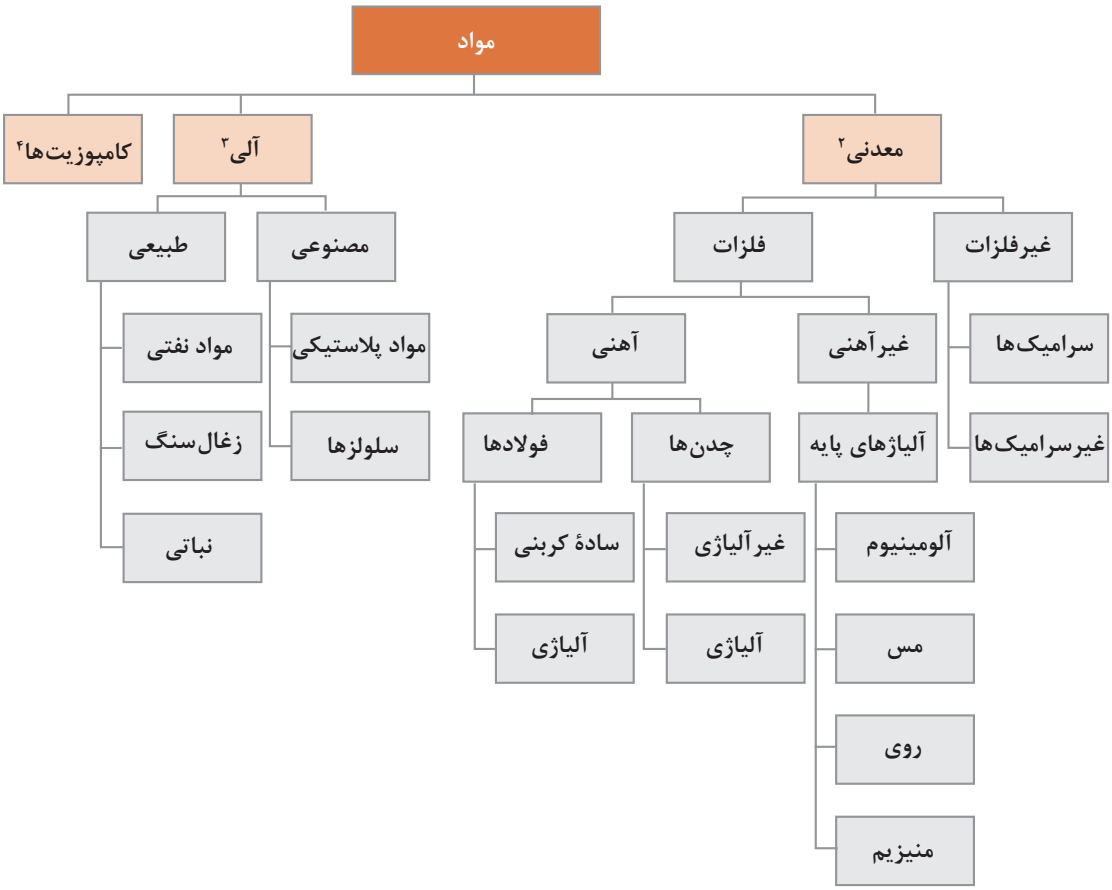
همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید، ۱۷ عنصر حدود ۹۹/۵ درصد کل کره زمین را تشکیل داده است، درحالی‌که ۸۷ عنصر دیگر در مجموع ۰/۵ درصد کل کره زمین را تشکیل می‌دهند. کربن که منشأ انرژی سوختی است، کمتر از ۰/۱ درصد کل کره زمین را تشکیل می‌دهد.

تحقیق کنید

تحقیق کنید ترتیب قرار گرفتن ترکیبات آلومینیوم، آهن، روی، منگنز، طلا، پلاتین و منیزیم از پوستهٔ زمین به مرکز چگونه است.

۱ـ Metals ۲ـ Metalloid ۳ـ Non - Metals

به‌طور کلی می‌توان مواد[1] را به شکل زیر دسته‌بندی کرد:



به غیر از طلا و پلاتین که فلزات نجیب نامیده می‌شوند، بقیهٔ فلزات به علت میل ترکیبی شدید با اکسیژن و سایر عناصر، در طبیعت به‌صورت آزاد و خالص یافت نمی‌شوند.

مواد معدنی

به‌طور کلی مواد معدنی، ترکیب یا محلول یا مخلوطی از فلزات، شبه فلزات و غیرفلزات هستند که بسیاری از آنها به شکل کانی[5] کل کرهٔ زمین را تشکیل می‌دهند. بیشتر کانی‌های مورد استفاده در صنایع در پوستهٔ بیرونی زمین قرار دارند.

کانی‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- **کانی‌های آلی یا اُرگانیک:** بیشتر ترکیب آنها مواد کربنی و هیدروژنی است.
- **کانی‌های معدنی یا غیراُرگانیک:** بیشتر کرهٔ زمین را تشکیل می‌دهند، معمولاً به‌صورت‌های اکسیدی، کربناتی، سولفاتی، سولفیدی، سیلیکاتی و گاهی خالص وجود دارند. به عنوان مثال کانی‌های آهن که به‌صورت‌های اکسیدی، کربناتی و سولفاتی وجود دارند.

کانی‌های قابل استخراج، کانی‌هایی هستند که در زمان استخراج، صرفه اقتصادی داشته باشند.

۱ـ Materials ۲ـ Inorganic ۳ـ Organic ۴ـ Composite ۵ـ Ores

سنگ‌های معدن آهن

فلز آهن در طبیعت به‌صورت ترکیبات مختلف یافت می‌شود. این فلز در صورتی قابل بهره‌برداری است که مقدار آهن آن در ترکیبات مختلف حداقل ۳۰ درصد باشد. ترکیبات مختلف سنگ‌های معدن آهن همراه با درصد خلوص آنها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲

سنگ معدن	ترکیب شیمیایی	نام شیمیایی	درصد خلوص
	اکسیدها		
ماگنتیت Magnetite	Fe_3O_4	آهن اکسید مغناطیسی	۷۲
هماتیت Hematite	Fe_2O_3	فریک اکسید	۷۰
لیمونیت Limonite	$FeO(OH) . nH_2O$	آهن اکسید هیدراته	۶۰
	کربنات‌ها		
سیدریت Ciderite	$FeCO_3$	آهن کربنات	۴۸
	سولفیدها		
پیریت Pyrite	FeS_2	آهن سولفید	۳۰

احیا و استخراج فلزات

فرایندهای مورد استفاده برای احیا و استخراج فلزات را می‌توان در سه عنوان طبقه‌بندی کرد:

۱ پیرومتالورژی[۱]

۲ هیدرومتالورژی[۲]

۳ الکترومتالورژی[۳]

۱ **پیرومتالورژی:** پیرومتالورژی عملیات تصفیه سنگ معدن در دمای بالا است. این روش بیشترین کاربرد را برای تولید فلزات دارد. در این روش، سنگ معدن توسط کربن جامد یا گازهایی مانند CO یا هیدروژن، گرم شده و هم‌زمان احیا می‌شود؛ واکنش‌های احیای سنگ معدن عبارتند از:

$$C + MO = M + CO$$
$$CO + MO = M + CO_2$$

در این واکنش M نشان‌دهنده فلز است.

(بیشتر مواد معدنی سولفید به راحتی با این واکنش‌ها احیا نمی‌شوند و لازم است ابتدا سنگ معدن در یک

۱ـ Pyrometallurgy

۲ـ Hydrometallurgy

۳ـ Electrometallurgy

محیط اکسیدکننده در دمای بالا، اما کمتر از دمای ذوب مواد تشکیل‌دهنده، حرارت داده شود تا سولفیدها به اکسید تبدیل شوند؛ این عمل را تشویه می‌گویند.) کربن ارزان‌ترین عامل احیاکننده موجود است و هیدروژن بسیار گران‌تر است. احیا توسط CO یا H_2 معمولاً در دمای زیر نقطهٔ ذوب فلز انجام می‌شود، مثلاً احیای مستقیم سنگ معدن آهن ریزدانه‌ها یا گلوله‌های سنگ آهن در محدودهٔ دمایی ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجهٔ سلسیوس انجام می‌شود. محصول فرایند احیای مستقیم، مخلوطی از فلز احیا شده و اکسیدهای احیا نشده است. در ادامه جداسازی فلز-اکسید احیا نشده و تکمیل فرایند احیا، تصفیه باید درحالت مذاب انجام شود. در بسیاری از موارد برای تکمیل فرایند احیا؛ سنگ معدن در دمای بالاتر از دمای ذوب فلز و اکسید فلز، در کوره حرارت داده می‌شود. اکسیدهای فلزی در حالت مذاب با ناخالصی‌های موجود در مذاب مخلوط هستند، اما در صورت احیا به شکل فلز از ناخالصی‌ها جدا می‌شوند. از آنجا که مخلوط اکسیدها و ناخالصی‌ها نسبت به فلز مذاب چگالی کمتری دارند، یک لایهٔ جداگانه به نام سرباره تشکیل شده و در بالای فلز مذاب شناور می‌شود.

۲ **هیدرومتالورژی:** به منظور استخراج بیشتر فلزات از سنگ معدن کم‌عیار مواد معدنی فلزی را در تماس با آب یا محلول‌های مناسب شسته یا حل می‌کنند، سپس این مواد را از پساب بازیابی می‌کنند. این روش برای بازیابی فلزات از رسوبات کم‌عیار که به اندازه کافی غنی نیستند، کاربرد دارد. واکنش‌های انحلال با عبور محلول حاوی یک اسید قوی یا قلیایی از میان سنگ معدن تسریع می‌شود. همچنین در حضور برخی از باکتری‌های طبیعی در محلول می‌توان سرعت انحلال را افزایش داد. یکی از کاربردهای متداول روش هیدرومتالورژی، بازیابی مقادیر اندک فلزات و مواد معدنی از سرباره‌ها، گرد و غبار دودکش‌ها و سایر مواد زائد و پساب است. مواد معدنی سولفیدی قبل از شست‌وشو، پخت می‌شود تا سولفید به سولفات (که ممکن است محلول در آب باشد) یا به اکسید تبدیل شود.

استخراج مس از سنگ معدن مس اکسید به راحتی با ذوب و تصفیه، انجام نمی‌شود زیرا مقادیر زیادی مس در سرباره از بین می‌رود. بنابراین، روش هیدرومتالورژی برای این سنگ معدن‌ها ترجیح داده می‌شود. سرعت یک واکنش شیمیایی با افزایش دما افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان با گرم کردن، میزان انحلال را افزایش داد. با این وجود، در فشار اتمسفر، حداکثر دمای محلول‌های آبی به کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس محدود می‌شود تا از تبخیر آب در اثر به جوش آمدن آب جلوگیری شود. اگر سنگ معدن تحت فشار در اتوکلاو شسته شود، دستیابی به درجه حرارت‌های بالاتر امکان‌پذیر است و این روش استاندارد برای استخراج آلومینای خالص از بوکسیت است. حلال هایی که برای شست‌وشو استفاده می‌شوند، محلول در آب هستند و معمولاً گران نیستند، از طرفی شسته شدن خیلی انتخابی نیست. هر ماده معدنی موجود در سنگ معدن اسید خاص یا محلول قلیایی مورد استفاده، حل می‌شود و همچنین باید مراقب بود تا از حل شدن برخی از مواد باطله جلوگیری شود.

۳ **الکترومتالورژی:** عبور جریان الکتریکی بین دو الکترود غوطه‌ور در محلول حاوی فلز باعث رسوب فلز بر روی الکترود منفی (کاتد) می‌شود. فلز معمولاً در محلول آبی وجود دارد که می‌تواند قبلاً در عملیات هیدرومتالورژی تولید شده باشد. اما ممکن است در مخلوطی از نمک ذوب شده نیز وجود داشته باشد مانند ترکیبی از آلومینیوم و منیزیم. در تصفیه الکتریکی[۱]، فلز ناخالص، آند را تشکیل می‌دهد که در محلول حل می‌شود و فلز خالص روی کاتد رسوب می‌کند. با وجود هزینه و مصرف زیاد برق ؛ استخراج الکتریکی[۲] برای استخراج فلزات؛ با واکنش‌پذیری بالا که تولید آنها با روش‌های دیگر دشوار است، قابل توجیه می‌شود.

۱ـ Electrorefining

۲ـ Electrowinning

برای به‌دست آوردن فلزات کاملاً خالص از فلزات تصفیه شده از روش استخراج الکترولیتی استفاده می‌شود. برای کاربردهای ویژه معمولاً تصفیه الکتریکی فلزات تولید شده توسط پیرومتالورژی ضروری است. عناصر را می‌توان با توجه به اختلاف پتانسیل مورد نیاز بین الکترودها برای ایجاد رسوب فلز از یک محلول خاص، مرتب کرد تا رسوب فلز از یک محلول خاص امکان‌پذیر شود. مثلاً، مس به اختلاف پتانسیل کمتری نسبت به آهن یا روی نیاز دارد. فلزات معمولاً از محلول سولفات به‌صورت الکتریکی تصفیه می‌شوند. بر خلاف فلزات تولید شده به روش پیرومتالورژی، محصول تصفیه شده الکتریکی عملاً حاوی گاز ازت یا اکسیژن محلول نیست. با این حال، ممکن است هیدروژن هنگام الکترولیز تولید شود و شمش‌ها معمولاً برای حذف هیدروژن محلول به ذوب دوباره نیاز دارند. هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی در واحد تولید با این روش زیاد است.

مراحل استخراج سنگ معدن

مراحل استخراج سنگ معدن به شرح زیر است:

۱ به اندازه‌ای که قابل حمل باشد، شکسته یا خرد می‌شود.

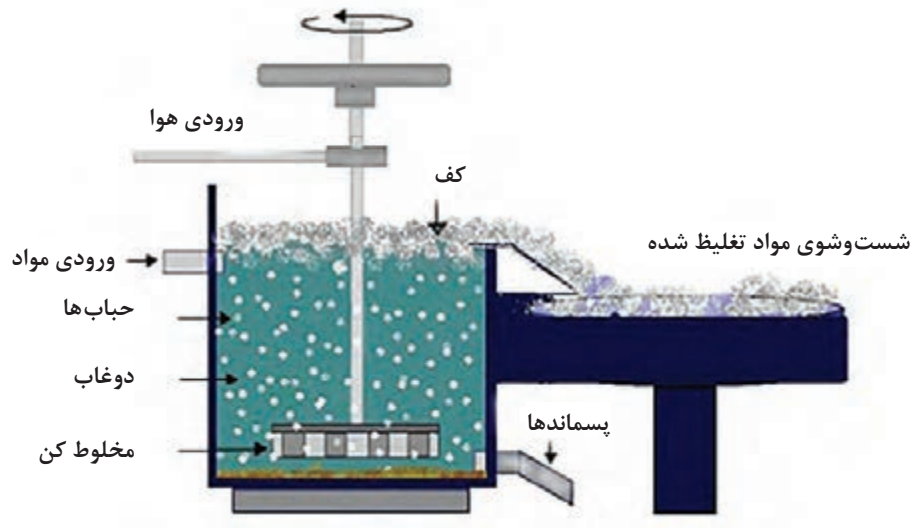
۲ برحسب مورد و امکانات موجود، هدایت آنها تا محل سنگ‌شکن‌ها، به‌وسیلهٔ نوار نقاله، ریل راه‌آهن و کامیون انجام می‌شود.

۳ خرد کردن سنگ‌ها به‌وسیله سنگ‌شکن‌های مخصوص و آسیاب‌های گلوله‌ای، از تکه‌های به اندازهٔ ۳۰سانتی‌متر تا پودر به اندازهٔ ذرات ۰/۰۰۵ میلی‌متر یا ۵ میکرون در چهار اندازهٔ مختلف انجام می‌گیرد. این مراحل شامل شکستن، خرد کردن اولیه، ثانویه و آسیاب کردن تا اندازهٔ ۵ میکرون است(شکل ۱ـ ب).

دانه‌بندی یا کانه‌آرایی

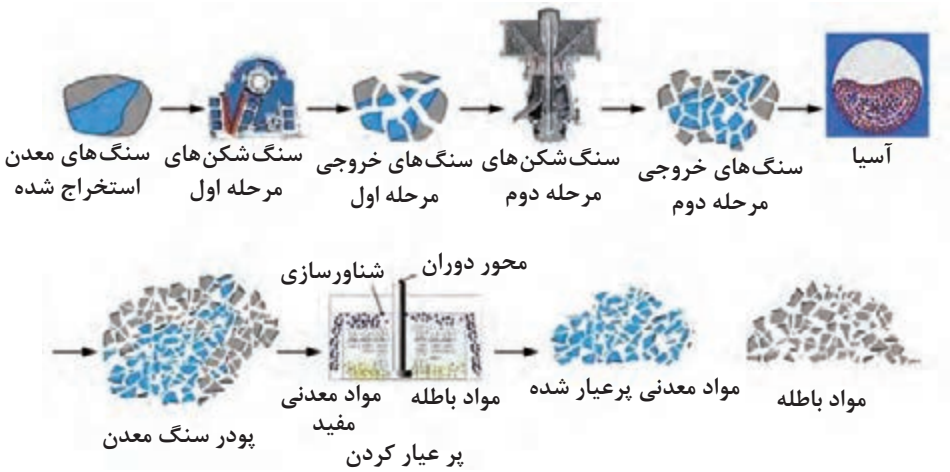
دانه‌بندی یا کانه‌آرایی به دو شکل انجام می‌شود: روش خشک و روش آبی.

- در روش خشک از غربال‌های مختلف استفاده می‌شود.
- روش آبی بر این اساس است که در آب، دانه‌های درشت زودتر از دانه‌های ریز ته‌نشین شده و قابل جداشدن هستند. در این روش از جداکننده‌های مخروطی و گردابی استفاده می‌شود.



الف ـ روش شناورسازی (فلوتاسیون)

شکل ۱



ب ـ مراحل استخراج سنگ معدن و دانه‌بندی و پرعیار کردن

ادامه شکل ۱

پر عیار کردن (تغلیظ) سنگ معدن

عملیاتی که به منظور جدا کردن مواد اضافهٔ ناخواسته از سنگ معدن انجام شده و باعث افزایش خلوص سنگ معدن می‌شود، را پر عیار کردن می‌گویند.

مهم‌ترین روش‌های پر عیار کردن سنگ معدن (آهن) عبارت‌اند از:

۱ **روش تفکیک مغناطیسی:** در این روش سنگ آهن خرد شده را از کنار یک حوزهٔ مغناطیسی قوی عبور می‌دهند، تا آهن اکسید از سایر اکسیدها و ناخالصی‌های دیگر موجود در سنگ معدن جدا شود.

۲ **روش تفکیک وزنی:** در این روش از تفاوت چگالی ذرات سنگ معدن آهن نسبت به سایر ذرات سنگ‌های معدن دیگر که چگالی بیشتری دارند و زودتر ته‌نشین می‌شوند، استفاده می‌گردد.

۳ **روش شناورسازی (فلوتاسیون):** در این روش سنگ معدن پودر شده و در حوضچه‌های مخصوص شامل مایع (عموماً آب) ریخته شده و به هم زده می‌شود. سپس هوا یا گاز دیگری از ته حوضچه در مایع کلوئیدی دمیده می‌شود. در این شرایط ذرات سنگ آهن با حباب هوا یا گاز در سطح مایع شناور می‌شوند. با جدا کردن کف‌های شناور و خشک کردن آن، پودر سنگ معدن تغلیظ شده به‌دست می‌آید. (شکل ۱ـ الف)

۴ **تکلیس کردن:** در این روش سنگ معدن (مثلاً آهن کربنات، سیدریت $FeCO_3$) را در حرارت‌های بیشتر نسبت به عملیات خشک کردن حرارت داده و به این ترتیب گاز CO_2 جدا شده و اکسید فلز (مثلاً آهن اکسید FeO) بدست می‌آید.

$$FeCO_3 \longrightarrow FeO + CO_2$$

۵ **روش شست‌وشو دادن:** با چند بار شست‌وشو دادن، ذرات ریز خاکستر سیلیس و آهن از سنگ معدن جدا شده و سنگ معدن آهن قابل استفاده در تولید فولاد به‌دست می‌آید.

آگلومراسیون[1]

سنگ معدن پس از استخراج، دانه‌بندی و تغلیظ باید ذوب شود. برای ذوب کردن سنگ معدن تغلیظ شده، باید هوای داغ حاصل از سوخت کوره از بین لایه‌های سنگ معدن عبور داده شود. در این صورت پودر سنگ معدن حفره‌های خروج هوا را مسدود می‌کند، بنابراین ذوب آن به شکل پودر غیرممکن می‌شود. برای رفع این نقص، پودر سنگ معدن را به هم چسبانده و به‌صورت بریکت[2]، فندقه[3]، گندله[4]، گلوله[5] در می‌آورند تا در داخل کورهٔ ذوب، هوای داغ حاصل از سوخت کک بتواند در بین و داخل تکه‌های شارژ حرکت کرده و آنها را ذوب کند. به عملیات ساخت بریکت، فندقه و یا گندله‌سازی از پودر سنگ معدن تغلیظ شده، آگلومراسیون می‌گویند.

آگلومراسیون به دو روش عمده انجام می‌شود:

روش اول: اتصال پودر سنگ معدن تغلیظ شده در قالب از طریق حرارت و یا تفجوشی[6] صورت می‌گیرد. در این روش دانه‌های ریزتر شارژ و یا مواد افزودنی با نقطه ذوب پایین‌تر ذوب شده و دانه‌های درشت‌تر شارژ و سایر مواد را به هم می‌چسباند. در نتیجه شارژ یکپارچه و به‌صورت آجر (بریکت) یا گندله خواهد شد. این روش آگلومره، به روش حرارتی (گرم) معروف است. در روش حرارتی، درجهٔ حرارت در حدود $1200^{\circ}C$ است که در حین فرایند، احتمال تغییرات شیمیایی وجود دارد.

روش دوم: در این روش، دانه‌ها را با استفاده از رطوبت به‌صورت خمیری یکپارچه درآورده و سپس در قالب‌های آجری شکل خشک می‌کنند. در این روش به دلیل عدم استفاده از حرارت بالا در خودگیری، احتمال تغییرات شیمیایی وجود ندارد.

مواد اولیه جهت آگلومراسیون برای عیار کردن عبارت‌اند از:

۱ پودر کانی آهن ۲ آهک پخته ۳ دولومیت ($CaMg(CO_3)_2$)

۴ پودر کک ۵ فرومنگنز خرد شده ۶ رطوبت

$$CaCO_3 \xrightarrow{1000^{\circ}C} CaO + CO_2$$

مخلوط مواد فوق باید به‌وسیلهٔ یک مخلوط‌کن کاملاً یکنواخت شوند.

نکته

عموماً به دلیل نیاز به وجود تخلخل در آگلومره (بریکت یا گندله) برای جذب حرارت بهتر، لازم است نسبت درصد اکسیدهای ترکیبات قلیایی به اکسیدهای اسیدی یعنی $\frac{CaO + MgO + \cdots}{SiO_2 + Fe_2O_3 + \cdots}$ بیشتر بوده و به حدود ۱/۳ تا ۱/۴ برسد.

واکنش دولومیت و سنگ آهک گرماگیر است و باعث پایین آوردن راندمان حرارتی کوره می‌شود. به همین دلیل به‌جای سنگ آهک و دولومیت، از آهک پخته (CaO) استفاده می‌شود.

با افزایش مقدار دولومیت و سنگ آهک، به همان نسبت مقدار کک سوختنی نیز افزایش می‌یابد. در ذوب آهن اصفهان مقدار آهک مصرفی به میزان ۱۲۳Kg سنگ آهک و ۸Kg آهک پخته (CaO) برای ذوب هر تن آگلومراسیون در نظر گرفته می‌شود. کک مصرفی نیز بستگی به مقدار درصد آهک مصرفی دارد و کلاً

۱ـ agglomeration ۲ـ briquette ۳ـ granular ۴ـ conglomerate ۵ـ ball ۶ـ sintering

برای تولید یک تن آهن خام حدود ۵۰۰ Kg کک با حدود ٪۸۵ کربن خالص نیاز است.
روش آگلومراسیون پیوسته یا مداوم به نام روش «دواید لوید» معروف است. در این روش یک سیستم زنجیره‌ای در حال حرکت به نام «کانوایر» وجود دارد (شکل ۲) که روی آن محفظه‌های قالب بریکت به‌صورت شبکه شبکه نصب شده است. در مرحلهٔ اول درون محفظهٔ قالب با مادهٔ محافظ پودر سنگ آهک پوشانده می‌شود. در مرحلهٔ دوم مواد عیار شده جهت آگلومره وارد محفظه قالب می‌شود. در مرحلهٔ سوم حرارت توسط مشعل روی مواد عیار شده درون قالب‌ها دمیده می‌شود و هم‌زمان در زیر نوار نقاله و قالب‌های پر شده، دمنده‌هایی نصب شده تا گرمای حاصل از شعله را (تا ۱۲۰۰ °C) به‌صورت یکنواخت، به سطح و عمق سنگ آهن تغلیظ شده، برساند و در نتیجه سنگ آهن تغلیظ شده، پخته و زینتر شود.



شکل ۲

تحقیق کنید

تحقیق کنید کدام یک از روش‌های آگلومراسیون (روش گرم یا سرد) با کیفیت و اقتصادی‌تر است؟ چرا؟

نکته

ترکیب فایالیت به فرمول ($2FeO \cdot SiO_2$) مادهٔ اصلی برای زینتر ذرات در آگلومره است که با کاهش مقدار آهک استحکام خوبی به آگلومره می‌دهد.

تولید آهن خام از سنگ آهن

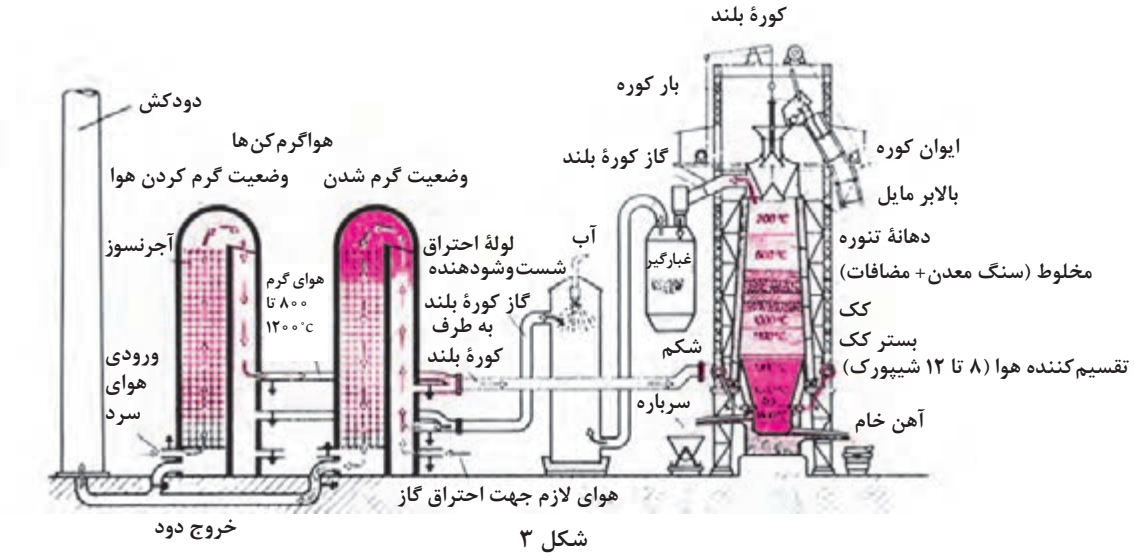
آهن خام به تنهایی در صنعت به عنوان یک آلیاژ استاندارد مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بلکه پس از تصفیه و کنترل ترکیب شیمیایی با استفاده از کوره‌های دیگر به‌صورت فولاد یا چدن، در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد.
تولید آهن خام توسط کوره‌های خاص و با روش‌های مختلف انجام می‌گیرد که عموماً دو روش آن کاربرد بیشتری دارد. این دو روش عبارت‌اند از:

الف) روش احیای غیرمستقیم آهن از سنگ معدن
ب) روش احیای مستقیم آهن از سنگ معدن

تولید آهن خام به روش احیای غیرمستقیم: برای احیای غیرمستقیم فلز آهن از سنگ معدن تغلیظ شده و در نتیجه تولید آهن خام، از کوره بلند[1] استفاده می‌شود. کورهٔ بلند اولین و صنعتی‌ترین کوره‌ای است که به‌صورت فراگیر و گسترده برای تولید آهن خام از سنگ‌های معدن تغلیظ شده آهن مورد استفاده قرار گرفته

۱ـ Blast furnace

و هنوز هم به‌عنوان مهم‌ترین کوره برای تولید انبوه آلیاژهای آهنی خام کاربرد دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که کوره بلند پایه اصلی ذوب آهن است.



شکل ۳

کورهٔ بلند از قسمت‌های مختلف اصلی و جانبی تشکیل شده است (شکل ۳).

■ قسمت اصلی کوره که وظیفهٔ ذوب را به عهده دارد منطقهٔ ذوب و کربونیزه است که از دو مخروط ناقص تشکیل شده که روی یک استوانه به نام بوته سوار شده است (شکل ۴). وظیفهٔ بوته جمع‌آوری مذاب است. بوتهٔ کوره به تنهایی نمی‌تواند مجموعه منطقه ذوب و کربونیزه را تحمل کند، بنابراین برای اطمینان از سلامت کوره در هنگام کار، مجموعهٔ منطقه ذوب، کربونیزه و بوته کوره به‌وسیله پایه‌ای به نام فونداسیون نگهداری می‌شود.

■ بدنهٔ کوره به‌وسیله پایه‌ای مدور نگهداری می‌شود. این رینگ یا پایهٔ مدور نیز روی پایه جداگانه‌ای قرار می‌گیرد که فونداسیون بدنهٔ کوره را تشکیل می‌دهد. شکم کوره بین منطقه «کربونیزه و ذوب» و بدنهٔ کوره است.

قسمت بالای مخروط فوقانی، برای شارژ یا باردهی به کوره در نظر گرفته شده است. در قسمت انتهایی مخروط ناقص دهانه قیفی شکل قرار دارد که هنگام شارژ کوره (ریختن مواد ذوبی یا باردهی) دهانهٔ قیفی شکل باز می‌شود و پس از پایان باردهی (شارژ) کوره، دهانه آن بسته می‌شود. در کنار کورهٔ بلند، بالابر (کانوایر شیب‌دار) یا نوار نقاله قرار دارد که توسط آن واگن‌ها یا پالت‌های مخصوص محتوی مواد شارژ به بالای سکو جهت شارژ کوره هدایت می‌شود.

نکته

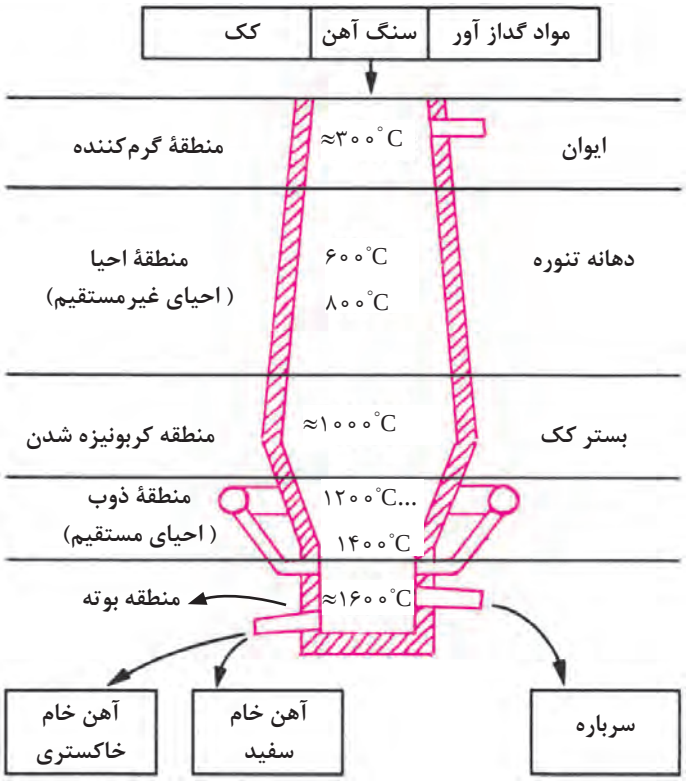
کلیهٔ مواد ورودی به کوره بلند جهت ذوب و کمک ذوب را شارژ کوره بلند می‌نامند.

پس از راه‌اندازی (تغذیه کردن کک بستر و روشن کردن کوره بلند) و رساندن حرارت کک بستر تا $1400^{\circ}C$، شارژ کوره شروع می‌شود. کک بستر از نوع کک‌های مرغوب و درشت است که استحکامی بالاتر از کک سوختنی دارد.

ترتیب شارژ کوره از پایین به بالا به شرح زیر است:

۱ـ مواد سوختی مانند کک، با راندمان حرارتی بالا.

۲ـ مواد سیاله یا کمک ذوب مثل آهک (CaO)، سنگ آهک $CaCO_3$ یا دولومیت ($CaMg(CO_3)_2$) یا کلسیم فلوئورید (CaF_2).
۳ـ مواد ذوبی مانند سنگ معدن تغلیظ شده آهن.



شکل ۴

که موارد فوق به ترتیب به‌وسیلهٔ نوار نقاله به داخل کوره هدایت می‌شود و روی کک بستر قرار می‌گیرند.
علت در نظر گرفتن ترتیب مواد ورودی شارژ کوره این است که:
عموماً شارژ مواد ذوبی و کمک ذوب از بالای کوره به طرف پایین صورت می‌گیرد، درحالی‌که گرمایش و حرارت‌دهی مواد شارژ در جهت عکس یعنی از پایین به بالا انجام می‌شود. به این ترتیب حرارت حاصل از سوخت به طرف دهانهٔ خروجی کوره حرکت می‌کند و در نزدیکی دهانه، شارژ کوره، رطوبت‌زدایی، اکسیدزدایی و پیش‌گرم می‌شود. در پایین‌تر از شکم کوره، عمل کربونیزه شدن صورت می‌گیرد و در پایین‌تر شارژ ذوب می‌شود. در تمام مراحل قطره‌های ذوب شده مواد ذوبی خام با آهک تماس پیدا می‌کند و پس از تصفیه، اکسیژن‌زدایی و گوگردزدایی، سیال‌تر شده و به بوتهٔ کوره راه پیدا می‌کند.
پوستهٔ خارجی کوره بلند از ورق‌های ضخیم فولادی تشکیل شده است که گاهی بدنه، شکم و قسمت کربونیزه یکپارچه است. گاهی نیز به دلیل سنگینی بیش از حد بوته و مذاب داخل آن، شکم کوره را از قسمت منطقه ذوب و کربونیزه به بالا جدا می‌کنند و با استفاده از طوقی به شکل رینگ با پایه‌های جوش داده شده به آن، فونداسیونی جدا برای آن قسمت تهیه می‌کنند.



شکل ۵

جدارهٔ داخلی کوره از آجرهای دیرگداز یا مواد دیرگداز کوبیدنی تشکیل شده است که براساس ظرفیت کوره، ضخامت جداره نیز تغییر می‌کند. ضخامت جداره حدود ۵۰ سانتی‌متر است.
در کوره‌های بلند، حد فاصل بین بوته و اتالاژ، چندین فن یا دمنده (تویر)، دورتادور منطقه ذوب و اتالاژ را احاطه کرده است. هوای پیش‌گرم در اتاق‌های با آجر چینی خاص[۱] ایجاد می‌شود که سطوح آجرها توسط هوای گرم خروجی از دهانهٔ کوره داغ شده و سپس هوای آزاد از کنار آنها عبور کرده و گرم می‌شود هوای گرم توسط دمنده به داخل کوره روی کک بستر دمیده می‌شود. این تأسیسات رژنراتور[۲] نام دارد که حداقل دو اتاق بزرگ دارد که به نوبت هوای گرم را به کوره می‌رسانند (شکل ۵).

پس از روشن کردن کوره و دمش هوا، درجهٔ حرارت در این منطقه به حدود ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰°C می‌رسد. هوای گرم پس از کربونیزه و ذوب کردن شارژ به طرف مناطق بالای کوره حرکت کرده و در حین حرکت احیای غیرمستقیم شارژ را انجام می‌دهد.
کربن میل ترکیبی زیادی با آهن دارد. درجهٔ حرارت هم بالا است. با این شرایط کربن در آهن حل شده یا با آن ترکیب می‌شود و تولید آهن کاربید (Fe_3C) می‌کند و می‌تواند چدن یا فولاد خام تولید کند.

تحقیق کنید

۱ چرا قطر داخلی کورهٔ بلند از قسمت ذوب به سمت بالا کاهش می‌یابد؟
۲ در منطقهٔ احیا (تنوره کوره بلند)، احیای کامل و تولید فولاد و چدن خام انجام می‌شود؟ چرا؟
۳ چرا در منطقه کربونیزه کردن بیشترین مشکلات در آلیاژسازی ایجاد شده و ورود عناصر مضر در فولاد انجام می‌شود؟

در مراحل بعدی روی چدن خام تولید شده با استفاده از کنورتور یا کوره‌های دیگر عملیات خروج عناصر مضر و اضافی، گاز زدایی و نیتروژن زدایی انجام شده و فولاد استاندارد تولید می‌شود.

مناطق مختلف داخلی کورهٔ بلند و فعل و انفعالات هر منطقه

عملیات مقدماتی و نهایی در کورهٔ بلند در چهار منطقهٔ داخل کوره به شرح زیر انجام می‌شود:
۱ **منطقهٔ گرم‌کننده یا خشک کردن:** قسمت بالا و ورودی شارژ کوره، منطقهٔ شارژکردن است. دمای این منطقه حدود ۳۰۰°C است. عبور گازهای گرم از این منطقه باعث گرم شدن شارژ و در نتیجه از بین رفتن رطوبت آن می‌شود.
۲ **منطقهٔ احیای غیرمستقیم:** در این منطقه که دمایی حدود ۸۰۰°C دارد، کربن‌منواکسید حاصل، با شارژ که عموماً آهن اکسید است تماس حاصل کرده و آن را تا درجهٔ خلوص بالا (۷۰ تا ۹۰ درصد) طبق واکنش‌های صفحهٔ بعد احیا می‌کند:

۱_ cheke works
۲_ regenerator

$$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2 \uparrow$$
$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2 \uparrow$$
$$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2 \uparrow$$

۳ **منطقهٔ کربونیزه شدن:** در این منطقه که درجهٔ حرارت به بالای ۱۲۰۰°C می‌رسد، آهن خالصی که از بالا ذوب شده و در تماس با کک گداخته قرار گرفته با کربن ترکیب می‌شود و آهن کاربید ($3Fe + C \rightarrow Fe_3C$) را به‌وجود می‌آورد که ترکیب اصلی چدن سفید خام است.

در این مرحله به همراه مذاب آهن عناصری مثل گوگرد، فسفر، منگنز و سیلیسیم وجود دارد که بیشتر اوقات به‌صورت ناخواسته با آهن ترکیب می‌شوند که باید در مرحله تصفیه از آلیاژ خارج گردند.

۴ **منطقه ذوب:** درجهٔ حرارت این منطقه حدود ۱۴۰۰°C است، که می‌تواند اکسیدهای آهنی که در مناطق دیگر ذوب نشده‌اند را ذوب کرده و با کربن موجود در کک گداخته بستر احیا کند.

$$FeO + C \longrightarrow Fe + CO \uparrow$$

$$3Fe + C \longrightarrow Fe_3C$$

۵ **منطقهٔ بوته:** درجه حرارت منطقهٔ بوته حدود ۱۶۰۰°C است، در این قسمت کلیهٔ آهن خام احیا شده جمع شده و آمادهٔ خروج از کوره است. بوتهٔ کوره دو راه خروج دارد. اولی در سطح مذاب و بالای بوته قرار دارد که محل خروج سرباره یا مواد سبک‌تر از مذاب است. عموماً سرباره به‌صورت سیالی با گرانروی بالاتر، نسبت به مذاب است. سرباره، ترکیب ناخالصی‌های مضر موجود در سنگ آهن و مذاب است. با باز کردن دریچهٔ (توپی) سرباره، مواد سرباره به خارج سرازیر و به محل مناسبی هدایت می‌شود تا بتوان در صورت نیاز از آنها در راه‌سازی و زیرسازی جاده‌ها یا خاک‌های دیرگداز استفاده کرد. دومین راه خروجی در ته بوته است که با باز کردن توپی آن، مذاب به‌وسیله پاتیل‌های مخصوص یا ناودانی‌های پوشش شده با مواد دیرگداز، به محل تصفیه و تولید فولاد ساده یا آلیاژی هدایت می‌شود.

نکته

۱ کورهٔ بلند یک کوره مداوم است؛ به این معنی که به‌طور پیوسته در حال باردهی و شارژ است و هم‌زمان با خروج مذاب، بارگیری نیز انجام می‌شود.

۲ محصول نهایی کورهٔ بلند، آهن خام است.

سربارهٔ کوره بلند و موارد استفاده آن

سرباره از اکسیدها، ناخالصی‌ها، مواد کمک ذوب و خاکستر کک سوختنی تشکیل شده است، که معمولاً سبک‌تر از مذاب بوده و به‌صورت جامد یا مایع با گرانروی بالا است. به‌طور معمول مقدار حجم سربارهٔ تولید شده در کورهٔ بلند گاهی دو یا سه برابر مذاب آلیاژ خام است. از سرباره‌های کورهٔ بلند می‌توان برای تهیهٔ عایق حرارتی (پشم شیشه)، سیمان، خاک دیرگداز کوره‌ها، آجر و زیرسازی جاده‌ها استفاده کرد.

گازهای خروجی از دهانه کوره بلند و کاربرد آنها

مهم‌ترین گازهای خروجی از دهانهٔ کوره بلند، متان، هیدروژن، ازت، کربن منواکسید (CO) و کربن‌دی‌اکسید (CO_2) است که در هنگام خروج، ذرات بار کوره را به همراه دارد.

گاز کورهٔ بلند پس از غبارگیری، شست‌وشو و فیلتراسیون می‌تواند برای گرم کردن هوا، گرم کردن دستگاه‌های گرم‌کن کوره بلند، کک‌سازی، کلوخه‌سازی، توربین‌های گازی، دیگ‌های بخار و مصارف خانگی و آب‌گرم‌کن مورد استفاده قرار گیرد.

سوخت کورهٔ بلند

سوخت کورهٔ بلند به عنوان مادهٔ اصلی تولید حرارت جهت ذوب اهمیت بسزایی دارد. سوخت کوره بلند علاوه بر تولید حرارت جهت ذوب سنگ آهن و تولید آهن خام، باید مقدار کربن مورد نیاز برای احیای آهن اکسید را نیز تأمین کند. سوخت با کیفیت باید دارای شرایط زیر باشد:

۱ بیشترین ارزش حرارتی را دارا باشد. (ارزش حرارتی یک سوخت مقدار گرمایی است که از سوختن یک گرم از آن ماده سوختنی بر حسب کالری به‌دست می‌آید).
۲ استحکام مکانیکی، سایشی و مقاومت به ضربه لازم را داشته باشد.
۳ تخلخل لازم برای عبور گاز گرم را دارا باشد تا عمل سوختن به خوبی انجام شود.
۴ کمترین خاکستر را پس از سوختن برجا بگذارد.
۵ ناخالصی مضر مثل گوگرد و فسفر نداشته باشد یا مقدار آنها کم باشد (کمتر از ۱۰ درصد خاک).

کک مصرفی کارخانه ذوب آهن مرغوبیت کمی دارد به‌طوری که دارای ۱ درصد گوگرد، ۵ درصد خاکستر و ۳ درصد رطوبت است. کک مورد استفاده در ذوب آهن اصفهان از معادن سنگرود، زیراب، شاهرود و کرمان استخراج و به استهبان حمل می‌شود. میزان کربن موجود در کک مصرفی ذوب آهن حدود ۸۰ درصد است.

مواد گدازآور و سیاله

برای کمک به جریان مذاب و خروج ناخالصی‌های فلز مذاب حاصل از کورهٔ بلند، از مواد سیاله یا گدازآور استفاده می‌شود. سیالهٔ مورد استفاده معمولاً آهک است. آهک با ناخالصی‌های مضر موجود در شارژ سنگ آهن کوره بلند مثل گوگرد، منگنز و سیلیسیم ترکیب شده و آنها را به سرباره تبدیل می‌کند. یکی دیگر از مواد مهم گدازآور کوره بلند، کلسیم فلوئورید یا فلدسپار (CaF_2) است.

واحدهای پیش‌گرم هوا

کوره‌های بلند حداقل دو واحد جداگانه گرم‌کن هوا به‌صورت جنبی و ضمیمه به نام رژنراتور دارند که قسمت‌های داخلی آن از آجرهای دیرگداز پوشیده شده است به‌طوری‌که حداکثر سطحِ دیواره‌هایِ داخلی را داشته باشند. مانند آجر چینی که برای عایق کردن دیوار در برابر صوت انجام می‌شود و همچنین می‌توان از سقف مساجد نام برد که به دلیل دارا بودن بیشترین سطح، گرما را ذخیره می‌کنند. پس از چرخش هوای سرد در داخل رژنراتور و دمش آن به کوره، هوای ورودی به داخل کوره بلند، حداکثر مقدار گرما را دارد. این رژنراتورها به‌صورت متناوب هوای

دهانه خروجی کوره بلند (که گاه به ۱۲۰۰°C نیز می‌رسد) را گرفته و آجرهای داخلی آن که دارای حداکثر سطح هستند، گرمای بیشتری در خود ذخیره می‌کنند. پس از گرم شدن آجرهای واحد اول، هوای گرم برای گرم کردن دیواره واحد دوم به آن واحد هدایت می‌شود. با عبور هوای محیط از واحد اول، گرم شده و سپس از طریق فن یا تویرها به قسمت کک بستر و کربونیزه هدایت می‌شود. پس از تماس هوای گرم با کربنِ کک متخلخل، بیشتر گرم شده و از داخل کوره به‌طور صعودی حرکت کرده و وظایف دیگر مثل احیای غیرمستقیم در شکم کوره، خشک کردن و رطوبت‌زدایی در بالای کوره را انجام می‌دهد. در نهایت هوای گرم تصفیه شده به داخل رژنراتور یا گرم‌کن هوا برمی‌گردد.

تولید آهن خام به روش احیای مستقیم[1]

یکی دیگر از روش‌های تولید آهن خام، روش احیای مستقیم است. برخلاف روش احیای غیرمستقیم، در این روش عملیات ذوب انجام نمی‌شود. به‌طوری که سنگ معدن تغلیظ شده آهن را پس از گندله‌سازی و آماده شدن با استفاده از سوخت‌های جامد مثل کک یا گاز تصفیه شده، حرارت می‌دهند. در نتیجه مواد ناخالصی آن از بین می‌رود و به‌صورت تکه‌های گندله متخلخل در می‌آید.

در این روش ساخت و تهیه گندله از سنگ معدن آهن بسیار مهم است. زیرا شکل و اندازهٔ گندله و تخلخل آن در تولید آهن خامِ متخلخل (اسفنجی)، می‌تواند به تولید فولاد و چدن کمک کند. به عنوان مثال با افزایش درصد تخلخل آهن خام، مدول سطحی (نسبت سطح به حجم) گندله‌ها زیاد شده و جذب حرارت توسط آنها بیشتر می‌شود. در نتیجه راندمان ذوب و تصفیه افزایش می‌یابد.

نکته

منظور از سنگ آهن، سنگ معدن آهن پس از تغلیظ است.

گفت‌وگو کنید

در مورد نحوهٔ ایجاد تخلخل در سنگ معدن تغلیظ شده (پس از انجام فرایند گندله‌سازی) بحث و گفت‌وگو کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

احیای مستقیم به روش‌های مختلف انجام می‌شود. دو روش آن متداول‌تر از سایر روش‌های معمول است، که عبارت‌اند از: ۱ـ روش میدرکس[2] ۲ـ روش پوروفر[3]

در روش میدرکس جهت تولید حرارت از گاز طبیعی مثل گاز متان استفاده می‌شود. در اکثر کارخانجات دنیا از جمله ایران به علت وجود گاز طبیعی فراوان و مقرون‌به‌صرفه بودن، تولید آهن به روش میدرکس انجام می‌شود.

تولید آهن خام اسفنجی به روش میدرکس از سال ۱۹۶۶ توسط دونالد بِگز[4] مطرح شد. در این روش از گاز طبیعی به عنوان عامل احیاکننده استفاده می‌شود. البته قبل از استفاده از گاز طبیعی روی آن عملیاتی انجام می‌شود. در روش احیای مستقیم، تغلیظ سنگ معدن با شرایطی صورت می‌گیرد که در انجام فرایند مشکلی ایجاد نشود. برای این کار پس از خرد کردن سنگ معدن، سنگ آهن استخراج شده با استفاده از دستگاه خردکن مجهز به گلوله‌های فولادی، ساییده شده و به‌صورت پودر تا حدود ۰/۰۵ میلی‌متر در می‌آید. سنگ آهن پودر شده که تا ۷۰ درصد آهن دارد (با مقدار قابل قبول گوگرد و فسفر بسیار کم) با مقدار مناسب پودر آهک مخلوط می‌شود. سپس آن را به همراه مقداری بنتونیت به عنوان عامل چسبنده روی دیسک‌های چرخان می ریزند و دیسک را به حالت چرخش

۱ـ Direct Reduction Iron ۲ـ Midrex ۳ـ Purofer ۴ـ Beggs

در می‌آورند تا گندله‌هایی با قطر حدود ۲۰ میلی‌متر تولید شود. گندله‌های خام تولید شده روی دیسک را به کورهٔ پخت با دمای حدود $1300^{\circ}C$ وارد می‌کنند. تا در این درجه حرارت واکنش‌های بین آهن، سیلیس، آهک و سایر ترکیبات باعث استحکام گندله شود.

مراحل مختلف جهت پخت گندله به شرح زیر است:

۱ خشک کردن

در این مرحله که به آرامی انجام می‌گیرد، خروج رطوبت از گندلهٔ خام باعث استحکام و تغلیظ نسبی آن می‌شود. درجه حرارت خشک کردن به حدود $400^{\circ}C$ می‌رسد.

۲ پیش‌گرم کردن

این عملیات نیز به آرامی صورت می‌گیرد. درجه حرارت پیش‌گرم به $1000^{\circ}C$ می‌رسد. در این عملیات خروج مواد فرار از جمله رطوبت باقی مانده موجود در گندله‌ها، سبب ایجاد تخلخل در آن می‌گردد. همچنین استحکام گندله‌ها نیز افزایش می‌یابد.

۳ تغلیظ آهن و استحکام بخشی گندله (کلسیناسیون [۱])

در این مرحله درجه حرارت کورهٔ پخت به حدود $1300^{\circ}C$ می‌رسد. اکسیدهای آهن مقدار زیادی از اکسیژن خود را از دست داده و تغلیظ می‌شوند. به این ترتیب تخلخل گندله نیز افزایش می‌یابد.

$$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2 \uparrow$$
$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2 \uparrow$$

۴ خنک کردن

پس از پخت، استحکام بخشی و افزایش تخلخل گندله‌های تغلیظ شده، باید آنها را خنک کرد تا مراحل تولید به تعویق نیفتد. برای این کار باید گندله‌ها در مجاورت هوای سرد قرار گیرند تا هوای سرد به راحتی از بین تخلخل گندله‌ها عبور کرده و با سرعت بیشتری آنها را خنک کند. پس از انجام فرایند گندله‌سازی مقدار آهن تغلیظ شده حدود ۷۰ درصد است.

فرایند تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس

در این روش با استفاده از گاز متان، آهن اسفنجی تولید می‌کنند. به این صورت که ابتدا به‌وسیله مبدل کوره میدرکس، گاز متان در درجه حرارتی معادل $1200^{\circ}C$ با استفاده از کربن‌دی‌اکسید (CO_2)، به گازهای کربن‌منواکسید و هیدروژن تبدیل می‌شود:

$$CH_4 + CO_2 \longrightarrow 2CO + 2H_2 \uparrow$$

از گازهای تولید شده، در مراحل بعدی به عنوان سوخت در تولید فولاد خام استفاده می‌شود.

مراحل انجام فرایند به شرح زیر است:

۱ ابتدا سوخت گازی متان پس از واکنش با گاز CO_2 به گازهای کربن منواکسید و هیدروژن تبدیل شده و سپس وارد تنوره کوره می‌شود. این واکنش گرما زا است.

۱ـ calcination

۲ گازهای کربن منواکسید و هیدروژن با دمای $800^{\circ}C$ حاصل از واکنش در تنوره کوره به طرف بالا حرکت کرده و با شارژ داخل تنورهٔ کوره (گندله) تماس پیدا کرده و شارژ را احیا می‌کند.

شکل ۶ تصویر شماتیک فرایند تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی واکنش‌های زیر در تنورهٔ کوره به‌ترتیب انجام می‌شود:

۱ $CH_4 + CO_2 \longrightarrow 2CO + 2H_2 \uparrow$

۲ $3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2 \uparrow$

۳ $3Fe_2O_3 + H_2 \longrightarrow 2Fe_3O_4 + H_2O$

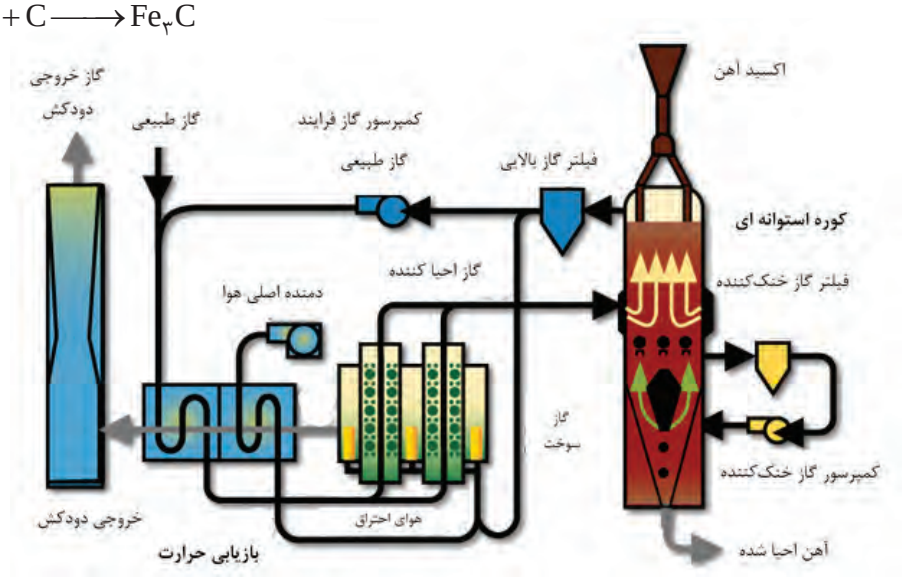
۴ $Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2 \uparrow$

۵ $Fe_3O_4 + H_2 \longrightarrow 3FeO + H_2O$

۶ $FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2 \uparrow$

۷ $FeO + H_2 \longrightarrow Fe + H_2O$

۸ $3Fe + C \longrightarrow Fe_3C$



شکل ۶

گفت‌وگو کنید

در ارتباط با روش میدرکس که در ایران برای تولید فولاد خام استفاده می‌شود بحث و گفت‌وگو کرده و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

آهن اسفنجی خام تولید شده به روش میدرکس و پوروفر می‌تواند تا ۹۲ درصد خلوص داشته باشد.

دلایل عمدهٔ تولید فولاد و چدن خام اسفنجی عبارت‌اند از:

۱ کاهش مقدار ضایعات فولاد و چدن.

۲ کاهش قیمت تمام شدهٔ قطعات تولیدی.

۳ جلوگیری از بروز مشکلات زیست محیطی ناشی از ذوب قراضه.

آهن اسفنجی جایگزین مناسبی برای ضایعات آهنی (چدن و فولاد) است که در تولید فولاد کاربرد دارد. بنابراین می‌توان درصد بالایی از مواد اولیه جهت ذوب در واحدهای ریخته‌گری خودروسازی را از آهن اسفنجی به‌جای قراضه و دم قیچی تأمین کرد. مقدار مصرف آهن اسفنجی حداقل حدود ۵۰ درصد قراضه و دم قیچی مصرفی است. در حال حاضر در تعدادی از کارخانجات ایران مثل فولاد مبارکه اصفهان از روش میدرکس جهت تولید آهن خام اسفنجی برای جایگزینی قراضه مصرفی کارخانجات تولید فولاد استفاده می‌کنند.

۱ـ برای احیای مستقیم سنگ آهن تغلیظ شده و تولید آهن خام از گاز طبیعی و زغال‌سنگ کک نشو می‌توان استفاده کرد. کک نشو نوعی زغال سنگ است که حداقل ۶ درصد گوگرد و فسفر دارد.
۲ـ روش‌های احیای مستقیم در تولید آهن خام اسفنجی با استفاده از گاز طبیعی عبارت‌اند از: روش میدرکس[۱]، روش پوروفر[۲] و هیل[۳]
روش‌های تولید آهن خام به روش احیای مستقیم با استفاده از زغال‌سنگ کک نشو عبارت‌اند از: روش جیندال[۴]، DRI[۵] و SL/RN[۶]

پرسش

۱ـ علت تولید آهن خام اسفنجی را توضیح دهید.
۲ـ علل استفاده از آهن خام نسبت به قراضه و دم قیچی چیست؟

مزایای تولید آهن خام اسفنجی به روش میدرکس:

۱ به دلیل کاربرد زیاد این روش در دنیا، شرکت‌های زیادی از این روش پشتیبانی می‌کنند. از طرف دیگر دانش استفاده از این روش آسان‌تر به‌دست می‌آید.
۲ هزینه‌های سرمایه‌گذاری، تعمیرات و تولید کمتر است.
۳ این روش نسبت به دیگر روش‌های احیای مستقیم، پیشرفته‌تر و ساده‌تر است. از طرفی راندمان آن بالاتر بوده و ترکیب شیمیایی محصولات تولیدی آن یکنواخت‌تر است.

معایب روش میدرکس:

۱ ذوب گندله‌هایی که به این روش تولید می‌شوند به دلیل تخلخل کمتر، مشکل‌تر است. یعنی برای ذوب به انرژی و گرمای بیشتری نیاز دارند تا به فولاد صنعتی تبدیل شوند. بنابراین تلفات گرمایی بیشتر است.
۲ در هنگام تولید فولاد صنعتی، قراضه با گندله با هم شارژ شده و در مذاب فرو می‌روند. بنابراین عملیات فسفرزدایی به خوبی انجام نمی‌شود. این مسئله سبب فرسایش پوشش دیرگداز کوره می‌شود.

فولادسازی و مراحل آن

امروزه آلیاژهای آهنی کاربرد فراوانی در صنایع و زندگی روزمره دارند. از جمله سازه‌های تجاری، صنایع خودروسازی و صنایع دریایی.
آلیاژهای پایهٔ آهن به‌خصوص فولادها در مقایسه با سایر آلیاژهای فلزات حدود ۷۰ درصد کل نیازها را

۱ـ Midrex ۲ـ Purofer ۳ـ Hyl ۴ـ Jindal ۵ـ Direct Reduction Iron
۶ـ Stürzelberg, Lurgi, Rheiniche, Norddeutsche

در صنایع مختلف تأمین می‌کنند. بعد از آلیاژهای پایه آهن، آلیاژهای پایه آلومینیوم و آلیاژهای پایه مس به ترتیب در صنایع مختلف کاربرد دارند. بنابراین تولید آلیاژهای آهنی و به‌خصوص فولادها در پیشبرد اهداف صنعتی اهمیت بیشتری دارند.

نکته

آلیاژهای آهنی به دو دستهٔ چدن‌ها و فولادها تقسیم می‌شوند. فولادها دسته‌ای از آلیاژهای آهنی هستند که تحت هیچ شرایطی کربن آزاد (گرافیت) در قطعه تشکیل نمی‌شود. در چدن‌ها به‌طور مستقیم یا با عملیات حرارتی، کربن آزاد یا گرافیت در قطعات تشکیل می‌شود.

فولادها به سه دستهٔ عمده تقسیم می‌شوند:

۱ **فولاد سادهٔ کربنی:** که علاوه بر آهن (فلز پایه)، دارای مقادیر کمی کربن و سیلیسیم است.

۲ **فولادهای آلیاژی:** علاوه بر آهن، کربن و سیلیسیم، عناصر دیگری مانند کروم، نیکل، مس، وانادیم و منگنز به مقدار تأثیرگذار در آلیاژ وجود دارند.

۳ **فولادهای مخصوص:** علاوه بر دارا بودن استحکام و مقاومت مکانیکی خواصی مانند مقاومت در برابر حرارت، خستگی، خوردگی، مقاومت الکتریکی، بهبود هدایت الکتریکی و مغناطیسی دارند.

از فولادهایی که نام برده شد، فولادهای ساده کربنی علاوه بر کاربرد زیاد در صنایع مختلف، در تولید فولادهای آلیاژی و مخصوص نیز به‌کار می‌روند.

فعالیت کلاسی

با استفاده از کلمات زیاد، متوسط و کم، جدول زیر را تکمیل کنید.

استفاده از انواع فولادها / گروه کشورها	ساده کربنی	آلیاژی	مخصوص
پیشرفتهٔ صنعتی			
در حال توسعه			
جهان سوم			

تولید فولادهای ساده کربنی به دلیل استفاده وسیع، اهمیت زیادی دارد. برای تولید فولادهای ساده کربنی مواد و تجهیزات زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱ مواد شارژ جهت ذوب شامل آهن خام (فولاد و چدن)، قراضه (قطعات مستعمل غیر قابل استفاده)، برگشتی (قطعات معیوب تولیدی)، دورریز (براده و دورریز قطعات تولیدی مانند تغذیه و راهگاه)، آلیاژسازها و فلزات قابل استفاده برای آلیاژسازی مانند فرو کروم و نیکل.

۲ مواد اضافی و افزودنی‌ها[1] مثل گاززداها، فلاکس‌ها، سرباره‌گیرها، مواد تلقیحی، گوگردزداها و فسفرزداها.

۳ دیرگدازهای مورد استفاده در جدارهٔ کوره (اسیدی، بازی یا خنثی).

۴ کوره یا کنورتورهای مورد نیاز با ظرفیت یا تناژ معین جهت تولید.

۵ گازهای خنثی یا بی‌اثر لازم برای استفاده در گاززدایی و آخال زدایی.

۱_ auxiliaries

گفت‌وگو کنید

۱ در مورد مواد تلقیحی و موارد استفادهٔ آنها در کلاس بحث کنید و نتیجه را ارائه دهید.
۲ در ارتباط با انواع مواد افزودنی به مذاب فولاد و دلیل استفاده هر کدام، در کلاس بحث کنید و نتیجه را ارائه دهید.

پرسش

آیا کلیهٔ مواد افزودنی به کوره و مذاب از اجزای شارژ به حساب می‌آیند؟

تولید فولاد از آهن خام

چدن و فولاد خام به‌دست آمده از دو روش غیرمستقیم (کوره بلند) و روش مستقیم، در صنعت قابل استفاده نیست زیرا ترکیب شیمیایی آنها تغییرات زیادی دارد. به این ترتیب که بعضی از عناصر مثل کربن باید به دقت تنظیم شود تا خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن به اندازه‌ای باشد که در صنعت به عنوان فولاد قابل استفاده باشد. بنابراین باید با استفاده از دستگاه‌ها و ابزارهای مختلف، عملیات لازم روی آنها انجام شود تا به حد مطلوب برسند.

برای مثال کاهش درصد عناصر مثل کربن و یا خروج بعضی عناصر نامطلوب نظیر گوگرد، فسفر و عناصر ناخواسته دیگر، هر یک به عملیات جداگانه‌ای نیاز دارد. جهت تولید فولاد صنعتی، روش‌های مختلفی وجود دارند که در تمام این روش‌ها سعی می‌شود عناصر غیرضروری کاهش یافته و یا به‌طور کلی خارج شوند. یا عناصر لازم به مذاب اضافه شود تا ترکیب به حد مطلوب برسد. محصولی که از کورهٔ بلند و یا روش تولید آهن اسفنجی به‌دست می‌آید، شامل عناصر مضری مانند گوگرد و فسفر است که به راحتی نمی‌توان آنها را از محصول خارج کرد. گاهی درصد این عناصر کم هستند و خروج آنها ضرورتی ندارد، بنابراین در این شرایط برای دستیابی به آنالیز صحیح لازم است روش‌های مختلفی جهت تولید انتخاب شود. در این خصوص گاهی نوع دیگر از جدارهٔ کوره جهت کنترل عناصر مفید داخل مذاب و یا برای جلوگیری از خروج یا ترکیب با جدارهٔ دیرگداز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش‌های مختلف تصفیهٔ فولاد خام و تولید فولاد صنعتی با توجه به ترکیب شارژ

مواد ذوبی و افزودنی‌ها در مذاب و شارژ می‌توانند ترکیبات مضر و مفید با خواص معین (اسیدی یا بازی) داشته باشند. در این صورت برای خروج و یا ماندن آنها در مذاب باید مواد افزودنی جهت بهبود خواص مذاب و نیز دیرگداز جداره در تماس با مذاب (کنورتور)، طوری انتخاب گردد که موارد زیر در آنها در نظر گرفته شود:

۱ عناصر مضر موجود در شارژ یا مذاب حداقل به مقدار تعیین شده از آن خارج گردد.
۲ عناصر مفید موجود در مذاب حداقل به مقدار مورد نیاز از ترکیب مواد ذوبی خارج نشود.
۳ فعل و انفعال حاصل هنگام فرایند تولید طوری باشد که ترکیبات مضر موجود در مذاب به راحتی بتواند از مجموعه و تا قبل از انجماد خارج گردد.
۴ تاحد ممکن، فعل و انفعالات هنگام عملیات تصفیهٔ مذاب حاصل گرمازا بوده و احتیاج به افزایش انرژی و حرارت مستمر نداشته باشد.

با توجه به موارد فوق جنس مواد دیرگداز جداره‌ها که باید با توجه به ترکیب مذاب و عناصر مضر

خروجی موجود در مذاب انتخاب شود به سه دسته تقسیم می‌شود:

۱ مواد و دیرگدازهای اسیدی که ترکیب اکسید آنها از عناصر فلزی و غیر فلزی که پایهٔ آنها غیر از عناصر قلیایی باشد انتخاب می‌گردند. به عنوان مثال سیلیس (SiO_2)، کرومیت (FeO، Cr_2O_3)، آهن اکسید (Fe_2O_3).

۲ مواد دیرگداز بازی که پایهٔ ترکیبی اکسید آنها از عناصر قلیایی و قلیایی خاکی تشکیل شده است. نمونهٔ این نوع مواد دیرگداز آهک (CaO)، منیزیم اکسید (MgO) یا مگنزیت و ترکیبی از آنها مثل دولومیت ($CaMg(CO_3)_2$) است.

۳ مواد دیرگداز خنثی که در رأس آنها ترکیبات دیرگداز کربن (گرافیت) قرار دارد.

نکته

آلومینیوم اکسید (آلومینا Al_2O_3)،ترکیبی آمفوتراست که در هر دو محیط (اسیدی یا بازی) می‌تواند به عنوان ترکیبی مضر یا مفید عمل کند. بنابراین در انتخاب آن به عنوان مواد دیرگداز باید نهایت دقت را انجام داد. فقط می‌توان گفت که این ترکیب به عنوان یک ماده دیرگداز با درجه حرارت ذوب حدود ۲۰۰۰ درجهٔ سلسیوس انتخاب خوبی است.

تحقیق کنید

هریک از مواد دیرگداز اسیدی، بازی و خنثی را چگونه می‌توان در طبیعت یافت و در چه مواردی کاربرد دارند؟

چرا انتخاب دیرگداز جدارهٔ کوره و مواد سیاله (گدازآور) در ذوب فلزات و به‌خصوص تولید فولاد از اهمیت خاصی برخوردار است؟

روش توماس[1] در تولید فولاد از آهن خام و چدن:

این روش در مواردی انتخاب می‌شود که شارژ (مواد ذوبی) کوره از گوگرد و فسفر بالایی برخوردار باشد و بخواهیم آنها را از مذاب خارج کنیم. در این صورت ترکیبات پایهٔ گوگرد (H_2S) و فسفر (P_2O_5، P_2O_3) اسیدی هستند.



شکل ۷

بنابراین پوستهٔ خارجی کنورتر از ورق فولادی است که افزایش ضخامت این پوسته فولادی متناسب با افزایش ظرفیت کنورتر و دوام آن انتخاب می‌شود. به عنوان مثال برای کنورتر با ظرفیت تولید یک تن فولاد، ضخامت پوستهٔ خارجی حدود 5mm در نظر گرفته می‌شود. شکل خارجی کنورتر توماس ـ بسمر[2] شبیه گلابی است (شکل ۷). جدارهٔ داخلی کوره دارای ترکیب بازی بوده و از دولومیت به فرمول شیمیایی ($CaMg(CO_3)_2$) تشکیل شده است.

این ماده دیرگداز بوده و از مخلوط کربنات منیزیم و کلسیم تشکیل شده است. کنورتر توماس ـ بسمر

۱ـ Thomas

۲ـ Thomas-Bessemer converter

می‌توانـد در امتـداد محـور افقـی حرکت کند و به‌صـورت افقی و عمودی قابل چرخش اسـت. ایـن کنورترها در کـف دارای چنـد سـوراخ می‌باشـند کـه از ایـن سـوراخ‌ها اکسـیژن خالـص و یـا هـوا دمیده می‌شـود که شـامل $\frac{۱}{۵}$ اکسـیژن و $\frac{۴}{۵}$ ازت اسـت. ناخالصی هوا نیز بیشـتر شـامل هیدروژن و گازهای کربن‌اکسـید ناقص و کامـل اسـت. شـارژ کنورتـر به‌صـورت مـذاب اسـت کـه بایـد تصفیـه و کنتـرل و آنالیز شـود تا مـذاب آن مورد اسـتفاده قـرار گیرد.

بااین حال فرایند تولید آن به شرح زیر است:

۱ ابتـدا کنورتـر را پیش‌گـرم می‌کننـد تـا در هنـگام شـارژ مذاب، تحـت تنش گرمایـی قرار نگیـرد. (دمای پیـش گرم حدود ۸۰۰ درجهٔ سلسـیوس اسـت).

۲ کنورتـر را بـه حـال افقـی (شـارژ یا بارگیـری) قـرار داده و آن را بـه اندازهٔ ظرفیت کوره شـارژ کـرده و به آن آهـک (CaO) اضافـه می‌کنند.

نکته

- عملیات خارج کردن عناصرمضر موجود در مذاب فولاد را تصفیه کردن می‌گویند.
- هـرگاه مـواد ذوبـی (شـارژ) درون کنورتـر دارای سیلیسـیم زیـاد ولی گوگرد و فسـفر کم باشـد در این صـورت از کنورتـر بسـمر جهـت تولید فولاد اسـتفاده می‌شـود. کنورتر بسـمر کاملاً شـبیه کنورتر توماس اسـت بـا ایـن تفـاوت کـه پوشـش دیرگـداز داخلـی آن از آجرها و جرم‌هـای دیرگـداز اسـیدی (آجرهای سیلیسـی یاکرومیتـی و یـا زیرکنـی) تشـکیل شـده تـا بتـوان از آن بـرای خارج کـردن سیلیسـیم بالای موجـود در مـذاب اسـتفاده کرد.
- افزایـش آهـک بـه مـذاب بـرای خارج کردن فسـفر و گوگـرد موجود در مذاب اسـت. کـه به‌صورت‌های کلسـیم سـولفید (CaS) و کلسـیم فسـفات ($CaPO_4$) در سـرباره جمع می‌شـود. این سـرباره در تنظیم آنالیـز مـذاب قبل از سـرباره‌گیری مؤثر اسـت.

۳ سـپس کنورتـر را بـه حالـت قائـم درآورده و از سـوراخ‌های کـف کـوره، هـوا و یا اکسـیژن خالـص همراه بـا گاز بی‌اثـر بـا فشـار حـدود ۲ اتمسـفر دمیـده می‌شـود (در مواقعـی که مـذاب فولاد بـا آنالیـز دقیق‌تری مدنظـر باشـد). در شـروع دمـش اکسـیژن به مـذاب کنورتر، درجـهٔ حرارت حـدود ۱۳۰۰ درجهٔ سلسـیوس اسـت کـه در ادامـه بـه ۱۶۰۰ درجـهٔ سلسـیوس می‌رسـد. در ایـن درجـه حـرارت سـرعت فعـل و انفعـال افزایـش می‌یابـد. افزایـش درجـه حـرارت بـه دلیـل فعل و انفعـال گرمـازای حاصل از سـوختن مـواد اضافی بـا اکسـیژن اسـت. دمـش هـوای آزاد به داخـل کنورتر بـه دلیل وجـود گاز ازت امـکان تولید آهـن نیترید را بـه وجـود مـی‌آورد کـه باعث کاهـش بعضی خـواص مهـم مکانیکـی در قطعات فـولادی تولیدی می‌شـود و در نتیجـه فولادهـای پالایش شـده بـا هـوای آزاد نامرغوب‌تر اسـت.

۴ در اثـر دمـش هـوا یـا اکسـیژن خالـص بـه درون مـذاب داخـل کنورتـر، اکسـیژن بـا عناصـری کـه میل ترکیبـی بیشـتری دارنـد مثـل کربـن ترکیـب شـده و به‌صورت گاز کربـن دی اکسـید (CO_2) درآمـده که با غَلَیَـان از داخـل مـذاب خـارج می‌شـود. بدیـن ترتیـب فـولاد نـاآرام دارای اکسـیژن و کربن به فـولاد آرام یا کشـته تبدیـل می‌شـود. بـا دمـش اکسـیژن بـه داخل مـذاب، ابتدا اکسـیژن بـا کربـن موجـود در آهن خام ترکیـب شـده و تولیـد گاز کربـن منوکسـید (CO) می‌کنـد. سـپس کربن منوکسـید بـا اکسـیژن موجود در

شارژ (اکسیدهای Fe_2O_3) و اکسیژن حل شده در مذاب ترکیب می‌شود. به این ترتیب اکسیژن‌زدایی فولاد نیز انجام شده و مذاب از غَلَیان می‌افتد و آرام (کشته) می‌شود و گاز کربن‌دی‌اکسید از مذاب خارج می‌گردد.

به فولاد اکسیژن‌زدایی نشده فولاد ناآرام (جوشان[1]) و فولاد اکسیژن‌زدایی شده فولاد آرام (کشته[2]) می‌گویند.

با دمش اکسیژن به داخل مذاب کنورتر، سیلیسیم و منگنز نیز اکسید شده (SiO_2، MnO) و چون هردو سبک‌تر از مذاب هستند به روی مذاب داخل کنورتر آمده و سرباره می‌شوند.

زمان دمش هوا به داخل مذاب کنورتر به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه طول می‌کشد.

فعالیت کلاسی

فولاد ناآرام و فولاد آرام چیست؟ فولاد ناآرام را چگونه آرام می‌کنند؟ درمورد روش‌های آن در کلاس بحث کرده و نتیجه را یادداشت کنید.

پرسش

در مورد انواع دیرگدازهای جدارهٔ کوره توماس بحث کرده و بهترین دیرگداز را در هر مورد اسیدی یا قلیایی انتخاب و یادداشت کنید.

۵ کنترل ترکیب شیمیایی و اندازه گیری عناصر موجود در مذاب و تعیین درصد عناصر مورد نیاز در ترکیب در صورت عدم تأیید و کنترل درجه حرارت لازم برای انجام فرایندهای بعدی.

۶ سرباره‌گیری، مواد ناخالص جامد موجود در مذاب را بر روی سطح مذاب آورده و سپس آن را تخلیه می‌کنند. برای این کار کنورتر را طوری می‌چرخانند که امکان سرباره‌گیری و تخلیهٔ آسان مذاب وجود داشته باشد. سپس مواد سرباره‌گیری به‌صورت پودر روی سطح مذاب ریخته شده و به نحوی (الکتریکی، مغناطیسی یا با ابزار) مذاب را به‌هم می‌زنند تا پودر سرباره‌گیر در همه‌جای مذاب و سرباره پخش شده و آنها را به هم نزدیک کنند تا در صورت ریز بودن، درشت شوند و اگر یکپارچه هستند، منعقد و ریز شوند.

نکته

وظیفهٔ سرباره‌گیر روی سطح مذاب، منعقد کردن سرباره و در درون مذاب درشت کردن ذرات ریز، در نتیجه سبک کردن و آوردن آن به روی سطح[3] و یا سنگین‌تر کردن ذرات[4] (یا لجن)، در نتیجه ته‌نشین‌کننده آن است تا به این صورت از مذاب خارج شوند.

۷ گاززدایی مذاب نیز یکی از فرایندهای بسیار مهم در فولادسازی است. پس از انجام فرایند سرباره‌گیری باید مذاب فولاد درون کنورتر، گاززدایی شود. اکسیژن مهم‌ترین گاز حل شده در مذاب فولاد است. بنابراین طبق خواص ترکیبی عناصر با یکدیگر، باید عناصری را پیدا کنیم که میل ترکیبی یا انحلالی آن با اکسیژن، بیشتر از آهن باشد. این عناصر می‌توانند کربن، منگنز و گاهی برادهٔ آلومینیوم باشند که برحسب مورد می‌توان یکی از آنها را انتخاب کرد که از عناصر دیگر در دسترس‌تر باشند.

۱_ rimmed steel ۲_ killed steel ۳_ slag ۴_ sludge

نکته

منگنـز عـلاوه بـر اکسـیژن‌زدایی، گوگردزدایـی را نیـز بـه خوبـی از مـذاب فـولاد انجـام می‌دهـد. پـس از کنتـرل درجـهٔ حـرارت مـذاب فـولاد درون کنورتـر، هنـگام افزایـش آمیژان‌هـا بـرای آلیاژسـازی، مواد گاززدا را به‌طـور حسـاب شـده بـه مـذاب اضافـه می‌کننـد. پس از انجـام کامـل عملیـات گاززدایی مذاب کنتـرل نهایـی شـده و سـپس مـذاب را بدون تلاطـم بـه درون پاتیل‌های پیش‌گرم شـده ریختـه و حمل می‌کننـد تـا فراینـد بعـدی را روی آن انجـام دهند.

فولادهـای تولیـدی بـا ایـن روش، عمومـاً کـم کربـن و یا کربن متوسـط هسـتند که آنهـا را می‌تـوان به‌طور مسـتقیم بـه عنـوان فولادهای ریختگی، جوشـکاری و سـاختمانی یـا تولید فولادهـای آلیاژی اسـتفاده کرد.

تحقیق کنید

در چـه مـواردی نمی‌تـوان از عناصـری ماننـد آلومینیـوم، منگنـز، یـا کربـن بـه عنـوان مـواد گاززدا (اکسـیژن‌زدا) در مـذاب فـولاد بسـمر یـا تومـاس اسـتفاده کـرد؟

پرسش

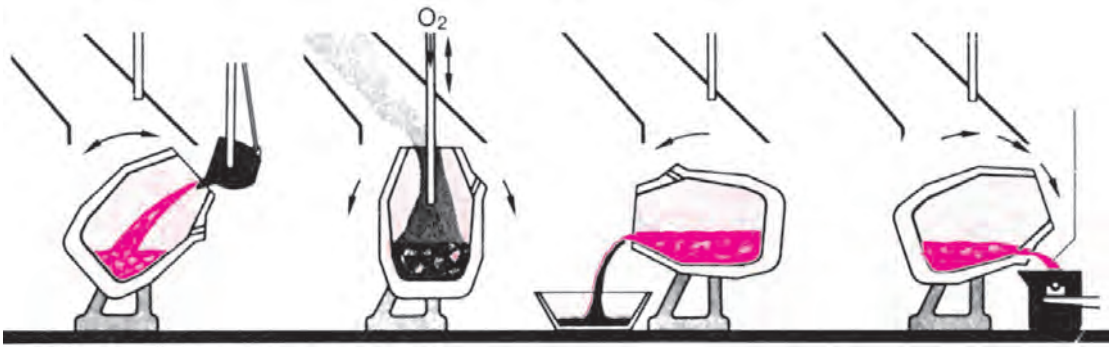
۱ چـرا نبایـد پـس از گاززدایـی مـذاب فلـزات به‌خصـوص فـولاد، در هنـگام حمـل و نقل تلاطـم ایجاد شود؟

۲ آخال چیست و چه تأثیری بر خواص فلز دارد؟ چگونه می‌توان آخال را از مذاب خارج کرد؟

تولید فولاد صنعتی از آهن خام به روش[1] (L_D)

یکـی از مشـکلات دمیـدن هـوای محیـط به کـوره و یا کنورتـر جهت تولیـد فـولاد، ورود نیتـروژن (ازت) به همـراه اکسـیژن بـه داخل کوره اسـت.

بـا دمیـده شـدن ازت بـه همـراه اکسـیژن بـه داخل کـورهٔ حـاوی مذاب فـولاد ، ازت بـا آهن ترکیب شـده و تولیـد آهـن نیتریـد می‌کنـد. آهـن نیتریـد در مرزدانه‌هـا رسـوب کـرده و باعـث افزایش شـکنندگی قطعات فـولادی می‌شـود. روش جلوگیـری از ایـن عیب در قطعـات فولادی، دمیدن اکسـیژن خالص بـه داخل کوره اسـت. در روش (L_D) بـرای تولیـد فـولاد از آهـن خام از اکسـیژن خالص جهـت دمش به کـوره یا کنورتر اسـتفاده می‌شـود. (شکل ۸)



شکل ۸

۱_ Linz - Donawitz

نکته

شکل پوستهٔ خارجی کورهٔ (L_D) استوانه‌ای سر جمع است.

با دمیدن اکسیژن خالص به درون مذاب داخل کنورتر:

۱ اکسیژن خالص سبب سوختن مواد اضافی موجود در مذاب از جمله کربن و سیلیسیم شده و سبب تنظیم درصد ترکیب آنها می‌شود.

۲ با سوختن کربن و سیلیسیم اضافی و سوختن عناصر مضر گرمازا، درجه حرارت مورد نیاز برای حذف ذوب و تصفیهٔ مذاب تأمین شده و درجه حرارت حاصل به ۲۰۰۰°C می‌رسد.

۳ با استفاده از اکسیژن خالص برای تصفیهٔ مذاب، عمل خروج عناصر اضافی و مضر ساده‌تر انجام شده و مدت زمان خروج عناصر مضر و اضافی حدود نیم ساعت طول می‌کشد.

۴ دمش اکسیژن خالص به داخل کنورتر موجب جلوگیری از ورود ناخالص‌های مضر به داخل کنورتر و تشکیل اکسیدهای مضر درون مذاب می‌شود.

۵ دمش اکسیژن خالص در مذاب موجب کاهش درجهٔ حرارت مذاب و در نتیجه کنترل درجهٔ حرارت و نیز جلوگیری از سوختن بقیهٔ عناصر داخل مذاب می‌شود.

نکته

در این روش به دلیل استفاده از اکسیژن خالص روی مذاب کنورتر، قیمت تمام شده قطعات تولیدی در شرایط مساوی نسبت به بقیه روش‌های تولید فولاد بالا است. اما از آنجا که کیفیت قطعات تولیدی نسبت به بقیه روش‌های تولید بیشتر است، بنابراین محدودیتی برای این روش در تولید به وجود نمی‌آید.

در این روش اکسیژن خالص به‌وسیلهٔ لولهٔ مخصوص[1] که با آب خنک می‌شود، با فشار حدود ۸ اتمسفر به سطح مذاب دمیده می‌شود. شارژ کورهٔ مذاب فولاد خام است که از مواد قراضه، دورریز و آهن اسفنجی به‌دست می‌آید.

فرایند تولید فولاد با استفاده از کنورتر (L_D)

۱ کنورتر را تا حدی روی محور افقی خم کرده و مذاب آهن (چدن و فولاد) خام پیش‌گرم شده تا ۱۰۰۰°C را به تدریج و با استفاده از پاتیل به داخل کنورتر می‌ریزند. با افزایش حجم مذاب، کنورتر به‌صورت عمودی قرار گرفته تا به اندازهٔ لازم پر شود. سپس روی سطح مذاب به اندازه کافی آهک (حدود ۲ تا ۴ درصد) می‌ریزند.

۲ لولهٔ سرامیکی دیرگدازِ انتقال اکسیژن که با آب خنک می‌گردد روی سطح مذاب قرار داده شده و اکسیژن خالص با فشار حدود ۸ اتمسفر (تنظیم فشار دمش برحسب نیاز) روی مذاب دمیده می‌شود. این عمل را تا حدود ۳۰ دقیقه ادامه می‌دهند تا مذاب شروع به سرد شدن کند. در این هنگام عملیات خارج کردن عناصر اضافی سوختنی انجام می‌شود.

۳ پس از خروج عناصر اضافی (مضر)، کنورتر را در امتداد محور افقی تا حدی خم می‌کنند که سطح مذاب به سطح دهانهٔ کنورتر، نزدیک شود سپس سرباره‌گیری در همین حالت انجام می‌شود.

۴ کنورتر را از سمت دهانه باریز خم می‌کنند و پاتیل پیش‌گرم شده مذاب را که تا حدود ۸۰۰°C

۱_ lance

گـرم شـده، زیـر دهانـهٔ بارریـز کنورتـر و روی کانوایر قرار می‌دهند. سـپس دهانـهٔ بارریز را باز کـرده و مذاب را بـه آهسـتگی بـه داخـل پاتیـل می‌ریزند و پاتیل محتـوی مذاب را بـرای عملیات بعدی به‌جایگاه مشـخص انتقـال می‌دهند.

فـولادی کـه بـا ایـن فراینـد تولید شـده، فولاد سـادهٔ کربنی اسـت و بر حسـب کنتـرل درصد کربـن، عناصر دیگـر بیـن ۰/۱ تـا ۰/۸ درصـد اسـت. ایـن فـولاد می‌توانـد مسـتقیماً در صنایـع مختلـف و یا برحسـب نیاز جهـت تهیـه فولادهای آلیـاژی مورد اسـتفاده قـرار گیرد.

بـه دلیـل ترکیـب شـیمیایی دقیـق به خصوص عـدم وجـود ترکیبات نیتـروژن ، فـولاد تولید شـده به روش (L-D) از مرغوب‌تریـن فولادها اسـت.

تولید فولاد از آهن اسفنجی و قراضه آهن با استفاده از کورهٔ قوسی الکتریکی

امروزه در ریخته‌گری از چهار نوع کوره اصلی شامل کوره‌های کوپل،کوره‌های القائی، کوره‌های بوته‌ای و کوره‌های قوس الکتریکی استفاده می‌شود. تمامی این کوره‌ها از طریق تکنولوژی‌های مختلف ضایعات فلزات را به مذاب تبدیل می‌کنند. کاربردهای خاص هر نوع کوره به نحوه عملکرد و همچنین منبع اصلی گرما بستگی دارد. به عنوان مثال کوره‌های کوپل از طریق سوزاندن کک، زغال سنگ و سوخت سنگ آهک گرم می‌شوند در نتیجه این کوره‌ها برای فراوری سنگ آهن بسیار مناسب هستند در حالی‌که کوره‌های القائی و بوته‌ای با توجه به نوع عملکردشان جهت ذوب فلزات آهنی و غیر آهنی استفاده می‌شوند. کوره‌های قوس الکتریکی با استفاده از برق یا سوخت جامد می‌توانند آهن قراضه و یا سنگ آهن را فراوری کنند.

کورهٔ قوس الکتریکی، کوره‌ای است که در آن مواد فلزی با استفاده از قوس الکتریکی ذوب می‌شوند. این کوره‌ها اندازه‌های متفاوتی دارند و در ایران به‌صورت کوره‌های قوس الکتریکی سنتی (تخلیه از ناودان) و تخلیه از کف (EBT[1]) استفاده می‌گردند. دمای ذوب و تخلیه در این کوره‌ها در حدود ۱۶۰۰ درجه سلسیوس و در بعضی از کوره‌های آزمایشگاهی دما به ۳۰۰۰ درجهٔ سلسیوس می‌رسد.

کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های با درجه حرارت بالا هستند که از برق فشارقوی با ولتاژ بالا به عنوان عنصر اصلی گرمایش استفاده می‌کنند. این کوره‌ها در سال ۱۹۰۷در فرانسه اختراع شدند که در حال حاضر بخش اساسی در عملیات بازیافت آهن و فولاد به شمار می‌روند.

کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های غول پیکر هستند که انرژی خود را از سه الکترود گرافیتی تأمین می‌کنند کوره دارای یک درپوش قابل خنک شدن با آب است که امکان جابه‌جایی دارد، الکترودهای گرافیت را نگه داشته و به خطوط برق فشار قوی متصل است.

مهم‌ترین مواد اولیه برای تولید فولاد و چدن در کوره‌های قوس الکتریکی، آهن قراضه، آهن اسفنجی، شمش چدن کوره بلند، فرو آلیاژهای آهک و فلورین هستند. در ایران بیشتر از آهن قراضه و آهن اسفنجی به‌صورت گندله یا خشته استفاده می‌شود که دلیل آن فراوانی واحدهای احیای مستقیم با توجه به در دسترس بودن منابع گاز طبیعی در ایران باشد.

نوع دیگری از ماده شارژ کوره در برخی کشورها، تغذیه مداوم آهن اسفنجی خشته‌شده گرم است.

هنگامی‌که درب کوره (درپوش) بالا می‌رود می‌توان کوره را با هر ترکیبی از قراضه آهن، سنگ آهن و

۱ـ Eccentric Bottom Tapping

سوخت جامد شارژ کرد. زمانی که درپوش بسته و محکم می‌شود می‌توان الکترودها را در قراضه پایین آورد تا روند ذوب آغاز شود. کوره‌های قوس الکتریکی با استفاده از الکترودهای گرافیتی ضایعات و سنگ معدن را ذوب می‌کنند، زمانی که برق کوره متصل می‌شود، برق بین دو الکترود پر انرژی و به داخل الکترود خنثی و زمینی انتقال پیدا می‌کند، در نتیجه قوس‌های الکتریکی فشار قوی ایجاد می‌شود که مقادیر زیادی گرمای مستقیم و تابشی را ایجاد کرده و محتوای کوره را ذوب می‌کند. اگر سوخت جامد نیز در کوره قرار داده شده باشد، گرمای حاصل از الکترودها به سوخت منتقل شده و با فعال کردن آن گرمای کلی را افزایش می‌دهد. کل فرایند ذوب فلزات در این‌کوره‌ها ممکن است در حدود یک ساعت به طول بیانجامد.

گرچه کوره‌های قوس الکتریکی مفید هستند و می‌توانند مقادیر زیادی قراضه را در مدت زمان کوتاهی ذوب کنند اما دارای معایبی نیز می‌باشند یکی از بزرگ‌ترین مسائل مربوط به این کوره‌ها مصرف برق بالای آنها است.

اجزا و ساختمان کوره‌های قوس الکتریکی

۱ـ بدنهٔ کوره: کوره‌های قوس الکتریکی از یک حمام بزرگ و کم عمق با بدنه فولادی تشکیل شده‌اند؛ که با مواد نسوز مقاوم در برابر حرارت پوشش داده می‌شوند. همچنین دما در این کوره‌ها بسیار بالا است (حدود ۳۰۰۰ درجه سلسیوس) و تقریباً هیچ‌کدام از مواد نسوز تحمل این دما را ندارد. به همین دلیل برای کاهش دما، بدنه و سقف این کوره‌ها به لوله‌های آبگرد پوشانده مجهز شده است.

بدنهٔ کوره‌های قوس الکتریکی از سه بخش اصلی ۱ـ کف یا بوته، ۲ـ دیوار جانبی و ۳ـ سقف تشکیل شده است.

۲ـ تجهیزات الکتریکی: تجهیزات الکتریکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهندهٔ کوره‌های قوس الکتریکی است؛ که از سه قسمت زیر تشکیل شده است:

الف) راکتور و ترانسفورماتور: راکتور برای پایین آوردن نوسان‌ها و افزایش ناگهانی ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در قسمت دیگر مدار، ترانسفورماتور قرار گرفته است، که مهم‌ترین قسمت تجهیزات الکتریکی است.

ترانسفورماتور یک وسیلهٔ الکترومغناطیسی است که میزان و جهت تغییر ولتاژ یک منبع جریان متغیر را، به میزانی که برای دستگاه مورد نیاز است، تنظیم می‌کند.

ب) تنظیم‌کننده‌های الکترود: در هنگام ذوب اعمال حداکثر توان کوره ضروری است، زیرا که قراضه‌ها داخل حمام مذاب ریخته شده‌اند و مقاومت شارژ کوره مرتب در حال تغییر است. علاوه بر این الکترودها فرسوده می‌شوند و کم‌کم طول قوس بیشتر می‌شود.

طول قوس، قدرت ورودی کوره را تعیین می‌کند، به همین دلیل وسایل و تجهیزات فراوانی برای اندازه‌گیری آن ساخته شده است، که به آنها تنظیم‌کننده گفته می‌شود.

این تجهیزات میزان اختلاف توان مطلوب ورودی را با قدرت وارد شده اندازه‌گیری می‌کنند و برای تطابق دقیق آنها و همچنین طول قوس مطلوب، الکترودها را بالا و پایین می‌برند و درنتیجه قدرت ورودی یکنواخت می‌شود.

ج) الکترودها: یکی دیگر از اجزای اصلی کوره‌های قوس الکتریکی الکترودها هستند. کار الکترودها انتقال جریان از بازوهای الکترود به بار کوره از طریق ایجاد قوس الکتریکی می‌باشد.

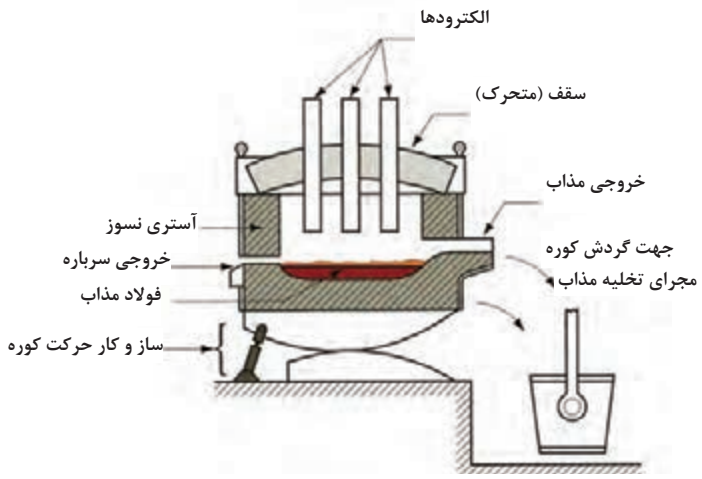
الکترودهای گرافیتی و زغالی از مهم‌ترین مواد مصرفی در کوره‌های قوس الکتریکی هستند. برای تولید مذاب باکیفیت باید از الکترودهای با خواص مشخص استفاده کرد.
همچنین یک الکترود خوب باید خواص زیر را داشته باشد:

- هدایت الکتریکی خوب
- مقاومت مکانیکی بالا
- مقاومت در مقابل اکسایش به‌ویژه در درجه حرارت بالا
- حاوی حداقل مواد مضر مانند گوگرد
- ارزان قیمت

در صنعت معمولاً براساس میزان تولید فولاد و فروآلیاژهای مورد نیاز، از سه نوع الکترود استفاده می‌شود که به ترتیب عبارت‌اند از:

- الکترودهای زغالی
- الکترودهای گرافیتی
- الکترودهای زینترشده

شکل ۹ تصویر شماتیک این کوره و فرایند تولید فولاد از آن را نشان می‌دهد.



شکل ۹ــ تهیه فولاد با روش قوس الکتریکی

نحوهٔ شارژ کوره‌های قوس الکتریکی

همانطور که گفته شد عملیات ذوب با تأمین انرژی داخل کوره انجام می‌شود. این انرژی می‌تواند الکتریکی یا شیمیایی باشد. انرژی الکتریکی از طریق الکترودهای گرافیتی تأمین می‌شود و معمولاً بیشترین تأثیر را در عملیات ذوب دارد.

انرژی شیمیایی از طریق منابع مختلفی از جمله مشعل‌های سوخت و اکسیژن تأمین می‌شود. این مشعل‌ها با استفاده از مخلوط اکسیژن و هوا، گاز طبیعی را می‌سوزانند و گرما از طریق تابش شعله و همرفت محتوای کوره را گرم می‌کند.

در ابتدا تا زمانی که الکترودها در قراضه فرو بروند یک ولتاژ میانی انتخاب می‌شود، معمولاً ضایعات با جرم حجمی کم بالای شارژ قرار می‌گیرند تا سرعت ذوب شدن آنها بیشتر شود. حدود ۱۵ درصد قراضه‌ها در ابتدای شروع کار کوره، ذوب می‌شوند. بعد از چند دقیقه الکترودها به اندازهٔ کافی به ضایعات نفوذ می‌کنند تا بتوانند یک قوس بلند ایجاد کنند. (جهت ایجاد قوس بلند، الکترودها باید به اندازه کافی در قراضه‌ها فروبروند تا قوس باعث آسیب به سقف کوره نشود) قوس بلند انرژی را به قراضه استخر فلزمایع انتقال داده و گرمای قوس را به حداکثر می‌رساند.

در ابتدای فرایند، قوس به‌صورت نامنظم و ناپایدار بوده و نوسانات شدیدی در جریان ایجاد می‌شود که با گذشت زمان و افزایش دما در کوره قوس ثابت می‌شود.

پس از ذوب شدن قراضه به میزان کافی فرایند شارژ مجدد تکرار می‌شود. هنگامی که قراضه‌ها کاملاً ذوب شدند، دیواره‌های جانبی کوره در معرض تابش شدید قوس قرار می‌گیرند در نتیجه ولتاژ کاهش پیدا می‌کند. سرباره کف دار به صورت متناوب روی سطح مذاب تشکیل می‌شود که این سرباره امکان مخفی شدن قوس را فراهم می‌آورد و همچنین از سقف کوره محافظت می کند.

علاوه بر همه این موارد مقدار انرژی زیادی در پوسته ذخیره می‌شود که با انتقال آن به حمام مذاب بهره‌وری کوره را بالا می‌برد.

در برخی موارد اکسیژن از طریق یک لوله مصرفی به داخل کوره تزریق می‌شود. پس از ایجاد مذاب فولاد، اکسیژن را می‌توان مستقیماً به داخل حمام مذاب فولاد انتقال داد. در نتیجه اکسیژن با اجزای مختلف در حمام از جمله آلومینیوم، سیلیسیوم، منگنز، فسفر، کربن و آهن واکنش می دهد.

همه این واکنش‌ها گرمازا بوده و انرژی بیشتری را برای کمک به ذوب قراضه تأمین می‌کنند.

اکسیدهای فلزی که تشکیل می‌شوند به سرباره رفته و مونوکسید کربن حاصل از واکنش اکسیژن با کربن در صورت وجود اکسیژن کافی در کوره از طریق سیستم کنترل آلودگی به بیرون منتقل می‌شود.

$$۲Mn + O_۲ \rightarrow ۲MnO \qquad ۲C + O_۲ \rightarrow ۲CO \qquad Si + O_۲ \rightarrow SiO_۲$$

منگنزاکسید و سیلیسیوم با یکدیگر واکنش داده و سرباره را تشکیل می‌دهند و همچنین از واکنش کربن و اکسیژن گاز مونوکسیدکربن ایجاد می‌شود.

زمانی که بار نهایی قراضه کاملاً ذوب شد به شرایط حمام تخت می‌رسیم. در این مرحله دمای حمام و یک نمونه از مذاب کوره اندازه‌گیری می‌شود. با تجزیه تحلیل شیمیایی حمام، مقدار اکسیژن ورودی به مذاب جهت انجام عملیات تصفیه مذاب تعیین می‌گردد و عناصر آلیاژی مورد نیاز به کوره شارژ می‌شود.

انواع کوره‌های قوس الکتریکی

۱ کوره قوس الکتریکی DC

۲ کوره قوس الکتریکی AC

کوره‌های الکتریکی DC از کوره‌های الکتریکی AC پیشرفته تر هستند. به طوری‌که کوره الکتریکی DC فقط یک الکترود گرافیتی دارد و بقیه الکترودها در پایین کوره تعبیه شده‌اند. در کوره قوس الکتریکی DC جریان از کاتد به آند ایجاد می‌شود.

مزایای کوره الکتریکی DC

۱ کاهش مصرف الکترود تا ۵۰ درصد

۲ افزایش عمر کوره

۳ کاهش مصرف برق ۱۰ـ۵ درصد

کوره‌های قوس الکتریکی AC

در کوره‌های قوس الکتریکی AC که از سه الکترود گرافیتی استفاده می‌شود که به عنوان کاتد عمل می‌کنند و قراضه نیز به‌عنوان آند عمل می‌کند.

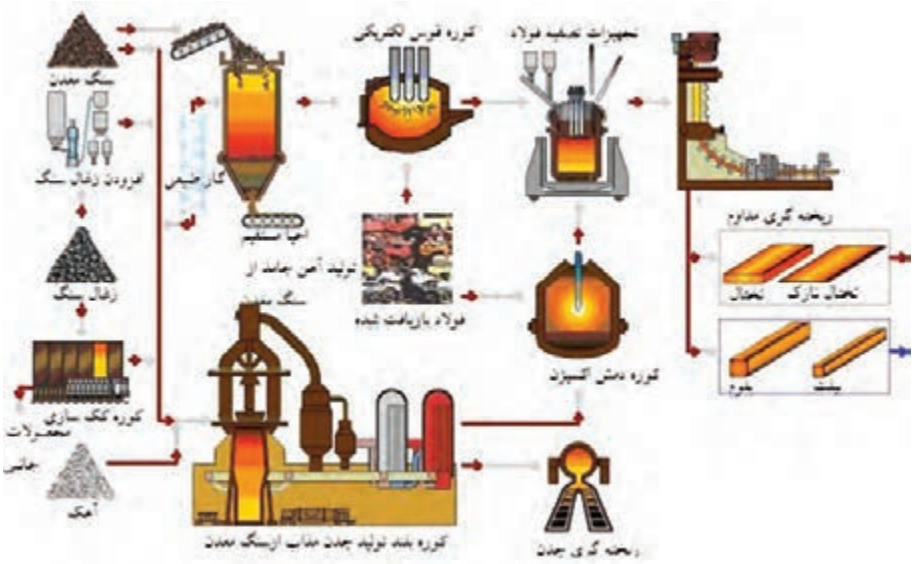
در کل معایب کوره‌های قوس الکتریکی به شرح زیر است:

۱ تولید سرباره در این فرایند بیشتر خواهد بود.

۲ برای حمل قراضه به کامیون‌های سنگین نیاز است.

۳ برای حفظ کیفیت توان کوره‌های قوس اقدامات فنی و نگهداری بیشتری نیاز است.

شکل ۱۰ تصویر شماتیک روش‌های تولید فولاد از مواد اولیه تا محصول را به‌طور بسیار خلاصه نشان داده است.



شکل ۱۰

ارزشیابی

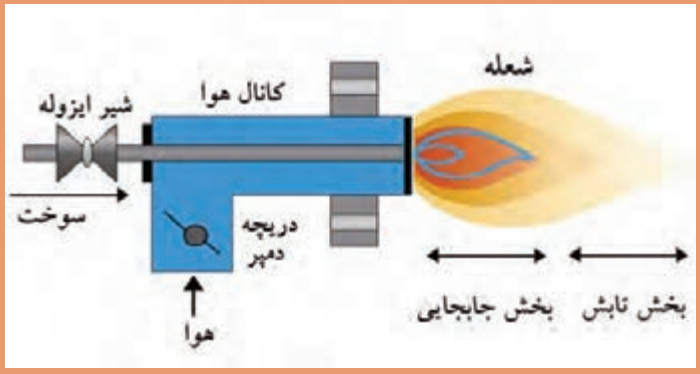
ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمرهٔ مستمر (از ۵ نمره) و یک نمرهٔ شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

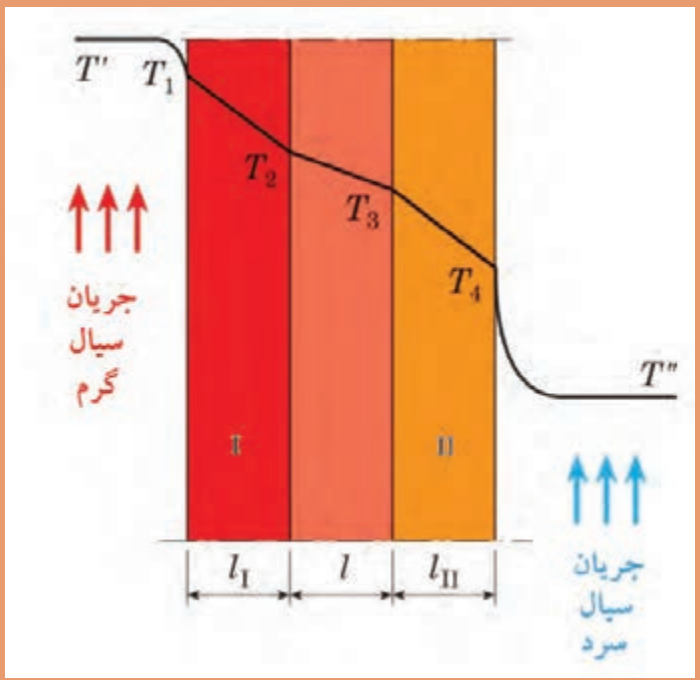
الگوی ارزشیابی پودمان استخراج آهن و فولادسازی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
استخراج آهن و فولادسازی	ـ انواع سنگ معدن آهن و مراحل استخراج سنگ معدن و تغلیظ آن ـ روش‌های تولید آهن خام ـ روش‌های مختلف تولید فولادهای صنعتی	بالاتر از حد انتظار	ـ تعیین و تشخیص انواع سنگ معدن و مراحل استخراج و تغلیظ آن ـ تعیین و تشخیص روش‌های تولید آهن خام و ویژگی‌های آنها ـ تعیین و تشخیص روش‌های فولادسازی و ویژگی‌های آنها	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ تعیین و تشخیص روش‌های تولید آهن خام و ویژگی‌های آنها ـ تعیین و تشخیص روش‌های فولادسازی و ویژگی‌های آنها	۲
		پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)	ـ ویژگی‌های روش‌های تولید آهن خام ـ ویژگی‌های روش‌های فولادسازی	۱
نمره مستمر از ۵				

پودمان دوم

محاسبات تخصصی انتقال حرارت و سوخت





انتقال حرارت

هـرگاه دو جسـم بـا درجـهٔ حرارت‌هـای مختلـف در کنـار هم قرار گیرند، گرما از جسـم گرم به جسـم سـرد منتقـل می‌شـود. بنابرایـن بین دو جسـم تبـادل گرما صـورت می‌گیرد.

تحقیق کنید

تحقیـق کنیـد میلـه‌ای به طول ۵۰ سـانتی‌متر در مجـاورت گرما قـرار گرفته، چه میزان زمان لازم اسـت تـا گرما به سـر دیگر (سـرد) میله برسـد.

وقتـی دو جسـم بـا دماهـای مختلـف در کنـار هـم قـرار گیرنـد بـه دلیـل تبـادل گرمـا پـس از مـدت زمان مشـخص هم‌دمـا شـده و بـه تعـادل دمایـی می‌رسـند.
این تبادل گرما همواره از جسم گرم به سمت جسم سرد بوده تا زمانی که هم‌دما شوند.
انتقـال حـرارت، قوانیـن نحـوهٔ پخـش و انتشـار گرما بین دو جسـم یا دو محیـط، بر اثر تفـاوت درجهٔ حرارت بیـن آنها را بیـان می‌کند.
مطالعـه و دانسـتن ایـن قوانیـن در تمـام صنایـع حرارتی، متالـورژی و همچنین دسـتگاه‌ها و تأسیسـاتی که بـه شـکلی با گرمـا در ارتباط هسـتند ضروری اسـت.
در صنعـت ریخته‌گـری و ذوب فلـزات، دانسـتن قوانیـن انتقـال حـرارت بـرای تهیـه قطعـهٔ مطلـوب و بدون عیـب و بـا صرفـه اقتصـادی مناسـب، اهمیت زیـاد دارد.

انواع انتقال حرارت

انتقال حرارت در ارتباط با اجسام و محیط‌ها به سه روش صورت می‌گیرد.

۱ انتقال حرارت از طریق هدایت[۱]
۲ انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی[۲]
۳ انتقال حرارت از طریق تشعشع[۳]

۱ انتقال حرارت از طریق هدایت

اگـر ابتـدای یـک میلـهٔ آلومینیومـی را در آب جـوش فـرو ببریـم، مشـاهده می‌کنیـم کـه به‌تدریـج نقـاط مختلـف ایـن میلـه گـرم می‌شـود، به‌طوری‌کـه پـس از مدتـی، تمـام میلـه گـرم می‌شـود و انـرژی گرمایی به‌وسـیلهٔ ذرات آلومینیـوم (اتم‌هـا) از ابتـدای میلـه، بـه انتهـای میلـه می‌رسـد. این‌گونـه انتقال حـرارت را هدایـت یـا رسـانایی می‌نامنـد. هـر قدر قابلیت هدایت جسـم بیشـتر باشـد، انتقال حـرارت سـریع‌تر خواهد بـود. مثـلاً قابلیـت هدایـت اجسـامی نظیر چوب یا شیشـه به مراتـب کمتر از آلومینیوم و سـایر فلزات اسـت و انتقـال حـرارت در آنهـا بـه کنـدی انجـام می‌گیرد.

تئوری مولکولی انتقال حرارت

اگـر انـرژی حرارتـی از هـر مولکـول یـا اتم بـه مولکول مجـاور خود، طـوری منتقل شـود که هیـچ مولکولی از جـای خـود حرکـت انتقالـی نکنـد و بـه عبارتـی دیگـر، محل مولکول‌هـا ثابت باشـد و فقط انـرژی حاصل از ارتعـاش (گرمـا) از مولکولـی بـه مولکـول دیگـر منتقل شـود، در این صورت ایـن انتقال را هدایـت گویند.

۱ـ condutction ۲ـ convection ۳ـ radiation

۲ انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی

در ایـن روش مولکول‌هـای قسـمت گرم و قسـمت سـرد جـای خود را عوض کـرده و این عمل تـا موقعی که تمـام محیـط (قسـمت‌های سـرد و گـرم) به یک درجـه حرارت (درجـه حرارت تعادل) برسـند ادامـه خواهد داشـت. در حقیقـت انتقـال حـرارت بـه طریقه جابه‌جایـی فقط برای مایعـات و گازها امکان‌پذیر اسـت.

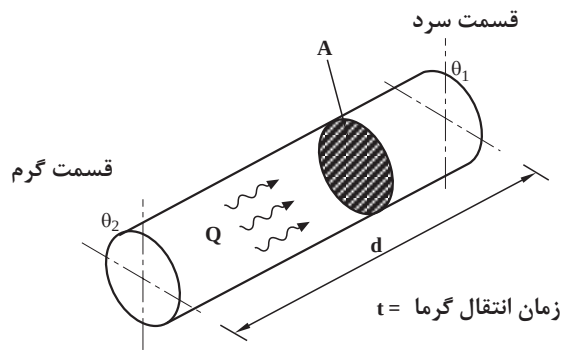
بـرای مثـال وقتـی در اتـاق بخـاری یـا شـوفاژ روشـن می‌کنیم هـوای گرم اطـراف بخـاری یا شـوفاژ به علت سـبک شـدن و کاهـش چگالـی بـه سـمت بـالا حرکت کـرده و هوای سـرد که سـنگین‌تر اسـت در جای آن قـرار می‌گیـرد. ایـن عمـل چرخـش هـوای گرم و سـرد آن قـدر ادامـه پیـدا می‌کند، تـا درجه حـرارت اتاق بـه تعـادل برسـد. در ریخته‌گـری، مهم‌تریـن موضـوع در کوره‌هـا، انتقال حـرارت به طریق جابه‌جایی اسـت کـه در دهانـه کـوره بـا گرم شـدن هـوای محیط، حـرارت به خـارج انتقـال یافته کـه درنتیجه باعـث کاهش راندمـان حرارتی کوره می‌شـود.

۳ انتقال حرارت به طریق تشعشع

در ایـن نـوع انتقـال، انـرژی حرارتـی به‌صـورت امـواج بـا ماهیتـی نظیـر امـواج نورانـی منتقـل می‌شـوند. بنابرایـن انـرژی حرارتـی ماننـد انـرژی نورانـی برای انتشـار احتیاجی بـه محیط مـادی نـدارد و در خلأ بهتر و سـریع‌تر منتشـر می‌شـود. به‌طـور کلـی هـر جسـمی کـه درجه حـرارت آن بیشـتر از صفر مطلـق (۲۷۳ـ درجـهٔ سلسـیوس) باشـد، از خـود انـرژی حرارتـی پخش می‌کنـد و هرچه درجه حـرارت جسـم افزایش یابد ایـن انـرژی نیـز بیشـتر خواهد شـد. در درجـه حرارت‌هـای بالاتر انرژی تشعشـعی، بـا انرژی نورانـی همراه خواهـد بـود. به‌طوری‌کـه از روی رنـگ جسـم گداختـه می‌تـوان بـه درجـه حـرارت آن پـی برد. مثـلاً فولاد معمولـی بیـن ۷۷۰ تـا ۸۳۰ درجـهٔ سلسـیوس قرمـز رنـگ بـوده و بیـن ۸۳۰ تـا ۱۵۰۵ درجـهٔ سلسـیوس بـه رنـگ نارنجـی نمایـان می‌شـود. در دمـای بیـن ۱۰۵۰ تـا ۱۱۵۰ درجهٔ سلسـیوس به رنـگ زرد لیمویی درمی‌آیـد. در بعضـی از کوره‌هـای ذوب فلـز، عمـل ذوب بیشـتر توسـط انـرژی تشعشـعی حاصـل از احتراق سـوخت انجـام می‌گیـرد. مثـلاً در کوره‌های شـعله‌ای (دوار) مقداری از انرژی تشعشـعی مسـتقیماً و مقداری پـس از انعـکاس توسـط سـقف و دیواره‌هـای کـوره بـه سـطح فلـز تابـش می‌کنـد و باعـث افزایـش درجـه حـرارت و ذوب آن می‌گـردد.

محاسبات انتقال حرارت

رابطـهٔ انتقـال حـرارت از طریـق هدایـت بـرای سـطوح تـک لایـه بـا توجـه بـه شـکل ۱ به‌دسـت می‌آیـد و حـرارت منتقـل شـده (Q) بـه نسـبت فاکتورهـای زیـر افزایـش یـا کاهـش پیـدا می‌کند:



شکل ۱

سطح انتقال (A)

مقـدار حـرارت انتقـال یافتـه با سـطح نسـبت مسـتقیم دارد. یعنی اگر سـطح بیشـتر شـود، حـرارت منتقل شده نیز افزایش می‌یابد. $Q \propto A$

اختـلاف درجـه حـرارت ($\Delta\theta$) : هرچه اختلاف درجه حرارت دو سـر جسـم بیشـتر باشـد، مقـدار حرارت انتقالـی نیـز افزایـش می‌یابد.

$Q \propto \Delta\theta \qquad \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

ضخامـت جسـم یا دیـواره (d): با افزایـش ضخامت جسـم مقدار حـرارت انتقـال یافته از طریـق هدایت، کاهـش یافتـه و بـا کاهـش ضخامت، انتقال حـرارت افزایـش می‌یابد. یعنـی انتقال حرارت با ضخامت جسـم رابطـه عکس دارد.

$$Q \propto \frac{1}{d}$$

زمـان انتقال حـرارت (t) : مقـدار حرارت منتقل شـده با زمان، نسـبت مسـتقیم دارد. یعنـی هرچه زمان بیشـتر باشـد گرمای بیشـتری از میله منتقل می‌شـود.

$Q \propto t$

جنـس جسـم یا دیـواره: نوع جنـس و ماهیت جسـم بـر انتقال حـرارت تأثیـر داشـته و باعث افزایـش و یا کاهـش آن می‌گـردد. بـا توجـه بـه مطالـب بـالا می‌تـوان بیان کـرد حـرارت منتقل شـده به‌صـورت رابطه زیر می‌باشـد:

$$Q \propto \frac{A(\theta_2 - \theta_1)t}{d}$$

بـرای تبدیـل تناسـب بـه تسـاوی به ضریب نیاز اسـت کـه به آن ضریب تناسـب گوینـد و آن را به شـکل K نشـان می‌دهنـد. بنابرایـن رابطـه انتقال حـرارت به‌صورت زیر اسـت:

$$Q = K\frac{A(\theta_2 - \theta_1)t}{d}$$

K ضریب تناسبی است که مقدار آن برای هر جسمی ثابت است و به جنس جسم بستگی دارد.
این ضریب، ضریب هدایت حرارتی نامیده می‌شود.

واحدهای انتقال حرارت

واحدها در رابطه انتقال حرارت از طریق هدایت به قرار جدول زیر است:

جدول ۱ـ واحدهای اجزای رابطه انتقال حرارت

Q	مقدار حرارت منتقل شده	کالری (cal) کیلوکالری (Kcal)	ژول (J) کیلوژول (KJ)
A	سطح انتقال حرارت	سانتی‌متر مربع (cm^2)	متر مربع (m^2)
d	ضخامت لایهٔ انتقال حرارت	سانتی‌متر (cm)	متر (m)
t	زمان انتقال حرارت	ثانیه (s) دقیقه (min)	ساعت (h)
$\Delta\theta$	اختلاف دمای دو سر جسم	درجهٔ سلسیوس (°C)	درجهٔ کلوین (K)

تعیین مقدار K از رابطهٔ انتقال حرارت:

$$K=\frac{Qd}{A(\theta_2-\theta_1)t}$$

تعیین واحد K

$$\text{واحد } K=\frac{cal\times cm}{cm^2\times{}^\circ C\times s}=\frac{cal}{cm{}^\circ C\,s}=\frac{\text{کالری}}{\text{ثانیه}\times\text{سانتی‌متر}\times\text{درجهٔ سلسیوس}}$$

و در سیستم SI واحد K به قرار زیر است:

$$K=\frac{J\times m}{m^2\times K\times s}=\frac{J/s}{mK}$$

از طرفی چون ژول بر ثانیه (J/s) برابر است با وات W لذا:

$$\text{واحد } K=\frac{W}{mK}=\frac{\text{وات}}{\text{متر}\times\text{درجهٔ کلوین}}$$

$$1Cal=4/1868J\approx4/2J$$

هر کالری تقریباً معادل ۴/۲ ژول است.

$$1\frac{cal}{cm{}^\circ C\,s}=1\times\frac{4/2J}{\frac{1}{100}m\times{}^\circ C\times s}=420\frac{W}{m{}^\circ C}$$

جدول ۲ ضریب هدایت حرارتی مواد مختلف را ارائه کرده است.

جدول ۲ـ جدول ضریب هدایت حرارتی مواد مختلف

ماده	K		ماده	K	
	W/mk	cal/cm.°C.s		W/mk	cal/cm.°C.s
آلومینیوم	۲۰۵/۳	۰/۴۹	آجر نسوز	۰/۶۳	۰/۰۰۱۵
سرب	۳۴/۸	۰/۰۸۳	خاک رُس	۰/۷۹۶	۰/۰۰۱۹
مس	۳۸۵/۵	۰/۹۲	آجر ساختمانی	۰/۷۵۴	۰/۰۰۱۸
آهن	۷۵/۴	۰/۱۸	سربارهٔ کوره	۰/۷۹۶	۰/۰۰۱۹
جیوه	۸/۴	۰/۰۲۰	ماسهٔ مرطوب	۱/۵۹۲	۰/۰۰۳۸
نقره	۴۰۶/۴	۰/۹۷	مخلوط آهک و ماسه	۰/۸۴	۰/۰۰۲
طلا	۳۱۴/۲	۰/۷۵	بتُن	۲/۱	۰/۰۰۵
برنج	۱۰۹	۰/۲۶	شیشه	۰/۸۴	۰/۰۰۲
چدن	۶۳	۰/۱۵	آب	۰/۶۳۷	۰/۰۰۱۵۲
فولاد	۵۰/۳	۰/۱۲	بنزین	۰/۱۳۴	۰/۰۰۰۳۲
مقوای نسوز (آزبست)	۰/۱۵۵	۰/۰۰۰۳۷	هوا	۰/۰۲۳۹	۰/۰۰۰۰۵۷
ورق پنبه‌نسوز	۰/۰۱۵۱	۰/۰۰۰۳۶	گاز طبیعی	۰/۰۲۹۳	۰/۰۰۰۰۷

مثـال: یـک دیـواره از آجر نسـوز بـه ابعـاد ۵۰ × ۴۰ سـانتی‌متر، در مجاورت یـک منبع حرارتی قـرار دارد. چنانچـه درجـهٔ حـرارت سـطح گـرم و سـطح سـرد این دیـواره بـه ترتیـب ۱۲۰۰ و ۵۰ درجهٔ سلسـیوس و ضریـب هدایـت حرارتـی آجر نسـوز به‌طور متوسـط $K = ۰/۰۰۱۴ \ cal/cm^{\circ}C \ s$ باشـد، حـرارت انتقال یافته در هـر دقیقـه را بـرای ایـن دیواره بـا ضخامت ۱۳ cm برحسـب cal محاسـبه کنید.

حـل: بـا توجـه به اطلاعـات مثال، ابتدا مقدار سـطح انتقال را محاسـبه می‌کنیم. سـپس مقادیـر را در رابطه اصلی انتقـال حرارت قـرار می‌دهیم.

مقـدار زمـان برحسـب دقیقـه در اطلاعـات مثال داده شـده کـه با توجه بـه اینکه واحد K، $\frac{cal}{cm^{\circ}C \ s}$ اسـت بایـد مقـدار زمان بـه ثانیه تبدیـل گردد.

$$A = ۴۰ \times ۵۰ = ۲۰۰۰ cm^{۲}$$

$$Q = \frac{K A \Delta\theta t}{d} = \frac{۰/۰۰۱۴ \times ۲۰۰۰ \times (۱۲۰۰ - ۵۰) \times (۱ \times ۶۰)}{۱۳}$$

$$Q = ۱۴۸۶۱/۵۳ cal$$

نکته

در صورت مشخص بودن K و واحد آن، می‌تواند واحد بقیه پارامترها را مشخص کند.

$K = \frac{cal}{cm^{\circ}C \ s}$

واحد Q ←

واحد A و d ←

واحد t →

واحد $\Delta\theta$ ↓

فعالیت کلاسی

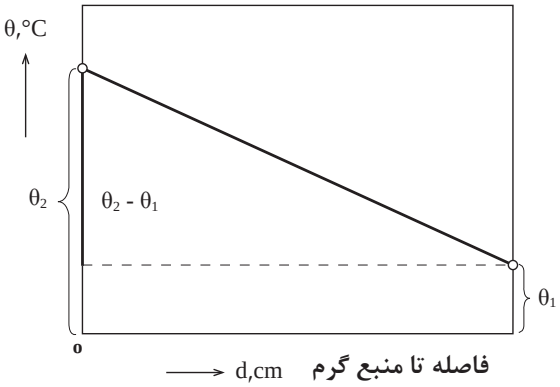
- اگـر ضریـب هدایـت حرارتـی یک جسـم $۸۰ \frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$ باشـد،مقدار آن را برحسـب $\frac{W}{m.K}$ به‌دسـت آورید.

- میلـه‌ای بـه طـول ۰/۴m و سـطح مقطـع $۸cm^{۲}$ در مجـاورت یـک منبـع حرارتـی به مـدت ۱۵ دقیقه قـرار دارد، اگـر درجـه حـرارت یـک سـر میلـه ۲۵۰°C و سـر دیگـر آن ۵۰°C باشـد، چـه مقـدار گرمـا برحسـب کیلـو کالـری از آن عبـور خواهـد کـرد. ضریـب هدایـت حرارتـی میله $۰/۲۶ \frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$ اسـت.

- میلـه‌ای بـه طـول ۲۰۰cm در مجـاورت منبع حرارتی به مـدت ۳۰ دقیقه قرار می‌گیرد، اگـر درجه حرارت یـک سـر میلـه ۵۰۰°C و سـر دیگر آن ۱۵۰°C باشـد و مقـدار گرمای انتقال یافته ۵۰۰ Kcal باشـد، سـطح مقطـع میلـه چنـد سـانتی‌متر مربع خواهد بـود. ضریب هدایـت حرارتی میله $۴۰۰ \frac{Kcal}{m.^{\circ}C.hr}$ اسـت.

رسم دیاگرام توزیع درجهٔ حرارت در ضخامت دیواره

دیاگرام تغییرات دما در یک دیواره مطابق شکل ۲ به‌صورت یک خط مستقیم است. این خط، درواقع توزیع درجه حرارت در ضخامت دیواره را نشان می‌دهد که در اصطلاح به آن «شیب حرارتی» می‌گویند. از روی این نمودار به سهولت می‌توان در ضخامت دیواره، در فاصله‌های مختلف از منبع حرارتی، درجه حرارت را تعیین کرد. هرچه شیب خط تندتر باشد، هدایت حرارتی بیشتر خواهد بود. اگر شیب ملایم باشد انتقال حرارت کمتر است.



شکل ۲

با توجه به نمودار بالا اندازه شیب حرارتی چنین خواهد بود:

$$\text{شیب حرارتی} = \frac{\Delta\theta}{d} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{d}$$

مثال: درجه حرارت سطح داخلی و خارجی دیوارهٔ یک کوره به ضخامت ۳۰cm به ترتیب ۵۰۰°C و ۵۰°C است. میزان شیب حرارتی را برحسب درجهٔ سلسیوس بر سانتی‌متر به‌دست آورید.

$$\text{شیب حرارتی} = \frac{\Delta\theta}{d} \rightarrow \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{d} \Rightarrow \frac{500 - 50}{30} = 15 \frac{^\circ C}{cm}$$

نکته

با مشخص بودن شیب حرارتی می‌توان درجهٔ حرارت در ضخامت‌های داخلی دیواره را مشخص کرد.

مثال: با توجه به مثال قبل، دما در عمق ۸cm از سطح گرم آن دیواره را به‌دست آورید.

$$\text{شیب حرارتی} = \frac{\Delta\theta}{d}$$

$$\text{شیب حرارتی} = \frac{\theta_2 - \theta_x}{d}$$

$$15 = \frac{500 - \theta_x}{8}$$

$$\theta_x = 500 - (15 \times 8)$$

$$\theta_x = 380^\circ C$$

فعالیت کلاسی

یـک دیـوارهٔ عایـق بـه ضخامـت ۰/۴m در مجـاورت یک منبـع حرارتی قـرار دارد. در صورتیکـه دمای دو طـرف دیـواره به‌ترتیـب ۴۵۰°C و ۷۰°C باشـد، ابتـدا شـیب حرارتـی سـپس دمـا در عمـق ۰/۲۵m از سـطح سـرد این دیـواره را محاسـبه کنید.

شدت جریان حرارتی (q)

اگر حرارت انتقال یافته در واحد زمان در نظر گرفته شود مقدار به‌دست آمده را شدت جریان حرارتی می‌گویند.

$$q = \frac{Q}{t} \qquad \text{و} \qquad q = \frac{K A \Delta\theta}{d}$$

در صورتی‌کـه گرمـای انتقـال یافتـه در واحـد زمـان و همچنیـن واحـد سـطح در نظـر گرفتـه شـود. مقـدار به‌دسـت آمـده را شـدت جریـان حرارتـی مخصـوص می‌گوینـد.

$$q_e = \frac{Q}{A\,t} = \frac{k\Delta\theta}{d}$$

واحد شدت جریان حرارتی برابر است با $\frac{J}{s}$ یا وات (W)

واحد شدت جریان حرارتی مخصوص برابر است با $\frac{cal}{cm^2.s}$

واحد q_e در سیستم SI برابر است با q_e واحد $= \frac{J}{m^2 \times s} = \frac{W}{m^2}$

هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی

هدایت حرارتی یک دیواره به جنس دیواره و عکس مقدار ضخامت آن $(\frac{1}{d})$ بستگی دارد.

$$\delta = \frac{K}{d}$$

مقاومت حرارتی یک دیواره عکس هدایت حرارتی آن خواهد بود.

$$R = \frac{1}{\delta} \Rightarrow R = \frac{d}{K}$$

مثـال: دیوارهٔ مسـطح تـک لایه به ضخامـت ۳۰cm و مسـاحت ۳۵۰۰cm² در مجاورت یـک منبع حرارتی قـرار دارد. اگـر درجـه حـرارت سـطح داخلـی ایـن دیـواره ۱۲۰۰°C و درجه حرارت پشـت دیـواره ۲۰۰°C باشـد و ضریب هدایت حرارتی متوسـط دیواره ۰/۰۰۱ $\frac{cal}{cm.^\circ C.s}$ باشـد، مطلوب اسـت محاسـبه و تعیین شـدت جریـان حرارتی دیواره برحسـب $\frac{cal}{s}$ و W.

حل: ابتدا رابطه اصلی انتقال حرارت را بنویسید.

$$q = \frac{Q}{t} = \frac{K A \Delta\theta}{d}$$

سپس جاگذاری مقادیر داده را انجام دهید.

$$q = \frac{۰/۰۰۱ \times ۳۵۰۰ (۱۲۰۰ - ۲۰۰)}{۳۰}$$

$$q = ۱۱۶/۷ \frac{cal}{s}$$

$$۱ \frac{cal}{s} = ۴/۱۸۶۸ W$$

$$q = ۱۱۶/۷ \times ۴/۱۰۶۰ = ۴۰۰/۶ W$$

فعالیت کلاسی

با توجه به مثال قبل مقدار شدت جریان حرارتی مخصوص، مقدار هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی را به‌دست آورید.

انتقال حرارت برای دیوارهٔ سطح چند لایه

در اکثر کاربردهای صنعتی دیواره‌ها چند لایه هستند. مانند شیشه‌های دوجداره که از دو لایه شیشه تشکیل شده‌اند و بین دو لایه گاز آرگون وجود دارد. یا جداره کوره‌ها که معمولاً چند لایه است. برای محاسبهٔ مقدار حرارت انتقال یافته از دیواره‌های چند لایه ابتدا ضریب هدایت حرارتی معادل برای چند لایه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K_{eq} = \frac{d}{\frac{d_۱}{k_۱} + \frac{d_۱}{k_۲} + \frac{d_۳}{k_۲}}$$

سپس مقدار ضریب هدایت حرارتی معادل(K_{eq}) در رابطهٔ اصلی انتقال حرارت قرار داده می‌شود.

$$Q = \frac{K_{eq} A \Delta\theta t}{d}$$

فعالیت کلاسی

مشخصات و ابعاد یک جدارهٔ مسطح دو لایه عبارت است از:

$$\begin{cases} d_۱ = ۱۲cm \\ d_۲ = ۸cm \\ A = ۱۰۰۰cm^۲ \\ t = ۱۰min \end{cases} \qquad \begin{cases} K_۱ = ۰/۰۰۵ \frac{cal}{cm.^\circ C.s} \\ K_۲ = ۰/۰۰۴ \frac{cal}{cm.^\circ C.s} \\ \theta_۱ = ۴۰^\circ C \\ \theta_۳ = ۱۰۰۰^\circ C \end{cases}$$

چنانچه ضریب هدایت حرارتی هر لایه ثابت باشد مطلوب است محاسبه و تعیین:
الف) ضریب هدایت حرارتی معادل جداره
ب) مقدار حرارتی انتقال یافته از جداره در مدت زمان ۱۰ دقیقه برحسب J

(۱ cal = ۴/۲ J)

انتقال حرارت دیواره‌های استوانه‌ای تک لایه

در کاربردهای صنعتی مانند کوره‌های ریخته‌گری معمولاً از دیواره‌های استوانه‌ای شکلِ یک یا چند لایه استفاده می‌شود. به این دلیل که کوره‌های استوانه‌ای دارای سطح کمتری نسبت به کوره‌های با جداره مسطح می‌باشند، در نتیجه با توجه به اینکه مقدار حرارت انتقال یافته نسبت مستقیم با سطح دارد، اتلاف حرارت از طریق انتقال حرارت به روش هدایت در کوره‌های استوانه‌ای شکل، کمتر از کوره‌های با جداره مسطح است. بنابراین باید مقدار حرارت انتقال یافته به روش هدایت را در کوره‌های استوانه‌ای شکل محاسبه کرد.

در دیواره‌های استوانه‌ای مطابق شکل ۳ مقدار حرارت انتقال یافته از دیواره مطابق رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = \frac{\pi \bar{K} L t}{\frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2}} (\theta_2 - \theta_1)$$

که در رابطه بالا:

Q = مقدار حرارت انتقال یافته از جداره استوانه‌ای برحسب cal یا J

$\bar{K}$ = ضریب هدایت حرارتی متوسط دیواره برحسب $\frac{cal}{cm.^\circ C.s}$ یا $\frac{W}{m.^\circ C}$

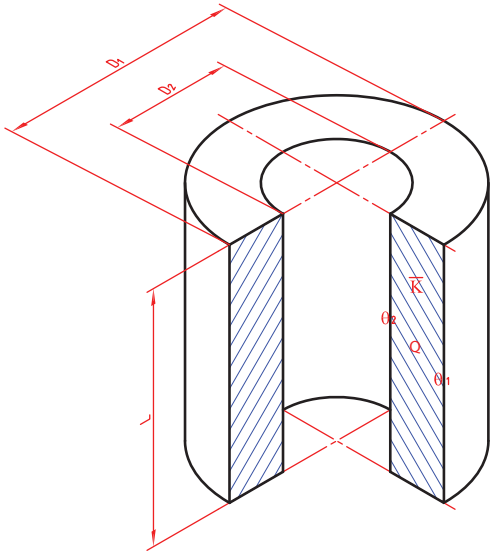
L = ارتفاع دیواره استوانه‌ای برحسب cm یا m

D_1 = قطر خارجی دیواره استوانه‌ای برحسب cm یا m

D_2 = قطر داخلی دیواره استوانه‌ای برحسب cm یا m

θ_1 = دمای خارجی دیواره استوانه‌ای برحسب °C یا K

θ_2 = دمای داخلی دیواره استوانه‌ای برحسب °C یا K



شکل ۳

نکته

رابطهٔ انتقال حرارت به روش هدایت در دیواره‌های استوانه‌ای زمانی قابل استفاده است که قطر داخلی استوانه برابر یا بزرگ‌تر از نصف قطر خارجی آن باشد.

مثال: درجه حرارت سطح داخلی و خارجی جداره یک لایه کوره استوانه‌ای شکل به ترتیب عبارت‌اند از:

$\theta_2 = 800°C$ و $\theta_1 = 100°C$ و ارتفاع کوره ۸۰ cm و قطر داخلی $D_2 = 80cm$ و قطر خارجی $D_1 = 120cm$ و ضریب هدایت حرارتی متوسط ۰/۰۰۱۵ $\frac{cal}{cm.°C.s}$ است.

مقدار حرارت انتقال یافته از این جداره برحسب کیلو کالری در مدت ۲ ساعت را محاسبه کنید.

حل: باتوجه به داده‌ها، ابتدا تبدیل واحد را انجام می‌دهیم.

$t = 2\ hr$

$t = 2 \times 3600\ s$

$t = 7200\ s$

رابطه اصلی را نوشته و حل را کامل می‌کنیم

$$Q = \frac{\pi \bar{K} L t}{\frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2}}(\theta_2 - \theta_1) \Rightarrow \frac{3/14 \times 0/0015 \times 80 \times 7200}{\frac{120-80}{120+80}}(800-100)$$

$$Q = \frac{1899072}{0/2}$$

$$Q = \frac{9495360}{1000} cal$$

$Q = 9495/36 Kcal$

فعالیت کلاسی

دیواره‌ای استوانه‌ای شکل از جنس نسوز با ابعاد و مشخصات زیر مفروض است:

$D_1 = 80cm$

$D_2 = 60cm$

$L = 1m$

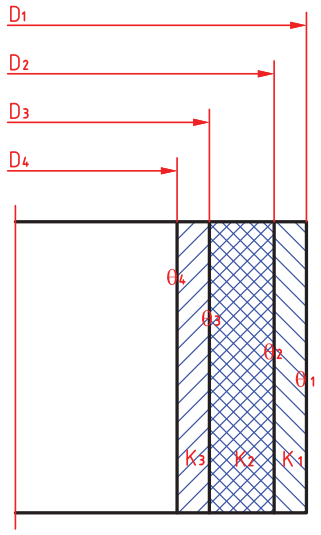
$\bar{K} = 1/5 \times 10^{-3} \frac{cal}{cm.°C.s}$

در صورتی‌که دمای داخل و خارج این دیواره به ترتیب ۵۰۰°C و ۱۵۰°C باشد، مطلوب است:

الف) محاسبهٔ میزان گرمای انتقال یافته در ۳۰ دقیقه

ب) شدت جریان حرارتی مخصوص برحسب $\frac{W}{m^2}$

انتقال حرارت از دیواره‌های چند لایهٔ استوانه‌ای شکل



شکل ۴

در دیواره‌های استوانه‌ای شکل چند لایه نیز مانند دیواره‌های مسطح چند لایه، برای محاسبهٔ حرارت انتقال یافته، ضریب هدایت حرارتی معادل لازم است.

با توجه به شکل زیر یک کورهٔ زمینی با سه لایه مفروض است، رابطهٔ ضریب هدایت حرارتی آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$K_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{K_1}\times\frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} + \frac{1}{K_2}\times\frac{D_2 - D_3}{D_2 + D_3} + \frac{1}{K_3}\times\frac{D_3 - D_4}{D_3 + D_4}}$$

ضریب هدایت حرارتی هر لایه (K_1، K_2 و K_3) ثابت فرض شده است.

با مشخص شدن ضریب هدایت حرارتی معادل، به آسانی می‌توان مقدار حرارت انتقالی برای این نوع دیواره‌های استوانه‌ای چند لایه را محاسبه و تعیین کرد.

$$Q = \pi K_{eq} L t (\theta_4 - \theta_1)$$

نکته

در رابطهٔ فوق با توجه به $(\theta_4 - \theta_1)$ می‌توان مشخص کرد رابطهٔ فوق مربوط به جدارهٔ استوانه‌ای سه لایه است. به عبارت دیگر اختلاف پرانتز مشخص‌کنندهٔ تعداد لایه‌ها است.

مثال: درجهٔ حرارت سطح داخلی و خارجی جدارهٔ دو لایه یک کورهٔ استوانه‌ای شکل به ترتیب عبارت‌اند از: $\theta_1 = 50°C$ ،$\theta_3 = 100°C$ و ابعاد این کوره برابر است با:

ارتفاع کوره $L = 150cm$ و قطر داخلی $D_2 = 120cm$ و قطر میانی $D_3 = 140cm$ و قطر خارجی $D_1 = 160cm$. لایهٔ خارجی از خاک رُس به ضریب هدایت حرارتی متوسط $K_1 = 0/004 \frac{cal}{cm.^\circ C.s}$ و لایهٔ داخلی از آجر نسوز به ضریب هدایت حرارتی متوسط $K_2 = 0/002 \frac{cal}{cm.^\circ C.s}$ تشکیل شده است. مطلوب است محاسبهٔ:

الف) ضریب هدایت حرارتی معادل این جدارهٔ دو لایه

ب) مقدار حرارت انتقال یافته از این جداره برحسب کیلو کالری در مدت زمان ۵۰ دقیقه

حل: با توجه به داده‌های مثال ابتدا تبدیل واحد زمان را انجام داده سپس ضریب هدایت حرارتی معادل را محاسبه می‌کنیم.

$t = 50\ min$

$t = 50 \times 60\ s$

$t = 3000\ s$

$$K_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{K_1}\times\frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} + \frac{1}{K_2}\times\frac{D_2 - D_3}{D_2 + D_3}}$$

$$K_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{0/004}\times\frac{160-140}{160+140} + \frac{1}{0/002}\times\frac{140-120}{140+120}}$$

$$K_{eq} = \frac{1}{16/7 + 38/5} = 0/018\,\frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$$

سپس مقدار حرارت منتقل شده را با توجه به رابطه زیر به‌دست می آوریم:

$$Q = \pi\, K_{eq}\, L\, t\, (\theta_2 - \theta_1)$$

$$Q = 3/14 \times 0/018 \times 150 \times 3000\ (1000 - 50)$$

$$Q = 24162300\,cal$$

$$Q = \frac{24162300}{1000} = 24162/3\,Kcal$$

فعالیت کلاسی

درجهٔ حرارت سطح داخلی و خارجی دیوارهٔ دو لایهٔ یک کورهٔ استوانه‌ای شکل به ترتیب $\theta_2 = 950^{\circ}C$ و $\theta_1 = 110^{\circ}C$ است.

ابعاد این کوره:

ارتفاع داخلی کوره $L = 130cm$ ، قطر داخلی $D_2 = 150cm$، قطر میانی $D_2 = 160cm$ و قطر خارجی $D_1 = 180cm$

لایهٔ خارجی از خاک رس به ضریب هدایت حرارتی متوسط $K_1 = 0/003\,\frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$ و لایه داخلی از آجر نسوز به ضریب هدایت حرارتی متوسط $K_2 = 0/0018\,\frac{cal}{cm.^{\circ}C.s}$ تشکیل شده است.

مطلوب است محاسبه:

الف) ضریب هدایت حرارتی معادل برای این جدارهٔ دو لایه

ب) مقدار حرارت منتقل شده برحسب کیلو کالری در مدت دو ساعت

انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی

اگر سیالی (مایع یا گاز) با دمای (θ_F) از کنار دیوارهٔ با دمای (θ_W) و سطح انتقال (A) و در مدت زمان (t) عبور کند، گرما از سیال به دیواره منتقل می‌شود.

بنابراین گرمای انتقال یافته از سیال به دیواره نسبت مستقیم با اختلاف درجهٔ حرارت سیال و دیواره ($\theta_F - \theta_W$)، سطح دیواره (A) و زمان تماس (t) دارد.

در نتیجه رابطهٔ انتقال حرارت با پارامترهای متناسب با آن به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Q \propto A\,(\theta_F - \theta_W)\,t$$

برای تبدیل این تناسب به تساوی نیاز به یک ضریب است که با a_C نشان داده می‌شود.
این ضریب متناسب با جنس سیال، شکل و ابعاد دیواره است.
a_C را ضریب جابه‌جایی می‌نامند. بنابراین رابطه انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Q = a_c\ A\ (\theta_F - \theta_W)\ t$$

واحد Q: حرارت انتقال یافته برحسب J یا cal.
t: زمان برحسب s
A: سطح مشترک سیال و دیواره برحسب cm^2 یا m^2.
$(\theta_F - \theta_W)$: اختلاف درجهٔ حرارت برحسب °C یا K.
بنابراین با جای گذاری این واحدها (سیستم SI) در رابطهٔ انتقال حرارت به طریق جابه‌جایی خواهیم داشت:

$$\frac{Q}{t} = a_c\, A(\theta_F - \theta_W)$$

$$\frac{J}{s} = a_c \times m^2 \times (^\circ C)$$

$$W = a_c \times m^2 \times {}^\circ C \Rightarrow a_c = \frac{W}{m^2.{}^\circ C}$$

نکته

رابطهٔ $\frac{Q}{t} = a_c\, A(\theta_F - \theta_W)$ برای زمانی است که حرارت از سیال با درجهٔ حرارت بالاتر به دیوارهٔ جامد با درجه حرارت پایین‌تر منتقل می‌شود. در صورتی‌که انتقال حرارت از دیوارهٔ گرم به سیال سرد صورت پذیرد رابطهٔ انتقال حرارت به روش جابه‌جایی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{Q}{t} = a_c\, A(\theta_W - \theta_F)$$

سوخت‌ها

برای تأمین حرارت مورد نیاز جهت ذوب فلزات و آلیاژها و همچنین عملیات حرارتی قطعات، نیاز به گرما است که از طریق الکتریسیته و سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. امروزه از سوخت‌ها و انرژی‌های هسته‌ای نیز استفاده می‌شود. هر ماده‌ای که در اثر سوختن یا تحول شیمیایی حرارت تولید کند یا گرمازا باشد را سوخت می‌گویند.
اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ سوخت عبارت‌اند از کربن، هیدروژن و عناصری چون اکسیژن، گوگرد و فسفر به دلیل واکنش با محیط، ارزش سوخت را پایین می‌آورند. انتخاب هر یک از انواع سوخت‌ها و بررسی قوانین کمی و شرایط کیفی احتراق آنها (ترکیب با اکسیژن و هوا) در صنعت ذوب فلزات و ریخته‌گری از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا با توجه به شرایط اقتصادی و اصول طراحی و تولید قطعات می‌توان از اتلاف حرارتی آنها در حد امکان جلوگیری کرد.

مفاهیم اصلی سوخت

احتـراق: در یـک واکنـش شـیمیایی عامل سـوختن و اکسـیژن با هـم ترکیب شـده و مقادیر زیـادی انرژی گرمایـی تولیـد می‌شـود که بـه آن احتـراق می‌گویند.

احتراق کامل: در صورت سوختن کامل عامل سوخت، احتراق کامل است.

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2 + \text{حرارت}$$

کربن دی‌اکسید اکسیژن عامل سوخت

احتـراق ناقـص: در صورت کافی نبودن اکسـیژن یا هوا سـوخت به‌صورت ناقص سـوخته و مقـداری کربن باقی می‌مانـد کـه منجـر به واکنش کربـن باقی مانده با کربن دی اکسـید تولیـدی مطابق واکنش زیـر می‌گردد.

$$CO_2 + C \Rightarrow 2CO - \text{حرارت}$$

در واکنـش بـالا محصـول واکنـش گاز کربـن منو اکسـید بوده کـه علاوه بر سـمی و خطرناک بـودن، حرارت تولید شـده را کاهـش می‌دهد.

مدول سطحی: نسبت سطح کل سوخت به حجم سوخت را مدول سطحی می‌گویند.

$$M_a = \frac{A}{V} \Rightarrow \frac{\text{سطح کل}}{\text{حجم}}$$

درجـه حـرارت احتـراق: حداقـل دمایی کـه نیاز اسـت تا واکنـش سـوختن انجام شـود را درجـه حرارت احتـراق می‌گویند.

ضریـب تخلخـل: نسـبت حجـم فضای خالی سـوخت بـه حجم کل یک سـوخت جامـد را ضریـب تخلخل گوینـد و بـا علامـت e مشـخص می‌کنند.

$$e = \frac{V'}{V+V'} = 1 - \frac{P'}{P}$$

e= ضریب تخلخل

P′= چگالی ظاهری

P= چگالی واقعی

V′= حجم حفره

V= حجم سوخت

شرایط احتراق کامل سوخت

احتراق و واکنش شـیمیایی بین عناصر سـوخت و اکسـیژن، همراه با نور و حرارت اسـت. لازم به ذکر اسـت بـرای ایجـاد احتـراق و تولید حرارت باید شـرایط خاصی ایجاد شـود کـه عبارت‌اند از:

۱ـ تماس کامل سوخت با هوا

۲ـ اکسیژن کافی

۳ـ درجه حرارت احتراق

مثال: برای احتراق کامل ۲۰ کیلوگرم کربن چه مقدار اکسیژن مورد نیاز است؟

$$C + O_2 \Rightarrow CO_2$$

۲۲/۴ متر مکعب کربن دی اکسید ۲۲/۴ متر مکعب اکسیژن ۱۲ مولکول گرم کربن

(مقدار اکسیژن مورد نیاز برای سوختن کامل ۱۲ مولکول گرم کربن)

۲۰ کیلوگرم کربن

$$XO_2 \Rightarrow XO_2 = \frac{20 \times 22/4}{12} = 37/3 m^3$$

تماس کامل سوخت با هوا

تأثیر اندازه و شکل مواد سوخت در احتراق و اشتعال و فعل و انفعالات شیمیایی روی اکسید شدن فلزات و آلیاژها در جریان ذوب شدن، بسیار اهمیت دارد و باعث افزایش این واکنش‌ها می‌شود. بنابراین هر چقدر سطح تماس سوخت با هوا بیشتر باشد، احتراق سریع‌تر و بهتر انجام می‌گیرد.

نکته

افزایش سطح تماس سوخت حد معینی دارد و افزایش بیشتر سطح باعث ممانعت از نفوذ اکسیژن شده و احتراق به‌صورت ناقص انجام می‌شود.

مدول سطحی: اندازهٔ ذرات سوخت با روش مدول سطحی اندازه گیری می‌شود که مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$M_a = \frac{A}{V}$$

$$\text{مدول سطحی} = \frac{\text{سطح کل سوخت}}{\text{حجم کل سوخت}}$$

مثال: مدول سطحی یک مکعب به ضلع a =۱۰ سانتی‌متر را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنند.

$$M_a = \frac{A}{V} = \frac{۶a^۲}{a^۳} = \frac{۶\times۱۰^۲}{۱۰^۳} = ۰/۶$$

فعالیت کلاسی

۱ مدول سطحی یک مکعب به ضلع ۲۵ cm را محاسبه کنید.
۲ مدول سطحی ۲ کره به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ۱۰ سانتی‌متر را مقایسه کنید.
۳ در صورتی که مدول سطحی برابر با ۱/۲ باشد. طول ضلع مکعب سوخت چند سانتی‌متر است؟

فعالیت کلاسی

در احتراق ۱۵ کیلوگرم کربن مقدار اکسیژن موجود ۱۸ متر مکعب است. حجم کربن دی اکسید تولیدی را برحسب مترمکعب محاسبه کنید.

پرسش

در مثال صفحه۴۷ احتراق از نوع کامل است یا ناقص؟

فعالیت کلاسی

با توجه به فعالیت قبل نسبت کربن منواکسید به کربن دی اکسید را به‌دست آورید.

محاسبه حجم هوای لازم برای احتراق

در صورتی که در یک تجزیه کمّی، درصد عناصر شرکت کننده و قابل احتراق در سوخت مانند C، H، O و S_V در دست باشد، حجم هوای لازم برای احتراق را می‌توان به سهولت محاسبه کرد. در ابتدا، باید میزان مصرف اکسیژن برای هریک از عناصر قابل احتراق تعیین شود. سپس با توجه به آنکه ترکیب هوا مشخص است، می‌توان حجم یا وزن هوای لازم را به دست آورد.

توجه: درصد بخار آب موجود در هوای جو، بین ۲ تا ۴ درصد جرمی تغییر می‌کند. برای سهولت محاسبات احتراقی مربوط به سوخت‌ها، می‌توان گازهای نادر را که در عملیات احتراق غیرفعال هستند جزء نیتروژن (ازت) محسوب کرد. بنابراین فرض می‌شود که ترکیب هوا، فقط از دو عنصر نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده باشد که در این صورت تقریباً درصد حجمی و جرمی آنها چنین است:

	درصد حجمی	درصد جرمی
اکسیژن	۲۱	۲۳
نیتروژن	۷۹	۷۷

حتی با تقریب بیشتر می‌توان گفت که هوا شامل ۲۰٪ حجمی اکسیژن و ۸۰٪ حجمی نیتروژن است. به‌عبارت دیگر از هر ۵ واحد حجم هوا، یک واحد اکسیژن و ۴ واحد نیتروژن است.

مثال: برای احتراق کامل ۲۵ کیلوگرم از یک نوع زغال (خشک) با ترکیب و درصدهای جرمی داده شده، چند متر مکعب هوا (در شرایط متعارفی) لازم است؟ (ترکیب حجمی هوا: ۲۰٪ اکسیژن و بقیه نیتروژن درنظر گرفته می‌شود.) همچنین نسبت حجمی و جرمی هوای احتراقی به سوخت مصرفی را تعیین کنید.
کربن ۸۲٪ هیدروژن ۳٪ اکسیژن ۵٪ نیتروژن ۱٪ خاکستر ۹٪ (درصد مواد فرّار و گوگرد این زغال ناچیز فرض می‌شود.) چگالی هوا در شرایط متعارفی برابر است با ۱/۲۹۳g/lit

حل: عناصر قابل احتراق در این زغال، فقط کربن و هیدروژن هستند. بنابراین ابتدا باید جرم اکسیژن لازم و سپس حجم برای احتراق کامل آنها تعیین شود:

جرم کربن در زغال $25\times\frac{82}{100}=20/5kg$

جرم هیدروژن در زغال $25\times\frac{3}{100}=0/75kg$

و چون احتراق به طور کامل انجام می‌گیرد، می‌توان نوشت:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \Rightarrow$$

C	O_2
12kg	32kg
20/5kg	$x=\frac{20/5\times32}{12}=54/67kg$

جرم اکسیژن لازم برای احتراق کامل کربن

هیدروژن سوخت نیز محترق می‌شود و تولید بخار آب می‌کند:

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

$2H_2$ O_2

4kg 32kg

جرم اکسیژن لازم برای احتراق هیدروژن $x = \frac{0/75 \times 32}{4} = 6kg$ 0/75kg

درنتیجه، جرم کل اکسیژن لازم، چنین است: $54/67 + 6 = 60/67kg$

از طرفی در سوخت، مقداری اکسیژن موجود است که باید از این مقدار کسر شود:

اکسیژن موجود در سوخت $25 \times \frac{5}{100} = 1/25kg$

اکسیژن لازم که باید از هوا تأمین شود $60/67 - 1/25 = 59/42kg$

برای تعیین حجم این مقدار اکسیژن، باید یادآوری کرد که هر ملکول گرم اکسیژن (۳۲ گرم) در شرایط متعارفی ۲۲/۴ لیتر حجم خواهد داشت و اگر جرم ملکولی برحسب کیلوگرم باشد، حجم مذکور ۲۲/۴ متر مکعب منظور می‌شود:

جرم اکسیژن حجم اکسیژن

32kg $22/4m^3$

حجم اکسیژن لازم برای احتراق سوخت $x = \frac{59/42 \times 22/4}{32} = 41/6m^3$ 59/42

اکنون چون ترکیب هوای جوّ مشخص است، می‌توان حجم هوای لازم را به سهولت به دست آورد و همان‌طور که قبلاً ذکر شد، حجم هوا تقریباً ۵ برابر حجم اکسیژن محتوای آن است:

$(\frac{100}{21} \approx 5)$

حجم هوای لازم برای احتراق $41/6 \times 5 = 208m^3$

جرم اتمی عناصر مورد نیاز محاسبات در جدول ۳ ارائه شده است.

در عمل، با توجه به شکل، ابعاد و نوع کوره و همچنین مرغوبیت و نوع سوخت و عوامل متعدد دیگر نظیر اکسیدان یا خنثی بودن محیط ذوب، معمولاً حجم هوا بیش از مقدار محاسبه شده قبلی است. به همین علت این حجم را در ضریبی که بین ۱/۸ـ۱/۱ متغیر است ضرب می‌کنند (به عبارت دیگر می‌توان گفت که سوخت با ۱۰ الی ۸۰ درصد بیشتر از هوای لازم محترق می‌شود). مثلاً در صورتی که در مثال اخیر، زغال مذکور با ۳۰ درصد بیشتر از هوای لازم بسوزد، باید حجم هوای لازم برای احتراق را در ضریب ۱/۳۰ ضرب کرد:

حجم هوای لازم برای احتراق با احتساب ۳۰٪ اضافه حجم $208 \times 1/30 = 270/4m^3$

جدول ۳ـ مولکول گرم عناصر

عنصر	مولکول گرم
C	۱۲
H	۱
O	۱۶
S	۳۲

نسبت حجمی هوا به سوخت و به عبارت دیگر، حجم هوای لازم، برای احتراق هر کیلوگرم سوخت، از این کسر تعیین می‌شود:

$$\frac{\text{حجم هوای لازم برای احتراق (لیتر)}}{\text{جرم سوخت (کیلوگرم)}} = \frac{۲۷۰/۴\times۱۰۰۰}{۲۵} = ۱۰۸۰۰\,lit/kg = ۱۰/۸\,m^{۳}/kg$$

جرم هر لیتر هوا در شرایط متعارفی برابر ۱/۲۹۳ گرم است و لذا نسبت جرمی هوا به سوخت به سهولت از رابطه جرم و چگالی به دست می‌آید:

$$m = \rho.V$$

جرم هوای لازم برای احتراق یک کیلوگرم سوخت

$$m = ۱/۲۹۳\times۱۰۸۰۰ = ۱۳۹۶۴/۴ \text{ گرم}$$

نسبت جرمی هوا به سوخت

$$\frac{\text{جرم هوای احتراقی } ۱۳۹۶۴/۴}{\text{جرم سوخت } ۱۰۰۰} \approx ۱۴$$

نکته

سوخت‌ها شامل سه عنصر قابل احتراق کربن، هیدروژن و گوگرد هستند. در صورت مشخص بودن درصد این سه عنصر می‌توان میزان حجم اکسیژن لازم برای احتراقِ یک کیلوگرم از سوخت را به‌دست آورد.

فعالیت کلاسی

حجم اکسیژن لازم برای احتراق ۲۰ کیلوگرم زغال کک با درصد عناصر زیر را محاسبه کنید.

$٪C = ۸۵$ $٪H = ۵$ $٪S = ۴$

نکته

در صورت وجود اکسیژن در سوخت باید مقدار آن از مقدار اکسیژن محاسبه شده برای احتراق کسر گردد.

درجه حرارت احتراق

هـر سـوخت بـرای احتـراق بـه یـک حداقـل درجـه حـرارت نیـاز دارد کـه آن را درجـه حـرارت احتـراق یـا درجـه حـرارت اشـتعال می‌نامنـد. بـرای مثـال در شـرایط محیط، نفـت سـفید در درجه حـرارت ۱۵ درجهٔ سلسـیوس مشـتعل می‌شـود. سـوخت‌هایی بـا درجـه حـرارت اشـتعال پاییـن از نظـر ایمنـی نمی‌توانند در ریخته‌گـری اسـتفاده شـوند. (بـرای مثـال بنزین).

بعضـی از مـواد حتـی در درجـه حـرارت محیط نیز به سـرعت مشـتعل می‌شـوند. به‌عنوان مثال فسـفر قرمز بایـد دور از هـوا نگهداری شـود و در آب یا روغـن قرار گیرد.

نکته ایمنی

افزایـش فشـار محیـط باعـث کاهش نقطهٔ اشـتعال می‌شـود. به‌همین دلیل در اثر تراکم شـدید سـوخت، احتمـال احتراق و انفجار سـوخت وجود خواهد داشـت.

احتراقِ سوخت‌های مایع و گاز

ترکیـب شـیمیایی سـوخت‌های مایـع و گاز معمـولاً ترکیبـی ازکربـن و هیـدروژن اسـت. بنابرایـن حجـم اکسـیژن مـورد نیـاز بـرای احتـراق بـه سـهولت از واکنـش زیـر محاسـبه می‌گـردد.

$$C_mH_n + (m+\frac{n}{4})O_2 \Rightarrow m\,CO_2 + \frac{n}{2}H_2O$$

بـا توجـه بـه واکنـش فوق، محصول واکنش کربن دی اکسـید و بخار آب اسـت. در این رابطـه ضرایب m و n بـه ترتیـب مربـوط بـه کربن و هیدروژن اسـت. در صورت مشـخص شـدن ایـن ضرایب، مطابق فرمول سـادهٔ سـوخت، واکنـش فـوق موازنه شـده و می‌تـوان میزان اکسـیژن مورد نیاز بـرای احتراق گاز را محاسـبه کرد.

مثال:

حجـم اکسـیژن مـورد نیـاز بـرای سـوختن ۸ کیلوگـرم از گاز متـان بـا ترکیـب شـیمیایی CH_4 را محاسـبه کنید .

حـل: بـا توجـه بـه فرمول سـاده سـوخت $m=1$ و $n=4$ بـوده و بنابرایـن واکنش احتـراق گاز به‌صـورت زیر نوشـته می‌شود.

$$C_mH_n + (m+\frac{n}{4})O_2 \Rightarrow m\,CO_2 + \frac{n}{2}H_2O$$

$$CH_4 + (1+\frac{4}{4})O_2 \Rightarrow CO_2 + \frac{4}{2}H_2O$$

جرم کربن — حجم اکسیژن

جرم هیدروژن

$$12\times1 \quad + \quad 1\times4 \qquad 2\times22/4\,m^3$$

$$8 \qquad\qquad XO_2$$

حجم اکسیژن مورد نیاز برای سوختن ۸Kg گازمتان

$$XO_2 = \frac{8\times2\times22/4}{12+4} = 22/4\,m^2$$

ارزشیابی

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان محاسبات تخصصی انتقال حرارت و سوخت

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
انتقال حرارت سوخت	ـ محاسبهٔ انتقال حرارت در کوره از طریق دیوارهٔ کوره ـ محاسبهٔ حجم هوا و اکسیژن مورد نیاز برای احتراق کامل سوخت.	بالاتر از حد انتظار	ـ محاسبهٔ دقیق انتقال حرارت کوره از طریق دیواره تک لایه و چندلایه استوانه‌ای ـ محاسبهٔ حجم هوا و اکسیژن مورد نیاز برای احتراق کامل سوخت ـ محاسبه دقیق انتقال حرارت کوره تک‌لایه	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ محاسبهٔ حجم هوا و اکسیژن مورد نیاز برای احتراق کامل سوخت	۲
		پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)	ـ محاسبه حجم هوا و اکسیژن موردنیاز برای احتراق کامل سوخت	۱
نمرهٔ مستمر از ۵				

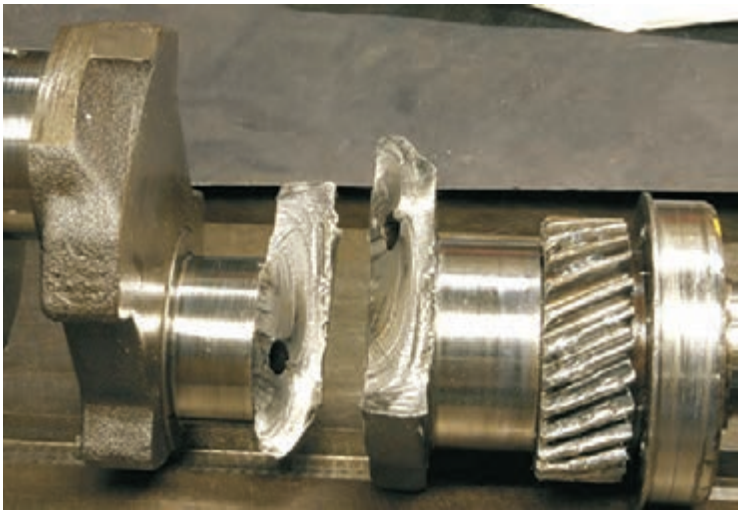
پودمان سوم

بازرسی و انجام آزمون‌های غیرمخرب روی قطعات ریختگی



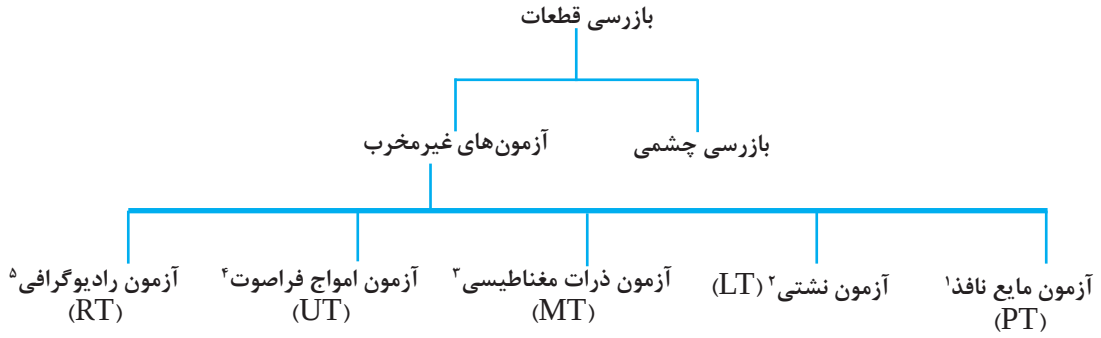
اهمیت بازرسی قطعات ریختگی

قطعات در صنعت برای اهداف مختلفی تولید می‌شوند و انتظار می‌رود هر قطعه هنگام سرویس‌دهی بتواند وظیفه خود را به بهترین شکل انجام دهد و در برابر شرایط، فشارها و بارهای اعمالی، پایداری خود را حفظ کند. این امر در ابتدا وابسته به نوع طراحی قطعه و سپس انتخاب مواد مهندسی با توجه به خواص مکانیکی آنها است. ابتدا، طراح با توجه به کاربرد و نیروهای اعمال شده به قطعه در زمان کار، مواد اولیه ساخت را با در نظر گرفتن استحکام فیزیکی و شیمیایی لازم مشخص می‌کند. انتخاب فرایندهای تولید نیز مانند روش‌های ریخته‌گری، آهنگری، نورد و جوشکاری در رسیدن به این هدف حایز اهمیت است که خود به عوامل مختلفی وابسته است. در مجموع در کلیه مراحل ذکر شده جهت تولید قطعه، فرض بر پیوستگی و بدون عیب بودن محصول نهایی است. به‌عنوان مثال اگر در یک قطعه ریختگی ترکی وجود داشته باشد و پیوستگی ساختار را از بین برده باشد دیگر نمی‌تواند تنش‌ها و بارهای موردنظر را تحمل کند و در نیروهای کمتر از انتظار طراحی، تخریب شده و ممکن است کل سیستم را نابود کند. در این هنگام بازرسی از قطعات تولید شده قبل و هنگام سرویس‌دهی اهمیت خود را نشان می‌دهد. گاهی شکست یک قطعه کوچک ریختگی در حین کار به‌دلیل وجود عیوب ذاتی که در زمان ریخته‌گری آن به‌وجود آمده است، ممکن است خسارت‌های جبران‌ناپذیر جانی و مالی را به‌دنبال داشته باشد (شکل ۱).



شکل ۱ــ شکست در قطعه به‌دلیل وجود عیب حفره گازی

اکنون که اهمیت بازرسی از قطعات جهت اطمینان از سلامت آنها مشخص گردید، وجود بخشی با عنوان کنترل کیفیت در کارگاه‌های ریخته‌گری و ساخت، امری اجتناب‌ناپذیر است تا با برقراری روش‌هایی بتوانند عیوب موجود در قطعات را کشف و از ورود آنها به چرخه کاریشان جلوگیری کنند. افرادی که در این زمینه فعالیت می‌کنند باید آشنایی کامل با فرایند بازرسی، کدها و استانداردها داشته باشند تا با انتخاب روش‌های مناسب برای کنترل هر قطعه، نتایج صحیح و قابل اطمینانی را حاصل کنند.
نمودار ۱ نمودار آزمون‌های مرسومی که در صنعت برای کنترل سلامت قطعات استفاده می‌شوند را نشان می‌دهد.



نمودار ۱ـ آزمون‌های مرسوم قطعات در صنعت

بازرسی چشمی

اولین مرحله در بازرسی قطعات، بازرسی چشمی‌است. در بسیاری از موارد پس از پایان فرایند تولید مانند ریخته‌گری، می‌توان با بررسی چشمی‌سطح نمونه، عیوب ایجاد شده روی آنها را تشخیص داد و از نمونه‌های دیگر تفکیک کرد. البته باید این موضوع را هم درنظر گرفت که علاوه بر بررسی وجود انواع عیوب ریختگی (شکل ۲)، انجام کنترل‌های ابعادی قطعات (شکل ۳) و مطابقت آن با نقشه اجرایی نیز جزو این دسته از بازرسی‌ها قرار می‌گیرد و قطعاتی که مغایرتی در آنها مشاهده می‌شود، مطابق دستورالعمل‌های موجود در استانداردهای مربوطه یا روش مکتوب مورد تأیید کارفرما نسبت به آنها رفتار می‌گردد.



شکل۲ـ عیوب قطعات ریختگی

شکل۳ـ انجام کنترل ابعادی روی قطعه ریختگی

عوامل زیادی در انجام صحیح بازرسی چشمی وجود دارند که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱ـ سلامت چشم کاربر: سلامت چشم به‌عنوان عضوی که نقش زیادی در بررسی و قضاوت در این حوزه کاری دارد از اهمیت بالایی برخوردار است. کلیه افرادی که بازرسی روی قطعات انجام می‌دهند به‌صورت دوره‌ای مورد معاینات چشمی قرار می‌گیرند و سلامت بینایی و کوررنگی آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲ـ تخصص و تسلط کاربر: کاربرهای انجام‌دهنده بازرسی چشمی لازم است مسلط به نقشه‌خوانی و کار با ابزار اندازه‌گیری و همچنین آشنا به کدها و استانداردهای مربوطه باشند تا بتوانند ارزیابی درستی از سلامت قطعه داشته باشند.

۱ـ Penetration test ۲ـ Leak test ۳ـ Magnetic Particle test ۴ـ Ultrasonic test ۵ـ Radiography test

۳ـ نور محیط: نور محیط برای بازرسی از اهمیت بالایی برخوردار است چون ممکن است بر اثر نور کم و یا سایه انداختن قطعات برخی از عیوب شناسایی نشود و یا در تفسیر، اشتباهی صورت گیرد.

۴ـ شرایط تمیزکاری قطعه: نمونه‌هایی که قرار است مورد بازرسی قرار بگیرند باید کاملاً تمیزکاری شوند و ناخالصی‌های روی سطح برطرف گردد. به‌عنوان مثال اگر قطعه در ماسه ریخته‌گری شده است و یا دارای ماهیچه است ابتدا باید سطوح قطعه به‌صورت کامل تمیزکاری شود و سپس بازرسی‌ها روی آن انجام شود.

برسکوپ[۱]: از تجهیزات کمکی برای بازرسی چشمی است که معمولاً برای مشاهده قسمت‌های داخلی قطعات پیچیده که به‌سادگی امکان دسترسی به آنها وجود ندارد، استفاده می‌شود. دستگاه دارای نازل باریک و بلندی است که یک دوربین در انتهای آن نصب شده است. با ورود این نازل به سوراخ‌ها و مناطق غیرقابل مشاهده قطعه ریختگی، امکان بازرسی از این قسمت‌ها را در نمایشگر خود ممکن می‌سازد. شکل ۴ تصویری از این دستگاه و بازرسی توسط آن را نشان می دهد.



شکل ۴ـ بازرسی چشمی توسط برسکوپ

تحقیق کنید

چه تجهیزاتی برای کمک به انجام بازرسی چشمی قطعات وجود دارد؟

آزمون‌های غیر مخرب[۲]

به مجموعه آزمون‌هایی که بدون آسیب زدن به قطعه، صحت و سلامت آن را ارزیابی می‌کنند آزمون‌های غیرمخرب گفته می‌شود.

در مقابل آن، آزمون‌های مخرب[۳] همان آزمایش‌های خواص مکانیکی مانند آزمون‌های کشش، خمش، فشار و یا ضربه هستند که با تخریبی که در قطعه ایجاد می‌کنند اطلاعاتی از مشخصات مکانیکی آن را به‌دست می‌دهند.

۱ـ Borescope ۲ـ Non-Destructive test ۳ـ Destructive test

در بازرسی چشمی‌تنها می‌توان عیوبی را که به سطح راه پیدا کرده‌اند و همچنین از نظر شکل ظاهری قابل مشاهده با چشم هستند مانند حفرات گازی، حفرات انقباضی و یا ناخالصی‌ها را تشخیص داد. عیوب داخلی قطعات و همچنین عیوب باریکی مانند ترک‌های سطحی، امکان مشاهده با چشم را ندارند و باید به کمک یک سری آزمون‌های مرسوم به‌نام آزمون‌های غیرمخرب بدون آسیب رساندن به قطعه آن را به دقت ارزیابی کرد. آزمون‌های غیرمخرب از چندین روش و هر روش از چندین تکنیک تشکیل شده است. انتخاب روش مناسب برای انجام آزمون‌های غیرمخرب و همچنین اتخاذ تکنیک مناسب انجام آزمون به‌عوامل مختلفی از جمله جنس، ضخامت، شکل ظاهری، حساسیت کاری قطعه و صرفه اقتصادی انجام هر روش وابسته است که با توجه به دستورالعمل‌های کتبی تهیه شده، انجام می‌شود.

آزمون‌های غیرمخرب، گستره وسیعی دارند که تنها به ۵ مورد از مرسوم‌ترین روش‌های آن در این پودمان پرداخته می شود.

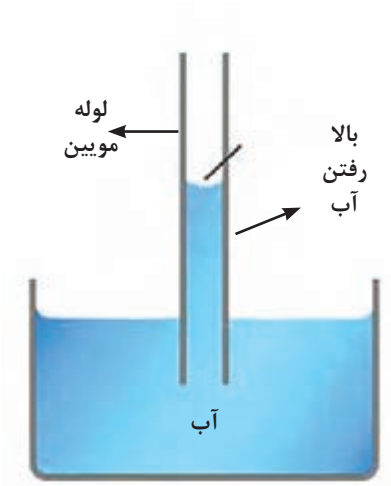
۱ آزمون مایعات نافذ
۲ آزمون نشتی
۳ آزمون ذرات مغناطیسی
۴ آزمون امواج فراصوت
۵ آزمون رادیوگرافی

تحقیق کنید

درباره انواع روش‌های دیگر آزمون‌های غیرمخرب جست‌وجو کرده و در قالب گروه‌های چندنفره به تفکیک در کلاس ارائه دهید.

آزمون مایعات نافذ (PT)

از این آزمون برای تشخیص ترک‌های راه‌یافته به سطح در قطعات صنعتی و از جمله ریختگی استفاده می‌شود و یک نوع روش برای تشخیص عیوب سطحی است. عملکرد این آزمون بر مبنای خاصیت مویینگی است. خاصیت مویینگی یعنی توانایی یک مایع برای حرکت در یک فضای بسیار باریک (مثل ترک) در خلاف جهت نیروی گرانش است (شکل ۵). زمانی که یک نی باریک داخل ظرف آبی فرو برده می‌شود، آب به‌دلیل خاصیت مویینگی در امتداد نی بالا می‌رود. از این خاصیت زمانی که ترکی روی سطح وجود داشته باشد، استفاده می‌شود و پس از مدتی مایع نافذ به داخل ترک کشیده می‌شود.



شکل ۵ــ خاصیت مویینگی

تکنیک‌های مورد استفاده در این روش عبارتند از:

- ماده نافذ قابل شست‌وشو با آب[1]
- ماده نافذ قابل استفاده با امولسیون[2]
- ماده نافذ با حلال مخصوص[3]

هرکدام از روش‌های با توجه به شرایط، انتخاب شده و در تشخیص عیوب سطحی استفاده می‌شوند. بیشترین تکنیک مورد استفاده در صنعت، تکنیک «ماده نافذ با حلال مخصوص» است که در مورد روش انجام آن توضیح داده می‌شود.

در این روش از ۳ ماده متفاوت به شکل مایع استفاده می‌شود که هریک معمولاً به‌صورت قوطی‌های اسپری موجود است (شکل ۶).



شکل۶ـ اسپری‌های آزمون PT

۱ اسپری ماده نافذ[4] (که معمولاً به رنگ قرمز است)

۲ اسپری حلال تمیزکننده[5]

۳ اسپری آشکارکننده[6] (معمولاً به‌صورت پودر سفید معلق (سوسپانسیون) در یک مایع است).

مراحل انجام آزمون مایعات نافذ:

۱ تمیزکاری قطعه به‌طوری که عاری از هرگونه آلایندگی از قبیل گریس، روغن، ماسه و غبار باشد. در این مرحله برای شستن آلودگی‌های روغنی می‌توان از اسپری حلال تمیزکننده استفاده کرد.

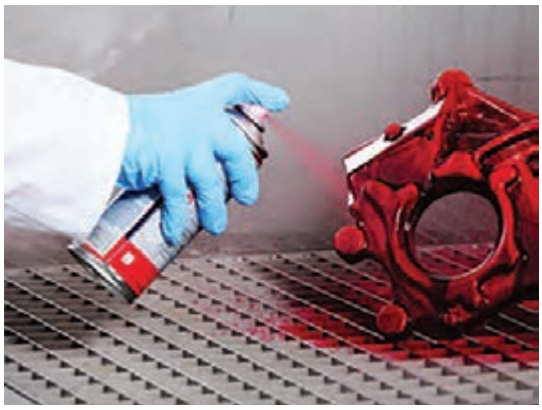
۲ پاشش ماده نافذ قرمز رنگ روی سطح به‌طوری که کل سطح پوشانده شود.

۳ زمان دادن[7] به مایع نافذ جهت نفوذ کامل در ترک، که معمولاً برای آلیاژهای آلومینیوم و فولادها حداقل ۵ دقیقه است. البته این زمان به دمای قطعه وابسته است و می‌تواند کمتر یا بیشتر باشد.

۴ حذف ماده نافذ از سطح قطعه توسط دستمال خشک و تمیز، به‌طوری‌که هیچ اثری از ماده نافذ روی سطح قابل مشاهده نباشد. برای این‌کار می‌توان از اسپری حلال تمیزکننده استفاده کرد ولی باید دقت شود تا به‌طور مستقیم به نمونه اسپری نشود و فقط بر روی دستمال اسپری گردد.

۵ پس از خشک شدن کامل سطح و اطمینان از حذف کامل ماده نافذ، اسپری آشکارساز روی سطح پاشیده می‌شود (شکل ۷) و اگر ترکی وجود داشته باشد، ماده نافذ از درز خارج شده و روی آشکارساز پخش می‌شود. با آشکار شدن رنگ قرمز روی پس‌زمینه سفید رنگ آشکارساز، عیب موجود در قطعه، قابل مشاهده شده و توسط اپراتور تفسیر می‌شود.

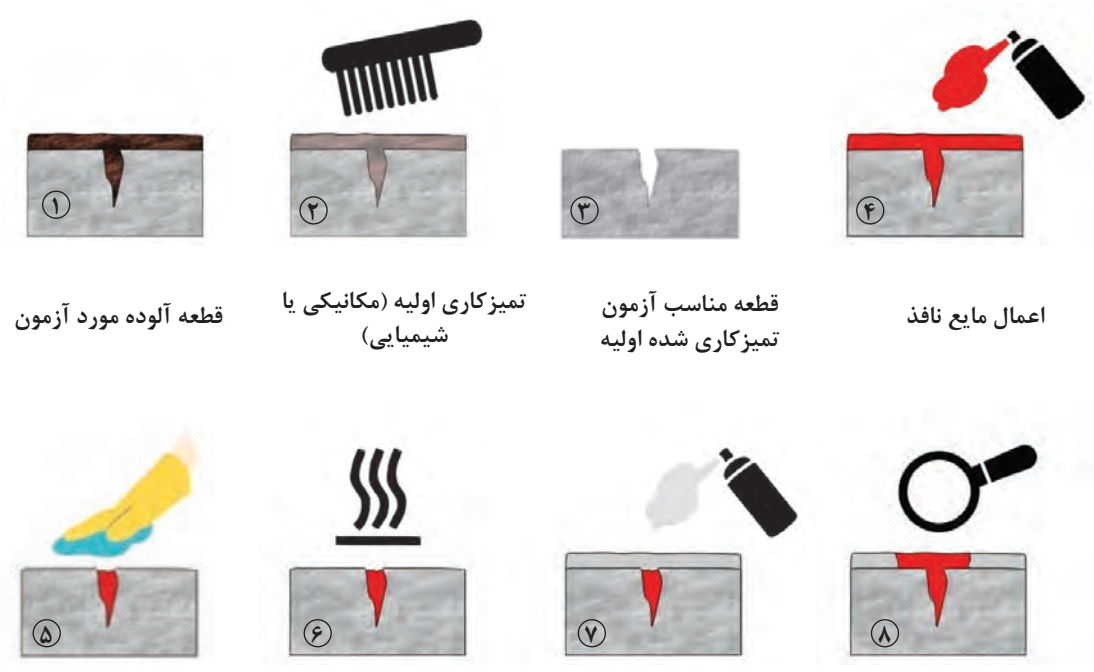
۱ـ Water washable penetrant
۲ـ Post emulsifiable penetrant
۳ـ Solvent removable penetrant
۴ـ Penetrant
۵ـ Cleaner/Remover
۶ـ Developer
۷ـ Dwell time



شکل ۷ــ انجام آزمون PT

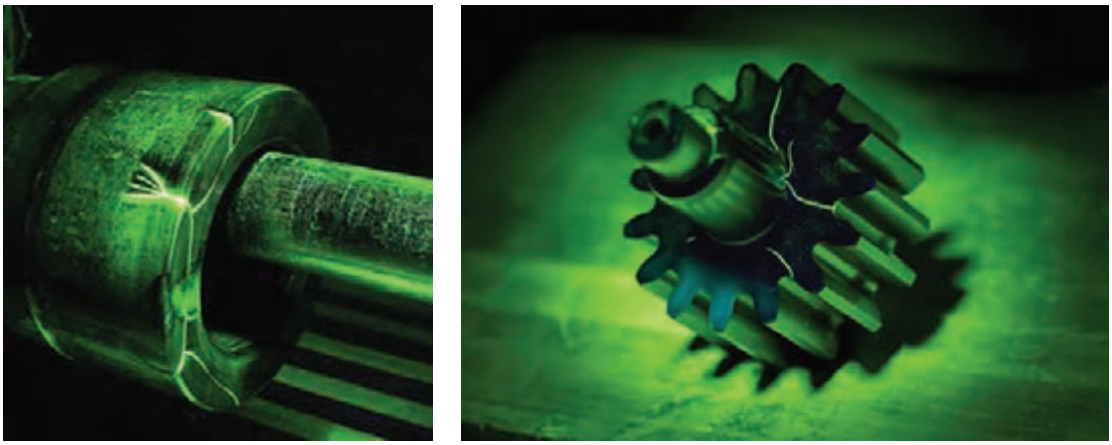


شکل۸ــ عیب ترک قابل مشاهده با PT



شکل ۹ــ مراحل انجام آزمون PT (به روش پاشش)

معمولاً در انجام آزمون مایعات نافذ روی قطعات ریخته‌گری، برای افزایش سرعت انجام کار و دقت بالا از اسپری‌های فلورسنت در یک اتاق تاریک استفاده می‌شود (شکل ۱۰). کلیه مراحل انجام کار، مانند مراحل صفحه قبل است با این تفاوت که در این روش اسپری ماده نافذ حاوی مواد فلورسنت است. برای تفسیر و مشاهده عیب از چراغ UV (نور فرابنفش) استفاده می‌شود. با درخشیدن ماده نافذ خارج شده از ترک بر اثر تابش نور فرابنفش، ترک قابل مشاهده خواهد شد.



شکل ۱۰ـ آزمون مایعات نافذ فلورسنت

توجه شود، زمانی که برای تمیزکردن ماسه‌های چسبیده به قطعه ریختگی و یا خروج ماهیچه از داخل آن از فرایند ساچمه‌زنی[1] استفاده می‌شود به‌دلیل بسته شده دهانه ترک بر اثر برخورد ساچمه‌ها، دیگر امکان نفوذ ماده نافذ وجود ندارد و در نتیجه امکان کشف ترک به این روش میسر نخواهد بود.
معمولاً آزمون‌های غیرمخرب در آخرین مرحله و پس از پایان ماشین‌کاری و تکمیل‌کاری روی قطعات انجام می‌شود.

تحقیق کنید

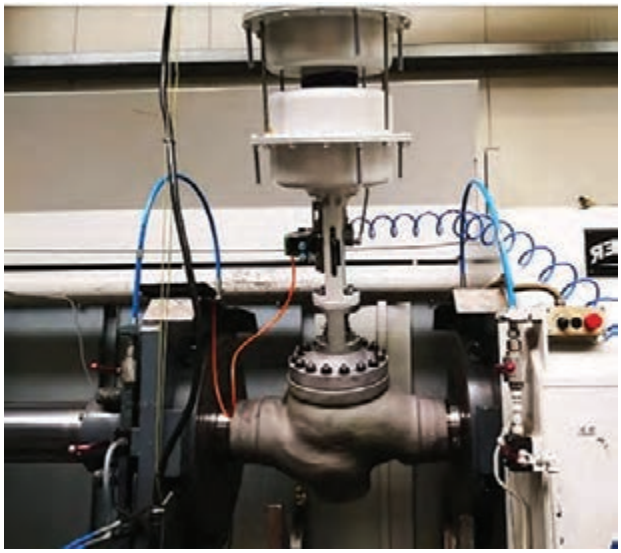
درباره نحوه انجام تکنیک‌های دیگر در روش مایعات نافذ تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

آزمون نشتی (LT)

این روش نیز با چند تکنیک در صنعت انجام می‌شود:
نشت مایع: در این روش با افزایش فشار داخلی قطعات توخالی مانند بلوک سیلندر، پوسته پمپ یا کمپرسور، شیرهای صنعتی و اتصالات چدنی سعی می‌شود عیوبی که به سطح راه پیدا کرده‌اند، کشف شود. معمولاً داخل این قطعات از یک مایع، مانند آب پر شده و پس از آب‌بند کردن قطعه توسط پمپ‌های قوی،

۱ـ Shot Blast

فشار داخلی را افزایش می‌دهند (شکل ۱۱). نشت آب از سطح قطعه به منزله وجود عیب در آن قسمت است.



شکل ۱۱ــ آزمون نشتی شیر صنعتی

استفاده از سنجه[1] نشانگر فشار: روش دیگر کار در آزمون نشتی استفاده از یک سنجه نشانگر فشار است (شکل ۱۲). پس از اعمال فشار تا یک حد مشخص با توجه به شرایط قطعه و استانداردهای موجود، مدت زمانی در این حالت نگاه داشته می‌شود. چنانچه با گذشت زمان، نشانگر کاهش فشار را نشان دهد، نمایانگر نشتی در قطعه ریختگی است.



شکل ۱۲ــ سنجه نشانگر فشار در آزمون نشتی

تحقیق کنید

درباره تکنیک‌های دیگر روش آزمون نشتی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۱ـ Gauge

آزمون ذرات مغناطیسی (MT)

در این آزمون از مواد مغناطیسی استفاده می‌شود. مواد مغناطیسی به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ـ مواد پارامغناطیس: موادی هستند که وقتی در نزدیک یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند خاصیت مغناطیسی قوی از خود نشان نمی‌دهند مانند آلومینیوم، کرم، تانتالم و تنگستن.

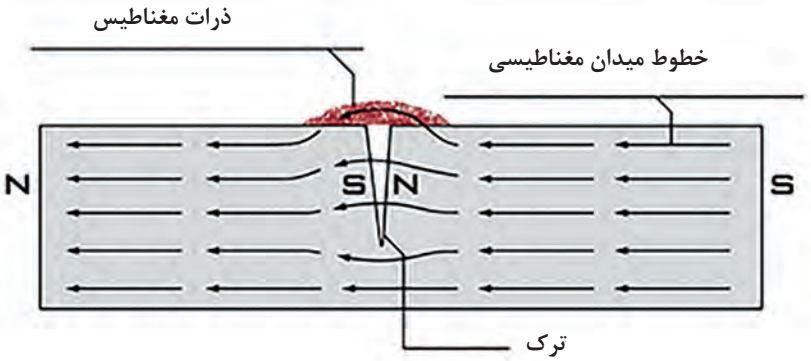
۲ـ مواد دیامغناطیس: موادی هستند که وقتی در نزدیک یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند به هیچ‌وجه خاصیت مغناطیسی به خود نمی‌گیرند مانند نقره، طلا و مس.

۳ـ مواد فرومغناطیس: موادی هستند که وقتی در نزدیکی میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند خاصیت آهن‌ربایی پیدا می‌کنند مانند آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت.

آزمون ذرات مغناطیسی فقط روی موادی که خاصیت فرو مغناطیسی دارند قابل انجام است و این بدان معناست که مثلاً آزمون قطعات آلومینیومی و مسی با این روش ممکن نیست و بهترین روش برای آزمون قطعات فولادی است.

از این روش برای کشف عیوب سطحی و زیرسطحی استفاده می‌شود و ماهیت انجام کار بر مبنای پدیده نشت میدان مغناطیسی انجام می‌گیرد.

برای درک بهتر این موضوع، یک آهنربا را درنظر بگیرید، قطب‌های N و S در دو سر آهنربا قوی‌ترین میدان مغناطیسی را دارند. اگر آهنربا به دو تکه تقسیم شود، دوباره هریک از قسمت‌ها قطب‌های N و S مختص به خود را خواهند داشت.حال فرض کنید شیاری روی آهنربا ایجاد شده باشد، میدان از این شیار نشت کرده و در دو سر شیار قطب‌های قوی N و S تشکیل می‌شود. اگر ذرات ریز پودر آهن روی این قسمت ریخته شود، تجمع ذرات را در این قسمت شاهد خواهیم بود و به این روش ناپیوستگی مشخص وکشف می‌شود.



شکل ۱۳ـ نشت میدان در قسمت ترک و تجمع ذرات آهن

با توجه به مطالب فوق، تنها کافی است قطعه ریختگی فولادی را در معرض یک میدان مغناطیسی قوی قرار دهیم و با ریختن ذرات ریز پودر آهن روی آن و مشاهده تمرکز ذرات در قسمت نشت یافته میدان

مغناطیسی، ترک‌های سطحی مشخص می‌شوند (شکل ۱۴). ترک‌هایی که عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشند، بهتر آشکارسازی می‌شوند، از این‌رو با تغییر جهت میدان مغناطیسی در دو وضعیت عمود بر هم سعی می‌شود ترک‌های طولی و عرضی آشکارسازی شوند.



شکل ۱۴ــ تجمع ذرات در محل وجود ترک

تکنیک‌های مورد استفاده در روش ذرات مغناطیسی به شرح زیر است:

۱ استفاده از یوک[۱]

۲ استفاده از سیم‌پیچ[۲]

۳ استفاده از روش هدشات[۳]

۴ استفاده از روش پراد[۴]

انجام آزمون ذرات مغناطیسی توسط دستگاه یوک: یوک دستگاهی با پایه‌های فولادی است (شکل ۱۵) که با سیم‌پیچ‌های داخلی خود جریان الکتریکی را به‌صورت میدان مغناطیسی به پایه‌های خود القا می‌کند و خاصیت آهنربایی به آنها می‌دهند. با قرار دادن پایه‌های آن دور قطعه ریختگی، میدان مغناطیسی طولی بین دو پایه یوک برقرار می‌شود.



شکل ۱۵ــ تصویر دستگاه یوک

۱ـ Yoke ۲ـ Coil ۳ـ Head shot ۴ـ Prod



شکل ۱۶ــ اسپری رنگ سفید و جوهر

برای انجام این آزمون توسط تکنیک یوک در قطعات ریختگی از دو اسپری استفاده می‌شود:

ــ اسپری رنگ سفید[1]: رنگ سفید رقیق شده‌ای است که به جهت ایجاد تضاد زمینه و بهتر مشخص شدن ذرات تیره پودرآهن روی قطعه پاشش می‌شود.

ــ اسپری جوهر یا پودر آهن[2]: این جوهر حاوی ذرات بسیار ریزی از پودر آهن است که با یک حلال ترکیب شده است. علت ترکیب شدن ذرات آهن با یک حلال، قابلیت خروج به‌صورت یکنواخت از داخل قوطی اسپری و همچنین قابلیت جابه‌جایی جهت تجمع در محل وجود ترک‌ها است. شکل ۱۶ تصویر این دو اسپری را نشان می‌دهد.

مراحل انجام آزمون ذرات مغناطیسی با تکنیک استفاده از یوک به شرح زیر است:

۱ سطح قطعه‌ای که قرار است ارزیابی شود باید عاری از هرگونه آلودگی مانند روغن، گریس، ماسه و غبار باشند.

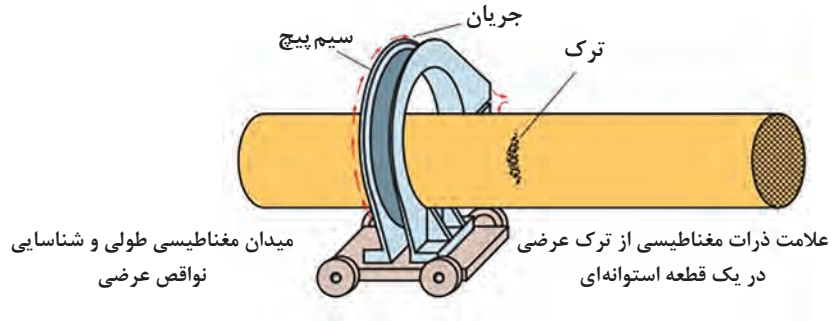
۲ رنگ سفید رقیق روی قسمتی که قرار است ارزیابی شود.

۳ پایه‌های یوک در دو سمت قطعه یا موضعی که قرار است ارزیابی می‌شود.

۴ هم‌زمان با برقراری میدان مغناطیسی، پودر آهن بین دو پایه یوک اسپری قرار می‌گیرد.

۵ علامت‌های ظاهر شده تفسیر و موقعیت عیوب ثبت می‌شود.

استفاده از تکنیک سیم‌پیچ در انجام آزمون ذرات مغناطیسی: در این تکنیک با عبور جریان الکتریکی از بین سیم‌پیچ، میدان مغناطیسی به‌صورت حلقه‌ای به دور سیم‌پیچ تشکیل می‌شود. جهت میدان مغناطیسی در سیم‌پیچ از قانون دست راست پیروی می‌کند. یعنی چنانچه شست دست راست در جهت عبور جریان در سیم باشد، راستای بسته شدن انگشتان دست، نشان‌دهنده جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده است. در اثر عبور جریان و تشکیل میدان مغناطیسی در سیم‌پیچ، میدان مغناطیسی در قطعه القا می‌شود و با القای میدان مغناطیسی در قطعه با استفاده از ریختن ذرات پودر آهن، می‌توان ترک‌های احتمالی روی سطح قطعه را بررسی کرد (شکل۱۷). از این روش بیشتر برای آزمون شفت‌ها و به روش فلورسنت استفاده می‌شود (شکل۱۸). بنابراین دیگر نیازی به اسپری کردن رنگ سفید نیست و با تجمع ذرات آهن مخلوط شده با مواد فلورسنت در اطراف ترک به کمک نور فرا بنفش (UV) به وضوح قابل رؤیت خواهد بود.



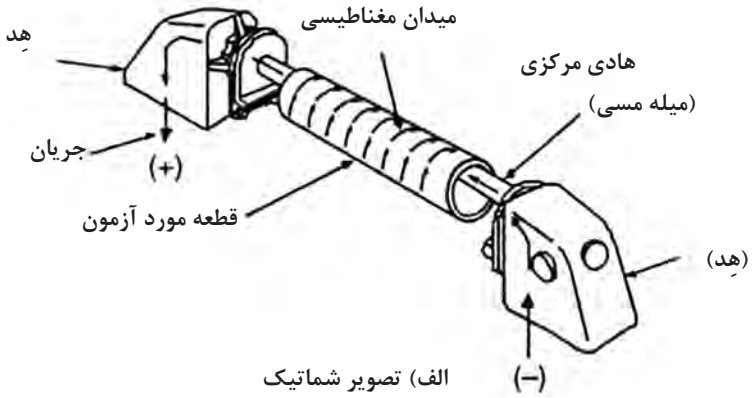
شکل ۱۷ــ تکنیک سیم پیچ در آزمون ذرات مغناطیسی

۱ـ White Contrast ۲ـ Ink




شکل ۱۸ــ آزمون فلورسنت ذرات مغناطیسی به روش سیم‌پیچ

استفاده از تکنیک هدشات در انجام آزمون ذرات مغناطیسی: در تکنیک هدشات، میله‌ای معمولاً مسی به پایه‌هایی که در دو سر آن جریان الکتریکی برقرار شده است متصل می‌شود و با عبور جریان الکتریکی، میدان به‌صورت حلقه‌ای تشکیل می‌گردد. از این روش بیشتر برای تست قطعات لوله‌ای و حلقه‌ای و به روش فلورسنت استفاده می‌شود (شکل۱۹).



الف) تصویر شماتیک




ب) تصویر واقعی

شکل ۱۹ــ تکنیک هدشات در تست ذرات مغناطیسی

گفت‌وگو کنید

در مورد نحوه کار براساس تکنیک پراد و اینکه چه قطعاتی به این روش تحت آزمون قرار می‌گیرند در کلاس گفت‌وگو کنید.

تحقیق کنید

درباره مزایا و معایب روش پراد تحقیق کنید.

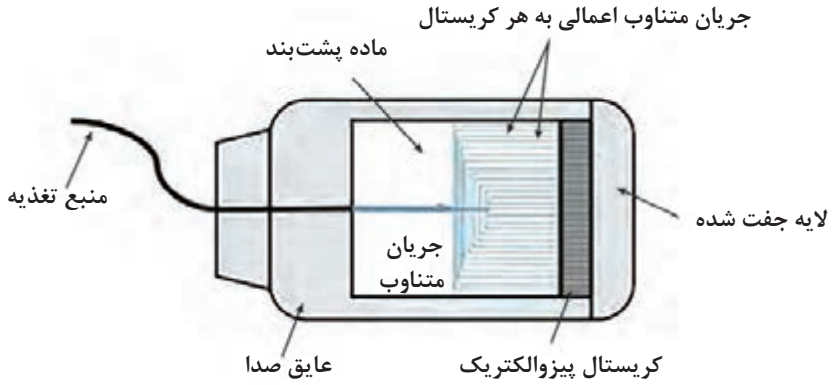
آزمون امواج فراصوت (UT)

به امواج صوتی که بالاتر از حد شنوایی انسان هستند امواج فرا صوت گفته می‌شود. گوش انسان می‌تواند امواج با فرکانس بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را بشنود و صداهای کمتر یا بیشتر از این فرکانس قابل شنیدن نیستند. استفاده از امواج فراصوت به اواخر جنگ جهانی اول برمی‌گردد. با آغاز جنگ جهانی دوم، ابتدا از این پدیده برای شناسایی زیردریایی‌هایی که به ساحل نزدیک می‌شدند استفاده می‌شد. با قرار دادن مبدل‌های قوی در داخل آب، امواج فراصوت ایجاد شده و در داخل آب دریا منتشر می‌شدند. به محض برخورد این امواج با یک جسم بزرگ مانند زیردریایی‌ها، صوت منعکس شده و برگشت داده می‌شد. صوت برگشت داده شده مجدداً توسط مبدل‌ها دریافت شده و به‌صورت یک سیگنال الکتریکی، روی نمایشگرها نشان داده می‌شوند و با استفاده از این روش، وجود زیردریایی‌ها ثابت می‌شد. با گذشت زمان از این پدیده برای شناسایی عیوب در داخل قطعات ریختگی نیز استفاده شد.

از آزمون امواج فراصوت برای شناسایی عیوب داخلی قطعات ریختگی استفاده می‌گردد. اجزای تشکیل‌دهنده دستگاه امواج فراصوت عبارتند از:

پراب[1]: مبدلی است که فرستنده و دریافت‌کننده امواج فراصوت است و با اثر پیزوالکتریک کار می‌کند.

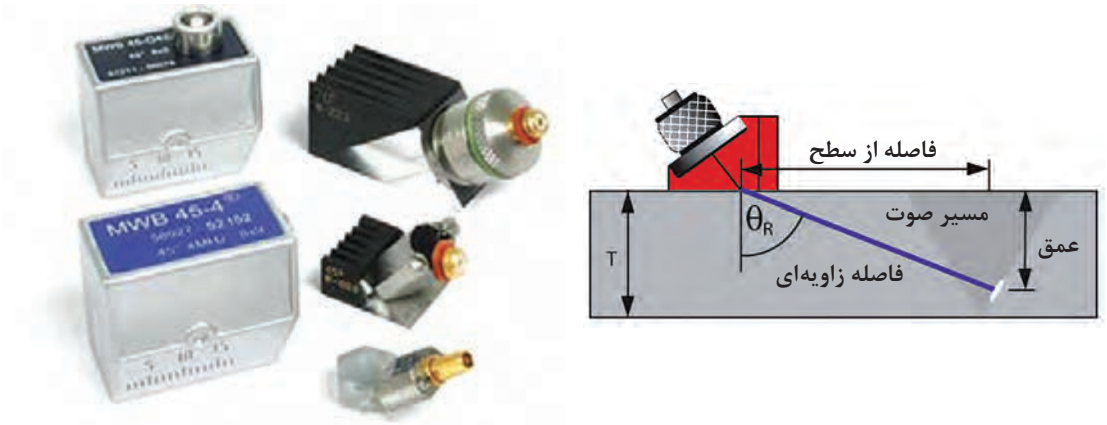
اثر پیزوالکتریک: توانایی برخی مواد برای تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس را گویند. کوارتز یک ماده پیزوالکتریک طبیعی است، چنانچه در معرض جریان الکتریکی قرار بگیرد، شروع به لرزیدن می‌کند و بالعکس زمانی که ارتعاشی به آن وارد شود می‌تواند انرژی مکانیکی را به جریان الکتریکی تبدیل کند. شکل ۲۱ اجزای تشکیل‌دهنده یک پراب را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ـ اجزای تشکیل‌دهنده پراب

۱ـ Transducer

پراب‌ها به دو شکل زاویه‌ای (شکل ۲۱) و نرمال (شکل ۲۲) در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. پراب‌های زاویه‌ای صوت عرضی و پراب‌های نرمال صوت طولی ایجاد می‌کنند. استفاده از مبدل‌های بالا در ارزیابی عیوب داخلی قطعات ریختگی بسته به شرایط قطعه متفاوت است ولی پراب‌های نرمال با توجه به ایجاد صوت طولی و سرعت صوت بالاتر، بیشترین کاربرد را در آزمون قطعات ریختگی دارند. فرکانسی که هر پراب تولید می‌کند مهم‌ترین عامل در انتخاب آنها است. هرچه فرکانس پراب کمتر باشد با ایجاد طول موج بزرگ‌تر، قدرت نفوذ بالاتری را در قطعه ایجاد می‌کند.



شکل ۲۱ــ پراب‌های زاویه‌ای



شکل ۲۲ــ پراب‌های نرمال

پردازنده: دستگاهی الکترونیکی است (شکل۲۳) که کلیه فرمان‌های ورودی و خروجی را کنترل می‌کند و پس از آنالیز اطلاعات آنها را به‌صورتی که برای کاربر قابل فهم است روی نمایشگر نشان می‌دهد. برندهای مختلفی از این پردازنده‌ها در صنعت وجود دارند ولی عملکرد آنها یکسان است.



شکل ۲۳ــ دستگاه پردازنده آزمون امواج فراصوت

مراحل انجام کار برای آزمون امواج فرا صوت:

۱ قبل از آغاز کار آزمون امواج فراصوت، لازم است دستگاه توسط آزمون بلوک‌هایی از جنس قطعه موردنظر، کالیبره شود.

۲ قطعه مورد آزمایش لازم است تمیزکاری شده و عاری از پلیسه یا موانعی باشد که از حرکت پراب روی سطح قطعه جلوگیری کند.

۳ برای اطمینان از تماس کامل پراب با سطح قطعه، ژل مخصوصی (کوپلنت) بین پراب و سطح قطعه زده می‌شود تا صوت به‌صورت کامل به داخل فلز تابیده شود.

۴ پراب با فرکانس مناسب انتخاب شده و توسط کابل رابط به دستگاه متصل می‌شود.

۵ اسکن کامل سطح قطعه آغاز می‌شود و نتایج به‌صورت سیگنال‌هایی روی نمایشگر دیده شده و تفسیر می‌گردد (شکل ۲۴).



شکل ۲۴ـ انجام آزمون امواج فراصوت روی قطعه ریختگی

تقریباً کلیه فلزات آهنی و غیرآهنی را می‌توان به این روش ارزیابی کرد، فقط باید توجه داشت سرعت انتشار صوت در فلزات مختلف متفاوت است و با تغییر جنس فلز لازم است سرعت صوت را در دستگاه تغییر داد و کالیبراسیون مجدد صورت بگیرد. به‌عنوان مثال سرعت انتشار صوت در فولادها به‌صورت طولی ۵۸۵۰ m/s و در آلومینیوم ۶۳۵۰ m/s است. شکل ۲۵ انجام آزمون امواج فروصوت را بر روی پروانه ریختگی یک کشتی نشان می‌دهد.

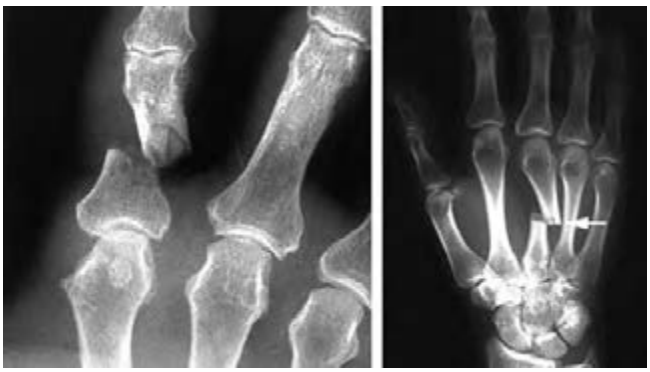


شکل ۲۵ـ آزمون امواج فراصوت روی پروانه ریخته‌گری شده کشتی از جنس برنز

تحقیق کنید

مزایا و محدودیت‌های روش امواج فراصوت را در اینترنت جست‌وجو کنید و در کلاس ارائه دهید.

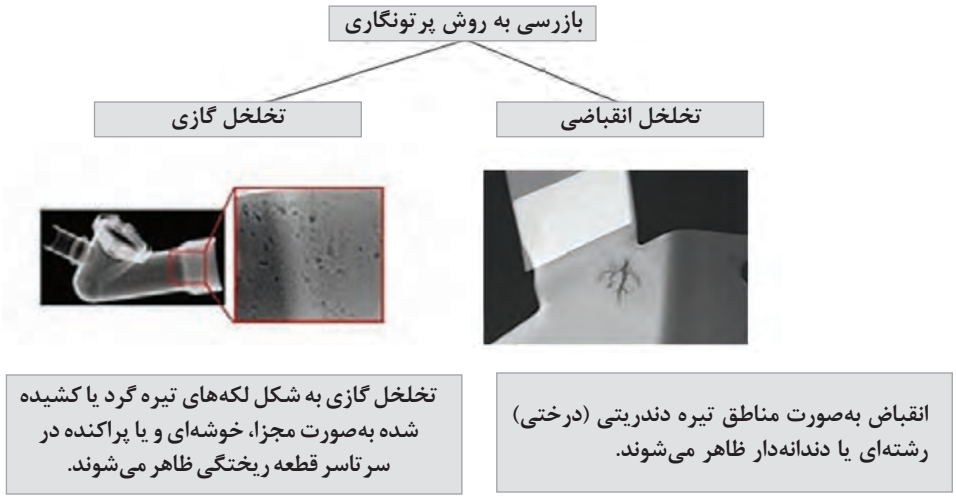
آزمون رادیوگرافی (RT)



شکل ۲۶ـ تصویر رادیوگرافی دست

آزمون‌های رادیوگرافی بیشتر در صنعت پزشکی شناخته شده است، با استفاده از این روش پزشکان توانایی رؤیت قسمت‌های آسیب‌دیده از استخوان‌ها (شکل ۲۶) و همچنین دندان‌پزشکان توانایی بررسی وضعیت فک و دندان‌ها را برای انتخاب روش مناسب درمان دارند.

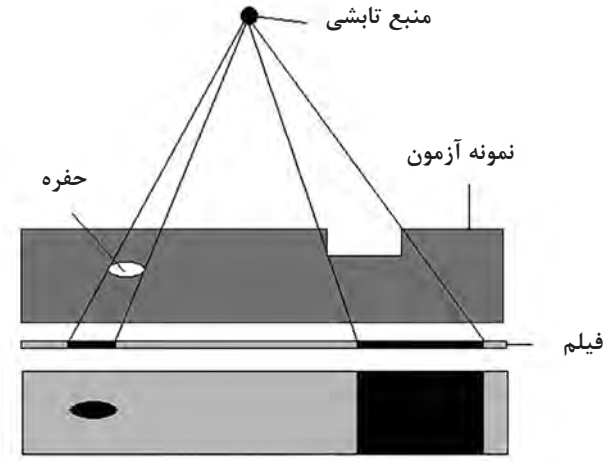
با توجه به تصاویر مستندی که آزمایش پرتونگاری در اختیار کاربران خود قرار می‌دهد (شکل ۲۷) تولیدکنندگان قطعات ریختگی نیز برای کشف عیوب داخلی فلزات و اطمینان از سلامت قطعات تولید شده از این روش برای انجام آزمون‌های غیرمخرب استفاده کردند. به‌طوری‌که این روش به‌عنوان یکی از پرکاربردترین آزمون‌ها جهت یافتن تخلخل‌ها و حفرات گازی حبس شده در قطعات ریختگی تلقی می‌شود.



شکل ۲۷ـ تصاویر رادیوگرافی از قطعات ریختگی

آزمون رادیوگرافی چیست و چگونه کار می‌کند؟

آزمون رادیوگرافی براساس اختلاف جذب شدن تشعشعات نفوذ کرده در قطعه کار می‌کند، یعنی با استفاده از یکسری پرتو الکترومغناطیس مانند پرتو ایکس (X) و یا پرتو گاما (γ) که به سمت قطعه تابیده می‌شوند و با قدرتی که دارند از قطعه عبور کرده و از سمت دیگر آن خارج می‌شوند می‌توان عیوب داخلی را تشخیص داد. حال اگر یک فیلم مخصوص از جنس نگاتیوهای دوربین عکاسی در پشت قطعه قرار گرفته باشد پرتوهایی که موفق شده‌اند از قطعه عبور کنند به این فیلم تابیده و تصویر نهایی ایجاد می‌گردد. براساس جنس قطعه و ضخامت، مقداری از اشعه جذب می‌شود و تأثیر آن بر فیلم رادیوگرافی به‌صورت شدت تیرگی و روشنی مشخص می‌شود. حال اگر ناپیوستگی مانند تخلخل و حفره در داخل قطعه باشد، به‌دلیل اختلاف جذب اشعه عبوری نسبت به فلز زمینه، اختلاف در شدت تیرگی و روشنی به‌وجود می‌آید و به این ترتیب عیوب داخلی کشف می‌شوند. به‌عنوان مثال اگر حفره هوایی در قطعه وجود داشته باشد، به‌دلیل جذب اشعه کمتر، فیلم رادیوگرافی تیره‌تر می‌شود و اگر ناخالصی سرباره در قطعه وجود داشته باشد به‌دلیل جذب اشعه بیشتر، فیلم رادیوگرافی روشن‌تر می‌شود (شکل ۲۸).



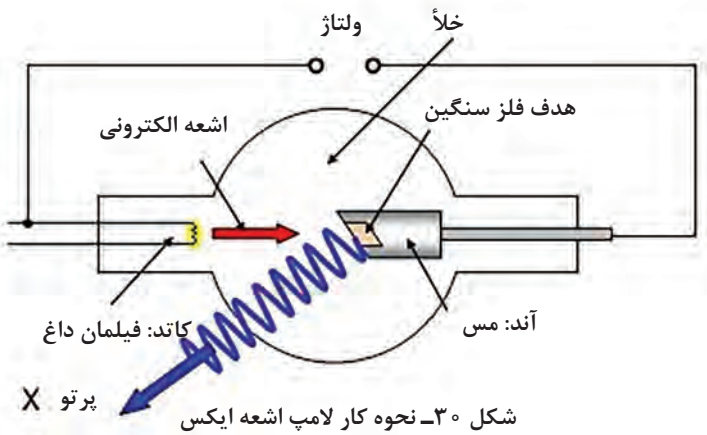
تصویر حاصل بر روی فیلم (بعد از پردازش مناطق تیره ظاهر می‌شوند)

شکل ۲۸ـ نحوه کار آزمون رادیوگرافی

پرتو ایکس(X): دستگاه تولیدکننده این اشعه از لامپی استفاده می‌کند که تحت خلأ قرار دارد. در لامپ اشعه ایکس، با گرم شدن فیلامان تنگستن (کاتد)، الکترون‌ها آزاد می‌شوند (شکل ۲۹). سپس این الکترون‌ها تحت ولتاژ بالا (۱۵ تا ۲۰ کیلو ولت) به سمت آند (هدف فلزی مانند تنگستن) شتاب می‌گیرند. بیشتر انرژی الکترون‌ها به گرما تبدیل می‌شود و بنابراین، آند نیاز به خنک‌کاری (مثلاً با گردش با آب) دارد. بخش کوچکی از انرژی الکترون‌ها در اثر اندرکنش با الکترون‌های لایه‌های داخلی اتم هدف (آند تنگستن)، سبب تابش اشعه ایکس با طول موج مشخص می‌شود، شکل ۳۰ نحوه کار این دستگاه را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل۲۹ـ لامپ اشعه ایکس



شکل ۳۰ـ نحوه کار لامپ اشعه ایکس

پرتو گاما (γ): اشعه گاما یک پرتو ناشی از واپاشی ماده رادیواکتیو است که به‌صورت ذاتی دارای تشعشعات رادیواکتیویته است و به‌طور دائم تابش رادیو اکتیو ادامه دارد تا انرژی آن کم شود، برای این منظور برای در امان ماندن از تشعشعات آن، ماده رادیو اکتیو را در یک مخزن ضخیم سربی نگهداری می‌کنند (شکل ۳۱). کاربر در زمان استفاده از آن ابتدا در یک فاصله ایمن قرار گرفته و سپس با ابزارهای کنترل از راه دور ماده پرتوزا را از مخزن خارج کرده و پس از سپری شدن زمان مشخص برای نفوذ پرتو در قطعه، مجدداً به داخل مخزن سربی برگردانده می‌شود.



شکل۳۱ـ مخزن سربی و شلنگ‌های کنترلی ماده رادیو اکتیو و تولید پرتو گاما

آزمون‌های غیرمخرب مختلف دیگری هم در سرتاسر دنیا با توجه به حساسیت و شرایط کاری قطعات ریختگی انجام می‌گیرد که هریک، تکنیک‌های خاص خود را برای دستیابی به بهترین نتیجه دارند. جست‌وجوی صنعت برای استفاده از این آزمون‌ها تنها بیانگر این موضوع است که همه زمان و هزینه‌هایی که صرف ساخت یک قطعه می‌شود گاهی ممکن است با کوچک‌ترین ناپیوستگی و عیب در یک قطعه ریختگی از بین برود و موجب می‌شود اتفاقات و حوادث رخ دهد. آزمون‌های غیرمخرب، اقدامات پیشگیرانه‌ای هستند که سلامت یک قطعه ریختگی قبل از استفاده را تضمین می‌کنند.

ارزشیابی

ارزشـیابی در ایـن درس براسـاس شایسـتگی اسـت. بـرای هـر پودمـان یـک نمـره مسـتمر (از ۵ نمـره) و یـک نمـره شایسـتگی پودمـان (نمـرات ۱، ۲ یـا ۳) بـا توجـه بـه اسـتانداردهای عملکـرد جداول ذیـل برای هـر هنرجـو ثبـت می‌گـردد. امـکان جبـران پودمان‌ها در طـول سـال تحصیلی بـرای هنرجویان و براسـاس برنامه‌ریـزی هنرسـتان وجـود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان بازرسی و انجام آزمون‌های غیر مخرب روی قطعات ریختگی

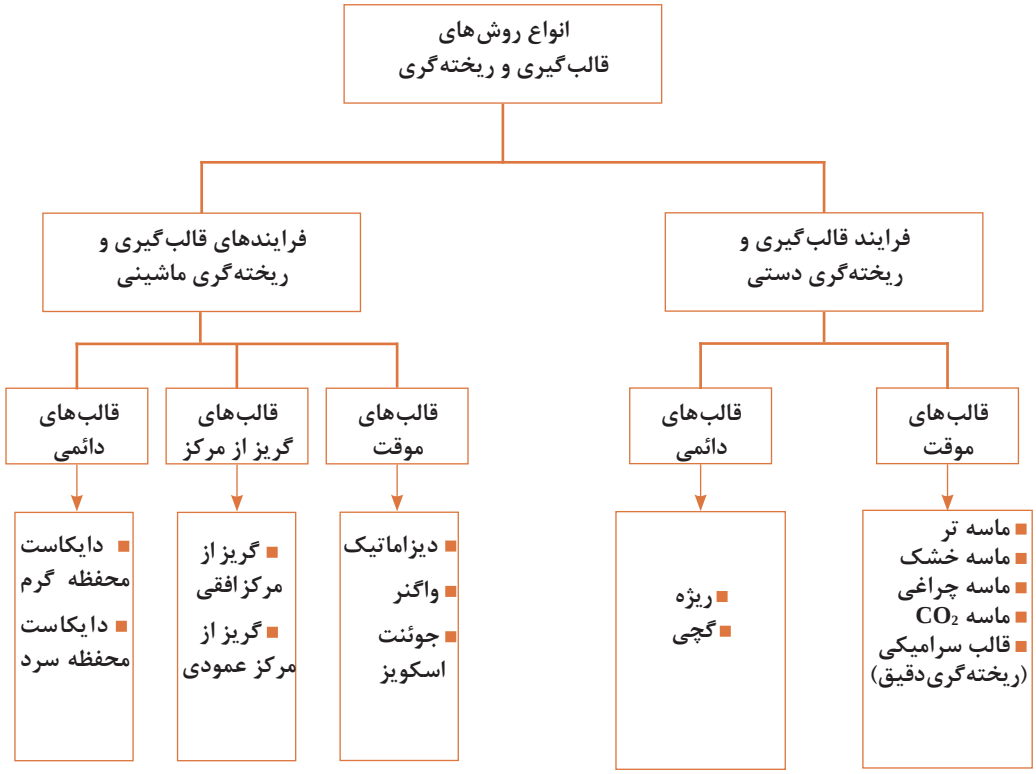
تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
بازرسی چشمی	شناخت اهمیت بازرسی و کاربرد آن در صنعت	بالاتر از حد انتظار	شناخت اهمیت بازرسی چشمی در صنعت ریختگی شناخت انواع روش‌های آزمون‌های غیرمخرب به همراه تکنیک‌های آنها درک لزوم کنترل کیفیت قطعه ریختگی	۳
آزمون‌های غیرمخرب	آشنایی با انواع روش‌های تست‌های غیرمخرب	در حد انتظار	شناخت انواع روش‌های تست‌های غیرمخرب درک لزوم کنترل کیفیت قطعه ریختگی	۲
		پایین‌تر از حد انتظار	درک لزوم کنترل کیفیت قطعه ریختگی	۱
نمرهٔ مستمر از ۵				

پودمان چهارم

روش‌های ماشینی قالب‌گیری و ریخته‌گری



روش‌های قالب‌گیری و ریخته‌گری که برای تولید قطعات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان به‌صورت نمودار شکل ۱ تقسیم‌بندی کرد:



شکل ۱ـ نمودار انواع روش‌های قالب‌گیری و ریخته‌گری

در کارگاه ریخته‌گری پایه دهم و یازدهم با روش‌های قالب‌گیری دستی به‌طور کامل آشنا شده‌اید، در این پودمان با قالب‌گیری ماشینی آشنا می‌شوید.

به‌طورکلی ماشین‌های قالب‌گیری به ۳ دسته زیر تقسیم می‌شوند:

الف) ماشین‌های قالب‌گیری تولید قالب‌های موقت؛

ب) ماشین‌های ریخته‌گری در قالب‌های دائمی؛

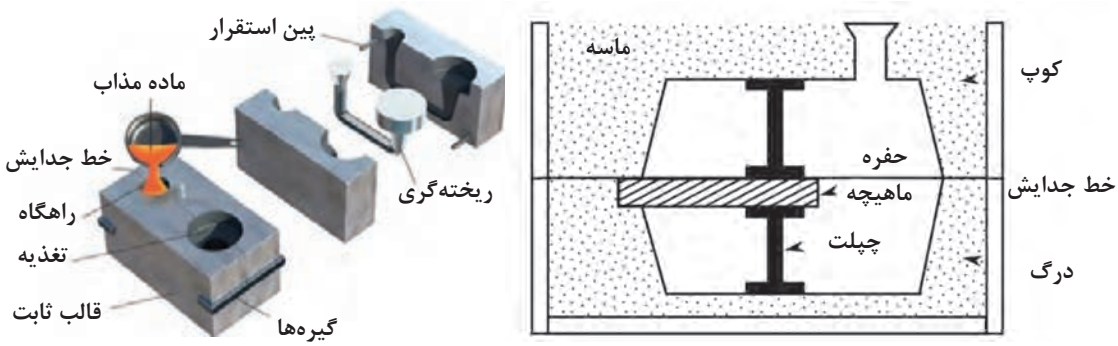
ج) ماشین‌های ریخته‌گری گریز از مرکز.

فعالیت گروهی

روش‌های ریخته‌گری را که در پایه یازدهم و دوازدهم آموخته‌اید، با یکدیگر مقایسه کنید. ریخته‌گری در قالب‌های ماسه‌ای و قالب‌های فلزی چه تفاوتی با هم دارند؟

ماشین‌های قالب‌گیری جهت قالب‌های موقت

این دسته از ماشین‌ها کاربرد بسیار بالایی در صنعت ریخته‌گری جهت تولید قطعات دارند و عملاً بخش عمده‌ای از قطعات در صنعت توسط این ماشین‌ها تولید می‌شوند. همان‌طور که در پایه دهم و یازدهم آموخته‌اید، جهت ساخت قالب‌های ریخته‌گری (اعم از موقت و دائم) سطح جدایش قالب که دو لنگهٔ درجه را از یکدیگر جدا می‌کند، می‌تواند به‌صورت افقی (آنچه که در قالب‌گیری به روش ماسه تر است شکل ۲ (الف)) و یا می‌تواند به‌صورت عمودی (آنچه که در قالب‌های ریژه است شکل ۲ (ب)) باشد.



(الف) سطح جدایش افقی قالب

(ب) سطح جدایش عمودی قالب

شکل ۲ـ انواع سطح جدایش در ریخته‌گری

سطح جدایش، ماشین‌های قالب‌گیری با توجه به طراحی خط قالب‌گیری می‌توانند به یکی از دو حالت افقی و عمودی تقسیم‌بندی شوند.

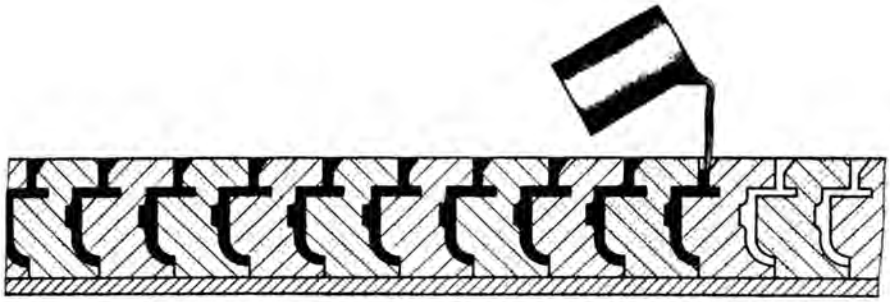
فعالیت گروهی

مزایای قالب‌گیری ماشینی نسبت به قالب‌گیری دستی را در کلاس مقایسه کنید.

ماشین‌های قالب‌گیری دیزاماتیک[۱]

خط قالب‌گیری دیزاماتیک یک خط تمام اتوماتیک است که سطح جدایش قالب‌گیری به‌صورت عمودی است، تصویر شماتیک این خط در شکل ۳ نمایش داده شده است.

۱ـ disamatic



شکل ۳ـ سطح جدایش در ماشین قالب‌گیری دیزاماتیک

این ماشین قالب‌گیری از بخش‌های زیر تشکیل می‌شود که عبارتند از:

۱ آماده‌سازی ماسه قالب‌گیری

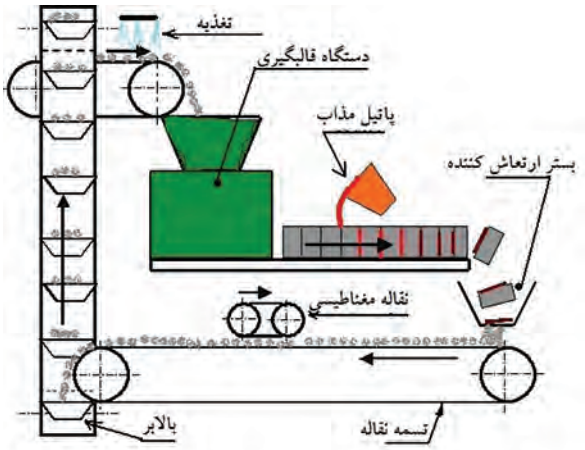
۲ قالب‌گیری ماشینی

۳ ذوب‌ریزی

۴ تخلیه قالب

۵ احیای ماسه

تصویر شماتیک یک دستگاه قالب‌گیری دیزاماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ـ جزئیات یک ماشین قالب‌گیری دیزاماتیک

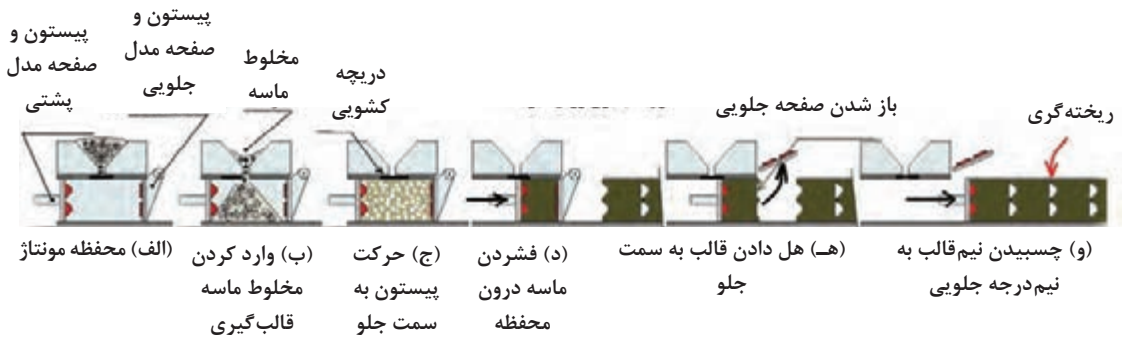
۱ـ آماده‌سازی مخلوط ماسه قالب‌گیری

مخلوط ماسه قالب‌گیری مورد استفاده در ماشین دیزاماتیک، شامل ماسه سیلیسی به همراه چسب بنتونیت و رطوبت است. مشابه فرایند قالب‌گیری ماسه تر به روش دستی، افزودنی‌هایی مانند زغال چوب و گرافیت جهت سریع‌تر سرد شدن قالب و همچنین کمک به تخلیه آسان‌تر قالب‌ها، به مخلوط ماسه اضافه می‌شود. لازم به ذکر است که به مخلوط ماسه حاوی زغال، ماسه سیاه گفته می‌شود. افزودنی‌های دیگری نیز ممکن است برای کاربردهای گوناگون به ماسه اضافه شود.

با توجه به اینکه سرعت قالب‌گیری و تولید قطعه در این روش بسیار بالاست، ماسه مورد استفاده باید مورد بازیابی قرار گرفته تا خواص خود را حفظ کرده و در قالب‌گیری مشکلی به‌وجود نیاید. بنابراین پس از ذوب‌ریزی و تخلیه قالب، ماسه مورد استفاده به میکسرهای مخصوصی جهت احیاء منتقل و افزودنی‌هایی مانند بنتونیت، رطوبت، زغال چوب و دکسترین به آن افزوده و پس از انجام آزمایش‌های مربوط به خواص مواد قالب‌گیری، به مخزن بالای خط قالب‌گیری منتقل شده و آماده قالب‌گیری می‌شود.

۲ـ قالب‌گیری ماشینی

همان‌طورکه گفته شد در خط قالب‌گیری دیزاماتیک، سطح جدایش قالب به‌صورت عمودی است و فرایند قالب‌گیری به‌صورت تمام اتوماتیک انجام می‌شود. در این ماشین، مدل به‌صورت صفحه‌ای بر روی دو صفحه مجزا به‌گونه‌ای که نیمی از مدل بر روی یک صفحه و نیم دیگر مدل بر روی صفحهٔ دیگر قرار گیرد، ساخته می‌شود و پس از قالب‌گیری و جفت شدن درجه‌ها، قالب به‌طور کامل شکل می‌گیرد. جهت درک بهتر این موضوع در شکل ۵ مراحل قالب‌گیری ماشین دیزاماتیک، نشان داده شده است.



شکل ۵ـ مراحل قالب‌گیری ماشین دیزاماتیک

همان‌طورکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود مراحل قالب‌گیری در ماشین دیزاماتیک عبارت است از:

(الف) مدل‌های صفحه‌ای که به‌صورت دو نیم‌صفحه هستند، در محل مشخص شده، روی دستگاه ثابت می‌شوند (یکی از صفحه‌ها ثابت و صفحه دیگر متحرک است)، مابین این دو نیم‌صفحه، فضای خالی طراحی می‌شود.

(ب) مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده شده، درون محفظهٔ خالی ایجاد شده ریخته می‌شود.

(ج) نیم‌صفحهٔ پشتی که به‌صورت متحرک است و با حرکت جک هیدرولیک به سمت جلو و عقب حرکت می‌کند. پس از پر شدن محفظه خالی از ماسه قالب‌گیری، جک هیدرولیک به سمت جلو حرکت کرده، و در این لحظه، صفحه مدل پشتی که متصل به جک است به سمت جلو هل داده می‌شود.

(د) حرکت صفحه پشتی به جلو سبب فشرده شدن ماسه درون محفظه قالب می‌شود.

(هـ) پس از فشرده شدن ماسه، صفحه جلویی که حرکت دورانی دارد و تحت زاویه ۱۸۰ درجه قابل چرخش است، شروع به چرخیدن به سمت بالا می‌کند و هم‌زمان جک هیدرولیک دستگاه، قالب را به سمت جلو هل می‌دهد.

(و) هل دادن نیم‌قالب توسط جک به سمت جلو سبب چسبیدن نیم‌قالب ایجاد شده می‌گردد که پس از متصل شدن به نیم‌قالب جلویی، قالب کامل ایجاد می‌شود.

پس از چسبیدن نیم‌قالب ایجاد شده به نیم‌قالب جلویی، جک هیدرولیک به سمت عقب حرکت می‌کند و

نیم‌صفحه پشتی را در محل خود مستقر می‌کند سپس صفحه جلویی قالب نیز چرخش کرده و در محل اولیه خود قرار می‌گیرد و محفظه خالی را به‌منظور قالب‌گیری مجدد ایجاد می‌کند.

توجه: نیم‌قالبی که توسط دستگاه، قالب‌گیری شده و به سمت جلو حرکت می‌کند، در یک سمت آن قسمت رویی و در سمت دیگر آن قسمت پشتی قالب ایجاد شده است. هنگامی‌که این نیم‌قالب‌ها به هم متصل می‌شوند یک قالب کامل ایجاد می‌شود. شکل ۶ مراحل قالب‌گیری ماشین دیزاماتیک را نشان می‌دهد.



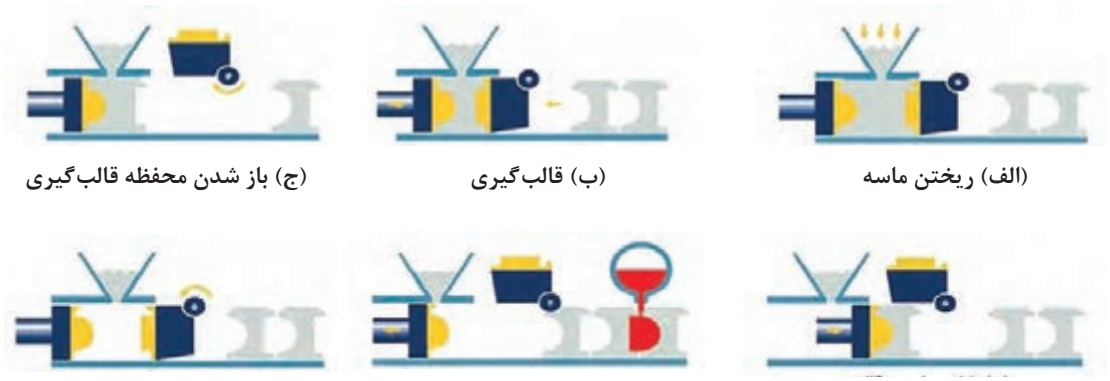
(الف) (ب) (ج)

شکل ۶ـ مراحل قالب‌گیری خط دیزاماتیک؛ (الف) نیم قالب ایجاد شده پس از باز شدن نیم‌صفحه جلویی و هل دادن به سمت جلو، (ب) جفت شدن نیم قالب ایجاد شده به نیم‌قالب جلویی و ایجاد محفظه قالب و (ج) ماهیچه‌گذاری به‌صورت دستی در نیم‌قالب پشتی و آماده شدن جهت جفت شدن با نیم‌قالب جدید که در حال قالب‌گیری است.

دستگاه‌های قالب‌گیری دیزاماتیک در ۵ نسل توسعه یافته‌اند و آخرین آن دستگاه DISA۲۳۰ است که کاملاً اتوماتیک و ظرفیت قالب‌گیری ۵۰۰ قالب بدون ماهیچه و ۴۴۰ قالب با ماهیچه را در ساعت دارد.

۳ـ ذوب ریزی

پس از قالب‌گیری پیوسته، عملیات ذوب‌ریزی درون این قالب‌ها انجام می‌گیرد که به‌صورت شماتیک در شکل ۷ نشان داده شده است.



(الف) ریختن ماسه
(ب) قالب‌گیری
(ج) باز شدن محفظه قالب‌گیری
(د) خارج شدن قالب
(هـ) جفت شدن قالب و ذوب‌ریزی
(و) آماده شدن محفظه جهت قالب‌گیری مجدد

شکل ۷ـ شماتیک ذوب ریزی در خط دیزاماتیک

تهیه و آماده‌سازی مذاب در این خط قالب‌گیری، به‌صورت مجزا در یک کوره القایی انجام می‌شود و پس از تنظیم ترکیب ذوب، مذاب با پاتیل‌های مخصوص به درون پاتیل‌های نگهدارنده مذاب منتقل می‌شود. پس از افزودن مواد کمک ذوب به درون محفظه قالب (در موارد ویژه، افزودن مواد تلقیحی در سیستم راهگاهی جهت تولید چدن نشکن) و پس از قرارگیری قالب در محل مناسب، مذاب توسط پاتیل کف‌ریز (پلانجر[۱])، درون محفظه قالب ریخته می‌شود و توسط یک سیستم کنترلی، پس از پرشدن قالب، ذوب‌ریزی متوقف و قالب به سمت جلو هل داده می‌شود تا ذوب‌ریزی به قالب بعدی صورت پذیرد. فرایند ذوب‌ریزی در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ـ ذوب‌ریزی در خط دیزاماتیک

۱ـ Plunger

پرسش کلاسی

انواع روش‌های ذوب ریزی را فهرست کرده و مزایای هریک را بیان کنید.

۴ـ تخلیه قالب

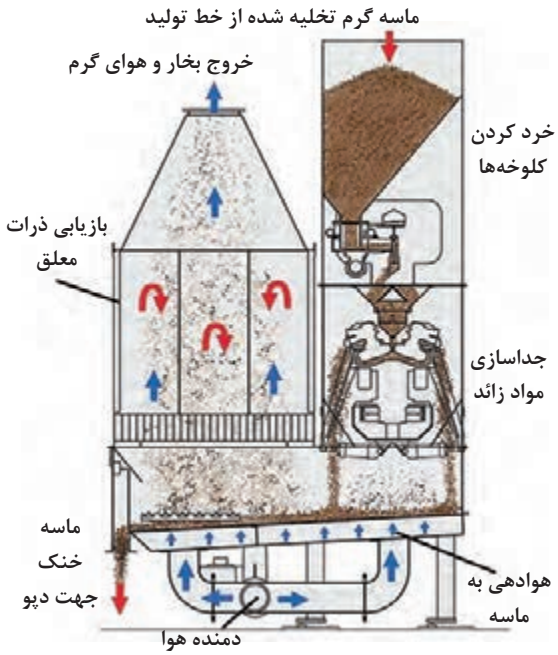
پس از ذوب‌ریزی درون محفظهٔ قالب‌ها، درجه‌ها روی نقاله به سمت جلو حرکت می‌کنند. مسیر خط به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که تا انتهای مسیر، مذاب داخل درجه‌ها کاملاً منجمد و سرد شوند. در این لحظه باید محفظهٔ قالب‌ها تخلیه شده و قطعات جهت عملیات تکمیل‌کاری به بخش دیگری منتقل شوند و ماسهٔ برگشتی باید به خط احیاء و آماده‌سازی ماسه منتقل گردد، بنابراین درجه‌ها وارد دستگاه تخلیه[۱] می‌شوند. در شکل ۹ نمونه‌ای از دستگاه تخلیه قالب آورده شده است.



شکل ۹ـ دستگاه تخلیه قالب در خط قالب‌گیری ماشینی دیزاماتیک

۵ـ احیای ماسه قالب‌گیری

پس از ذوب‌ریزی و تخلیه قالب‌ها در بخش تخلیهٔ گرم، باید قطعات و ماسهٔ قالب‌گیری از یکدیگر جدا شوند. قطعات توسط نوار نقاله به بخش تکمیل‌کاری و ماسهٔ قالب‌گیری به بخش احیاء و آماده‌سازی ارسال می‌شوند، ماسه جهت استفاده مجدد باید خنک شود و این عمل به‌وسیله افشانه‌های آب تعبیه شده بر روی نوار نقاله‌ها و سپس انتقال آن به قسمت خنک‌کن ماسه انجام می‌پذیرد و سپس به درون مخازن با ظرفیت بالا انبار می‌گردد. با تخلیه یک مخزن ماسه، از مخازن بعدی که ساعت‌ها بدون استفاده مانده و حرارت آن به اندازه دمای محیط رسیده است استفاده می‌شود. تمامی این عملیات، توسط اتاق فرمان کنترل می‌گردد. شکل ۱۰ شماتیک دستگاه احیای ماسه را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ـ دستگاه احیای ماسه

۱ـ shake out

آماده‌سازی مخلوط ماسه خط قالب‌گیری از چهار مخزن بزرگ؛ شامل ماسه نو، ماسه بازیابی شده، پودر زغال و بنتونیت که در قسمت فوقانی سالن واقع است، به‌وسیله تابلوی کنترل اپراتور اتاق فرمان سالن دیزاماتیک کنترل می‌گردد. برای مثال در مرحله اول ۱۰۰۰ کیلوگرم ماسه نو به همراه ۶۰ کیلوگرم بنتونیت و ۱۵۰ کیلوگرم پودر زغال مخلوط شده و با ۴-۳/۵ درصد رطوبت مخلوط می‌گردد و به‌وسیله نوار نقاله‌های بالابر، به مخزن مربوطه در بالای خط قالب‌گیری منتقل می‌شود تا برای قالب‌گیری آماده شود. سپس نمونه‌ای از ماسهٔ آماده شده به آزمایشگاه ارسال می‌شود و در صورت تأیید خواص، مخلوط ماسه آماده‌شده به خط قالب‌گیری ارسال می‌گردد.

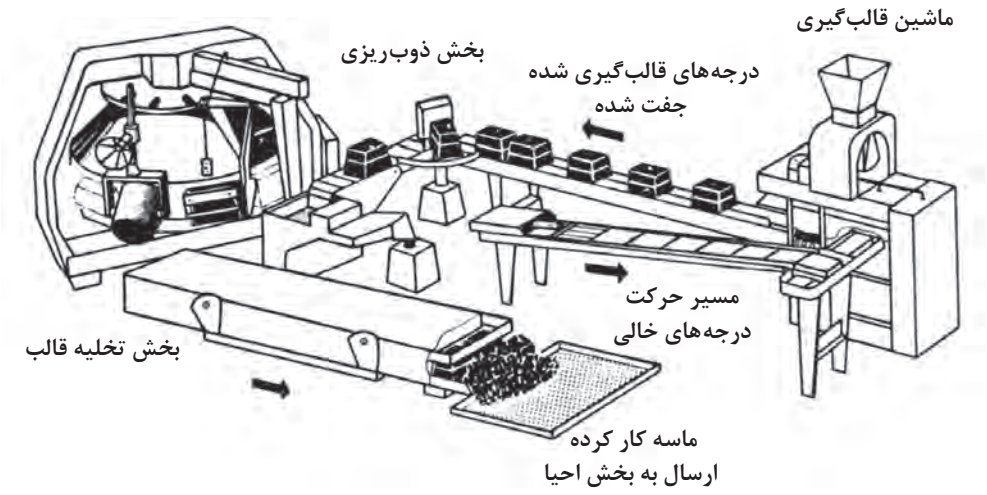
مخزن دیگری در قسمت فوقانی سالن است که ماسه‌های کارکرده و در گردش و برگشتی از بخش تخلیه گرم را خنک کرده و به‌عنوان ماسه بازیابی شده، نگهداری می‌کند.

فعالیت گروهی

با راهنمایی هنرآموز محترم، بازیابی ماسه در روش قالب‌گیری دستی را با روش قالب‌گیری ماشینی مقایسه کنید.

ماشین‌های قالب‌گیری واگنر[1]

اصول کارکرد خط قالب‌گیری واگنر مشابه روش دیزاماتیک و به‌صورت تمام اتوماتیک است با این تفاوت که در روش دیزاماتیک سطح جدایش قالب به‌صورت عمودی است ولی در روش واگنر، سطح جدایش قالب به‌صورت افقی است. همچنین در روش دیزاماتیک، قالب‌ها بدون درجه ساخته می‌شوند اما در روش واگنر از درجه برای ساخت و تهیه قالب استفاده می‌گردد. تصویر شماتیک خط قالب‌گیری واگنر در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

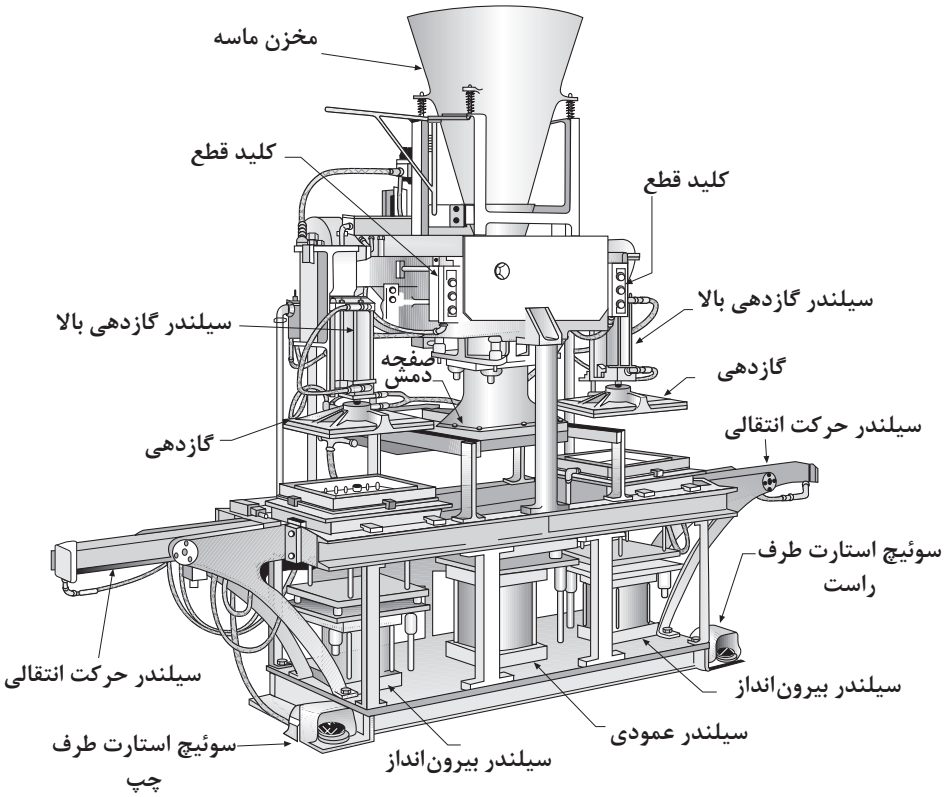


شکل ۱۱ــ خط قالب‌گیری واگنر

۱- Wagner

در روش قالب‌گیری واگنر مشابه روش دیزاماتیک جهت تهیه مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری از مخلوط ماسه سیاه (ترکیب ماسه تر با افزودنی ذغال) استفاده می‌شود. در روش واگنر، مدل‌ها به‌صورت صفحات یک رو مدل است و قسمت رویی و زیرین هرکدام بر روی یک صفحه مدل جداگانه نصب شده است. درجه‌ها بر روی نوار نقاله حرکت کرده، وارد خط قالب‌گیری می‌گردند و در زیر مخزن ماسه (هوپر) قرار می‌گیرند. صفحه مدل در ارتفاع کمتری از نوار نقاله قرار دارد و پس از قرارگیری درجه در بالای صفحه مدل، صفحه مدل به بالا حرکت می‌کند. سپس درجه از مخلوط ماسه قالب‌گیری پر شده و قالب‌گیری توسط پرس قالب انجام می‌شود. حال صفحه مدل با سیستم پنوماتیکی به پایین منتقل می‌شود تا مدل از قالب خارج گردد.

درجه‌های لنگه رویی و لنگه زیری که به‌صورت تک‌تک و مجزا قالب‌گیری شده‌اند توسط نوار نقاله به جلو هدایت می‌شوند، سپس درجه‌ها با چرخش ۱۸۰ به رو برگردانده می‌شوند تا در ایستگاه مربوطه مورد بازرسی کنترل کیفی قرار گیرند. پس از بازرسی و اطمینان از سالم بودن قالب، جهت بارگیری داخل قالب و فیلترگذاری و ماهیچه‌گذاری به‌وسیله قید و بند آماده می‌گردد تا در قسمت بعدی درجه‌های رو و زیر جفت شده و آماده بارریزی گردند. در نهایت درجه‌ها توسط سیستم پنوماتیکی جفت شده (در دستگاه‌های قدیمی‌تر، درجه‌ها توسط کارگران بر روی یکدیگر جفت می‌شدند) و به سمت قسمت ذوب‌ریزی منتقل می‌شوند. خط قالب‌گیری واگنر توانایی تولید ۷۵ قالب در ساعت را به‌طور کامل همراه با ماهیچه‌گذاری دارد. در شکل ۱۲ تصویر شماتیک ماشین قالب‌گیری را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲ــ شماتیک قسمت قالب‌گیری واگنر

پس از جفت شدن درجه‌ها، قالب‌ها توسط نوار نقاله به بخش ذوب‌ریزی منتقل می‌شوند و فلز مذاب توسط پاتیل کف‌ریز به درون قالب‌ها ریخته می‌شود. پس از ذوب‌ریزی و انجماد، نوار نقاله درجه‌ها را به قسمت تخلیه گرم منتقل و درجه‌ها تخلیه می‌شوند. قطعات ریختگی به سمت بخش پرداخت و مخلوط ماسه استفاده شده به بخش احیاء منتقل شده و درجه‌ها به ابتدای خط قالب‌گیری منتقل می‌شوند. احیاء و آماده‌سازی ماسه در روش واگنر کاملاً مشابه روش دیزاماتیک است که در بالا به آن پرداخته شد.

گفت‌وگو کلاسی

با راهنمایی هنرآموز محترم، قالب‌گیری با سطح جدایش عمودی و افقی را مقایسه کنید و مزایا و محدودیت‌های هرکدام را ارائه دهید.

فعالیت گروهی

با راهنمایی هنرآموز محترم، مزایا و معایب ماشین‌های قالب‌گیری دیزاماتیک و واگنر را با یکدیگر مقایسه کنید.

ماشین‌های قالب‌گیری ضربه‌ای و فشاری (جوئنت اسکوییز[1])

قالب‌گیری جوئنت اسکوییز یک ماشین قالب‌گیری نیمه‌اتوماتیک است که جهت قالب‌گیری مدل‌های صفحه‌ای به‌کار می‌رود. در این ماشین قالب‌گیری، مدل‌ها به‌صورت یک‌رو یک صفحه است که بر روی صفحه پرس جوئنت متصل می‌شود. یک لنگه درجه بر روی صفحه مدل قرار داده می‌شود و مخلوط ماسه قالب‌گیری آماده شده (ماسه تر و یا ماسه سیاه) بر روی درجه ریخته شده و با ضربات مکرر پرس جوئنت فشرده می‌شود در این صورت یک تای درجه آماده می‌گردد. سپس توسط سیستم لق‌کن، مدل لق شده و با برداشتن مدل، لنگه دوم درجه نیز به روش گفته شده توسط پرس قالب‌گیری می‌شود و با جفت کردن درجه‌ها، آماده ذوب‌ریزی می‌گردد. نکته مهم در این روش این است که سطح جدایش قالب به‌صورت افقی است. در شکل ۱۳ یک ماشین پرس جوئنت اسکوییز نشان داده شده است.



شکل ۱۳ـ ماشین قالب‌گیری جوئنت اسکوییز به همراه درجه‌های مخصوص

۱ـ joint squeeze

در شکل ۱۴ اجزای یک پرس جوئنت اسکوییز با ذکر جزییات نمایش داده می‌شود .

					
پران‌هاو لق‌کن‌های صفحه مدل که در زیر صفحه کوبش قرار دارد.	قسمت ثابت دستگاه پرس که وظیفه نگهداری صفحه مدل و درجه و کوبش را دارد.	قسمت متحرک دستگاه پرس وظیفه کوبش ماسه را دارد.	درجه‌های مخصوص پرس جوئنت اسکوییز که بر روی میز دستگاه قرار می‌گیرند.	مدل‌های صفحه‌ای که بر روی میز پرس قرار داده می‌شوند.	نمای کلی از پرس جوئنت اسکوییز به همراه صفحه مدل و درجه با تمامی اجزا.

شکل ۱۴ــ اجزای یک پرس جوئنت اسکوییز

فعالیت گروهی

با آموخته‌هایی که در پایه دهم و یازدهم فراگرفته‌اید، به‌صورت گروهی ریخته‌گری در قالب‌های موقت و دائمی را با یکدیگر مقایسه نمایید.

ریخته‌گری در قالب‌های دائمی

ریخته‌گری در قالب‌های دائمی به گروهی از روش‌های ریخته‌گری گفته می‌شود که قالب دائمی (فلزی) برای تهیه تعداد زیادی قطعهٔ یکسان به‌طور مکرر مورد استفاده قرار گیرد.

تقسیم‌بندی روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های دائمی: روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های دائمی براساس نحوهٔ پرکردن قالب به‌صورت زیر تقسیم می‌شوند:
ریخته‌گری در قالب ریژه که براساس نیروی وزن، مذاب، محفظهٔ قالب را پر می‌کند.
ریخته‌گری تحت‌فشار که در آن قالب براساس نیروی فشاری وارد بر مذاب، پر می‌شود.
ریخته‌گری گریز از مرکز که در آن مذاب درنتیجه نیروی گریز از مرکز، قالب را پر می‌کند.

ریخته‌گری در قالب‌های ریژه[۱] (روش ثقلی)

ریخته‌گری در قالب‌های ریژه روشی است که در آن مذاب براساس وزن (نیروی ثقل) قالب را پر می‌کند. در این روش ماهیچه‌های ساده از فلز ساخته می‌شود ولی ماهیچه‌های پیچیده‌تر از ماسه یا گچ تهیه می‌گردند.
مزایا و محدودیت‌ها: فرایند ریخته‌گری در قالب‌های ریژه برای تولید قطعات در تعداد زیاد و ضخامت دیوارهٔ نسبتاً یکنواخت مناسب است. این روش در مقایسه با روش‌های ریخته‌گری در قالب‌های موقت از مزایا

۱ـ gravity die casting

و محدودیت‌های زیر برخوردار است:

الف) مزایا:

۱ سرعت تولید بالا؛
۲ قابلیت تکرار تولید قطعات یکنواخت؛
۳ دقت ابعادی خوب؛
۴ سطح تمام‌شدهٔ مناسب؛
۵ خواص فیزیکی و مکانیکی بالا؛
۶ عیوب ریختگی کم

ب) محدودیت‌ها و معایب:

۱ عدم امکان تولید کلیهٔ آلیاژها؛
۲ غیراقتصادی بودن تولید در صورت تولید کم قطعات؛
۳ عدم امکان تولید قطعات بزرگ و سنگین؛
۴ عدم امکان تولید قطعات با شکل‌های خاص؛
۵ لزوم استفاده از پوشش قالب؛

فلزات و آلیاژهای مناسب برای ریخته‌گری در قالب ریژه: فلزات و آلیاژهای مناسب برای ریخته‌گری در قالب‌های ریژه عبارتند از:

الف) آلیاژهای آلومینیوم: در تولید انبوه، این آلیاژها را می‌توان از کمتر از یک کیلوگرم تا قطعات بزرگ مورد استفاده در قطعات خودرو و یا در کاربردهای هوا و فضا و قطعات صنعتی بزرگ تا ۷۰ کیلوگرم ریخته‌گری کرد.

ب) آلیاژهای منیزیم: آلیاژهای منیزیم علی‌رغم پایین بودن قابلیت ریخته‌گری، در قالب‌های ریژه ریخته‌گری می‌شوند. تولید قطعاتی تا وزن ۱۰ کیلوگرم به‌صورت انبوه توسط این روش معمول و متداول است. البته ریخته‌گری قطعاتی تا حدود ۳۰ کیلوگرم نیز توسط این روش گزارش شده است.

ج) آلیاژهای مس: ریخته‌گری برخی آلیاژهای مس به‌ویژه برنج‌ها در قالب ریژه معمول است. دمای ذوب آلیاژهای مس نسبتاً بالا بوده و سرعت انجماد هنگام سرد شدن در قالب ریژه زیاد است. ماهیچه‌های فلزی باید بلافاصله پس از ریختن مذاب و انجماد از داخل قالب خارج شوند زیرا انقباض باعث گیر کردن ماهیچه در داخل قطعه می‌شود. معمولاً تولید قطعات بزرگ‌تر از ۱۰ کیلوگرم توسط این روش غیرمعمول است.

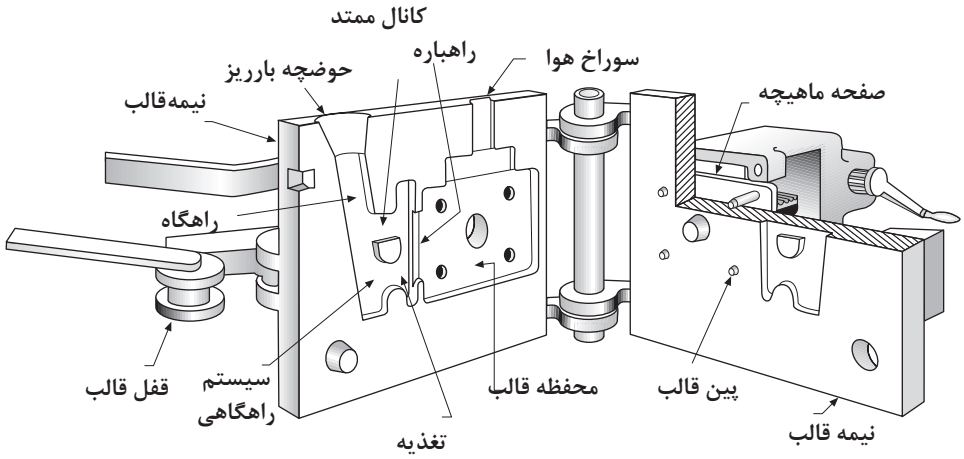
د) آلیاژهای روی: آلیاژهای روی را نیز می‌توان توسط این فرایند ریخته‌گری کرد، اما به‌دلیل این‌که این آلیاژها بیشتر توسط روش ریخته‌گری تحت‌فشار تولید می‌شوند، روش ریژه در مورد آلیاژهای روی کمتر متداول است.

هـ) چدن‌های خاکستری: ریخته‌گری چدن‌های خاکستری هیپویوتکتیک در تعداد زیاد و تا وزن حدود ۱۴ کیلوگرم توسط روش ریژه معمول است. علت محدود بودن وزن قطعه ریختگی در این روش هزینه قالب، اندازه قالب و همچنین زمان سرد شدن قطعه در قالب است که در قطعات بزرگ زیاد بوده و حتی از ۱۰ دقیقه هم بیشتر می‌شود.

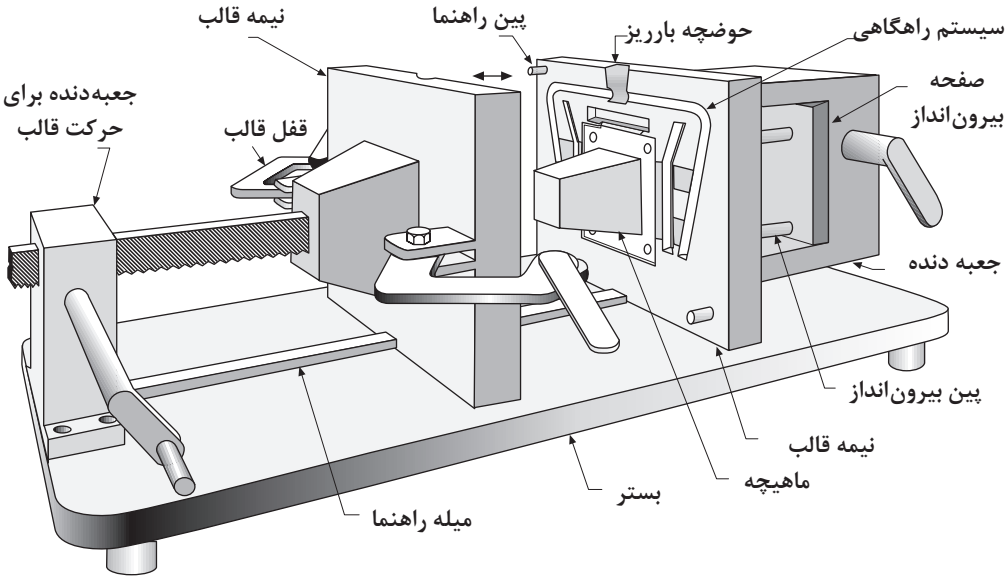
روش‌های ریخته‌گری ریژه: ریخته‌گری در قالب‌های ریژه را می‌توان به سه گروه روش‌های دستی، روش‌های نیمه‌اتوماتیک و روش‌های تمام‌اتوماتیک تقسیم کرد.

روش دستی: ریخته‌گری در قالب‌های ریژه به طریق دستی دارای طرح‌های نسبتاً ساده‌ای بوده و متناسب با ضخامت قطعه ساخته می‌شوند. شکل ۱۵(الف) یک روش و قالب ساده از نوع کتابی را نشان می‌دهد. این

روش برای تولید قطعات ریختگی با ضخامت کم و نازک مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۱۵ ـ(ب) نوع دیگری از ماشین‌های ریخته‌گری ریژه دستی را نشان می‌دهد که برای تولید قطعات با ضخامت زیاد استفاده می‌شود.



(الف)



(ب)

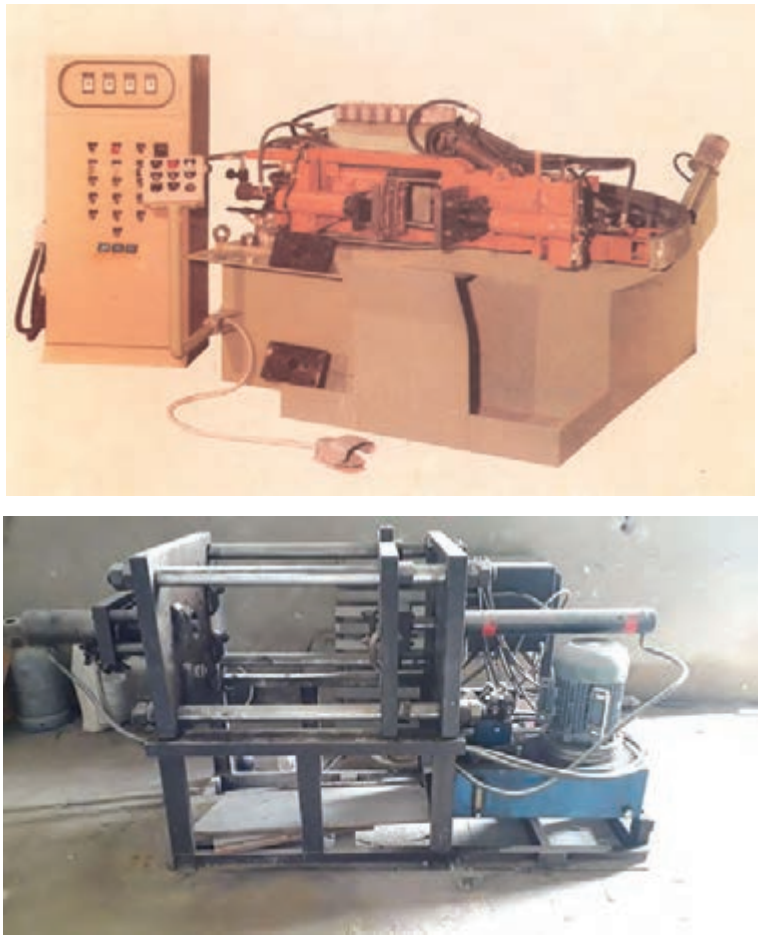
شکل ۱۵ـ دو نوع ماشین ریخته‌گری ریژه دستی؛ (الف) قالب نوع کتابی ساده برای تولید قطعات با ضخامت کم و (ب) برای تولید قطعات با ضخامت زیاد

روش‌های ریخته‌گری ریژه دستی علی‌رغم سادگی، کاربرد وسیعی دارند و امروزه درصد بالایی از قطعات ریختگی به این روش تولید می‌شود.

پرسش کلاسی

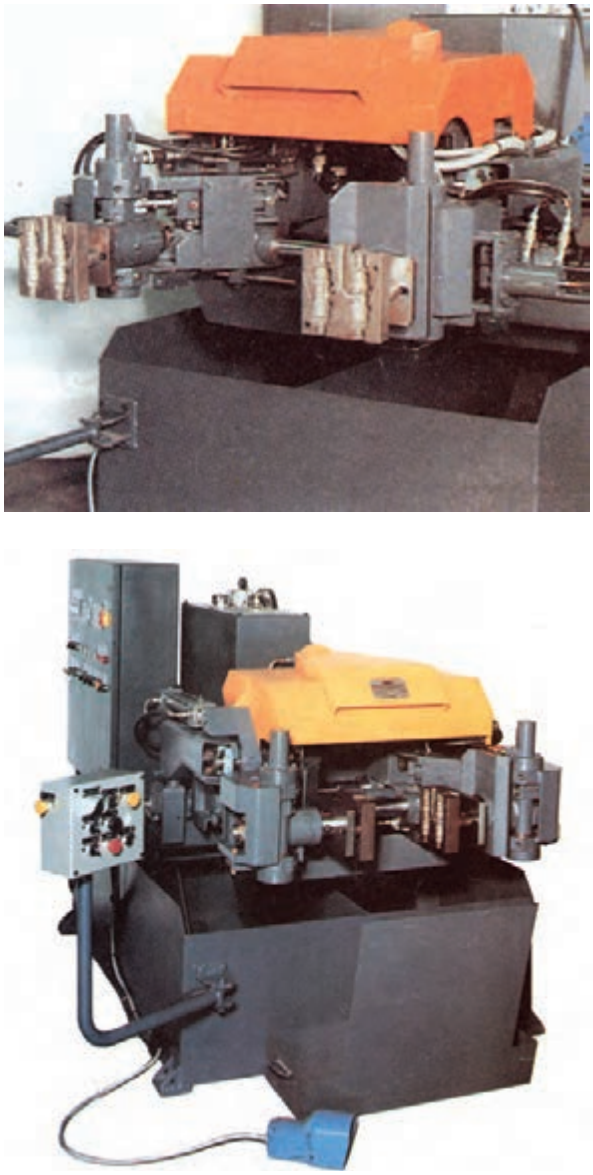
با توجه به آموخته‌های پیشین، دلیل اینکه چرا نمی‌توان قطعات چدنی و فولادی را در قالب‌های ریژه ریخته‌گری کرد مورد بررسی قرار دهید.

روش نیمه‌اتوماتیک: برای تولید انبوه قطعات، روش نیمه‌اتوماتیک جایگزین روش‌های دستی شده است. در این روش جهت باز و بسته شدن قالب از سیستم هیدرولیکی یا پنوماتیکی استفاده می‌شود. پر کردن قالب و نیز خارج کردن قطعات ریخته شده از قالب توسط دست انجام می‌شود. شکل ۱۶ دو نمونه از این ماشین‌ها را نشان می‌دهد.

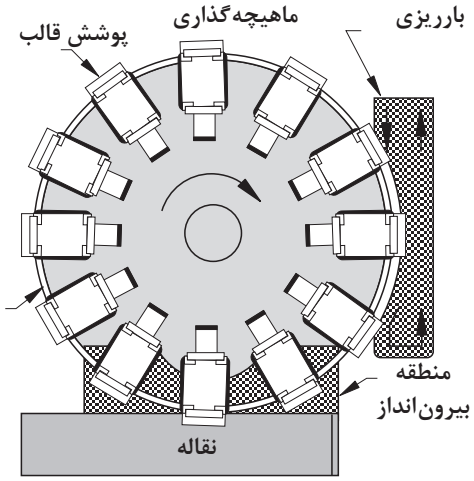


شکل ۱۶ــ ماشین‌های ریخته‌گری ریژه نیمه‌اتوماتیک

روش خودکار (اتوماتیک): در این روش، اکثر کارها توسط ماشین و ربات‌ها انجام می‌شود. شکل ۱۷ یک نوع از این ماشین را نشان می‌دهد. از این نوع ماشین به‌منظور تولید انبوه قطعات مختلف کوچک و بزرگ استفاده می‌شود.



شکل ۱۷ــ ماشین ریخته‌گری ریژه تمام‌اتوماتیک



شکل ۱۸ــ ماشین ریخته‌گری ریژه اتوماتیک با ۱۲ قالب

شکل ۱۸ نوع دیگری از یک ماشین اتوماتیک با میز گردان را نشان می‌دهد. در این روش ایستگاه‌های مختلف در ریخته‌گری شامل بارریزی، پوشش قالب، ماهیچه‌گذاری، انجماد و بیرون انداز به دنبال یکدیگر قرار گرفته‌اند.

جنس قالب: عوامل اساسی در انتخاب جنس قالب و ماهیچه عبارتند از:

(الف) درجه حرارت باریزی مذاب

(ب) اندازه قطعه ریختگی

(ج) تعداد قطعات ریختگی در هر قالب

(د) قیمت مواد قالب

جدول ۱ جنس قالب‌های معمول برای ریخته‌گری قطعات با آلیاژهای مختلف را براساس عوامل فوق نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ مواد پیشنهادی برای قالب‌های ریژه

آلیاژهای ریختگی	تعداد تولید		
	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰
برای قطعات ریختگی کوچک (حداکثر ابعاد ۲۵ میلی‌متر)			
روی و آلیاژهای آن	چدن خاکستری ـ فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری ـ فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری ـ فولاد ۱۰۲۰
آلیاژهای آلومینیوم ـ آلیاژهای منیزیم	چدن خاکستری ـ فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری ـ فولاد ۱۰۲۰	چدن خاکستری با سوپاپ AISI H14 ـ فولاد ۱۰۲۰
آلیاژهای مس	چدن خاکستری	چدن خاکستری	چدن خاکستری آلیاژی بُرنز آلومینیوم ـ برنزبرلیم
چدن خاکستری	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی	معمولاً به این تعداد امکان تولید در یک قالب نیست
برای قطعات متوسط و بزرگ (تا ابعاد ماکزیمم ۹/۵ میلی‌متر)			
آلیاژهای روی	چدن خاکستری (الف) AISI H11؛	چدن خاکستری (الف) AISI H11؛	چدن خاکستری (الف) AISI H11؛
آلیاژهای آلومینیوم ـ آلیاژهای منیزیم	چدن خاکستری	چدن خاکستری	چدن خاکستری (ب) AISI H11 یا H14؛
آلیاژهای مس	آلیاژ چدن خاکستری	آلیاژ چدن خاکستری	آلیاژ چدن خاکستری (ج)
آلیاژهای چدن خاکستری	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی	چدن خاکستری آلیاژی

(الف) در قطعات با اندازه متوسط هنگامی که پرداخت لازم است از AISI H11 استفاده می‌شود.
(ب) برای اندازه‌های متوسط و برای قطعات بزرگ پیشنهاد می‌شود از چدن خاکستری با H11 استفاده شود.
(ج) برای قطعات با اندازه متوسط و قطعات بزرگ در این تعداد قابلیت تولید در یک قالب را ندارند.

عمر قالب: عمر قالب از موضوعات مهم در ریخته‌گری قالب‌های ریژه است، عمر قالب به چهار عامل ذکر شده در قبل بستگی دارد. عمر قالب می‌تواند از ۱۰۰ تا۲۵۰۰۰ بار ریختن و حتی بیشتر باشد. به‌عنوان مثال قالب‌های مورد استفاده در تولید پیستون‌های آلومینیمی می‌توانند ۲۵۰۰۰۰ قطعه بدون نیاز به تعمیرات اساسی را تولید کنند و با تعمیرهای مکرر، تولید را می‌توان تا ۳/۵ میلیون قطعه افزایش دهند.

مهم‌ترین عواملی که می‌توانند در عمر قالب مؤثر باشند عبارتند از:

درجه حرارت بارریزی: درجه حرارت بالا باعث کاهش عمر قالب می‌شود.

وزن قطعهٔ ریختگی: با افزایش وزن قطعهٔ ریختگی، عمر قالب کاهش می‌یابد.

شکل و پیچیدگی قطعه ریختگی: انتقال حرارت در قسمت‌های ضخیم نسبت به قسمت‌های نازک قالب بیشتر بوده بنابراین هنگامی‌که قطعه ریختگی دارای اختلاف سطح مقطع زیاد باشد، در قسمت‌های مختلف قالب اختلاف درجه حرارت به‌وجود آمده و عمر قالب کاهش می‌یابد.

روش سرد کردن: نحوه سرد کردن قالب در عمر آنها مؤثر است به‌عنوان مثال، سرد کردن قالب توسط آب نسبت به هوا، عمر قالب را کاهش می‌دهد.

پیش گرم کردن قالب: با پیش گرم کردن، عمر قالب افزایش می‌یابد.

پوشش قالب: پوشش قالب به منظور افزایش عمرقالب و در جلوگیری از خوردگی و جوش خوردن فلز مذاب به قالب استفاده می‌شود.

جنس قالب: در این رابطه به جدول ۱مراجعه شود.

انبار کردن: انبار کردن قالب در محل‌های نامناسب باعث زنگ‌زدگی و معیوب شدن و در نتیجه موجب کاهش عمر آن می‌شود.

تمیز کردن قالب: تمیزکردن قالب به‌وسیله پاشیدن مواد ساینده و فروبردن قالب در محلول سود و تمیزکاری با برس سیمی انجام می‌شود. تمیزکاری باید با دقت انجام شود در غیر این‌صورت باعث ساییدگی و کاهش عمر قالب می‌شود.

سیستم راهگاهی: طراحی صحیح سیستم راهگاهی، عمر قالب را افزایش می‌دهد.

نوع عملیات ریختگی: عمر قالب در روش‌های اتوماتیک نسبت به روش‌های دستی بیشتر است به‌گونه‌ای که ممکن است عمر قالب در روش‌های اتوماتیک تا دو برابر روش‌های دستی برسد.

درجه حرارت قالب: درجه حرارت قالب در سلامت قطعهٔ ریختگی تأثیر قابل‌توجهی دارد. در صورتی که درجه حرارت قالب پایین باشد باعث به‌وجود آمدن عیوبی مانند پر نشدن قالب (نیامد) و ترک می‌شود و برعکس اگر درجه حرارت قالب بالا باشد عیوبی مانند مک و کاهش خواص متالورژیکی قطعه ایجاد می‌شود. به‌طورکلی عوامل زیر درجه حرارت قالب را تعیین می‌کند.

درجه حرارت بارریزی: با افزایش درجه حرارت بارریزی، درجه حرارت قالب افزایش می‌یابد.

تعداد دفعات ریخته‌گری: هر چه تعداد دفعات ریخته‌گری در واحد زمان بیشتر باشد درجهٔ حرارت قالب افزایش می‌یابد.

شکل قطعهٔ ریختگی: مقاطع ضخیم و گوشه‌های تیز نه‌تنها درجه حرارت کلی قالب را افزایش می‌دهد بلکه یک شیب حرارتی نامناسب ایجاد می‌کند.

ضخامت قطعه ریختگی: با افزایش ضخامت قطعه ریختگی، درجهٔ حرارت قالب افزایش می‌یابد.

ضخامت دیواره قالب: با افزایش ضخامت دیوارهٔ قالب، درجه حرارت قالب کاهش می‌یابد.

ضخامت پوشش قالب: با افزایش ضخامت پوشش قالب، درجه حرارت قالب افزایش می‌یابد.
درجه حرارت بارریزی: کنترل درجه حرارت بارریزی در ریخته‌گری در قالب‌های ریژه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد درجهٔ حرارت بارریزی در عمر قالب تأثیر دارد از طرف دیگر این درجه حرارت عامل تعیین‌کننده در کیفیت قطعهٔ ریختگی است. در صورتی که درجه حرارت بارریزی پایین‌تر از حد لازم باشد، محفظه قالب به‌طور کامل پر نشده و یا راهگاه و تغذیه قبل از آخرین قسمت قالب منجمد می‌شود. قسمت‌های نازک قالب به‌سرعت منجمد می‌شود و درنهایت درجه حرارت پایین منجر به عیوبی مانند مک و ترک و کاهش خواص قطعه می‌شود.
اگر درجهٔ حرارت بارریزی از مقدار لازم بیشتر باشد، باعث انقباض و تاب برداشتن قالب می‌شود در نتیجه دقت ابعادی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر زمان انجماد طولانی شده و در نتیجه سرعت تولید کاهش می‌یابد. همچنین بر اثر افزایش درجهٔ حرارت بارریزی عیوبی مانند مک که باعث کاهش خواص مکانیکی و متالورژیکی می‌شود، به‌وجود می‌آید.

ریخته‌گری تحت‌فشار

ریخته‌گری تحت‌فشار[1] به روشی اطلاق می‌شود که در آن مذاب تحت‌فشار معین، محفظهٔ قالب را پر نماید. فشار در این روش متغیر بوده و به عوامل مختلف بستگی دارد.
ویژگی: در این روش از قالب‌های فلزی استفاده می‌شود. تفاوت اساسی روش‌های تحت‌فشار و ریژه در نحوهٔ پر کردن قالب است. در روش ریژه، پر شدن قالب براساس نیروی ثقلی مذاب (وزن) مذاب است درحالی‌که در ریخته‌گری تحت‌فشار پر شدن قالب در اثر فشار وارد بر مذاب بوده و انجماد نیز تحت‌فشار انجام می‌گیرد. به همین دلیل در روش ریخته‌گری تحت‌فشار امکان تولید قطعات پیچیده‌تر وجود داشته و از لحاظ مک و حفره‌های گازی و انقباضی و نیز خواص مکانیکی شرایط بهتری نسبت به ریخته‌گری در قالب‌های ریژه دارد.
ریخته‌گری تحت‌فشار براساس نیروی فشار اعمال شده به دو روش تقسیم می‌شود:

- ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد[2]
- ریخته‌گری تحت‌فشار کم[3]

روش ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد، کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش ریخته‌گری تحت‌فشار کم دارد و در صنعت اصطلاحاً به آن ریخته‌گری تحت‌فشار و یا دایکاست گفته می‌شود. بنابراین زمانی که اصطلاح ریخته‌گری تحت‌فشار آورده شد مقصود ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد است. در این بخش ابتدا روش ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد، بررسی می‌شود و در ادامه به روش ریخته‌گری تحت‌فشار کم اشاره خواهد شد.
مزایا و محدودیت‌ها: فرایند ریخته‌گری تحت‌فشار در مقایسه با روش ریخته‌گری در قالب‌های ریژه، دارای مزایا و محدودیت‌هایی است که عبارتند از:
الف) مزایا:
قابلیت تولید قطعات با شکل‌های پیچیده‌تر نسبت به روش ریژه؛
امکان تولید قطعات نازک و با ضخامت کم و طویل و نیز دقت ابعادی بالاتر نسبت به روش‌های دیگر؛

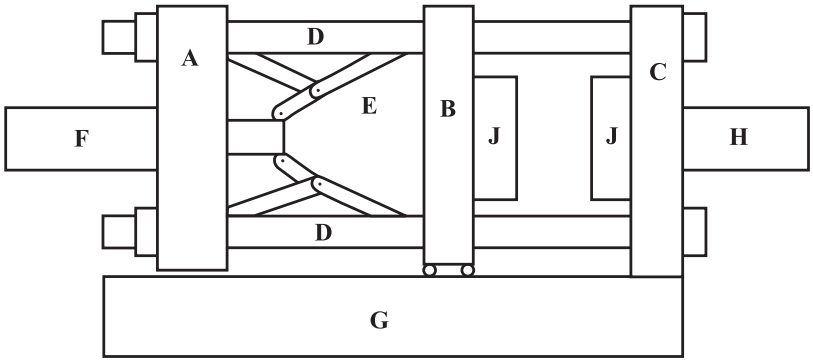
۱ـ pressure die casting ۲ـ high pressure die casting ۳ـ low pressure die casting

بالا بودن راندمان تولید در این روش به‌ویژه هنگامی‌که از قالب با چند محفظه استفاده شود؛
تولید قطعات با کیفیت سطوح بهتر نسبت به ریژه و کاهش عملیات تمام کاری و تقلیل محوطهٔ کار؛
قابلیت تکرار تولید قطعات یکنواخت؛
کاهش سیستم‌های راهگاهی و در نتیجه کاهش مصرف مذاب؛
کاهش قیمت تمام‌شدهٔ قطعه؛
بهبود خواص مکانیکی قطعهٔ ریختگی نسبت به روش‌های دیگر

ب) محدویت‌ها و معایب:

محدودیت ابعاد و وزن قطعات ریختگی حتی نسبت به روش ریژه؛
وابستگی شدید به طراحی قطعات ریخته‌گری و سیستم راهگاهی؛
گران بودن تجهیزات ماشین قالب‌ها و... بنابراین فقط در تعداد زیاد مقرون به‌صرفه است؛
با چند استثنا استفادهٔ تجاری از این روش در فلزات با نقطه ذوب بالاتر از مس عملی نیست.

طرز کار ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار: در این قسمت به‌منظور درک بهتر روش کار ماشین‌های تحت‌فشار به تشریح یک سیستم ساده تحت‌فشار پرداخته می‌شود. اگرچه جزییات ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد باهم تفاوت دارد اما اساس کار همهٔ آنها مشابه است. شکل ۱۹ به‌طور شماتیک قسمت‌های اصلی ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ تصویر شماتیک از قسمت‌های اصلی ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار

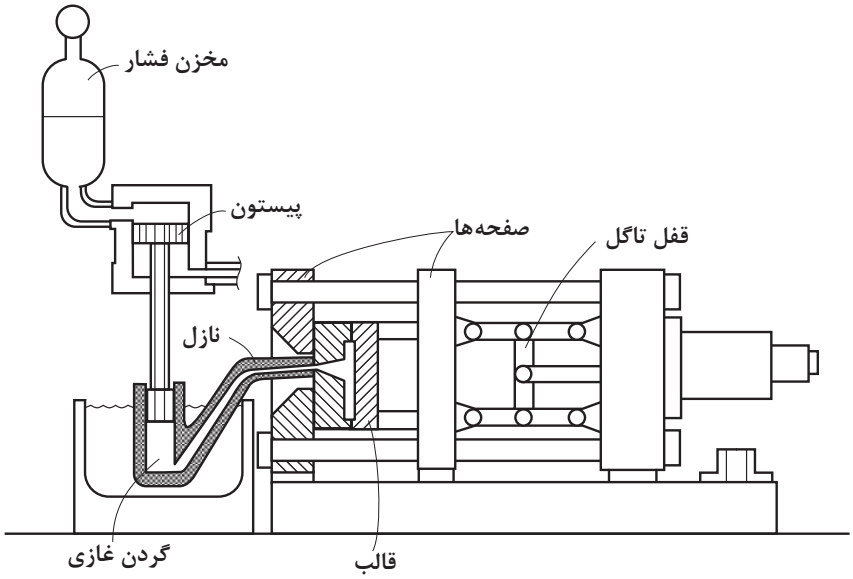
همان‌گونه‌که در این شکل مشاهده می‌شود یک ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

(G): بستر یا پایه که سایر قطعات بر روی آن سوار است؛
(A): صفحهٔ تنظیم که به سیستم قفل کننده اتصال دارد؛
(B): صفحهٔ متحرک که بر روی پایهٔ ماشین سر خورده و حرکت می‌کند؛
(C): صفحهٔ ثابت که به سیستم تزریق H متصل است این صفحه‌ها به‌وسیلهٔ چهار راهنمای D به یکدیگر متصل هستند. در روی صفحهٔ ثابت (C) سیستم تزریق قرار دارد؛
(F): سیستم قفل کننده (F) در پشت صفحهٔ تنظیم (A) قرار دارد و نیروی لازم را برای به حرکت درآوردن صفحهٔ تنظیم فراهم می‌آورد؛

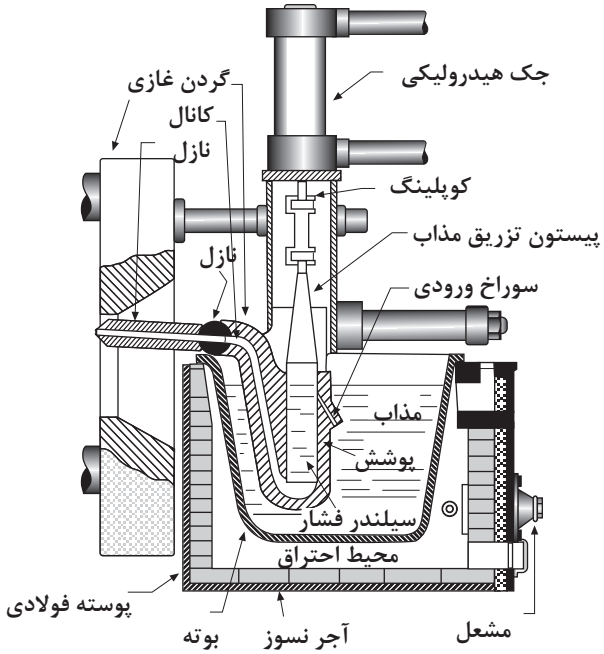
(E): بین صفحهٔ تنظیم (A) و صفحهٔ متحرک (B) سیستم اتصالات زانویی (E) قرار دارد که وظیفهٔ آن انتقال نیرو از صفحهٔ تنظیم به صفحهٔ متحرک است؛
(J): دونیمهٔ قالب (J) یکی روی صفحهٔ ثابت و دیگری به روی صفحهٔ متحرک نصب شده و هنگامی‌که نیمه‌های قالب بر روی یکدیگر توسط مکانیزم قفل‌سازی سیلندر و اتصالات زانویی محکم می‌شوند، ماشین قفل می‌کند.
طرز کار ماشین به‌طور خلاصه به شرح زیر است:
(الف) «دو نیمهٔ قالب» توسط سیستم قفل‌کننده کاملاً به هم محکم می‌شوند؛
(ب) مذاب لازم توسط سیستم تزریق H به داخل قالب تحت‌فشار وارد شده و تمام قسمت‌های قالب را پر می‌کند؛
(ج) پس از انجماد، مذاب سیستم قفل‌کننده صفحهٔ متحرک B را به عقب حرکت می‌دهد؛
(د) قطعهٔ ریخته شده توسط پران‌های مخصوص از سطح قالب جدا می‌شود؛
(هـ) قالب تمیز شده و توسط اسپری پوشش داده می‌شود؛
(و) عملیات فوق مجدداً تکرار می‌شود.

انواع ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار زیاد: ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار براساس نحوهٔ تزریق مذاب به داخل محفظهٔ قالب به دو دسته تقسیم می‌شوند:
الف) ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه گرم؛
ب) ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه سرد.

الف) ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه گرم:
این روش دارای کوره‌ای است که وظیفه آن نگهداری مذاب در درجه حرارت مطلوب است شکل (۲۰ـ الف). شکل (۲۰ـ ب) سیستم پمپ مذاب به داخل محفظهٔ قالب را نشان می‌دهد این سیستم شامل سیلندر فشار، پیستون تزریق مذاب، گردن غازی و نازل است. در داخل گردن غازی سیلندر فشار و نیز پیستون تزریق مذاب که در داخل مذاب غوطه‌ور است قرار دارد و بنابراین درجه حرارت این مجموعه به‌اندازهٔ درجه حرارت مذاب خواهد بود. این سیستم به مذاب این امکان را می‌دهد که در حداقل زمان و با حداقل کاهش درجه حرارت مذاب به داخل قالب تزریق گردد.
هنگامی‌که پیستون تزریق مذاب در قسمت بالا قرار دارد (شکل ۲۰ـ ب). مذاب از داخل بوته توسط سوراخ مدخل ورودی به داخل سیلندر وارد می‌شود. هنگامی‌که قالب بسته و قفل می‌شود، جک هیدرولیکی نیروی لازم را برای به حرکت در آوردن پیستون تزریق مذاب به‌طرف پایین فراهم می‌آورد.
در این حالت «مدخل ورودی» بسته می‌شود. با به حرکت درآمدن پیستون تزریق مذاب به‌طرف پایین، مذاب تحت‌فشار وارد قسمت «گردن غازی» شده و پس از عبور از نازل وارد محفظهٔ قالب می‌شود.
بعد از عمل تزریق و پس از منجمد شدن مذاب در داخل محفظه قالب، جک هیدرولیکی در جهت معکوس عمل نموده و پیستون تزریق مذاب را به‌طرف بالا هدایت می‌کند. در این هنگام درب مدخل ورودی باز شده و مذاب لازم وارد «سیلندر فشار» می‌شود. در این حالت ماشین برای عملیات بعدی آماده است.
اندازهٔ قطعات ریختگی تولیدشده توسط فرایند محفظهٔ گرم می‌تواند از چند گرم تا حدود ۲۵ کیلوگرم باشد، فلزات و آلیاژهایی که توسط این روش تهیه می‌شوند به‌دلیل تماس قسمت‌هایی از ماشین با مذاب باید دارای نقطهٔ ذوب پایین باشند و معمولاً آلیاژهای روی، سرب، قلع و اخیراً منیزیم را می‌توان به این روش تولید کرد.



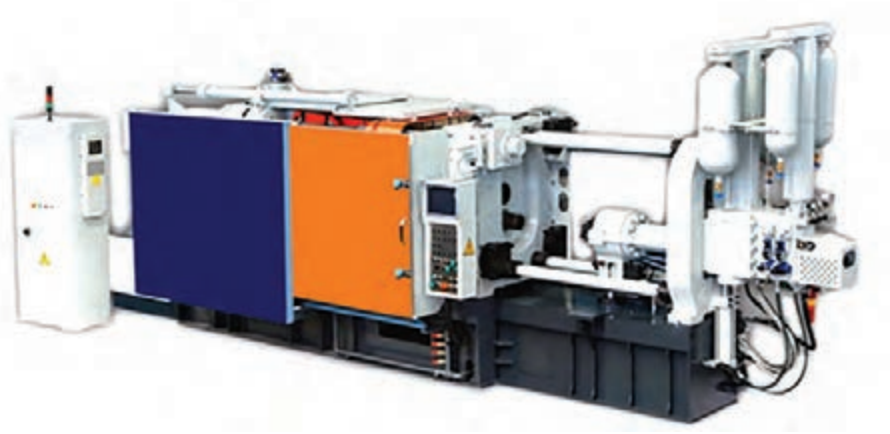
شکل ۲۰ـ (الف) قسمت‌های اصلی ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه گرم



شکل ۲۰ـ (ب) قسمت‌های اصلی تزریق مذاب در روش محفظهٔ گرم

ب) روش ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظهٔ سرد

ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظهٔ سرد کاربرد وسیع‌تری دارند و برای تولید قطعات از جنس آلیاژهایی با نقطه ذوب بالاتر (تا حدود مس) می‌توانند به‌کاربرده شوند. شکل ۲۱ یک نمونه از ماشین با محفظه سرد را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱ـ ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه سرد

شکل ۲۲ سیستم تزریق این نوع ماشین را نشان می‌دهد. در این ماشین‌ها محفظه تزریق از طریق مذاب گرم می‌شود. با بسته و قفل شدن قالب، مذاب از دریچه بارریزی به داخل محفظهٔ تزریق وارد می‌شود.

همان‌طورکه شکل ۲۲ نشان می دهد این روش در سه مرحله زیر صورت می گیرد:

مرحله ۱: در این حالت جک هیدرولیک، پیستون تزریق را در داخل محفظه تزریق به‌طرف جلو هدایت می‌کند. «پیستون تزریق» ابتدا دریچه بارریزی را می‌بندد و سپس مذاب را با فشار به داخل محفظه قالب می‌راند.

مرحله ۲: این مرحله شامل دو قسمت است:

(الف) پرکردن سریع: مذاب با سرعت بالا وارد محفظه قالب می‌شود.

(ب) فشرده شدن مذاب: پیستون فشار را وارد کرده و حفظ می‌کند تا مذاب منقبض شده جبران شود و حفره‌های گازی کاهش یابد.

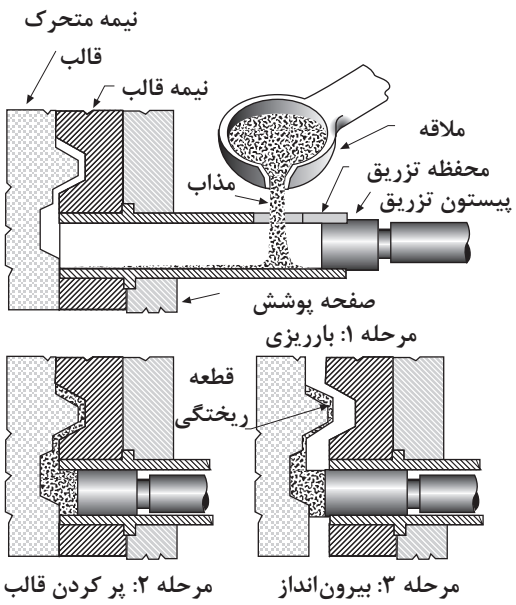
مرحله ۳: پس از انجماد قطعه، قالب باز می‌شود و سیستم بیرون‌انداز[1] قطعه را از قالب جدا می‌کند.

روش ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظه سرد برای آلیاژهای آلومینیوم، منیزیم و مس کاربرد زیادی دارد. مهم‌ترین مزیت روش محفظه سرد این است که تجهیزات در تماس دائم با مذاب نیست؛ زیرا محفظه تزریق و پیستون در داخل مذاب غوطه‌ور نیستند. از دیگر مزیت‌های این فرایند، بالا بودن فشار تزریق است.

مهم‌ترین محدودیت‌های این روش عبارتند از:

۱ـ زمان طولانی‌تر تزریق نسبت به روش محفظهٔ گرم

۲ـ امکان ایجاد عیوب در قطعات به‌علت کاهش درجه حرارت مذاب.



شکل ۲۲ـ مراحل عملیات ریخته‌گری یک ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار با محفظهٔ سرد

۱ـ ejector pins

قالب: قالب‌های مورد استفاده در ریخته‌گری تحت‌فشار از دو نیمه تشکیل می‌شوند:
نیمه اول قالب ثابت است و قسمت تزریق مذاب در آن تعبیه شده و با محفظه تزریق به‌وسیله نازل ارتباط دارد. نیمه دوم قالب متحرک است و سیستم بیرون انداز در آن قرار دارد و در بیشتر موارد راهباره‌ها نیز روی آن تعبیه شده است. محفظه قالب در دو نیمه طوری ساخته می‌شود که هنگام باز کردن قالب، قطعه ریختگی جامد از نیمه ثابت قالب آزاد شده و روی نیمه‌متحرک قالب باقی بماند و سپس به‌وسیلهٔ بیرون‌انداز که در نیمه‌متحرک قالب قرار دارد، از قالب جدا می‌شود. اگر محور ماهیچه‌ها موازی با جهت حرکت قالب باشند نیازی به خارج کردن آنها قبل از باز کردن قالب نیست. که به آنها ماهیچه‌های ثابت می‌گویند و با باز شدن دو نیمه قالب، آنها نیز از قطعه ریختگی جدا می‌شوند. ماهیچه‌هایی که دارای محور غیرموازی با جهت حرکت قالب هستند، ماهیچه‌های متحرک نامیده می‌شوند. این ماهیچه‌ها به‌وسیله سیستم جداگانه‌ای قبل از خارج شدن قطعه ریختگی از آن جدا می‌شوند.

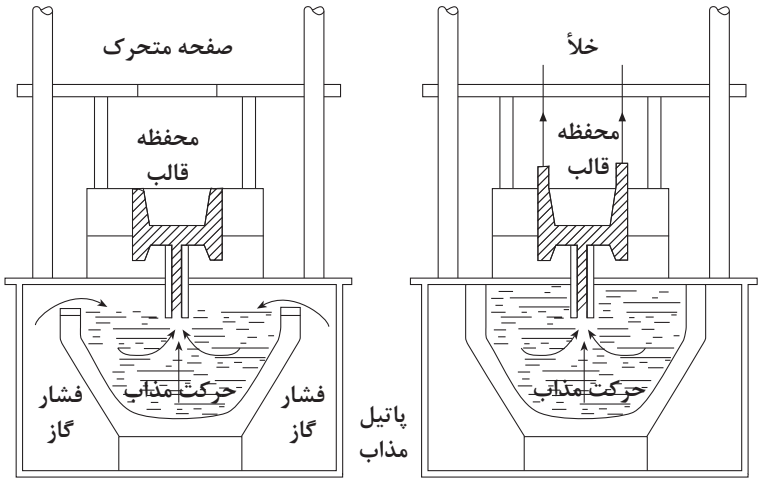
ریخته‌گری تحت‌فشار کم: فشار تزریق مذاب در این روش کمتر از یک اتمسفر است، بنابراین محدودیت موجود در روش ریخته‌گری تحت‌فشار بالا در استفاده از ماهیچه‌های موقت (ماسه‌ای)، حذف می‌گردد؛ به‌این‌ترتیب امکان تولید کلیه قطعاتی که در روش ریژه تولید می‌گردد، توسط این فرایند و با کیفیت بالاتر وجود دارد. به‌علاوه امکان تولید قطعات پیچیده که به‌دلیل پر نشدن قالب، در روش ریژه وجود ندارد، با کمک این روش امکان‌پذیر خواهد بود. از دیگر مزایای این روش نسبت به روش ریژه می‌توان از کیفیت بالاتر سطوح ریختگی، خواص مکانیکی و متالورژیکی بالاتر، سرعت تولید بیشتر نام برد.
محدودیت اصلی این روش، بالا بودن قیمت تجهیزات و قالب نسبت به روش ریخته‌گری در قالب ریژه است
شکل ۲۳ تصویری از ماشین ریخته‌گری تحت فشار کم را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ـ ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار کم

روش کار: در شکل ۲۴، روش کار این فرایند نشان داده شده است. در این روش قالب پس از ماهیچه‌گذاری و بسته شدن، ۱۸۰ درجه چرخیده و به‌طور معکوس روی کوره القایی مخصوص قرار می‌گیرد. از قسمت دیگر کوره؛

فشار هوا بر سطح مذاب در کوره اعمال می‌گردد. بدین‌ترتیب مذاب از پایین با فشار کم (حدود نیم اتمسفر) به داخل قالب تزریق می‌شود.



شکل ۲۴ـ روش کار ماشین ریخته‌گری تحت‌فشار کم

پس از انجماد کامل قطعه، قالب ۱۸۰ درجه چرخیده و به حالت اولیه خود بر می‌گردد، دو نیمه قالب باز شده و قطعه توسط بیرون‌انداز از قالب جدا می‌شود. آنگاه دو نیمه قالب در داخل مواد پوششی غوطه‌ور شده تا پوشش لازم در سطح قالب به‌وجود آید. در پایان، عملیات ماهیچه‌گذاری انجام می‌شود و مرحله عملیات جدید آغاز می‌شود. ماشین‌های ریخته‌گری تحت‌فشار کم معمولاً دارای چند ایستگاه کاری بوده و در نتیجه سرعت تولید در آنها افزایش می‌یابد.

فعالیت گروهی

با راهنمایی هنرآموز محترم، مزایا و معایب انواع ریخته‌گری تحت‌فشار را با یکدیگر مقایسه کنید.

ریخته‌گری گریز از مرکز[1]

روش ریخته‌گری گریز از مرکز به روشی گفته می‌شود که در آن قالب، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز پر می‌شود. به‌طور کلی در فرایند ریخته‌گری گریز از مرکز، دو روش وجود دارد که عبارتند از:

- روش ریخته‌گری گریز از مرکز افقی
- روش ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی

۱ـ centrifugal casting

روش گریز از مرکز افقی: در این روش که قالب حول محور افقی خود می‌چرخد برای اولین بار در سال ۱۸۰۹ میلادی در انگلستان به ثبت رسید. این روش برای تولید لوله‌های چدن خاکستری، چدن نشکن و برنج با ضخامت کم مورد استفاده قرار گرفت. با پیشرفت صنایع و استفاده از تجهیزات مدرن جهت بهبود خواص متالورژیکی، پیشرفت چشمگیری در قابلیت تولید لوله‌های بزرگ و دقت ابعادی آنها به‌وجود آمد.

روش کار: یک ماشین ریخته‌گری گریز از مرکز افقی باید قابلیت تکرار چهار عمل را با دقت داشته باشد که عبارتند از:

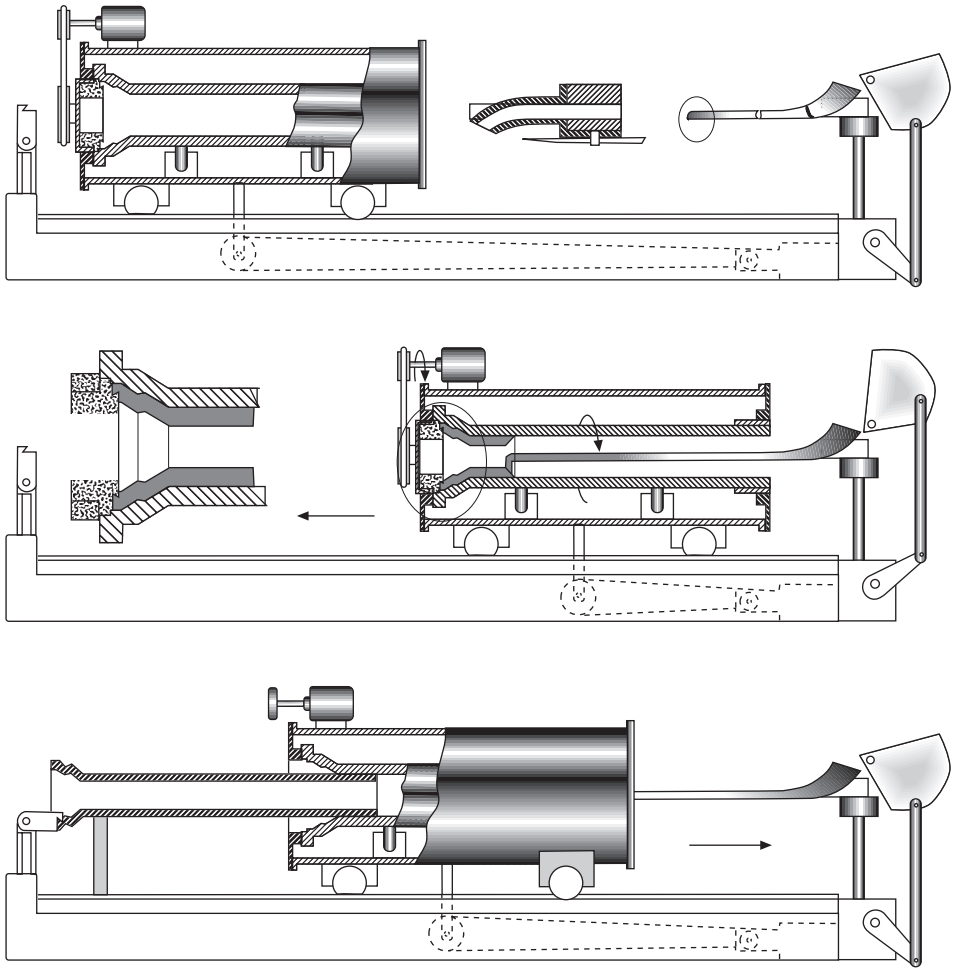
۱ قالب تحت سرعت مشخص حول محور افقی بچرخد؛

۲ وسیله‌ای برای بارریزی مذاب در داخل قالب در حال چرخش وجود داشته باشد؛

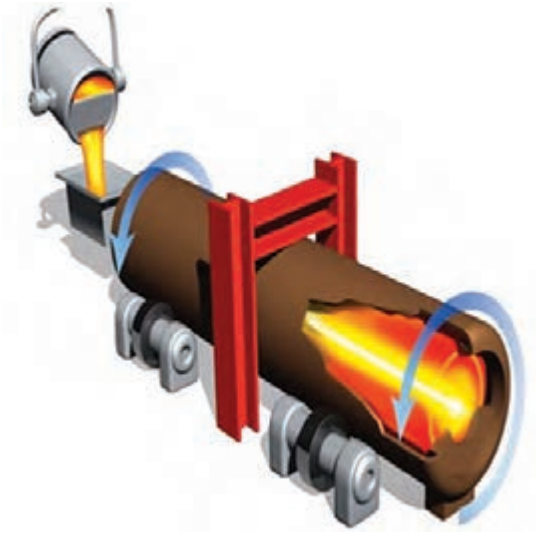
۳ به‌محض پر شدن قالب، انجماد از یک قسمت آغاز و در یک قسمت دیگر به پایان برسد؛

۴ قطعهٔ منجمد شده با سرعت از داخل قالب خارج شود.

شکل ۲۵ یک نوع از ماشین‌های گریز از مرکز را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

شکل ۲۵ـ (الف) مراحل انجام فرایند ریخته‌گری گریز از مرکز و (ب) یک نوع ماشین گریز از مرکز افقی جهت لوله‌ریزی چدن

همان‌گونه که در شکل ۲۵ـ (الف) مشاهده می‌شود ماشین دو حرکت دارد؛ حرکت چرخشی و حرکت رفت و برگشت که روی یک ریل مخصوص انجام می‌گیرد که در قسمت وسط شکل نمایان است. درحالی‌که قالب در حول خود با سرعت مشخص می‌چرخد مذاب توسط یک ناودانی مخصوص به‌تدریج در قالب ریخته می‌شود. در همین زمان قالب روی ریل با سرعت معین شروع به عقب رفتن می‌کند. این عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که مذاب به همه قسمت‌های قالب برسد پس از انجماد مذاب لوله توسط سیستم بیرون کش مخصوص از داخل قالب خارج می‌شود.

شکل ۲۶ سیستمی را نشان می‌دهد که قالب فقط حول‌محور خود می‌چرخد و حرکت رفت و برگشتی در آن وجود ندارد. در این‌گونه ماشین‌ها مذاب به یک‌باره به داخل قالب ریخته می‌شود.



شکل ۲۶ـ نوع دیگری از ماشین گریز از مرکز افقی

جنس قالب: جنس قالب معمولاً از فولاد، مس یا گرافیت است. قالب‌های فولادی برای قطعات به تعداد زیاد و برای ریخته‌گری آلیاژهایی که دارای نقطه انجماد بالایی هستند، به‌کار می‌رود. قالب‌های فولادی نسبت به شوک حرارتی حساس بوده و برای پیشگیری و یا کاهش آن، سطح قالب باید کاملاً پوشش داده شود.

روش‌های بارریزی: بارریزی مذاب در داخل قالب می‌تواند از یک طرف یا دو طرف و یا به‌وسیله یک کانال در طول قالب انجام گیرد. سرعت بارریزی متغیر بوده و به عواملی نظیر جنس و اندازه قطعه بستگی دارد سرعت‌های بارریزی کمتر باعث شکل‌گیری مک‌های گازی و چروک خوردن سطح می‌شوند و برعکس سرعت‌های زیاد بارریزی منجر به ترک‌های طولی می‌گردند.

درجه حرارت بارریزی: درجه حرارت بارریزی تابعی از فلز یا آلیاژ ریختگی، اندازهٔ قالب و خواص فیزیکی مواد قالب است.

درجه حرارت قالب: درجهٔ حرارت قالب نیز در خواص قطعه ریختگی، مؤثر بوده و درجه حرارت اولیه قالب به جنس مذاب، ضخامت قالب و ضخامت لوله ریختگی بستگی دارد.

ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی: در این فرایند قطعات ریختگی در اثر بارریزی مذاب در داخل یک قالب گردان عمودی تولید می‌شوند. نیروی گریز از مرکز که ناشی از چرخش قالب است فشار لازم برای پر کردن محفظه قالب را فراهم می‌آورد. این فشار تا انجماد کامل فلز داخل قالب باقی می‌ماند. قطعات تولید شده به این روش نسبت به روش‌های استاتیکی دارای خواص مکانیکی برتری هستند. از طرف دیگر این روش برای تولید قطعات خاص اقتصادی‌تر است.

از ویژگی‌های این روش همسویی خواص فیزیکی و مکانیکی قطعات و نیز بالا رفتن چگالی آنها است. از طرف دیگر، قطعات از اکسیدها، مک‌های گازی و دیگر ناخالصی‌ها عاری هستند. از مزیت‌های مهم این روش، عدم استفاده از راهگاه و تغذیه و در نتیجه بالا رفتن راندمان تولید است.

امکان تولید کلیه آلیاژها در روش گریز از مرکز از دیگر مزیت‌های این روش است. فولادهای ساده کربنی و آلیاژی فولادهای پر آلیاژ و مقاوم به خوردگی و حرارت، چدن‌های خاکستری و نشکن، فولادهای پر آلیاژی، فولادهای زنگ‌نزن، فولادهای نیکل‌دار، آلیاژهای آلومینیم، مس، منیزیم و نیکل تماماً امکان تولید توسط روش گریز از مرکز عمودی را دارند.

قالب‌ها: قالب‌ها در روش گریز از مرکز عمودی می‌توانند ماسه‌ای، نیمه دائمی و دائمی باشند. انتخاب نوع قالب به شکل قطعه، کیفیت مورد نیاز و نیز تعداد تولید قطعه بستگی دارد.

گفت‌وگو کنید

به‌صورت گروهی با دوستان خود بحث نمایید، لوله‌های فاضلاب چدنی به چه طریقی تولید می‌شوند و آیا روش تولید جایگزین نیز برای تولید آن وجود دارد یا خیر؟

تقسیم‌بندی روش گریز از مرکز عمودی: روش گریز از مرکز عمودی به سه دسته تقسیم می‌شود:

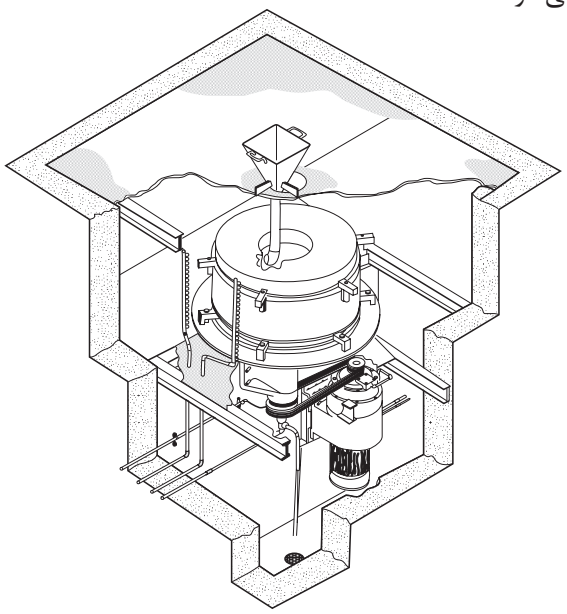
الف) ریخته‌گری گریز از مرکز واقعی؛

ب) ریخته‌گری نیمه‌گریز از مرکز؛

ج) ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز.

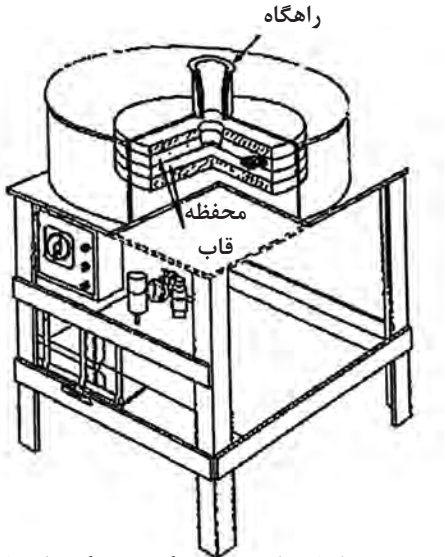
ریخته‌گری گریز از مرکز واقعی: در این روش قالب حول محور عمودی خودش می‌چرخد و قطعات

استوانه‌ای شکل و یا لوله‌ای تولید می‌کند. استفاده از ماهیچه در این روش محدود است. شکل ۲۷ تصویر شماتیک یک نوع از این گونه ماشین‌ها را نشان می‌دهد. در این روش انجماد از پوسته خارجی آغاز شده و در قسمت داخلی به پایان می‌رسد. این نحوه انجماد باعث فراهم آوردن قطعه‌ها با کیفیت عالی، عاری از عیب‌های ریختگی و بدون انقباض می‌شود.



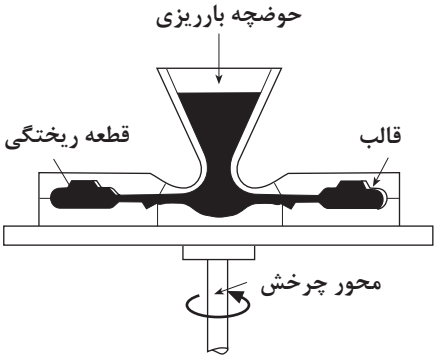
شکل ۲۷ــ تصویر شماتیک ماشین ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی واقعی

ریخته‌گری نیمه‌گریز از مرکز: این روش به‌منظور تولید قطعاتی به‌کار می‌رود که توسط قالب ایجاد می‌شود. در این روش، قالب و قطعه حول محور خود می‌چرخد که در این رابطه از یک محور چرخان عمودی استفاده می‌شود. اگر قطعه دارای سوراخ باشد، از ماهیچه استفاده می‌شود (شکل ۲۸). انواع قطعات مانند لقمه‌های چرخ‌دنده، چرخ تسمه شیاردار، پروانه‌ها و روتور موتورهای الکتریکی را می‌توان توسط این فرایند تولید کرد.



شکل ۲۸ــ تصویر شماتیک ماشین ریخته‌گری نیمه‌گریز از مرکز عمودی

روش ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز: در این روش محفظه‌های قالب در اطراف پره‌هایی اطراف چرخ چیده شده‌اند. به‌این‌ترتیب در هر بار چندین، قطعه تولید می‌شود. نیروی گریز از مرکز، فشار لازم را برای پر کردن قالب مانند روش نیمه‌گریز از مرکز فراهم می‌آورد. این روش برای تولید بدنه شیرآلات، ماهک‌ها، بست‌ها و... به‌کار می‌رود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹ـ روش ریخته‌گری چرخشی گریز از مرکز

پرسش کلاسی

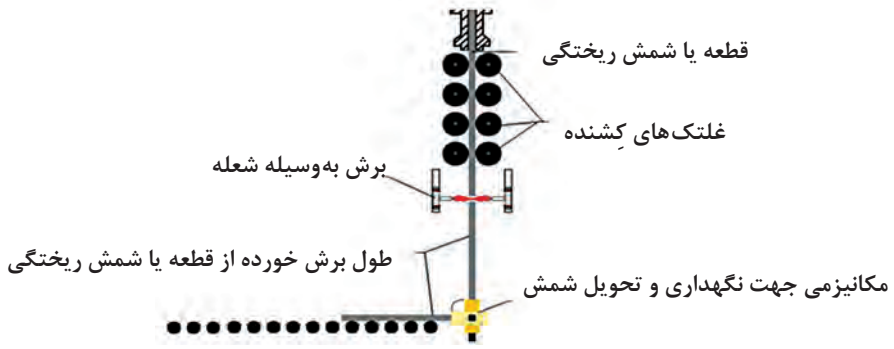
یکی از کاربردهای روش ریخته‌گری گریز از مرکز عمودی در ریخته‌گری طلا و زیورآلات است. دلیل آن را بررسی کنید.

شمش‌ریزی مداوم یا پیوسته

ریخته‌گری مداوم شمش[1]، یکی از راه‌های تولید شمش و نخستین گام در تولید محصولات نورد است. استفاده از روش ریخته‌گری پیوسته یک پدیدهٔ بسیار مهم و پیشرفتهٔ متالورژیکی است که در آن سرعت تولید شمش افزایش می‌یابد و کیفیت شمش‌های تولید شده به دلیل یکنواختی در تولید بهبود می‌یابد. این امر سبب شده است که ضایعات تولیدی در هنگام نورد کمتر شود. ریخته‌گری پیوسته روشی است که در آن مذاب از انتهای پاتیل میانی[2] به قالب به‌طور مداوم ریخته می‌شود. مراحل انجماد و خروج محصول پیوسته بوده و ابعاد قالب تعیین‌کنندهٔ ابعاد بیلت تولیدی است.

شمش بیشتر فلزات غیر آهنی، فولادهای کربنی و آلیاژی را می‌توان به وسیله ریخته‌گری پیوسته تولید کرد. امروزه ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته، به سه روش به‌کار گرفته می‌شوند. این روش‌ها عبارت‌اند از:

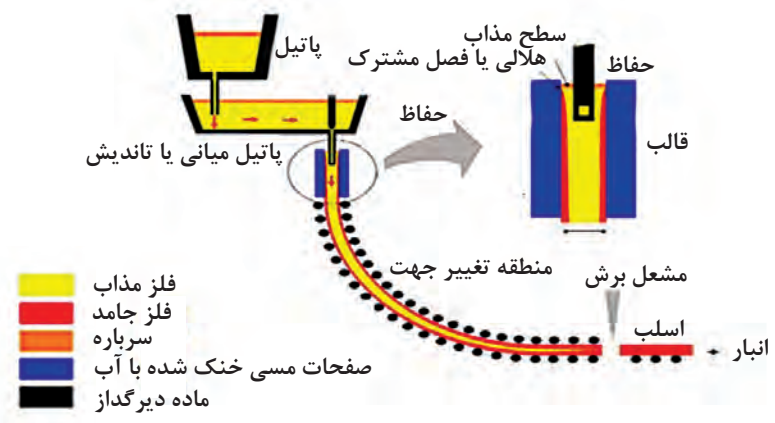
۱ ریخته‌گری پیوسته عمودی با ناحیهٔ انجماد ثانویه عمودی و برش شمش در وضعیت عمودی (شکل ۳۰)؛



شکل ۳۰

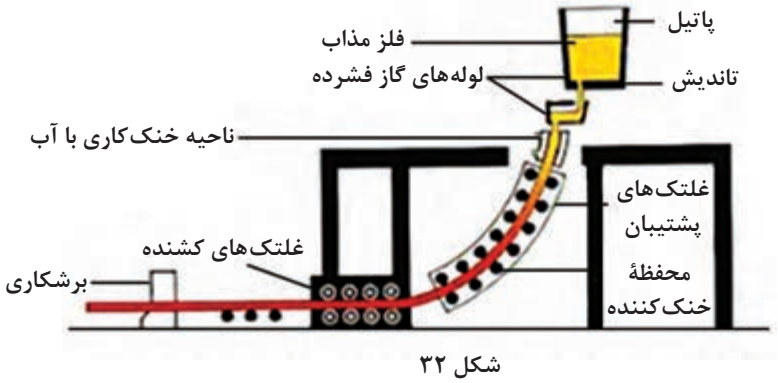
۱ـ continuous casting ۲ـ tundish

۲ ریخته‌گری پیوسته عمودی با ناحیهٔ انجماد ثانویه عمودی، خمش شمش از حالت عمودی به افقی و برش آن در وضعیت افقی (شکل ۳۱)؛



شکل ۳۱

۳ ریخته‌گری پیوستهٔ خمیده با ناحیهٔ انجماد ثانویهٔ خمیده با شعاع خمیدگی ثابت و یا متغیر و برش شمش در وضعیت افقی (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

اصول ریخته‌گری پیوسته

اصول کار ریخته‌گری پیوسته در همه روش‌ها، تقریباً یکسان است. در ریخته‌گری مداوم یا پیوسته فولادها مطابق با شکل ۳۳ ـ (الف)، فرایند کار شامل مراحل زیر است:

۱ انتقال مذاب از کوره به تاندیش

ابتدا مذاب از درون پاتیل به درون تاندیش که پیش از این تا دمای ۱۲۰۰ الی ۱۳۰۰ درجهٔ سلسیوس حرارت داده شده است، ریخته می‌شود.

۲ انتقال مذاب از تاندیش به قالب

هنگامی که سطح فولاد مذاب در درون تاندیش به حد معینی رسید، فلز مذاب به‌صورت پیوسته از درون

تاندیش به درون یک قالب مسی که با آب خنک می‌شود، ریخته می‌شود. شکل ۳۳ ـ (ب)

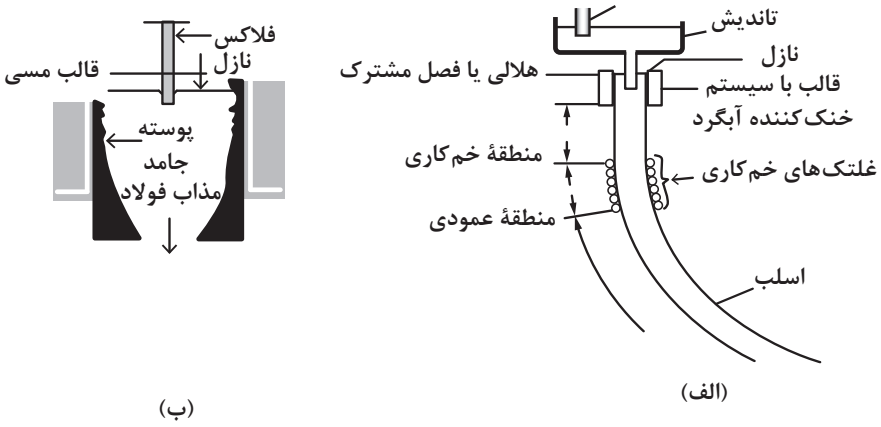
۳ شکل‌گیری بیلت توسط قالب مسی

انجماد شمش از دیواره و کف قالب آغاز و به سوی مرکز آن پیشروی می‌کند. اندازه و شکل قالب به اندازه و شکل شمش بستگی دارد.

۴ انتقال بیلت با کشاننده هلالی

۵ هدایت بیلت توسط غلتک‌های هیدرولیکی

۶ انتقال بیلت به سیستم خنک‌کننده و پاشش آب به آن توسط افشانک‌های آب‌پاش



شکل ۳۳

نازل تاندیش: قطعهٔ نسوزی است که کف تاندیش قرار می‌گیرد و وظیفهٔ آن هدایت مذاب از تاندیش به قالب ماشین ریخته‌گری مداوم است. نازل‌های تاندیش انواع مختلفی دارند که بسته به مدت زمان ریخته‌گری متفاوت هستند (شکل ۳۴). به‌طور کلی می‌توان گفت دو نوع کلی نازل تاندیش وجود دارد:

- نازل تاندیش‌هایی که نیاز به تعویض هنگام ریخته‌گری دارند.
- نازل تاندیش‌هایی که هنگام ریخته‌گری تعویض نمی‌شوند و پس از پایان عملیات ریخته‌گری، تعویض تاندیش انجام می‌شود.



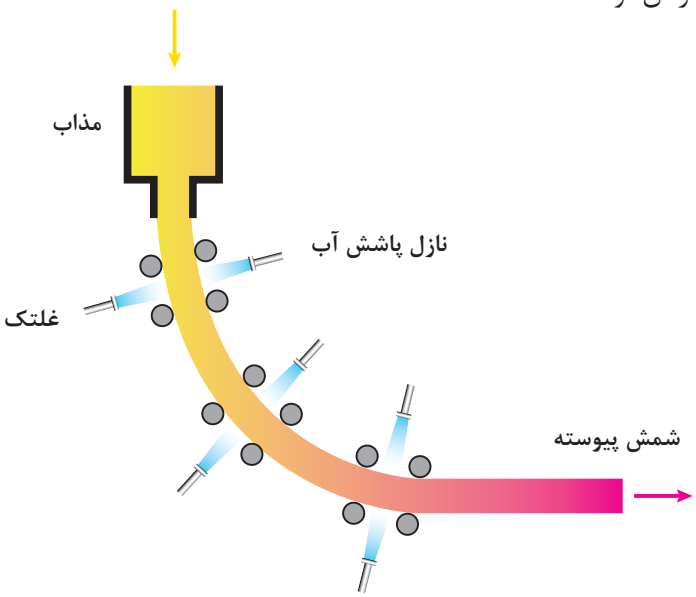
شکل ۳۴ـ انواع نازل تاندیش

خنک‌کردن شمش در ریخته‌گری پیوسته

برای خنک‌کردن شمش معمولاً ۵ تا ۲۰ متر مکعب آب با فشار ۰/۶ مگاپاسکال به ازای هر تن فولاد لازم است تا انجماد با شرایط مناسب در درون قالب انجام پذیرد. در هنگام ریخته‌گری برای جلوگیری از چسبندگی شمش به

دیواره قالب، حرکت نوسانی عمودی با دامنه نوسان ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر به قالب داده می‌شود. هنگامی که سطح فلز در داخل قالب به ارتفاع معینی رسید، کف قالب همراه با شمش به‌وسیلهٔ یک ماشین کشیده می‌شود و به سوی پایین به حرکت در می‌آید. در این مرحله، شمش گداخته وارد ناحیهٔ خنک‌کننده ثانویه که در زیر قالب قرار دارد، می‌شود.

در این ناحیه شمش به‌وسیله آب به‌گونه‌ای خنک می‌شود که فرایند انجماد تا مرکز شمش پیشروی کند و پس از خارج شدن از این ناحیه به‌طور کامل جامد شده باشد. ناحیهٔ خنک‌کنندهٔ ثانویه (شکل ۳۵) به‌گونه‌ای طراحی شده است که در آن آب به وسیلهٔ نازل‌هایی با فشار نزدیک به ۰/۲ تا ۰/۳ مگاپاسکال به‌صورت پودر به همه سطوح شمش پاشیده می‌شود و آن را به‌صورت یکنواخت خنک کند. مصرف آب در این ناحیه، معمولاً نزدیک به ۰/۵ تا ۰/۸ متر مکعب به ازای هر تن فولاد است.



شکل ۳۵ــ فرایند تولید شمش پیوسته

باید توجه داشت که زمان لازم برای اینکه شمش مسیر قالب و ناحیهٔ خنک‌کنندهٔ ثانویه را طی کند، نباید از زمان لازم برای انجماد کامل شمش در همهٔ نقاط سطح مقطع آن کمتر باشد. این کار سبب جلوگیری از پیدایش ترک‌های داخلی در شمش می‌شود. پس از انجماد کامل، شمش به طول‌های معین و از پیش طراحی شده برش داده شده و از خط ریخته‌گری پیوسته جدا می‌شود.

مزایای به‌کارگیری ریخته‌گری پیوسته

۱ **راندمان بالا**: راندمان ریخته‌گری غیرپیوسته جهت تبدیل مذاب فولاد به محصول نیمه نهایی بین ۸۲ تا ۸۴ درصد است. ولی راندمان در ریخته‌گری پیوسته که فولاد مذاب به محصول نیمه نهایی تبدیل می‌شود بین ۹۵ تا ۹۷ درصد است.

۲ **کاهش انرژی**: فرایند ریخته‌گری پیوسته در مقایسه با ریخته‌گری غیرپیوسته ۲۰ درصد کاهش مصرف انرژی دارد.

۳ **افزایش سرعت**: با حذف فرایند نورد در واحدهای نورد اولیه که در ریخته‌گری غیرپیوسته ضروری است،

فرایند ریخته‌گری پیوسته از صرف زمان و هزینه اضافی می‌کاهد.

۴ **شرایط کار** :کاهش نیروی کار در فرایند ریخته‌گری پیوسته بهره‌وری را افزایش داده و از هزینهٔ تولید می‌کاهد.

مشخصات کیفی محصولات ریخته‌گری پیوسته

از جنبه‌های کیفی محصولات ریخته‌گری پیوسته می‌توان به تمیز بودن، نداشتن ترک سطحی و ناخالصی‌ها اشاره کرد:

معایب فولاد در ریخته‌گری پیوسته: فولاد در ریخته‌گری پیوسته می‌تواند در ترکیب شیمیایی معایب زیر را داشته باشد:

۱ محصولات ریخته‌گری پیوسته با محتوای کربن بالا مستعد ترک‌خوردن هستند.

۲ اگر نسبت درصد منگنز به گوگرد کمتر از ۲۰ باشد ترک به وجود می‌آید.

۳ میزان فسفر بالا قابلیت شکل‌پذیری[1] بدون ایجاد ترک یا شکستگی و استحکام فولاد را کاهش داده بنابراین درصد آن در اسلب فولادی باید کمتر از ۰/۰۲۵درصد باشد.

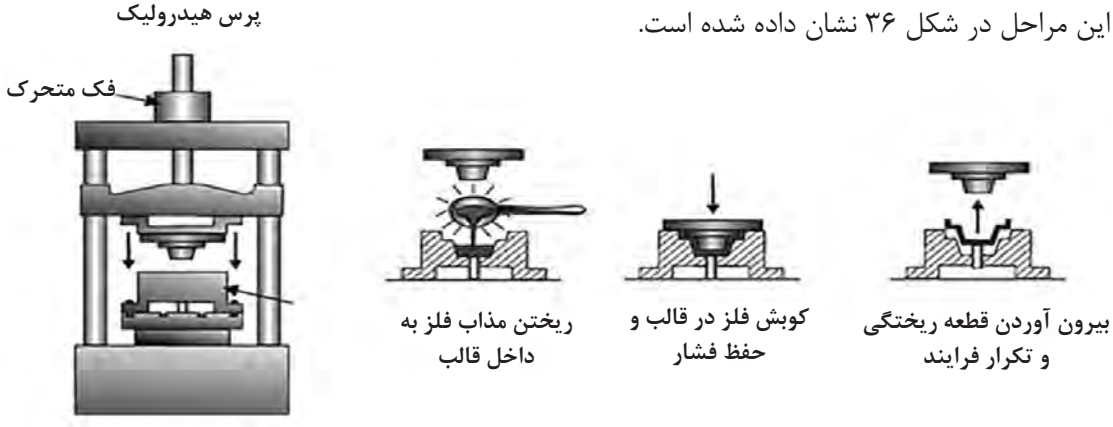
ریخته‌گری کوبشی[2]

یکی از مشکلات قطعات تولیدی به روش ریخته‌گری سنتی، وجود درصدی تخلخل گازی و انقباضی در قطعات تولید شده است. برای کاهش این عیوب روش‌های جدیدی ابداع شده است که یکی از آنها ریخته‌گری کوبشی است. این روش، ترکیبی از ریخته‌گری و آهنگری است. به‌طوری که قسمت اصلی آن را ریخته‌گری تشکیل داده و آهنگری پس از بارریزی به‌صورت اعمال فشار به مذاب در حال انجماد و شکل دادن به آن ظاهر می‌شود.

آلیاژهای آلومینیوم، مس و منیزیم از بیشترین تولیدات این روش محسوب می‌شوند. برخی قطعات آهنی با شکل‌های ساده نیز با این روش تولید می‌شوند.

مراحل انجام فرایند ریخته‌گری کوبشی:

این مراحل در شکل ۳۶ نشان داده شده است.



شکل ۳۶ـ مراحل انجام فرایند ریخته‌گری کوبشی

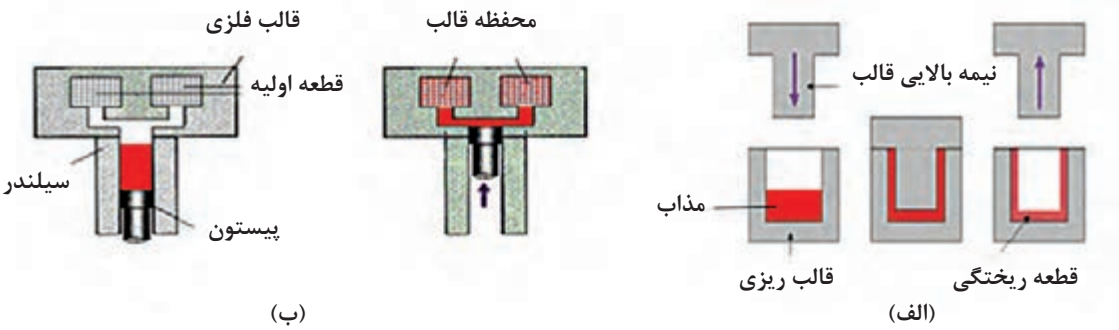
۱ـ ductility ۲ـ squeeze casting

۱ این مرحله نشان‌دهندهٔ عملیات ریخته‌گری است که نیمه بالایی، سنبه و نیمه پایینی آن قالب است که مقدار معینی از فلز مذاب به درون قالب پیش گرم شده ریخته می‌شود و از سنبه برای بستن محفظه قالب و وارد آوردن فشار بر فلز مایع استفاده می‌گردد.
۲ اعمال فشار تا کامل شدن انجماد ادامه می‌یابد.
۳ پس از انجماد مذاب، سنبه (نیمه بالایی قالب) کنار کشیده شده و قطعه بیرون آورده می‌شود.
۴ در پایان قطعه خارج شده، تحت عملیات تمیز کاری قرار می‌گیرد.

اجزای دستگاه فرایند ریخته‌گری کوبشی فضای اضافی:

۱ـ قالب: یکی از عوامل مهم در فرایند ریخته‌گری کوبشی، قالب است و مهم‌تر از آن طراحی قالب است، که شامل انتخاب مواد مناسب، روش تولید و عملیات حرارتی مناسب بر روی آن است. قالب‌ها در این روش تحت تأثیر نیروهای مکانیکی متناوب و انبساط و انقباض‌های متعدد قرار می‌گیرند که این مسئله می‌تواند منجر به ترک خوردن و تغییر شکل قالب شود. در حال حاضر فولاد ابزار (H۱۳)، مناسب‌ترین ماده برای تولید قالب‌های این فرایند است. اما به‌طور کلی قالب‌های فولادی باید در دمای بالا مقاوم بوده و از سختی بالا، استحکام، ضربه‌پذیری خوب و عدم تغییر شکل قالب در درجه حرارت بالا برخوردار باشند.

۲ـ ماشین ریخته‌گری: در فرایند ریخته‌گری کوبشی دو نوع ماشین ریخته‌گری وجود دارد. با توجه به‌اینکه فشار توسط سنبه روی محصول نهاییِ در حال انجماد و یا بر روی سیستم تغذیهٔ میانی وارد می‌شود. که روش اول، ریخته‌گری کوبشی مستقیم و روش دوم، ریخته‌گری کوبشی غیر مستقیم نام دارد که می‌توان این دو روش را در شکل ۳۷ کنار هم مشاهده کرد.



شکل ۳۷ـ روش‌های ریخته‌گری کوبشی؛ (الف) روش مستقیم و (ب) روش غیرمستقیم

عوامل مؤثر در فرایند ریخته‌گری کوبشی

۱ **حجم مذاب:** کنترل دقیق حجم مذاب به هنگام پر کردن محفظه قالب ضروری است.
۲ **دمای بارریزی:** دمای بارریزی به نوع آلیاژ و شکل قطعه بستگی دارد و باید کمی بالاتر از دمای ذوب آلیاژ باشد.
۳ **روان کاری:** برای آلیاژهای آلومینیوم، منیزیم و مس قبل از ریخته‌گری، روان کنندهٔ کلوئیدی گرافیتی، برروی قالب‌های گرم شده به‌صورت پاششی اعمال می‌شود. همچنین برای ریخته‌گری فلزات آهنی استفاده از پوشش سرامیکی برای جلوگیری از جوش خوردن بین فلز ریختگی و دیوارهٔ قالب ضروری است.

مزایای روش ریخته‌گری کوبشی

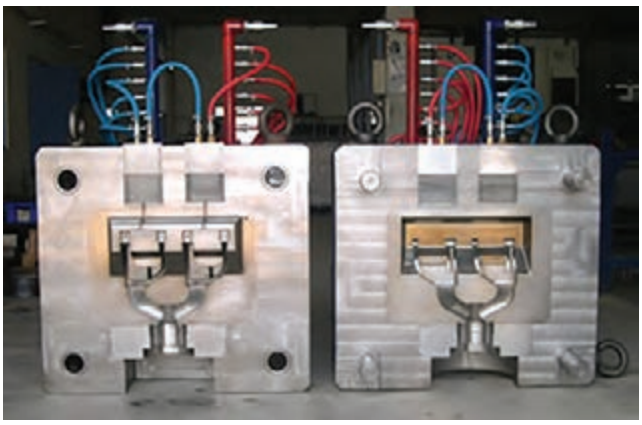
۱ وجود زمان کافی برای خروج گازها به دلیل اعمال فشار برروی مذاب درون قالب؛
۲ جلوگیری از تشکیل حفره‌های احتمالی درقطعه در اثر اعمال فشار؛
۳ نبود یا کاهش چشم‌گیر هرگونه انقباضات داخلی و مک‌های گازی در قطعه؛
۴ بالا بودن دقت ابعادی و کیفیت سطحی قطعه؛
۵ با وارد کردن فشار، هنگام انجماد مذاب فلزات، می‌توان شکل نهایی قطعه را با چگالی تقریباً کامل به‌دست آورد؛
۶ ریزدانگی و کم بودن عیوب قطعات تولیدی در این روش، امکان استفاده از قطعات تولید شده درکاربردهای خاص را می‌دهد.

عیوب احتمالی قطعه در روش ریخته‌گری کوبشی

۱ **ناخالصی‌های اکسیدی:** در صورت عدم دستیابی به مذاب تمیز عیب ناخالصی اکسیدی در قطعه ایجاد می‌شود. برای کاهش این نوع ناخالصی باید در سیستم انتقال مذاب فیلتر قرار داد و یا اینکه حداقل از تلاطم مذاب به هنگام ذوب‌ریزی جلوگیری کرد.
۲ **سرد جوشی:** این عمل زمانی اتفاق می‌افتد که فلز مذاب بر روی لایه‌های منجمد شده قبلی قرارگیرد بدون اینکه کاملاً به آن متصل گردد. برای کاهش این عیب لازم است که دمای بارریزی و یا دمای قالب افزایش یابد.
۳ **چسبندگی** : این عمل در صورتی اتفاق می‌افتد که لایهٔ نازکی از فلز منجمد شده به علت سرعت بالای فرایند و یا عدم روان کاری مناسب و یا سرد شدن قالب، به دیواره قالب بچسبد. برای جلوگیری از این عیب کاهش دمای بارریزی یا دمای قالب پیشنهاد می‌شود.

شکل قطعات در روش ریخته‌گری کوبشی

قطعات کاسه‌ای شکل به عنوان مناسب‌ترین قطعات برای این روش پیشنهاد می‌شود. از کاربردهای این نوع قطعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
پیستون آلومینیومی ماشین، دیسک ترمز چرخ خودرو، چرخ کامیون، بوش‌ها و دنده‌های برنجی و برنزی، اجزای فولادی موشک‌ها، چرخ دنده‌های دیفرانسیل، قسمت‌های چدنی و پوسته چدن نشکن خمپاره.
نمونه‌ای از قالب مورد استفاده در این روش در شکل ۳۸ نشان داده شده است.



شکل ۳۸

مقایسهٔ روش‌های ریخته‌گری کوبشی با سایر روش‌های ریخته‌گری

الف) ماسه‌ای تر

۱ راندمان ریخته‌گری در روش کوبشی بالاتر است؛

۲ میزان چگالی قطعه در ریخته‌گری کوبشی بیشتر از روش ماسه‌ای‌تر است؛

۳ سرعت تولید در روش ریخته‌گری کوبشی بالاتر است.

ب) فورج (آهنگری)

۱ در ریخته‌گری کوبشی مادهٔ اولیه مذاب است اما در فورج مادهٔ اولیه جامد است؛

۲ عمر قالب در ریخته‌گری کوبشی کمتر است؛

۳ صرفه‌جویی در مواد مصرفی نسبت به روش فورج بیشتر است.

ج) تفاوت با ریخته‌گری تحت فشار

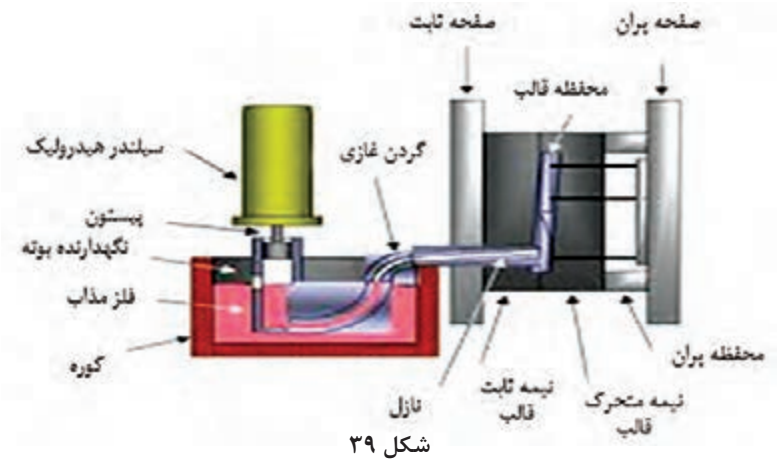
ریخته‌گری کوبشی فرایندی است که به منظور ساخت قطعاتی با کمترین حفره و تخلخل طراحی شده است. تفاوت عمدهٔ این روش ریخته‌گری با دایکست در طراحی مسیرهای ورودی مذاب، سرعت تزریق و افزایش فشار است. از آنجا که بخش زیادی از تخلخل‌های ایجاد شده به علت آشفتگی جریان مذاب تزریق شده به درون قالب است، ریخته‌گری کوبشی با ایجاد مسیرهای ورودی بزرگ‌تر سبب ورود جریان آرام مذاب به درون قالب و منافذ ایجاد شده می‌شود تا از ایجاد تخلخل جلوگیری کند.

روند پیشرفت ریخته‌گری کوبشی

اولین روش ریخته‌گری کوبشی، روش مستقیم بوده که معمولاً برای تولید قطعات ساده و متقارن استفاده شده است. ریخته‌گری کوبشی عمودی غیرمستقیم کاربردهای این روش ریخته‌گری را گسترش داد، به‌طوری که در این روش تولید قطعات با اشکال پیچیده و بدون عیب مثل رینگ چرخ اتومبیل را امکان‌پذیر کرد. تحول بعدی در فرایند ریخته‌گری کوبشی ترکیب آن با فرایند ریخته‌گری تحت فشار کم است که یک پمپ مغناطیسی تزریق مذاب دارد و امکان تولید قطعات بیشتر با کاربردهای صنعتی را محقق می‌کند (شکل ۳۹).

این فرایند دارای مشخصات زیر است:

- کاهش زمان تولید مذاب و تزریق آن که در نتیجه می‌توان قطعاتی با استحکام بالا تولید کرد؛
- چون مذاب فلز در تماس با هوا قرار نمی‌گیرد قطعاتی بدون آخال‌های اکسیدی را می‌توان به سهولت در این روش تولید کرد؛
- فلز مذاب در پایین‌ترین میزان دمای فوق ذوب نگهداری می‌شود چون افت دما در این روش حداقل است.



شکل ۳۹

ریخته‌گری هوشمند

ریخته‌گری، یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تولید قطعات فلزی است که از هزاران سال پیش در تمدن‌های باستانی برای ساخت ابزار، سلاح، و زیورآلات به‌کار می‌رفته است. امروزه، ریخته‌گری در صنایع کلیدی مانند خودروسازی، هوافضا، راه‌آهن، نفت و گاز، و حتی تولید وسایل خانگی نقش حیاتی دارد. اما روش‌های سنتی ریخته‌گری با چالش‌هایی مانند کیفیت ناپایدار، ضایعات زیاد، و شرایط کاری دشوار مواجه هستند.

با پیشرفت فناوری، ریخته‌گری هوشمند به‌عنوان راه‌حلی نوین ظهور کرده است. این روش با استفاده از حسگرها، ربات‌ها، هوش مصنوعی، و نرم‌افزارهای پیشرفته، فرایند تولید را دقیق‌تر، ایمن‌تر، و پایدارتر می‌کند. در این قسمت، از تاریخچه ریخته‌گری و ضرورت آن تا فناوری‌هایی که آینده صنعت را شکل می‌دهند صحبت به میان می‌آید. همچنین، با کاربردهای این فناوری در کشورمان، تأثیرات زیست‌محیطی، و فرصت‌های شغلی جدید آشنا می‌شویم.

تاریخچه و ضرورت هوشمندسازی ریخته‌گری

تاریخچه و سیر تحول ریخته‌گری را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

۱ـ دوران باستان (۵۰۰ م ـ ۴۰۰۰ ق.م)

روش: ریخته‌گری مفرغ با قالب‌های گلی و مومی[۱] در مصر، بین‌النهرین و چین

محصولات: ابزار جنگی، مجسمه‌ها و زیورآلات

۲ـ قرون وسطی (۱۵۰۰ م ـ ۵۰۰)

پیشرفت: کوره‌های ریخته‌گری آهن

کاربرد: ساخت زره و سلاح، نرده‌های آهنی و تزیینات کلیساها

۳ـ انقلاب صنعتی (۱۹۰۰ م ـ ۱۷۰۰)

نوآوری: کوره‌های پیشرفته برای تولید چدن و فولاد

محصولات: قطعات دقیق برای ماشین‌های بخار و قطارها

ابداع: ریخته‌گری تحت فشار

۴ـ عصر مدرن (۱۹۰۰تا امروز)

فناوری: خطوط تولید هوشمند با ربات‌ها و اتوماسیون

مواد: آلیاژهای سبک (آلومینیوم، تیتانیوم)، ساخت قطعات پیچیده مانند موتور خودروها، توربین‌های هواپیما، و تجهیزات پزشکی

پیشرفت: چاپ سه‌بعدی قالب‌ها و شبیه‌سازی رایانه‌ای[۲]

۵ـ آینده ریخته‌گری

چشم‌انداز: ریخته‌گری هوشمند با هوش مصنوعی و اینترنت اشیا[۳]

هدف: دسترسی به روش‌های تولید با ضایعات کم و بازیافت مواد

چالش‌های ریخته‌گری سنتی

روش‌های سنتی، که به مهارت و تجربه کارگران وابسته‌اند، با مشکلات متعددی روبه‌رو هستند:

۱ـ lost-wax ۲ـ computer simulation ۳ـ IOT

- **عیوب قطعات:** اگر فلز مذاب به‌درستی در قالب جریان نداشته باشد، ترک، حفره‌های گازی، یا تاب‌برداشتن ایجاد می‌شود. این عیوب کیفیت محصول را کاهش می‌دهند و هزینه‌ها را افزایش می‌دهند.
- **کنترل ناکافی:** تنظیم دستی دما، فشار، و سرعت ریختن فلز احتمال خطا را بالا می‌برد. برای مثال، دمای بیش از حد ممکن است قالب را خراب کند.
- **ضایعات زیاد:** قطعات معیوب و مواد هدر رفته، هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهند و به محیط‌زیست آسیب می‌رسانند.
- **شرایط کاری دشوار:** کارگران در معرض گرمای شدید، دود، گردوغبار، و سر و صدا هستند، که سلامت آنها را تهدید می‌کند.
- **کنترل کیفیت دیرهنگام:** عیوب اغلب پس از اتمام تولید شناسایی می‌شوند، زمانی که اصلاح آنها پرهزینه یا غیرممکن است.

این چالش‌ها نشان می‌دهند که صنعت ریخته‌گری به روش‌های جدیدی نیاز دارد تا با نیازهای مدرن همگام شود.

ریخته‌گری هوشمند چیست؟

ریخته‌گری هوشمند از فناوری‌های پیشرفته برای خودکارسازی و بهینه‌سازی فرایند استفاده می‌کند. حسگرهای دما، فشار و جریان فلز را لحظه به لحظه اندازه‌گیری می‌کنند. ربات‌ها فلز مذاب را با دقت بالا در قالب می‌ریزند. هوش مصنوعی داده‌ها را تحلیل می‌کند و مشکلات را پیش‌بینی می‌کند. این سیستم‌ها با همکاری یکدیگر، کیفیت را بهبود می‌دهند، ضایعات را کاهش می‌دهند، و محیط کار را ایمن‌تر می‌سازند.

اهداف ریخته‌گری هوشمند

ریخته‌گری هوشمند برای رفع مشکلات سنتی طراحی شده است تا:

- تولید قطعات با کیفیت بالا و یکنواخت، که نیاز به بازسازی یا تعمیر را کاهش دهد؛
- کاهش ضایعات و هزینه‌ها، که سودآوری کارخانه‌ها را افزایش دهد؛
- بهبود ایمنی با کاهش حضور کارگران در محیط‌های خطرناک داشته باشد؛
- صرفه‌جویی در انرژی و مواد، که به حفاظت از محیط‌زیست کمک کند؛
- افزایش سرعت تولید برای پاسخ‌گویی به نیازهای بازار رقابتی را فراهم سازد.

فعالیت کلاسی

در گروه‌های کوچک، درباره این سؤال بحث کنید: «اگر ربات‌ها جایگزین کارگران در کارخانه‌های ریخته‌گری شوند، چه تغییراتی در زندگی کارگران ایجاد می‌شود؟» حداقل دو مزیت (مانند ایمنی) و دو چالش (مانند کاهش مشاغل) را بررسی کنید.

مراحل ریخته‌گری و نقش فناوری‌های هوشمند

ریخته‌گری فرایندی چندمرحله‌ای است که هر مرحله بر کیفیت قطعه نهایی تأثیر دارد. فناوری‌های هوشمند این مراحل را دقیق‌تر و کارآمدتر کرده‌اند.

مراحل اصلی ریخته‌گری

۱ـ ساخت قالب: قالب مانند یک مدل سه‌بعدی است که شکل قطعه را تعیین می‌کند. قالب‌ها می‌توانند ماسه‌ای (برای قطعات بزرگ)، فلزی (برای تولید انبوه)، یا توخالی (برای قطعات سبک) باشند. در روش‌های هوشمند، چاپ سه‌بعدی و شبیه‌سازی رایانه‌ای قالب‌ها را دقیق‌تر می‌سازند.

۲ـ ذوب فلز: فلز خام (مانند فولاد، آلومینیوم و یا مس) در کوره‌های پیشرفته ذوب می‌شود. حسگرهای دمایی دمای دقیق را کنترل می‌کنند تا فلز در حالت ایده‌آل باشد.

۳ـ ریختن فلز: فلز مذاب با سرعت و فشار مناسب به قالب ریخته می‌شود. ربات‌ها این فرایند را با دقت انجام می‌دهند تا از پر شدن کامل قالب مطمئن شوند.

۴ـ سرد شدن و انجماد: قطعه باید به‌آرامی سرد شود تا از ترک‌خوردگی یا تغییر شکل جلوگیری شود. سیستم‌های خنک‌کننده هوشمند دما و سرعت سرد شدن را تنظیم می‌کنند.

۵ـ کنترل کیفیت و جداسازی: پس از سرد شدن، قطعه از قالب جدا می‌شود. حسگرها و دوربین‌ها کیفیت آن را بررسی می‌کنند تا عیوب احتمالی شناسایی شوند.

نقش فناوری‌های هوشمند در هر مرحله

- **ساخت قالب:** چاپ سه‌بعدی قالب‌ها را در طی چند ساعت می‌سازد، در حالی که روش‌های سنتی ممکن است هفته‌ها طول بکشند و شبیه‌سازی رایانه‌ای مشکلات طراحی را پیش‌بینی می‌کند.
- **ذوب فلز:** حسگرهای دمایی از سوختن یا سرد شدن بیش‌ازحد فلز جلوگیری می‌کنند، که کیفیت فلز را حفظ می‌کند.
- **ریختن فلز:** ربات‌ها با دقت بالا از ریختن نامنظم جلوگیری می‌کنند. حسگرهای فشار از آسیب به قالب محافظت می‌کنند.
- **سرد شدن:** سیستم‌های خنک‌کننده هوشمند با پاشش آب یا جریان هوا، خنک‌سازی یکنواخت را تضمین می‌کنند.
- **کنترل کیفیت:** دوربین‌های مجهز به هوش مصنوعی و حسگرهای فراصوت عیوب ظاهری (مانند ترک) و داخلی (مانند حفره) را شناسایی می‌کنند.

مزایای فناوری‌های هوشمند

فناوری‌های هوشمند کیفیت قطعات را بهبود می‌دهند و فرایند را پایدارتر می‌کنند. کاهش خطاهای انسانی، صرفه‌جویی در مواد و انرژی، و تولید سریع‌تر، این روش را به انتخابی ایده‌آل تبدیل کرده است. نظارت لحظه‌ای به کارخانه‌ها اجازه می‌دهد مشکلات را قبل از تبدیل شدن به مسائل بزرگ حل کنند. برای مثال، اگر حسگری تشخیص دهد که فشار ریختن فلز بیش‌ازحد است، سیستم به‌سرعت آن را اصلاح می‌کند.

فعالیت

پوستری را طراحی کنید و مراحل ریخته‌گری سنتی و هوشمند را مقایسه کنید. برای هر مرحله، یک مزیت روش هوشمند و یک محدودیت روش سنتی را با تصویر یا نمودار نشان دهید و پوستر را در کلاس ارائه دهید.

قالب‌های هوشمند و فناوری چاپ سه‌بعدی

قالب‌ها قلب فرایند ریخته‌گری هستند، زیرا شکل و کیفیت قطعه نهایی را تعیین می‌کنند. فناوری‌های نوین مانند قالب‌های هوشمند و چاپ سه‌بعدی این صنعت را متحول کرده‌اند.

انواع قالب‌ها

۱ـ قالب‌های ماسه‌ای: از شن و ماسه فشرده ساخته می‌شوند و برای قطعات بزرگ یا تولید محدود مناسب‌اند. این قالب‌ها ارزان هستند، اما دقت کمتری دارند و ممکن است پس از یک‌بار استفاده خراب شوند.

۲ـ قالب‌های فلزی: برای تولید انبوه قطعات کوچک و دقیق استفاده می‌شوند. ساخت آنها پرهزینه است، اما دوام بالایی دارند و می‌توانند هزاران بار استفاده شوند.

۳ـ قالب‌های توخالی: برای قطعات سبک با دیواره‌های نازک طراحی شده‌اند، مانند قطعات بدنه هواپیما. شبیه‌سازی رایانه‌ای به بهینه‌سازی طراحی آنها کمک می‌کند.

قالب‌های هوشمند

قالب‌های هوشمند مجهز به حسگرها، لوله‌های خنک‌کننده، لرزاننده‌ها و سیستم‌های کنترلی هستند. این قالب‌ها می‌توانند:

- دمای فلز و قالب را به‌صورت لحظه‌ای تنظیم کنند تا از سرد شدن ناهموار جلوگیری شود.
- از روش‌هایی مانند امواج فراصوت برای پخش یکنواخت فلز در قالب استفاده کنند.
- داده‌ها را به رایانه‌ها ارسال کنند تا مشکلات احتمالی شناسایی شوند.



شکل ۴۰ـ تصویر شماتیک یک قالب هوشمند

قالب هوشمند

شکل ۴۰ تصویر شماتیک یک قالب فلزی مجهز به حسگرهای دمایی، لوله‌های خنک‌کننده و یک لرزاننده فراصوت را نشان می‌دهد. اجزای هوشمند با رنگ‌های متفاوت مشخص شده‌اند.

چاپ سه‌بعدی در قالب‌سازی

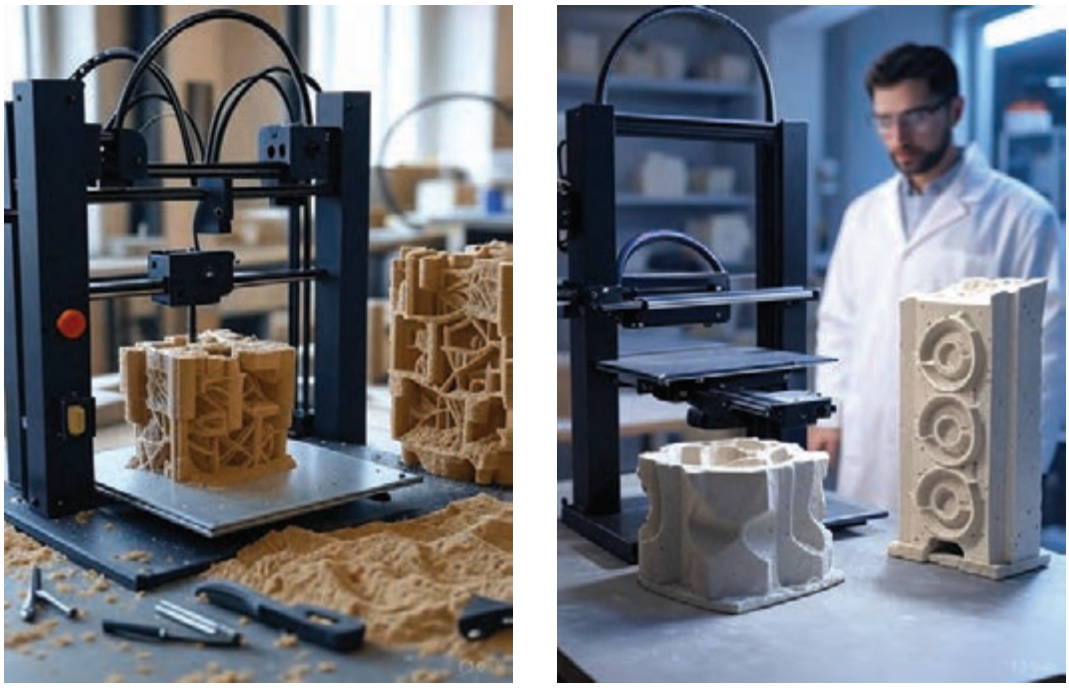
چاپ سه‌بعدی انقلابی در ساخت قالب‌ها ایجاد کرده است. در روش‌های سنتی، ساخت قالب‌های پیچیده ممکن است هفته‌ها طول بکشد و هزینه‌های بالایی داشته باشد. اما چاپ سه‌بعدی:

- قالب‌ها را در چند ساعت می‌سازد؛
- هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، زیرا نیاز به ماشین‌آلات گران را حذف می‌کند؛
- امکان ساخت قالب‌های پیچیده را فراهم می‌کند که با روش‌های سنتی غیرممکن‌اند؛

- ضایعات را کاهش می‌دهد، زیرا مواد به‌صورت لایه‌لایه استفاده می‌شوند؛
- نمونه‌های اولیه را سریع می‌سازد تا مهندسان بتوانند طراحی را اصلاح کنند.

چاپ سه‌بعدی قالب

تصویری از دو پرینتر سه‌بعدی در حال ساخت قالب ماسه‌ای پیچیده را در شکل ۴۱ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴۱ـ پرینتر سه‌بعدی

فناوری‌های نوین در قالب‌سازی

- **طراحی به کمک رایانه:** مهندسان با نرم‌افزارهای CAD قالب‌ها را به‌صورت دیجیتال طراحی می‌کنند و مشکلات را قبل از ساخت شناسایی می‌کنند.
- **شبیه‌سازی رایانه‌ای:** نرم‌افزارها جریان فلز، دما، و عیوب احتمالی را پیش‌بینی می‌کنند.
- **چاپ سه‌بعدی:** امکان ساخت سریع قالب‌های آزمایشی و نهایی را فراهم می‌کند.

تحقیق کنید

۱ درباره کاربرد چاپ سه‌بعدی در ساخت قالب‌های ریخته‌گری تحقیق کنید. حداقل سه مزیت و یک مثال واقعی از ایران یا جهان پیدا کنید و در کلاس ارائه دهید.

۲ تصاویری از قالب‌های سنتی و هوشمند را بیابید و در یک پاراگراف، تفاوت‌های آنها را توضیح دهید.

حسگرها و کنترل هوشمند

حسگرها مانند چشمان و گوش‌های یک سیستم ریخته‌گری هوشمند عمل می‌کنند. آنها اطلاعات لحظه‌ای را جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های کنترلی برای تصمیم‌گیری کمک می‌کنند.

انواع حسگرها و کاربردهای آنها

۱ـ حسگرهای دما: دمای فلز مذاب و قالب را کنترل می‌کنند. دمای نامناسب می‌تواند باعث عیوب مانند حفره‌های گازی شود.

۲ـ حسگرهای فشار: فشار ریختن فلز را تنظیم می‌کنند تا قالب آسیب نبیند و فلز به‌درستی پر شود.

۳ـ حسگرهای جریان: سرعت و جریان فلز مذاب را کنترل می‌کنند تا از نفوذ ناقص جلوگیری شود.

۴ـ حسگرهای فراصوت: با ارسال امواج صوتی، عیوب داخلی مانند حفره‌ها یا ترک‌های مخفی را شناسایی می‌کنند.

۵ـ دوربین‌های پیشرفته: با هوش مصنوعی، عیوب ظاهری مانند ترک‌های سطحی یا تغییر رنگ را تشخیص می‌دهند.

۶ـ حسگرهای لرزش و صدا: لرزش‌ها یا صداهای غیرعادی را شناسایی می‌کنند که ممکن است نشانه مشکلات مکانیکی باشند.

به‌عنوان مثال در یک کارخانه تولید قطعات ریلی، حسگرهای فراصوت حفره‌های داخلی در ریل‌ها را شناسایی کردند. این کار از خرابی‌های پرهزینه در خطوط راه‌آهن جلوگیری کرد.

حسگرهای ریخته‌گری

شکل ۴۲ تصویر شماتیک از یک سیستم ریخته‌گری با حسگرهای دما، فشار، فراصوت، و دوربین‌های پیشرفته را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲ـ تصویر شماتیک یک سیستم ریخته‌گری با حسگرهای متفاوت

کنترل هوشمند چیست؟

کنترل هوشمند فرایندی است که در آن حسگرها، رایانه‌ها، و نرم‌افزارهای پیشرفته فرایند ریخته‌گری را مدیریت می‌کنند:

۱ـ جمع‌آوری داده‌ها: حسگرها اطلاعات دما، فشار، و جریان را ثبت می‌کنند.

۲ـ پردازش داده‌ها: رایانه‌ها داده‌ها را تحلیل کرده و مشکلات را شناسایی می‌کنند.

۳ـ تصمیم‌گیری خودکار: سیستم تنظیمات را اصلاح می‌کند یا هشدار می‌دهد.

۴ـ نظارت پیوسته: کیفیت قطعه در تمام مراحل بررسی می‌شود.

مزایای حسگرها و کنترل هوشمند

- افزایش دقت و کیفیت قطعات؛
- کاهش ضایعات و هزینه‌های تولید؛
- بهبود ایمنی با کاهش حضور کارگران در شرایط خطرناک؛
- افزایش سرعت تولید و بهره‌وری؛
- پیش‌بینی و پیشگیری از خرابی تجهیزات

فعالیت کلاسی

۱ تصاویری از حسگرهای مورد استفاده در ریخته‌گری پیدا کنید. توضیح دهید که چگونه به بهبود تولید کمک می‌کند.

۲ گزارشی کوتاه درباره نقش حسگرهای فراصوت در ریخته‌گری بنویسید و یک مثال واقعی ذکر کنید .

هوش مصنوعی و شبیه‌سازی: مغز ریخته‌گری هوشمند

هوش مصنوعی و شبیه‌سازی مانند مغز یک سیستم ریخته‌گری هوشمند عمل می‌کنند و فرایند را بهینه‌تر و دقیق‌تر می‌کنند.

شبیه‌سازی چیست؟

شبیه‌سازی شامل ساخت مدل‌های رایانه‌ای از فرایند ریخته‌گری است که رفتار فلز مذاب، دما، فشار و عیوب احتمالی را پیش‌بینی می‌کند. این مدل‌ها به مهندسان کمک می‌کنند تا مشکلات را قبل از تولید واقعی شناسایی کنند. برای مثال، اگر شبیه‌سازی نشان دهد که فلز در بخشی از قالب به‌درستی جریان نمی‌یابد، مهندسان می‌توانند طراحی قالب را اصلاح کنند.



شکل ۴۳ـ صفحه نمایش یک نرم‌افزار شبیه‌سازی

شبیه‌سازی رایانه‌ای

تصویری از صفحه‌نمایش یک نرم‌افزار شبیه‌سازی که جریان فلز مذاب در قالب را نشان می‌دهد، در شکل ۴۳ ملاحظه می‌کنید. نقاط پرخطر برای عیوب با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

هوش مصنوعی چیست؟

هوش مصنوعی برنامه‌های رایانه‌ای هستند که می‌توانند داده‌ها را تحلیل کنند، الگوها را شناسایی کنند و تصمیم‌گیری کنند. در ریخته‌گری، هوش مصنوعی با استفاده از داده‌های حسگرها و شبیه‌سازی‌ها:

- عیوب احتمالی مانند ترک یا حفره را پیش‌بینی می‌کند؛
- دما، فشار، و سرعت را به‌صورت خودکار تنظیم می‌کند؛
- مصرف مواد و انرژی را بهینه می‌کند؛
- برنامه‌ریزی تولید و نگهداری تجهیزات را بهبود می‌بخشد.

مزایای هوش مصنوعی و شبیه‌سازی

- کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت؛
- افزایش کیفیت و سرعت تولید؛
- صرفه‌جویی در منابع و هزینه‌ها؛
- کمک به محیط زیست با کاهش ضایعات؛
- امکان پیش‌بینی و پیشگیری از مشکلات

فعالیت

درباره کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع دیگر (مانند خودروسازی، پزشکی، یا کشاورزی) تحقیق کنید. حداقل دو نمونه واقعی پیدا کرده و نتایج را در کلاس ارائه دهید.

گفت‌وگو کنید

آیا هوش مصنوعی می‌تواند در آینده کاملاً جایگزین مهندسان و کارگران در صنعت ریخته‌گری شود؟ چه مزایا و معایبی دارد؟

کاربردهای ریخته‌گری هوشمند در ایران

ریخته‌گری هوشمند در ایران در حال گسترش است، به‌ویژه در صنایعی که برای اقتصاد کشور حیاتی هستند. این فناوری به کارخانه‌ها کمک می‌کند تا با استانداردهای جهانی رقابت کنند و محصولات باکیفیت‌تری تولید کنند.

نمونه‌های واقعی در ایران

۱ـ صنعت خودروسازی: شرکت‌های خودروسازی از حسگرهای دمایی و ربات‌ها برای تولید قطعات موتور، گیربکس، و بدنه استفاده می‌کنند. این کار کیفیت خودروهای داخلی را بهبود داده و رضایت مشتریان را افزایش داده است.

۲ـ صنعت فولاد: در کارخانه‌های فولادسازی سیستم‌های کنترل هوشمند مصرف انرژی را کاهش داده و کیفیت شمش‌های فولادی را افزایش داده‌اند. این شمش‌ها در ساخت سازه‌های عظیم مانند پل‌ها و ساختمان‌ها استفاده می‌شوند.

۳ـ صنعت نفت و گاز: در تولید قطعات پالایشگاهی، چاپ سه‌بعدی برای ساخت قالب‌های پیچیده استفاده می‌شود. این کار زمان تولید را کوتاه کرده و هزینه‌ها را کاهش داده است.

اهمیت ریخته‌گری هوشمند برای کشور

ریخته‌گری هوشمند می‌تواند:

- وابستگی به واردات قطعات صنعتی را کاهش دهد و اقتصاد کشور را تقویت کند؛
- اشتغال‌زایی در زمینه‌های فناوری پیشرفته، به‌ویژه برای جوانان را ایجاد کند؛
- به توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست با کاهش ضایعات و مصرف انرژی، کمک کند.

تأثیرات زیست‌محیطی ریخته‌گری هوشمند

ریخته‌گری سنتی به‌دلیل مصرف بالای انرژی، تولید ضایعات، و انتشار گازهای گلخانه‌ای، تأثیرات منفی بر محیط‌زیست دارد. ریخته‌گری هوشمند این تأثیرات را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

مزایای زیست‌محیطی

۱ـ کاهش ضایعات: کنترل دقیق فرایند، تولید قطعات معیوب را به حداقل می‌رساند. این کار نیاز به بازیافت یا دور ریختن مواد را کاهش می‌دهد.

۲ـ صرفه‌جویی در انرژی: تنظیم بهینه دما و فشار، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. برای مثال، حسگرهای دمایی از گرم شدن بیش از حد کوره جلوگیری می‌کنند.

۳ـ استفاده بهینه از مواد: چاپ سه‌بعدی و شبیه‌سازی، هدررفت مواد اولیه را کم می‌کنند.

۴ـ کاهش آلودگی: سیستم‌های هوشمند با کنترل دود، گردوغبار و گازهای گلخانه‌ای، محیط کار و اطراف کارخانه را پاک‌تر نگه می‌دارند.

چالش‌های زیست‌محیطی

- هزینه اولیه نصب سیستم‌های هوشمند ممکن است برای کارخانه‌های کوچک بالا باشد.
- بازیافت مواد چاپ سه‌بعدی نیاز به زیرساخت‌های خاصی دارد که در برخی مناطق ایران محدود است.

چالش‌های پیاده‌سازی ریخته‌گری هوشمند

با وجود مزایای فراوان، پیاده‌سازی ریخته‌گری هوشمند با چالش‌هایی همراه است که باید برطرف شوند.

چالش‌های اصلی

۱ـ هزینه‌های اولیه بالا: خرید حسگرها، ربات‌ها، و نرم‌افزارهای هوشمند نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است. این موضوع برای کارخانه‌های کوچک دشوار است.

۲ـ نیاز به آموزش: کارگران و مهندسان باید مهارت‌های جدیدی مانند کار با هوش مصنوعی، تحلیل داده، و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی را یاد بگیرند.

۳ـ مقاومت در برابر تغییر: برخی کارگران و مدیران ممکن است از جایگزینی روش‌های سنتی با فناوری‌های جدید نگران باشند، زیرا می‌ترسند شغلشان را از دست بدهند.

۴ـ وابستگی به فناوری: خرابی سیستم‌های هوشمند می‌تواند تولید را متوقف کند، به‌ویژه اگر تکنسین‌های آموزش‌دیده در دسترس نباشند.

راه‌حل‌ها

- حمایت دولت از کارخانه‌ها با ارائه وام‌های کم‌بهره و مشوق‌های مالی؛
- برگزاری دوره‌های آموزشی رایگان یا کم‌هزینه برای کارگران و مهندسان؛
- شروع با سیستم‌های هوشمند در مقیاس کوچک برای کاهش ریسک؛
- همکاری با دانشگاه‌ها برای توسعه فناوری‌های بومی و ارزان‌تر.

فعالیت کلاسی

در گروه‌های کوچک، درباره این سؤال بحث کنید: «چگونه می‌توان کارخانه‌های کوچک در ایران را به استفاده از ریخته‌گری هوشمند تشویق کرد؟» حداقل سه راه‌حل پیشنهاد دهید و در کلاس ارائه دهید.

آینده ریخته‌گری هوشمند

ریخته‌گری هوشمند هنوز در مراحل ابتدایی خود است، اما آینده‌ای روشن در انتظار آن است. با پیشرفت فناوری، انتظار می‌رود این صنعت حتی هوشمندتر و پایدارتر شود.

نوآوری‌های آینده

۱ـ هوش مصنوعی پیشرفته‌تر: الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادر خواهند بود کل فرایند تولید را بدون دخالت انسان مدیریت کنند.

۲ـ مواد جدید: توسعه مواد هوشمند برای قالب‌ها که خودشان عیوب را تشخیص می‌دهند و اصلاح می‌کنند.

۳ـ اینترنت اشیا: اتصال تمام تجهیزات کارخانه به یک شبکه هوشمند برای نظارت و کنترل بهتر.

۴ـ چاپ سه‌بعدی پیشرفته: ساخت قالب‌های پیچیده‌تر با مواد مقاوم‌تر و در زمان کوتاه‌تر.

در برخی از کارخانه‌های پیشرفته جهان، اینترنت اشیا برای اتصال حسگرها، ربات‌ها و رایانه‌ها استفاده می‌شود.

فعالیت کلاسی

درباره این سؤال بحث کنید: «ریخته‌گری هوشمند در ۲۰ سال آینده چگونه خواهد بود؟» حداقل دو نوآوری احتمالی را پیش‌بینی کنید.

مهارت‌ها و فرصت‌های شغلی در ریخته‌گری هوشمند

ریخته‌گری هوشمند فرصت‌های شغلی جدیدی ایجاد کرده که نیازمند مهارت‌های نوین است.

مهارت‌های مورد نیاز

۱ـ آشنایی با فناوری‌های نوین: کار با حسگرها، ربات‌ها و نرم‌افزارهای کنترلی.

۲ـ تحلیل داده و هوش مصنوعی: درک الگوریتم‌ها و استفاده از داده‌ها برای بهبود فرایند.

۳ـ دانش فنی و مکانیکی: شناخت مواد، قالب‌سازی و تجهیزات ریخته‌گری.

۴ـ مهارت‌های رایانه‌ای: کار با نرم‌افزارهای CAD و شبیه‌سازی.

۵ـ خلاقیت و حل مسئله: یافتن راه‌حل‌های نوآورانه برای چالش‌های تولید.

ارزشیابی

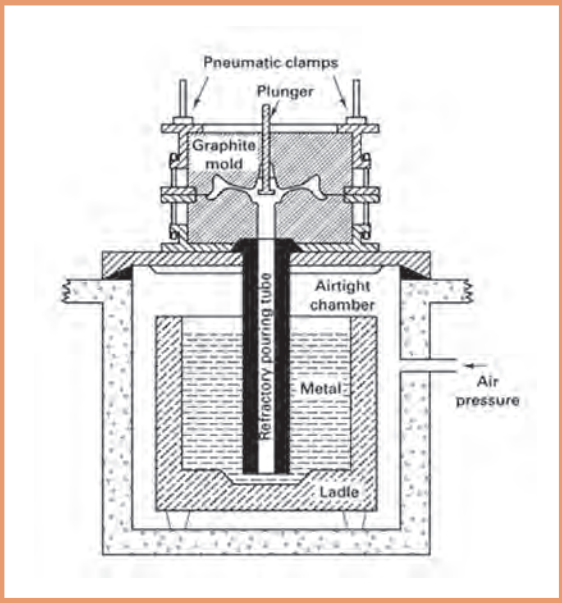
ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و بر اساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان روش‌های ماشینی قالب‌گیری و ریخته‌گری

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
ریخته‌گری در قالب‌های موقت ریخته‌گری در قالب‌های دائمی ریخته‌گری گریز از مرکز ریخته‌گری هوشمند	ـ روش‌های ریخته‌گری قطعات ـ نوع ریخته‌گری قطعات ـ ویژگی‌های انواع روش‌های ریخته‌گری	بالاتر از حد انتظار	ـ تعیین روش ریخته‌گری برای قطعات ـ تشخیص نوع ریخته‌گری از روی قطعه تولیدی ـ لیست کردن ویژگی‌های انواع روش‌های ریخته‌گری	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ تشخیص نوع ریخته‌گری از روی قطعه تولیدی ـ لیست کردن ویژگی‌های انواع روش‌های ریخته‌گری	۲
		پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)	ـ لیست کردن ویژگی‌های انواع روش‌های ریخته‌گری	۱
نمرهٔ مستمر از ۵				

پودمان پنجم

کسب اطلاعات فنی



مهارت‌های سواد اطلاعاتی

ارتقای سطح سواد ملی، یکی از اهداف فرهنگی تمام کشورهای جهان است. واژه «سواد»، قدمتی بسیار طولانی داشته و از تکامل تدریجی برخوردار بوده است. «سواد» در برگیرنده مهارت‌های مورد نیاز برای هر شخص است تا بتواند نقش مناسبی را در جامعه ایفا کند. ساده ترین حالت سواد، مشتمل بر توانمندی‌های کاربرد زبان است، بدین معنا که فرد با سواد، قادر به خواندن، نوشتن و درک زبان بومی خود باشد.

اما امروزه، با توجه به تغییرات و تحولات عصر حاضر، حجم وسیع اطلاعات و گستردگی، پراکندگی و تولید غیر قابل تصور دانش در حوزه‌های مختلف علم، هر فرد، نیازمند فراگیری مهارت‌ها و توانمندی‌هایی فراتر از سواد سنتی است تا وی را در همگامی با این تغییرات و تحولات و به ویژه در بهره‌گیری از اطلاعات، یاری رساند. شرط موفقیت در این عصر، برخورداری از قابلیت‌هایی است که فرد بتواند به واسطه آنها به تشخیص نیاز اطلاعاتی بپردازد؛ از میان انبوه اطلاعات، مناسب‌ترین منبع اطلاعات را برای نیاز اطلاعاتی خاص خود انتخاب کند؛ اطلاعات مورد نیاز خود را مکان‌یابی و ارزیابی کند و در نهایت مورد استفاده قرار دهد. اینگونه مهارت‌ها و توانایی‌ها در عبارت «سواد اطلاعاتی» خلاصه می‌شود.

هفت مرحله انجام هر پژوهش عبارت‌اند از:

۱ نیاز اطلاعاتی خود را مشخص کنید؛
۲ یک موضوع خاص را مشخص کرده و آن را گسترش/ بسط دهید؛
۳ در زمینه موضوع خاصی که انتخاب کرده‌اید، اطلاعات اولیه‌ای به‌دست آورید؛
۴ راهبرد جست‌وجوی خود را توسعه دهید؛
۵ اطلاعات را بیابید، جمع‌آوری کنید، و سپس ارزیابی نمایید؛
۶ به منابعی که برای نوشتن مطلب خود به کار برده‌اید، استناد دهید؛
۷ مطلب خود را بنویسید، بازخوانی کنید و ارائه دهید.

منابع

برای بیان و تعیین نیاز اطلاعاتی لازم است به منابع معتبر مراجعه شود. منابع را از نظر نوع دسترسی می‌توان به دو صورت چاپی و دیجیتالی طبقه‌بندی نمود. منابع دیجیتالی نیز به دو صورت برخط[۱] و برون خط[۲] تقسیم می‌شوند. تفاوت منابع برخط و برون خط در این است که در نسخه‌های برخط اطلاعات هرلحظه به‌روزرسانی می‌شوند ولی در نسخه‌های برون خط به‌روزرسانی با تأخیر و در نسخه‌ای جداگانه در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. منابع را می‌توان از نظر ماهیت ارائه اطلاعات به‌صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

واژه‌نامه‌ها : واژه‌نامه‌ها را می‌توان بر اساس نوع اطلاعات قابل عرضه به دو گروه عمومی و تخصصی تقسیم‌بندی کرد. امروزه با توسعه فناوری اطلاعات، واژه‌نامه‌های اینترنتی به کمک کاربران آمده و مشکلات زیادی را از کاربران برطرف می‌کنند. یکی از واژه‌نامه‌های اینترنتی که با اقبال زیادی روبه‌رو شده است. واژه‌نامه برخط عمومی مترجم گوگل[۳] است. این واژه‌نامه علاوه بر ارائه معنی کلمات به ۱۰۴ زبان قابلیت ترجمه متون را نیز دارد.

۱_ online ۲_ off line ۳_ Google translate

فعالیت کلاسی

با جست‌وجو در منابع معتبر ۳ واژه‌نامهٔ عمومی و ۳ واژه‌نامهٔ تخصصی را معرفی کنید.

واژه‌نامهٔ عمومی	واژه‌نامهٔ تخصصی

دایرةالمعارف‌ها: شامل دانشنامه‌ها و منابعی هستند که توضیحاتی پیرامون کلمه یا مفهوم مورد جست‌وجو ارائه می‌دهد. دانشنامه رشد یک دایرةالمعارف تخصصی برخط به زبان فارسی است. Wikipedia یک دایرةالمعارف عمومی برخط بین‌المللی است. AZOM یک دایرةالمعارف تخصصی برخط است.

نکته

- در دایرةالمعارف‌های عمومی بر خط که دارای عبارت Wiki هستند ویرایش اطلاعات توسط کاربران امکان‌پذیر است بنابراین ممکن است اطلاعات بدون پشتوانهٔ علمی ویرایش شوند، این دایرةالمعارف‌ها نمی‌توانند مورد استناد باشند و در استفاده از آنها باید ملاحظاتی را رعایت کرد.
- برای ترجمه و درک مفاهیم تخصصی، به واژه‌نامه‌ها و دایرةالمعارف‌های تخصصی مراجعه کنید.

فعالیت کلاسی

برای ترجمهٔ کلمه "casting" و «ماسهٔ خشک» از مترجم گوگل یا سایر نرم‌افزارهای ترجمهٔ برون خط استفاده کنید و نتایج را با واژه‌نامه‌های تخصصی مقایسه کنید.

واژه	مترجم گوگل	واژه‌نامهٔ برون خط
casting		
ماسه خشک		

منابع مرجع

برخی از منابع به دلیل گستردگی و تنوع اطلاعات تخصصی و اعتبار علمی نویسنده، ناشر، تعداد چاپ یا ویرایش آن به عنوان کتاب‌های مرجع در بین متخصصین و دانشجویان شناخته می‌شوند در ادامه برخی از این منابع اشاره شده است.

دستینه[1]

این کتاب‌ها شامل اطلاعات گسترده و به روز در رشته تخصصی توسط مؤسسات و انجمن‌ها تهیه و مرتب به روزرسانی می‌شوند. به عنوان مثال کتاب دستینه انجمن متالورژی امریکا[2] مرجع تخصصی برای رشته متالورژی است که شامل ۲۳ جلد است و جلد ۱۵ به ریخته‌گری اختصاص یافته است.

فعالیت کلاسی

با جست‌وجو در منابع نام ۱۰ کتاب تخصصی در زمینه ریخته‌گری را پیدا کنید. چند عنوان از این کتاب‌ها از منابع مرجع هستند؟

مجلات تخصصی

نشریه‌های ادواری، نشریه‌های تخصصی هستند که توسط دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های معتبر داخلی به زبان فارسی و یا انگلیسی چاپ می‌شوند از نظر اعتبارسنجی به علمی ـ پژوهشی و علمی ـ ترویجی تقسیم‌بندی می‌شوند که در پایگاه‌های وزارت علوم (msrt.ir) و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC.gov.ir) معرفی می‌شوند.

فعالیت کلاسی

نام ۵ مجله که در موضوع متالورژی چاپ می‌شوند را پیدا کنید. درجه علمی‌مجلات را بیان کنید.

جداول و استانداردها

دستورالعمل‌های اجرایی که توسط موسسات استاندارد بین‌المللی و داخلی منتشر می‌شوند می‌توانند به‌عنوان منابع معتبر اطلاعات تخصصی در مجامع علمی و صنعتی استفاده شوند. در بسیاری از فرایندهای متالورژی برای حصول نتیجه قابل قبول باید از استانداردها استفاده نمود. به عنوان مثال برای تعیین اندازه دانه یا تعیین شکل و اندازه گرافیت‌ها در چدن یا انجام آزمایش کشش به استانداردها رجوع می‌شود. سازمان ملی استاندارد ایران، متصدی تصویب و ارائه‌دهنده استانداردها در ایران است.

فعالیت کلاسی

با جست‌وجو در منابع، چند استاندارد به زبان فارسی یا انگلیسی در زمینه متالورژی را پیدا کنید.

پایان نامه‌ها و رساله‌ها

تحقیقات دانشگاهی در زمینه‌های تخصصی (معمولاً در سطح کارشناسی ارشد و دکتری) است که توسط دانشجویان زیر نظر اساتید مجرب تهیه می‌شوند با توجه به نحوه و فرایند تهیه پایان‌نامه و یا رساله می‌توانند به عنوان منبع معتبر استفاده شوند. برای جست‌وجو و مطالعه چکیده و صفحات اولیه پایان‌نامه‌ها و رساله‌ها می‌توان به سایت پایگاه اطلاعات علمی ایران به نشانی ganj.irandoc.ac.ir مراجعه کرد. دستیابی به متن کامل پایان‌نامه‌ها و رساله‌های فارسی معمولاً با مراجعه حضوری به محل کتابخانه دانشگاه امکان‌پذیر است.

۱ـ handbook ۲ـ ASM handbook

بسترهای دسترسی به اطلاعات

موتور جست‌وجو

برای جست‌وجوی عمومی و یا در مورد مطالب خاص می‌توان به موتورهای جست‌وجو مراجعه کرد. از موتورهای جست‌وجوی عمومی‌می‌توان به Yahoo و Google و از موتورهای جست‌وجوی تخصصی مقالات انگلیسی می‌توان به Scirus و Scopus و Scholar Google اشاره کرد. از موتورهای جست‌وجو برای استانداردها iso.org را می‌توان نام برد.

پایگاه‌های اطلاعاتی فارسی، که بستر مناسبی برای جست‌وجوی تخصصی است، شامل موارد زیراست:

- پایگاه پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی (irandoc.ac.ir)
- پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (sid.ir)
- بانک اطلاعات نشریات کشور (magiran.com)
- آدرس وبگاه کتابخانه ملی nlai.ir
- پایگاه اطلاع‌رسانی کتابخانه‌های ایران Lib.ir

چگونگی جست‌وجو

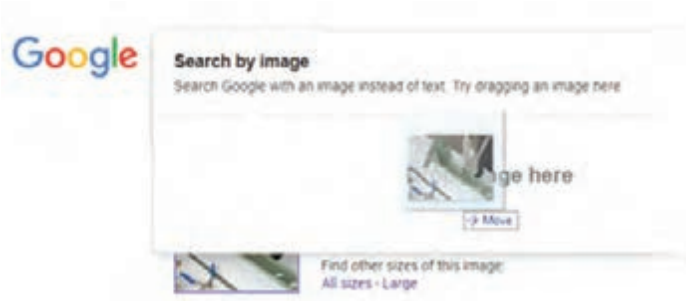
در بسیاری از مواقع حجم زیادی از اطلاعات ارائه شده به عنوان نتایج جست‌وجو همانی نیستند که یک جست‌وجوگر به دنبال آنهاست. برای جلوگیری از اتلاف وقت ترفندهایی وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها، این نقص‌ها را بر طرف نمود. در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

- برای جست‌وجوی یک واژه یا عبارت مشخص از گیومه استفاده می‌شود به‌این شیوه جست‌وجوی عبارتی نیز می‌گویند. این جست‌وجو زمانی به‌کار می‌رود که مورد جست‌وجو یک عبارت مشخص مانند: "Investment casting" باشد. گیومه موجب می‌شود تا نرم‌افزار جست‌وجو در پایگاه‌های موتورهای جست‌وجو به دنبال مجموعه واژه‌های داخل گیومه با همان شکل درج شده، باشد.
- برای جست‌وجوی دو واژه یا عبارت مرتبط از عملگر «و» (**AND**) استفاده می‌شود. AND یا "و" عملگری است که اشتراک مفاهیم را در نظر می‌گیرد، به عبارتی هر واژه و یا عبارت به تنهایی مورد نظر نیست بلکه در رابطه با هم مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌طور مثال: در جست‌وجوی واژه ماسه در ریخته‌گری برای جلوگیری از ارائه اطلاعات ماسه به‌طور عمومی‌یا غیر مرتبط با ریخته‌گری باید عبارت Casting and Sand جست‌وجو شود.
- زمانی که در جست‌وجو مترادف‌های یک واژه و عبارت نیز مورد نظر باشد از عملگر «یا» (OR) استفاده شود. این عملگر اجتماع مفاهیم را مورد توجه قرار می‌دهد. به‌طور مثال در جست‌وجوی واژه ریخته‌گری می‌توان علاوه بر واژه Casting واژه Founding را جست‌وجو نمود در این مواقع باید عبارت جست‌وجو، به‌صورت Casting OR Founding وارد شود.
- زمانی که جست‌وجو در مورد یک واژه خاص است و هیچ اشتراکی با سایر واژه‌ها مد نظر نباشد از عملگر "بدون" (**NOT**) استفاده می‌شود. به‌طور مثال چنان چه عبارت Casting NOT Sand وارد شود نتایج حاصله فقط در مورد ریخته‌گری خواهد بود و بخشی از مجموعه را که مورد نظر نیست از نتایج حذف می‌کند.

جست‌وجوی تصویری

برخی مواقع نیاز است که یک تصویر را در موتورهای جست‌وجو دوباره جست‌وجو کنید برای این کار می‌توان فایل تصویر را در محل جست‌وجو به روش کشیدن و رها کردن کپی کنید پس از رها کردن عبارت بارگذاری

تصویـر (uploading image) ظاهر می‌شـود سـپس تمـام نمونه‌های موجود از تصویر مورد نظـر و تصاویر مرتبط با آن ظاهـر می‌شـود. همان‌گونـه کـه می‌دانید بیشـتر منابع مورد اسـتفاده در مباحـث تخصصی به زبان لاتین اسـت. بـرای جسـت‌وجو و تحقیـق در ایـن منابع باید با زبان تخصصی آشـنایی داشـته باشـید. در مباحث تخصصی ترجمه کلمـه بـه کلمـه و یـا تحت الفظـی کاربردی نـدارد بلکه باید با اسـتفاده از دانـش تخصصی بهترین مفهـوم برای یک جملـه انتخـاب شـود البته باید توجه داشـت کـه در ترجمه مفاهیم نباید مضمـون اصلی جمله دچار تغییر شـود.



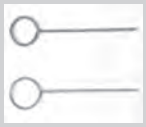
نکته

برای ترجمه متون می‌توانید از واژه‌نامه‌های چاپی و دیجیتالی استفاده نمایید.

فعالیت کلاسی

معنـای کلمـات را بـه فارسـی بنویسـید. آیا کلمات متـرادف (هم معنی) فارسـی یا انگلیسـی دیگری برای ابزارهـا وجود دارد؟

		
rammer.....	**Bottom board, pattern board, moulding board.....**	**Flask .....**
		
Soft brush.....	**Straight edge, strike-off bar.....**	**Swab, bosh, water brush.....**
		
Hand sieve, hand screen, hand riddle.....	**Cleaner, lifter.....**	**Spoon tool, scoop, slick, sleeker .....**

		 
Vent wire, vent rod.....	**Moulder's shovel.....**	**Hand bellows.....**
		
Moulding bench.....	**trowel.....**	**Dust (ing) bag.....**
		
Rapping bar, rapper.....	**sprinkler.....**	**Rapping pin, Lifting screw, draw screw.....**

فعالیت کلاسی

متن زیر را ترجمه کنید. فلوچارت را به فارسی ترجمه و جای‌گذاری کنید.

Casting processes

Figure 1 shows a simplified flow diagram of the basic operations for producing a sand casting.

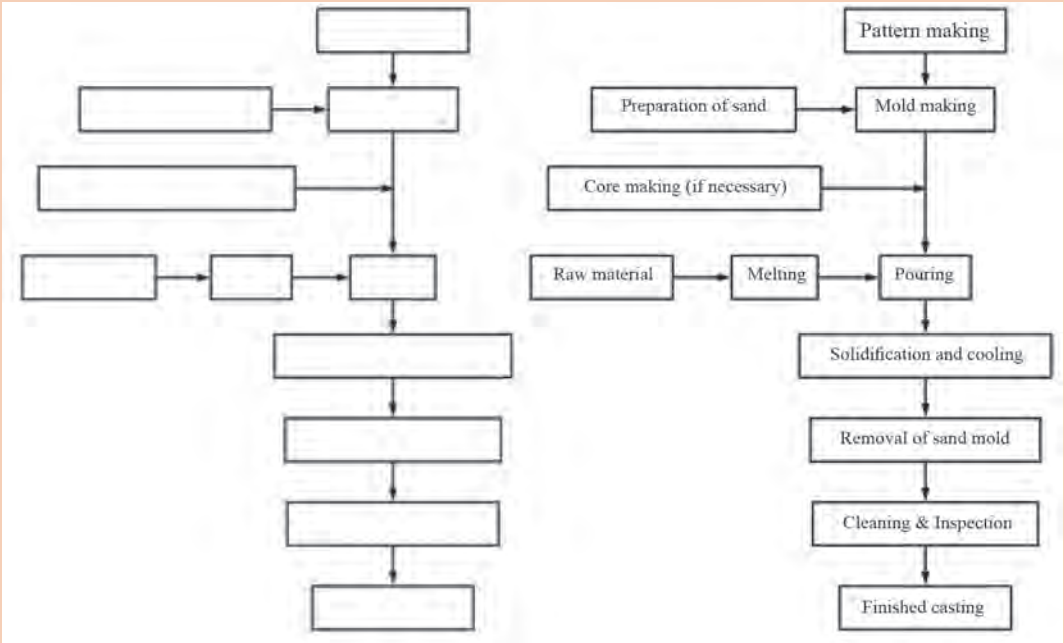


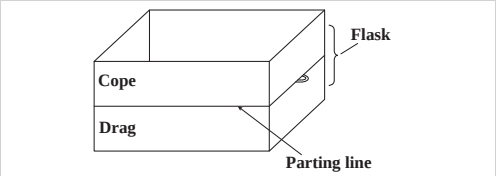
Figure 1 _ Casting processes

تحقیق

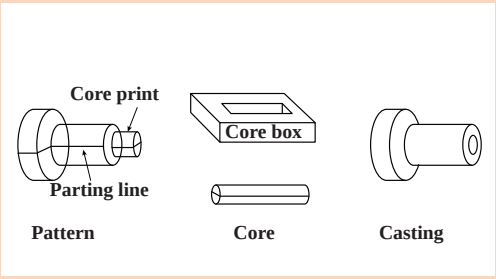
شـکل‌های دیگـری کـه در موضـوع مراحـل فراینـد ریخته‌گـری در منابـع ارائـه شـده‌اند را جسـت‌وجو کنیـد و در کلاس ارائـه دهیـد.

فعالیت کلاسی

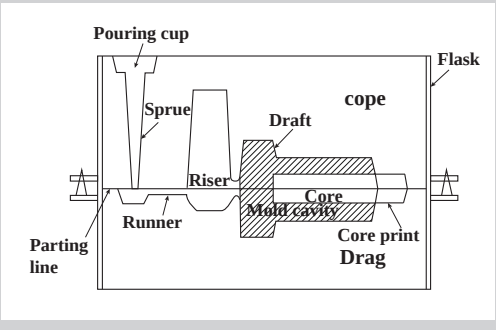
کلمـات نشـان داده شـده در شـکل‌های سـمت چـپ را معنی کنیـد و با اسـتفاده از توضیحات ارائه شـده در سـمت راسـت در مـورد مفهـوم و تعریف کلمـات، توضیحاتـی ارائه دهید.



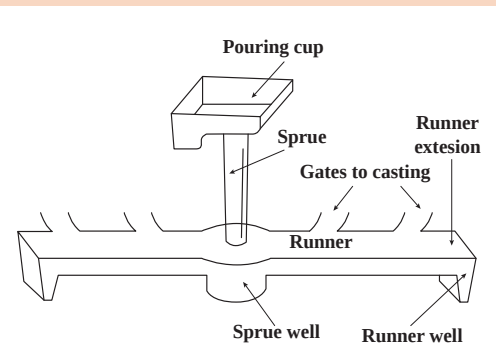
The rigid metal or wood frame that holds the molding aggregate is called a flask. In a horizontally parted two-part mold, the top half of the pattern, flask, mold, or core is called the cope.The bottom half of any of these features is called the drag.



A core is a sand (or metal) shape that is inserted into a mold to produce the internal features of a casting, such as holes or passages for water cooling. Cores are produced in wood, metal,or plastic tooling, known as core boxes.A core print is a feature that is added to a pattern, core, or mold and is used to locate and support a core within the mold.



Molding material will be packed around the pattern and the pattern is removed to create all or part of the mold cavity. The mold material and the cores then combine to produce a completed mold cavity, a shaped hole into which the molten metal is poured and solidified to produce the desired casting. A riser is an additional void in the mold that also fills with molten metal.



The network of connected channels used to deliver the molten metal to the mold cavity is known as the gating system. The pouring cup (or pouring basin) is the portion of the gating system that receives the molten metal from the pouring vessel and controls its delivery to the rest of the mold. From the pouring cup, the metal travels down a sprue (the vertical portion of the gating system), then along horizontal channels, called runners, and finally through controlled entrances, or gates, into the mold cavity

فعالیت کلاسی

با توجه به متن صفحه قبل خواسته‌های زیر را انجام دهید.

۱ـ اجزای یک سیستم راهگاهی را نام ببرید. و قسمت‌ها را در متن لاتین سمت راست مشخص کنید .

۲ـ با توجه به متن بالا draft چیست و چرا استفاده می‌شود؟

۳ـ خط جدایش یا سطح جدایش چیست؟

جملات درست و غلط را مشخص کنید.

۱ـ pouring cup بخشی از core print است.

۲ـ riser فضای خالی اضافه‌ای در قالب است که توسط مذاب پر می‌شود.

۳ـ در یک قالب دو تکه، نیمه بالایی مدل یا قالب، core نامیده می‌شود.

۴ـ بخش عمودی سیستم راهگاهی sprue نامیده می‌شود.

یکی از چهار گزینه را به عنوان بهترین پاسخ انتخاب کنید.

۱ـ کانال‌های اضافی، که ممکن است در قالب یا ماهیچه برای خروج گازهای (موجود در قالب یا گازهای تولید شده در حین مذاب‌ریزی) تعبیه شده باشند، ..... نامیده می‌شوند.

a) vents b) sprue c) runner d) riser

۲ـ قالب صلب فلزی یا چوبی که مخلوط قالب‌گیری را نگهداری می‌کند، ..... نامیده می‌شود.

a) flask b) pattern c) mold cavity d) Molding material

جاهای خالی درمتن را با کلمات مناسب پر کنید.

parting line, parting surface, Draft, casting, mold

The ……. or …… is the interface that separates the cope and drag halves of a mold, flask, or pattern, and also the halves of a core in some core_making processes. ……. is the term used to describe the taper on a pattern or casting that permits it to be withdrawn from the mold. The draft usually expands toward the parting line. Finally, the term …… is used to describe both the process and the product when molten metal is poured and solidified in a…… .

فعالیت کلاسی

کلمات در ستون اول را با معادل مناسب آنها در ستون دوم ارتباط دهید.

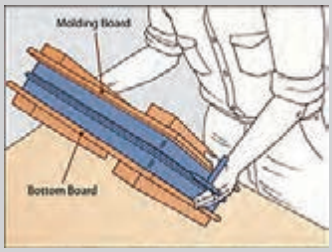
gating system		The network of connected channels used to deliver the molten metal to the mold cavity
pouring cup		an additional void in the mold that also fills with molten metal
runner		the taper on a pattern or casting that permits it to be withdrawn from the mold
gate		controlled entrance into the mold cavity
parting line or parting surface		a sand shape that is inserted into a mold to produce the internal holes in a casting
draft		the interface that separates the cope and drag halves of a mold, flask, or pattern , and also the halves of a core in some core-making processes
core		The bottom half of the pattern, flask, mold, or core
riser		The horizontal channel of the gating system
drag		is the portion of the gating system that receives the molten metal from the pouring vessel and controls its delivery to the rest of the mold

فعالیت کلاسی

زیرنویس شکل‌های زیر را ترجمه کنید. شکل‌ها را بر اساس مراحل آماده‌سازی قالب و مذاب‌ریزی مرتب کنید.



Position the Pattern .....



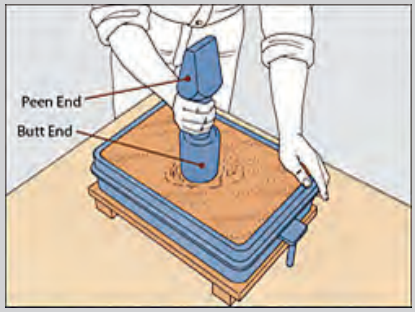
Roll the Drag .....



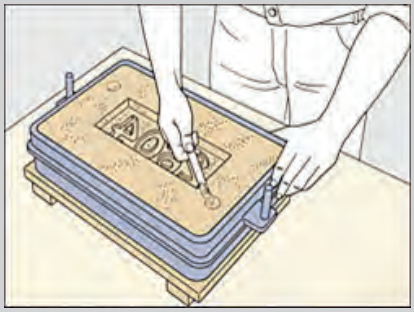
Riddle Sand Over the Pattern .....



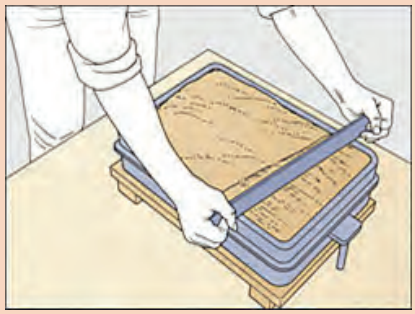
Removing the Pattern .....



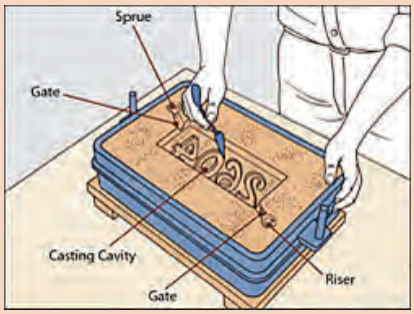
Ram the Sand .....



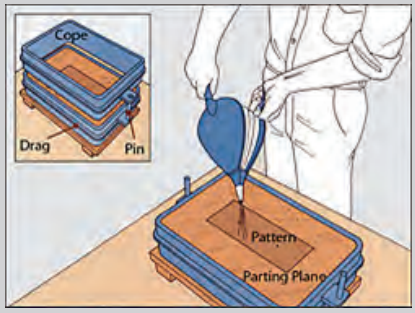
Cutting the Gates .....



Level the Sand in the Drag .....

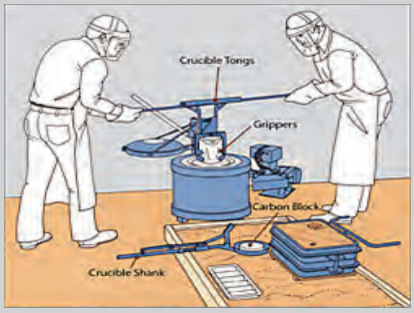


Refining the Mold .....



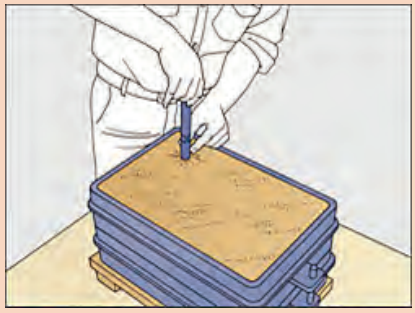
Perfect the Parting Plane

.....



Removing a Crucible from a Furnace

.....



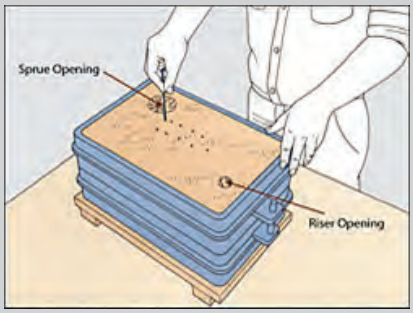
Cutting the Sprue and the Riser

.....

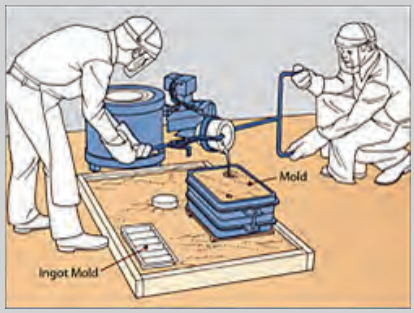


Skimming Slag from Molten Metal

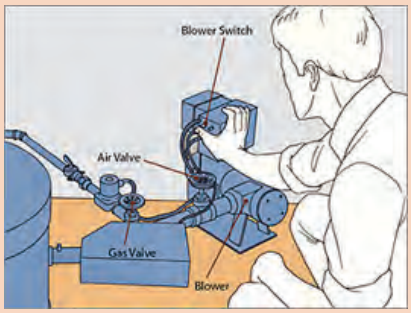
.....



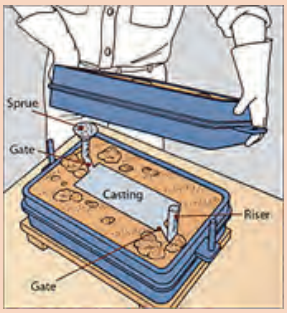
Venting the Mold .....



Pouring Molten Metal .....



Lighting the furnace .....



Removing a Metal Casting .....

فعالیت کلاسی

معنای کلمات را به فارسی بنویسید.

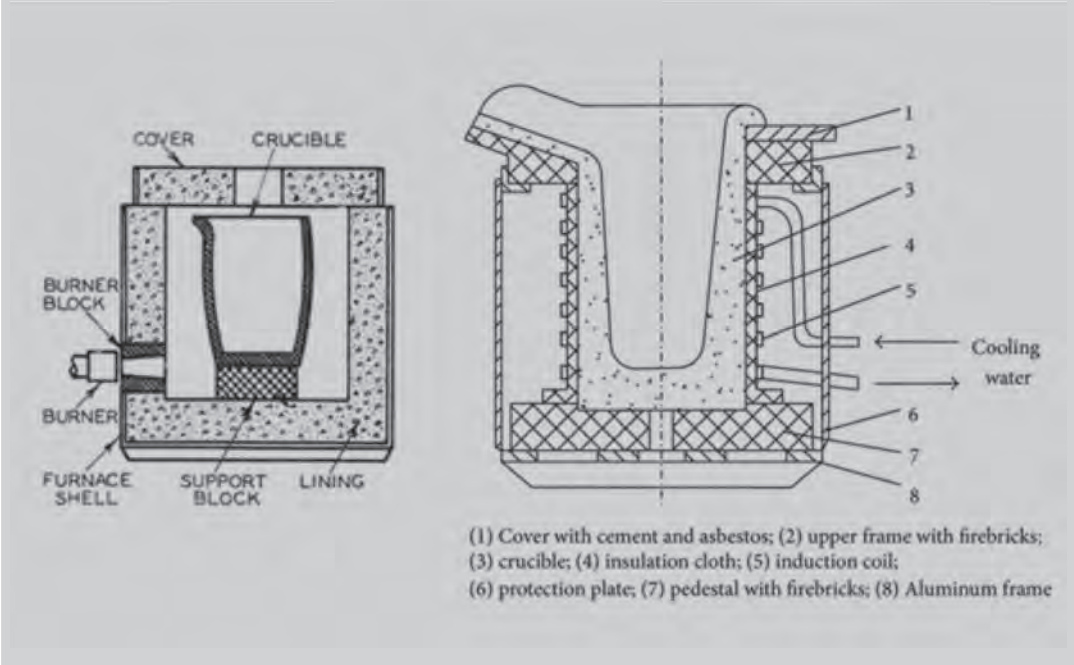
آیا کلمات مترادف (هم معنی) فارسی یا انگلیسی دیگری برای ابزارها وجود دارد؟

		
Crucible tongs, Crucible lifter	**hand ladle, ladle shank, shank**	**Pig tongs .....**
		
Scoop, pouring spoon	**Skimmer spoon .....**	**Plunger,plunging bell, ... immersion bell**
		
Slag, cinder	**Crucible .....**	**Ladle .....**

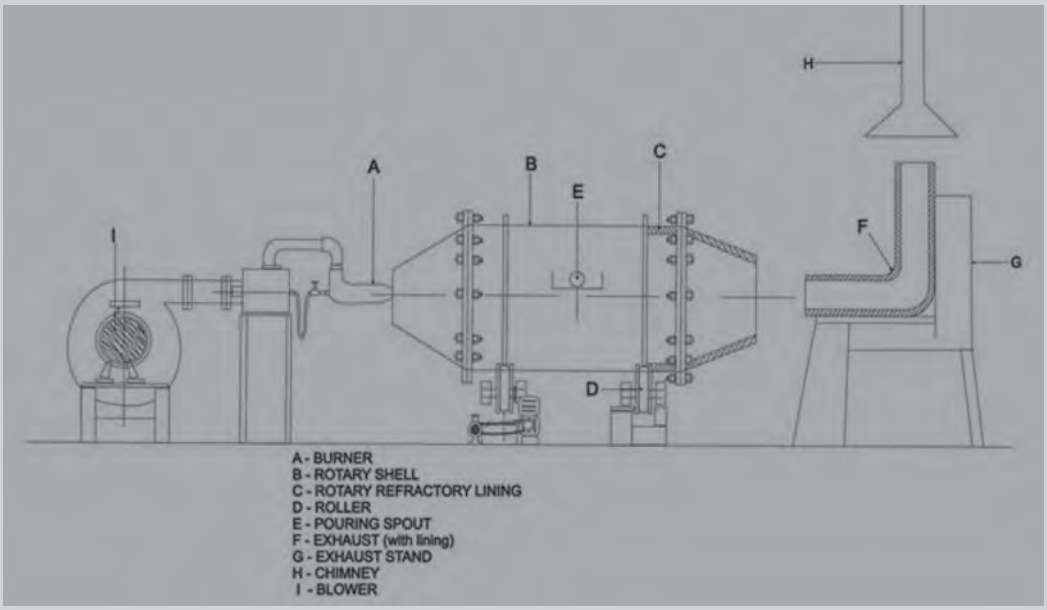
		
Mobile gantry crane	**charging scales, bascule .....**	**Crane, hoist .....**
		
Scrap (metal)	**(Foundry) returns , return scrap , remelt .....**	**(foundry) pig, notch bar.....**

فعالیت کلاسی

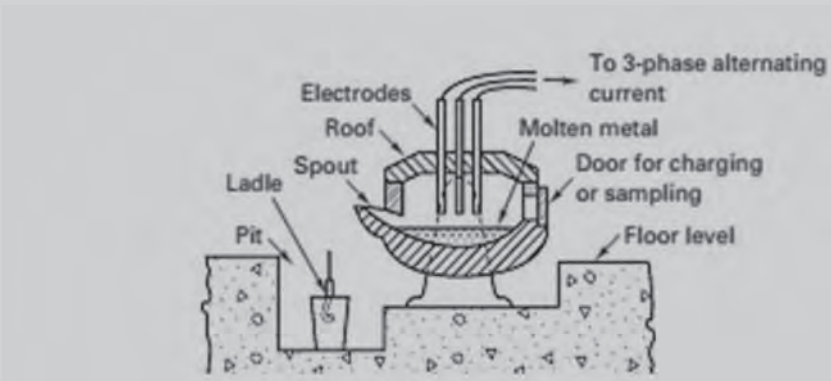
اجزای کوره‌های نشان داده در شکل‌های زیر را به فارسی ترجمه کنید.



Crucible furnace	Induction furnace .....



rotary furnace .....



Three - phase electric - arc furnace .....

فعالیت کلاسی

در بخش زیر فرایندهای مختلف قالب‌گیری ارائه شده است. با ترجمه توضیحات و زیرنویس شکل‌ها، ارتباط بین مراحل مختلف قالب‌گیری را به فارسی بنویسید.

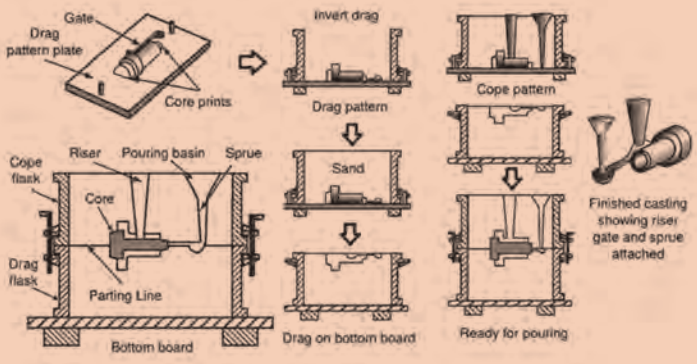
Green-sand casting

Process: Sand, bonded with clay and water, is packed around a wood or metal pattern. The pattern is removed, and molten metal is poured into the cavity. When the metal has solidified, the mold is broken and the casting is removed.

ترجمه: .....

.....

.....



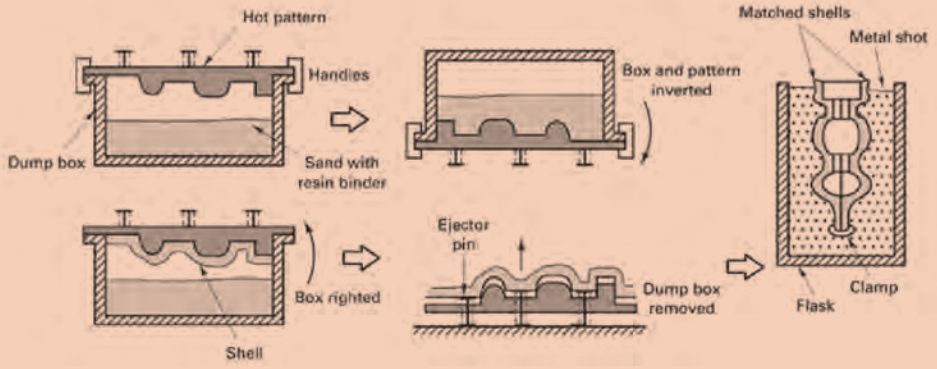
Shell-mold casting

Process: Sand coated with a thermosetting plastic resin is dropped onto a heated metal pattern, which cures the resin. The shell segments are stripped from the pattern and assembled. When the poured metal solidifies, the shell is broken away from the finished casting.

ترجمه: .....

.....

.....



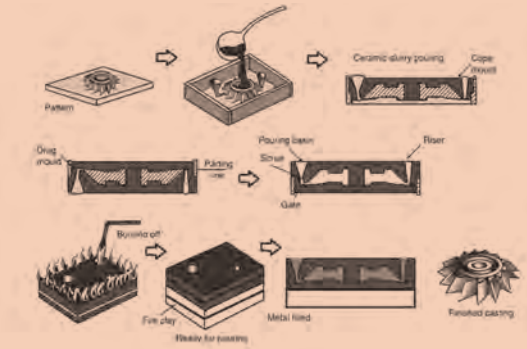
Ceramic mold casting

Process: Stable ceramic powders are combined with binders and gelling agents to produce the mold material.

ترجمـه: .....

.....

.....



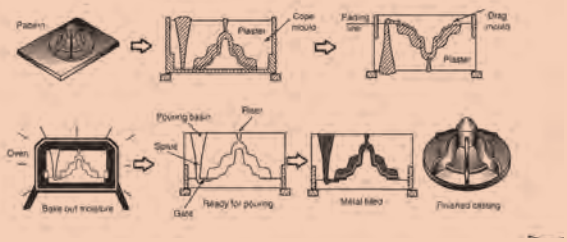
Plaster casting

Process: A slurry of plaster, water, and various additives is poured over a pattern and allowed to set.The pattern is removed, and the mold is baked to remove excess water. After pouring and solidification, the mold is broken and the casting is removed.

ترجمـه: .....

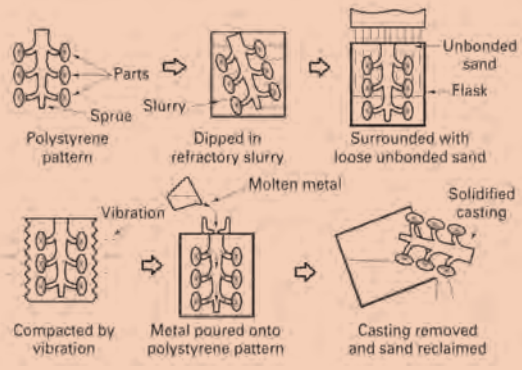
.....

.....



Lost-foam casting

Process: A pattern containing a sprue, runners, and risers is made from single or multiple pieces of foamed plastic, such as polystyrene. It is dipped in a ceramic material, dried, and positioned in a flask, where it is surrounded by loose sand. Molten metal is poured directly onto the pattern, which vaporizes and is vented through the sand.



ترجمـه: .....

.....

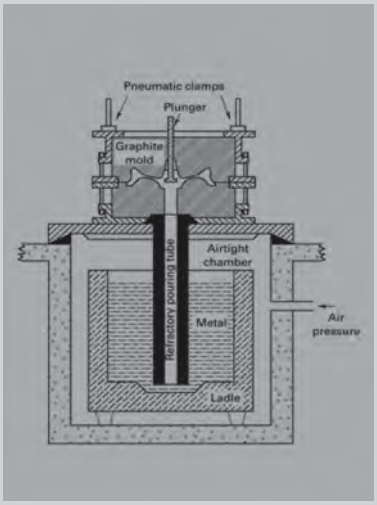
.....

Permanent-mold casting
Process: Mold cavities are machined into mating metal die blocks, which are then preheated and clamped together. Molten metal is then poured into the mold and enters the cavity by gravity flow. After solidification, the mold is opened and the casting is removed.

ترجمه کنید:

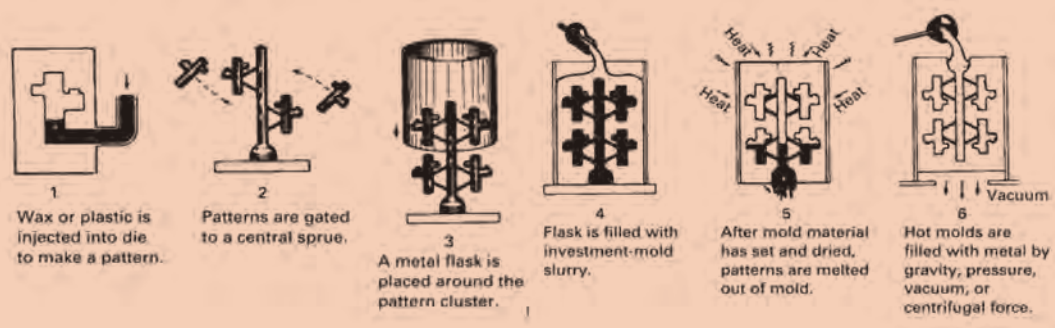
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

low-pressure permanent mold



Investment casting
Process: A refractory slurry is formed around a wax or plastic pattern and allowed to harden. The pattern is then melted out and the mold is baked. Molten metal is poured into the mold and solidifies. The mold is then broken away from the casting.

ترجمـه: .....
.....
.....
.....
.....
.....



پرسش

با توجه به متن فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ چرا قالب‌های ریخته‌گری دقیق معمولاً قبل از مذاب‌ریزی، پیش‌گرم می‌شوند؟

۲ مواد مرسوم برای ساخت قالب در ریخته‌گری قالب دائمی کدام هستند؟ چه فلزاتی بیشتر با این روش‌ها ریخته‌گری می‌شوند؟

۳ تشابه و تفاوت فرایند Ceramic mold casting را با فرایند Plaster casting بحث کنید.

جملات درست و غلط را مشخص کنید.

۱ در ریخته‌گری فومی، باید مدل را قبل از ریختن مذاب از درون قالب خارج کرد.

۲ قطعات ریخته‌گری قالب دائمی، سطوح پایانی و دقت ابعادی خوبی ندارند.

۳ تولرانس و سطح پایانی قطعات ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای‌تر، ضعیف‌تر از سایر روش‌های ریخته‌گری است.

۴ قالب‌گیری در ماسه، نرخ تولید سریع تری از ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای دارد.

یکی از چهار گزینه را به عنوان بهترین پاسخ انتخاب کنید.

۱ کدام یک از گزینه‌های زیر جزو محدودیت‌های ریخته‌گری دقیق است؟

الف) سطح پایانی عالی
ب) دقت ابعادی بالا
ج) زمان تولید
د)مدل‌ها و قالب‌های گران قیمت

۲ کدام یک از گزینه‌های زیر جزو مزایای ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای‌تر است؟

الف) نرخ تولید نسبتاً پایین
ب) مقداری ماشین‌کاری مورد نیاز است
ج) تولرانس و سطح نهایی ضعیف
د) قیمت پایین

فعالیت کلاسی

جاهای خالی درمتن را با کلمات زیر پر کنید.

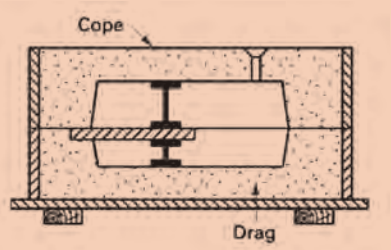
Cores and core making

hot_box, cold_box, no_bake, chaplets, core print

Casting processes are unique in their ability to easily incorporate complex internal cavities or reentrant sections. To produce these features, however, it is often necessary to use cores as part of the mold. In the …….. method, sand blended with a liquid thermosetting binder and catalyst is packed into a core box that has been heated. In the …… process, binder_coated sand is first blown into a room_temperature core box, which can now be made from wood, metal, or even plastic. The box is sealed, and a gas or vaporized catalyst is then passed through the permeable sand to polymerize the resin. Room_temperature cores can also be made with the air_set or …… sands.

If the cores do not pass completely through the casting, where they can be supported on

both ends, a single ……. may not be able to provide sufficient support. Additional measures may also be necessary to support the weight of large cores or keep lighter ones from becoming buoyant as the molten metal fills the cavity. Small metal supports, called …….. , can be placed between cores and the surfaces of a mold cavity.



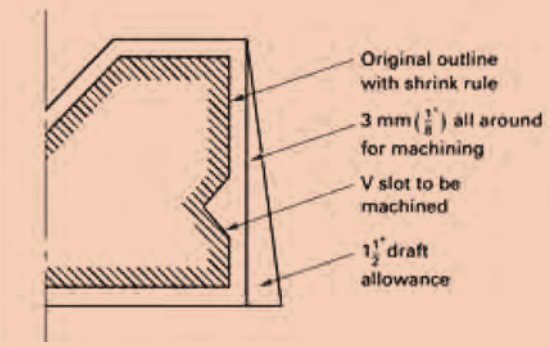
فعالیت کلاسی

متن زیر را ترجمه کنید.

Patterns

Patterns can be made from wood, metal, foam, or plastic.The dimensional modifications that are incorporated into a pattern are called allowances, and the most important of these is the shrinkage allowance. Following solidification, a casting continues to contract as it cools to room temperature, the amount of this contraction being as much as 2%.To produce the desired final dimensions, the pattern (which sets the dimensions upon solidification) must be slightly larger than the room-temperature casting.

Draft is seldom less than 1°. Since draft allowances increase the size of a pattern (and thus the size and weight of a casting), it is generally desirable to keep them to the minimum that will permit satisfactory pattern removal. Molding procedures that produce higherstrength molds and the use of mechanical pattern withdrawal can often enable reductions in draft allowances.



When smooth machined surfaces are required, it may be necessary to add an additional machining allowance, or finish allowance, to the pattern.The amount of this allowance depends to a great extent on the casting process and the mold material. Ordinary sand castings have rougher surfaces than those of shell-mold castings. Die castings have smooth surfaces that may require little or no metal removal, and the surfaces of investment castings are even smoother. It is also important to consider the location of the desired machining and the presence of other allowances, since the draft allowance may provide part or all of the extra metal needed for machining.

Various allowances incorporated into a casting pattern

ترجمـه: .....

.....

.....

.....

.....

.....

با توجه به متن فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ چه نوع اصلاحات یا اضافه مجاز معمولاً در یک مدل ریخته‌گری در نظر گرفته می‌شوند؟

۲ـ چرا کم‌کردن اضافه مجاز تا حد امکان مطلوب است؟

فعالیت کلاسی

معادل فارسی زیر نویس شکل‌ها را بنویسید.

	
Shake-out, knock- out.....	**Vibratory knock-out grid.....**
	
Vertical band saw.....	**Fettling, dressing.....**
	
Circular saw.....	**Cutting wheel, cut-off wheel, slitting disk.....**

	
Grinding.....	**Sand blasting.....**
	
Shot blasting.....	**Wire brush, scratch brush.....**

	
Carburization, cementation, carburizing, carburising.....	**Quenching, quench hardening.....**
	
Case hardening.....	**Flame hardening, torch hardening.....**
	
Tensile test	**Impact test .....**
	
Hardness test	**Salt bath Furnace .....**

فعالیت کلاسی

متن زیر را ترجمه کنید.

Heat treatments for steels

annealing, normalizing, and spheroidizing are commonly used for steels. These heat treatments are used to accomplish one of three purposes: (1) eliminating the effects of cold work, (2) controlling strength, or (3) improving machinability.

Annealing and normalizing

Steels can be strengthened by controlling the fineness of pearlite. The steel is initially heated to produce homogeneous austenite (FCC phase), a step called austenitizing. Annealing, or a full anneal, allows the steel to cool slowly in a furnace, producing coarse pearlite. Normalizing allows the steel to cool more rapidly, in air, producing fine pearlite.

Spheroidizing

Steels that contain a large concentration of Fe_3C have poor machining characteristics. It is possible to transform the morphology of Fe_3C using spheroidizing. During the spheroidizing treatment, which requires several hours at about 30°C below the A_1 the Fe_3C phase morphology changes into large, spherical particles in order to reduce boundary area. The microstructure, known as spheroidite, has a continuous matrix of soft, machinable ferrite.

Figure 2 showed Graphical summary of the process heat treatments for steels on an equilibrium diagram

با توجه به متن فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ محدوده‌های دمایی مناسب برای آنیل و نرماله کردن را با توجه به نمودار و درصد کربن فولاد تعیین کنید.

برای فولاد با ۰/۴ درصد کربن چه دماهایی را برای آنیل و نرماله پیشنهاد می دهید؟

۲ هدف از کروی‌کردن چیست؟ ساختار حاصل از کروی کردن چگونه است؟

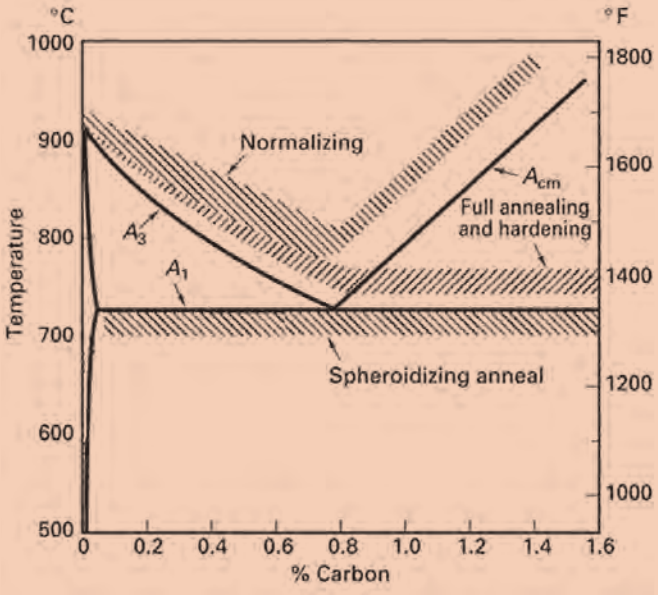


Figure 2

فعالیت کلاسی

پس از مطالعه متن زیر به پرسش‌های انتهای متن پاسخ دهید.

Surface treatments

Selectively Heating the Surface

We could begin by rapidly heating the surface of a medium-carbon steel above the A_3 temperature (the center remains below the A_1). After the steel is quenched, the center is still a soft mixture of ferrite and pearlite, while the surface is martensite (Figure 3(a)). The depth of the martensite layer is the case depth. Tempering produces the desired hardness at the surface. We can provide local heating of the surface by using a gas flame, an induction coil, a laser beam, or an electron beam. We can, if we wish, harden only selected areas of the surface that are most subject to failure by fatigue or wear.

Carburizing and nitriding

These techniques involve controlled diffusion of carbon and nitrogen, respectively. For best toughness, we start with a low-carbon steel. In carburizing, carbon is diffused into the surface of the steel at a temperature above the A_3 (Figure 3(b)). A high carbon content is produced at the surface due to rapid diffusion and the high solubility of carbon in austenite. When the steel is then quenched and tempered, the surface becomes a high-carbon tempered martensite, while the ferritic center remains soft and ductile. The thickness of the hardened surface, again called the case depth, is much smaller in carburized steels than in flame- or induction hardened steels. Nitrogen provides a hardening effect similar to that of carbon.

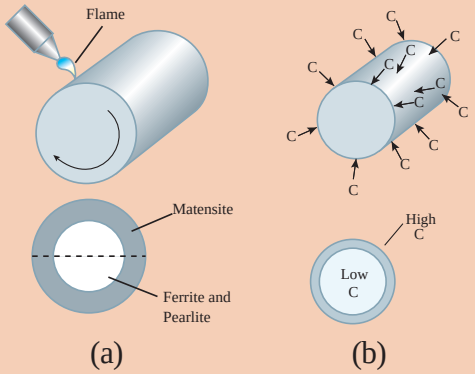


Figure 3(a) Surface hardening by localized heating
(b) Carburizing of a low-carbon steel to produce a high-carbon

با توجه به متن فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ سخت‌کاری سطحی (موضعی) برای چه فولادهایی مناسب است؟ آیا شما می‌توانید تغییرات دمای سطح و عمق قطعه را با زمان رسم کنید؟

۲ کربن دهی بر روی چه فولادهایی صورت می‌گیرد؟ عمق سخت شونده در این روش در مقایسه با سخت‌کاری شعله‌ای چگونه است؟

فعالیت کلاسی

متن زیر را ترجمه کنید.

Hardness

Hardness tests are performed more frequently than any other mechanical test for several reasons:

1- They are simple and inexpensive — typically, no special specimen need be prepared, and the testing apparatus is relatively inexpensive.

2- The test is nondestructive—the specimen is neither fractured nor excessively deformed; a small indentation is the only deformation.

3- Other mechanical properties often may be estimated from hardness data, such as tensile strength.

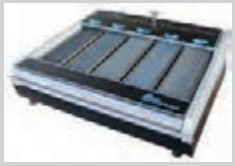
با توجه به متن فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ مزایای سختی سنجی را بنویسید.

۲ در مورد تبدیل نتایج سختی سنجی به خواص کششی در منابع جست‌وجو کنید و روابط را در کلاس ارائه دهید.

فعالیت کلاسی

معنای کلمات را به فارسی بنویسید. آیا کلمات مترادف (هم معنی) فارسی یا انگلیسی دیگری برای آنها وجود دارد؟

	
Sectioning	**Mounting .....**
	
Grinding	**Polishing .....**
	
Etching	**Microscopy .....**

	
macrostructure	**microstructure .....**

فعالیت کلاسی

در شکل زیر طبقه‌بندی آلیاژهای آهنی مشاهده می‌شود. بخش‌های مختلف را ترجمه کنید.

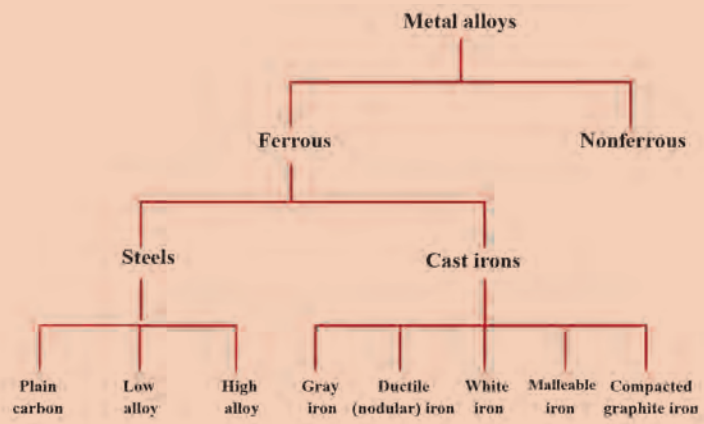
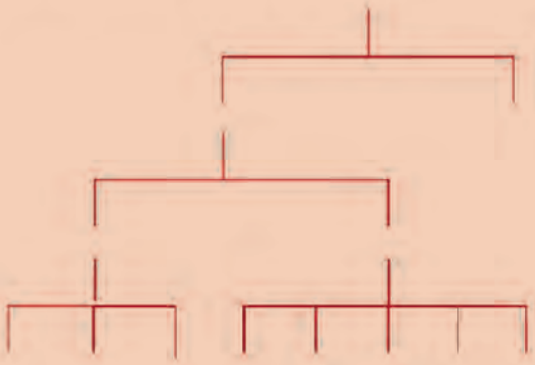


Figure 4 _ Classification scheme for the various ferrous alloys.



Steels form one of the most complex group of alloys in common use, and there are many ways to classify steel. Classification of steels based on chemical composition is a widely used method. There are three very broad_based categories of steel based on composition (Figure 4): plain carbon steels, low_alloy steels, and high_alloy steels (which include stainless steels).

فعالیت کلاسی

با توجه به نمودارهای زیر به سؤالات پاسخ دهید.

۱ بر اساس شکل زیر فولادهای ساده کربنی، دارای چه ساختارهایی هستند؟

۲ چه فولادهایی ساختار مارتنزیتی دارند؟ چه فولادهایی ساختار بینیتی دارند؟

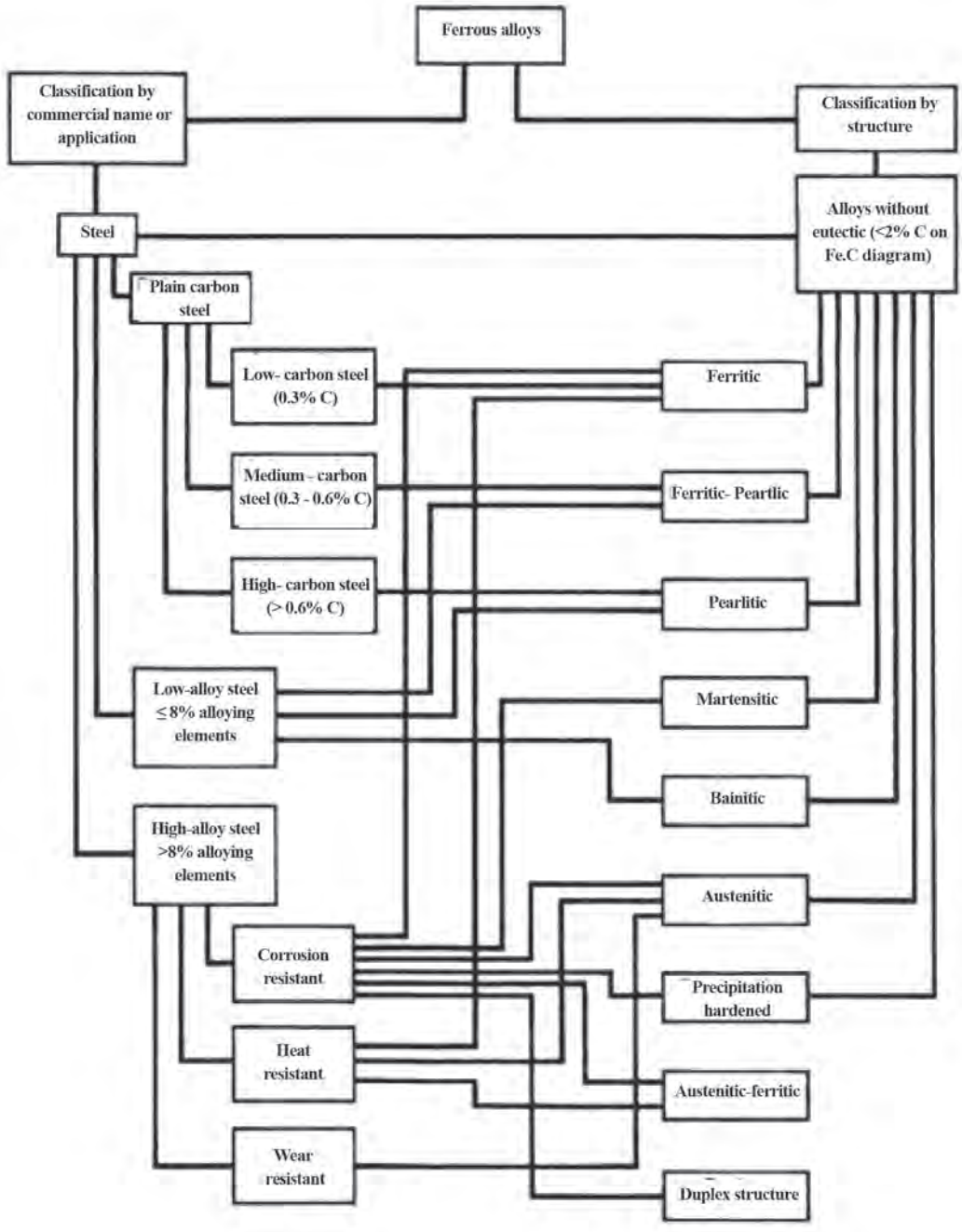


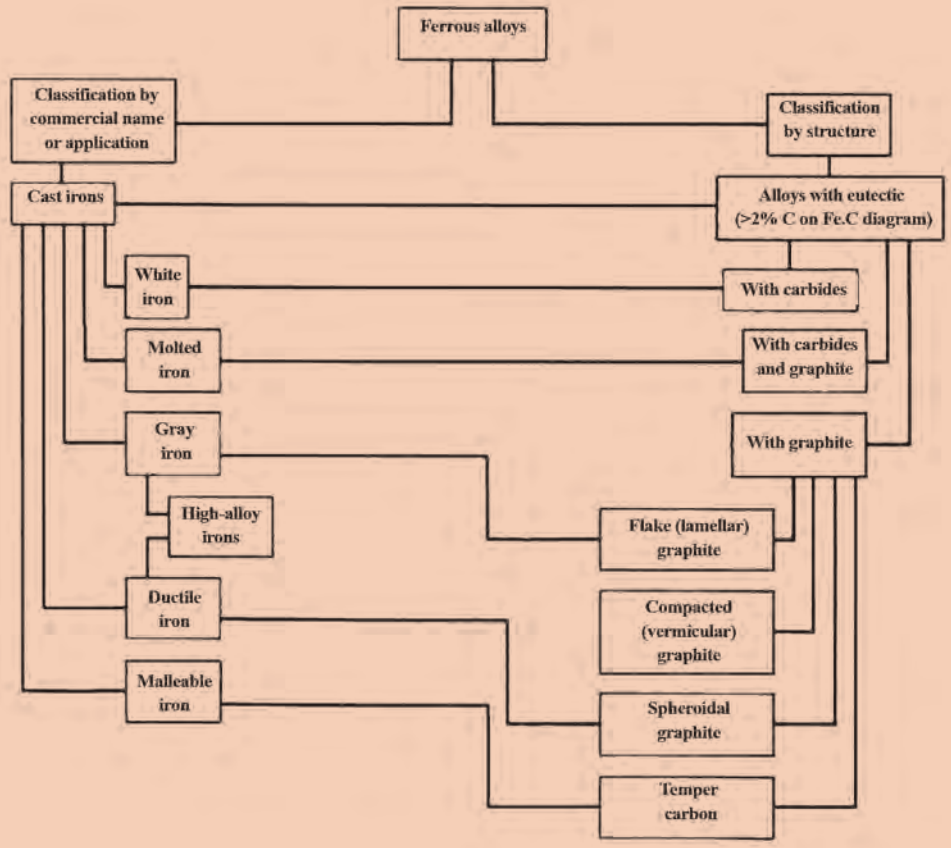
Figure 5

فعالیت کلاسی

با توجه به نمودارهای زیر به سؤالات پاسخ دهید.

۱ چه چدن‌هایی دارای گرافیت هستند؟

۲ چه چدن‌هایی دارای کاربید هستند؟



فعالیت کلاسی

یکی از راه‌های سریع شناسایی نوع فولاد بر اساس شکل جرقه‌های حاصل از سنگ‌زنی است. با ترجمه شکل زیر در کلاس بحث کنید.



(a) Sparks from 1015 steel (0.15% C). **(b) Sparks from 1045 steel (0.45% C).** **(c) Sparks from 1095 steel (1.0% C)**

Figure 7 - Spark patterns used to identify low-, medium-, and high-carbon steels. (a) Sparks from 1015 steel (0.15% C). (b) Sparks from 1045 steel (0.45% C). (c) Sparks from 1095 steel (1.0% C)

Spark patterns can be used to identify low_, medium_, and high_carbon steels

Keywords

کلیدواژه

Air lock, Air hole, entrapted air	حفره هوا، مک هوا
Annealing	بازپخت، تاباندن، تافتن
Bench	میزکار
Bottom board, Pattern board, Moulding board	صفحه زیر درجه، صفحه زیرمدل
Brittle fracture [rupture]	شکست (گسیختگی) ترد
Carburization, Cementation, Carburizing, Carburising	کربوره‌کردن، کربن‌دهی، کربن‌دادن
Case hardening	سخت‌کاری پوسته‌ای
Casting defect	عیب ریخته‌گری، عیب قطعه ریختگی
Charging scales, Bascule	باسکول
Circular saw	اره گرد
Cleaner, Lifter	ابزار پاشنه، سر کج
Cold crack, Cold tear	ترک سرد
Compass	پرگار
Cope and drag pattern, Two-piece pattern	مدل دو نیمه
Crane, Hoist	جرثقیل، بالاکش
Crucible	بوته
Crucible furnace	کوره بوته‌ای
Crucible tongs, Crucible lifter	بوته‌گیر، انبر طوق
Cutting Wheel, Cut-off wheel, Slitting disk	سنگ برش
Distortion, Warpage	تاب برداشتن
Double-sided pattern plate, Split pattern plate, Match plate	مدل صفحه‌ای دو رو
Drill	مته

Ductile fracture (rupture)	شکست (گسیختگی) نرم
Dust (ing) bag	کیسه پودر
Etching	اچ، حکاکی، ظاهرکردن
External Thread Cutting, (Screw) threading die	حدیده
Fash, Flash	پلیسه
Feeler ga(u)ge	گِیج
Fettling, Dressing	تمیزکاری
File	سوهان
Fillet	گوشه
Flame hardening, Torch hardening	سخت‌کردن شعله‌ای، سخت‌کردن با مشعل
Flask	درجه
(Foundry) Ptig, Notch bar	شمش ذوبی، شمش ریخته‌گری، شوشه
(Foundry) returns, Return scrap, Remelt	قراضه داخلی، برگشتی
Grinding	سنگ‌زدن، سنگ‌زنی، سنباده‌زدن
Hacksaw	اره دستی
Hand bellows	فوتک
Hand ladle, Ladle shank, shank	کمچه
Hand sieve, Hand screen, Hand riddle	الک دستی
Hardening	سخت‌کاری، سخت‌کردن
Hardness test	آزمایش سختی
Impact test	آزمایش ضربه
Inclusion	آخال
Induction furnace	کوره القایی

Internal thread cutting,Tapping	برقو
Ladle	پاتیل
Loose –piece pattern	مدل با قطعهٔ آزاد
Micrometer	میکرومتر
Microscopy	میکروسکوپی
Mismatch, Core joint, Shift	دویدگی
Misrun	نیامد
Mobile gantry crane	جرثقیل دروازه‌ای سیار
Moulder’s shovel	بیل قالب‌گیری
Moulding bench	میز قالب‌گیری
Mounting	مانت‌کردن
Pattern layout	طرح مدل
Pig tongs	انبر
Plunger, Plunging bell, Immersion bell	فرو کن، فرو بر، کلاهک خوراک‌دهنده
Polishing	پولیش‌کردن
Porosity	تخلخل
Protractor	زاویه سنج
Punch	سنبه
Quenching, Quench hardening	آبدادن
Rammer	کوبه
Rapping bar, Rapper	مدل لق‌کن
Rapping pin, Lifting screw, Draw srcew	میله و پیچ مدل درآور
Rotary furnace	کوره دوار

Roughness, Rough surface	زبری
Rule	خط‌کش
Salt bath furnace	کوره حمام نمک
Sand blasting	ماسه پاشی
Scoop, Pouring spoon	ملاقه (ذوب‌ریزی)، چمچه
Scrap (metal)	قراضه
Scriber	سوزن خط‌کش
Sectioning	مقطع‌زدن
Shake-out, Knock- out	تخلیه (درجه)
Shot blasting	ساچمه پاشی
Shrinkage crack, Solidification crack, Hot rupture, Hot tear, Pull	پارگی ضمن انجماد
Shrinkage depression, Sink mark, Suck-in draw	کشیدگی، چال
Skimmer spoon	کف‌گیر، رویه‌گیر، شلاکه‌گیر
Slag, cinder	سرباره، شلاکه، روباره
Soft brush	برس نرم
Soft wood	چوب نرم
Spoon tool, Scoop, Slick, Sleeker	قاشقک
Sprinkler	آب پاش
Step bar, steped test bar	نمونه پله‌ای
Straight edge, Strike-off bar	کارد تسمه
Swab, bosh, Water brush	قلم آب
Temper, Tempering, drawing back	برگشت‌دادن
Tensile test	آزمایش کشش

Three-phase electric-arc furnace	کوره قوس الکتریکی سه فاز
Trowel	ماله
Vent wire, Vent rod	سیخ هواکش
Vernier caliper	کولیس ورنیه
Vertical band saw	اره نواری، اره فلکه
Vibratory knock-out grid	لرزانک ارتعاشی
Wedge test piece, Chill wedge	نمونه آزمایش گوه
Wire brush, Scratch brush	برس سیمی

ارزشیابی

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و بر اساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان کسب اطلاعات فنی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کسب اطلاعات فنی	ـ جست‌وجوی مطالب و محتوای تخصصی به زبان اصلی و ترجمه آن	بالاتر از حد انتظار	ـ جست‌وجوی مطالب از منابع مختلف و معتبر ـ ترجمه دقیق و روان متون تخصصی	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ جست‌وجوی مطالب از منابع مختلف و معتبر ـ ترجمه تحت‌اللفظی متون تخصصی	۲
		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	ـ جست‌وجوی مطالب بدون ترجمه	۱
نمره مستمر از ۵				

مراجع

۱ برنامه درسی درس دانش فنی تخصصی رشته متالورژی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۴۰۳.

۲ اکبری، محسن، شناخت و خواص مواد ـ کد ۳۵۹/۵۵، شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۶.

۳ J. T. Black, Ronald A. Kohser, DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing, Wiley, ۲۰۱۱.

۴ Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, Wiley, ۲۰۱۲.

۵ William D. Callister, David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering, Wiley ۲۰۱۴.

۶ Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay, Wendelin J. Wrigh, The Science and Engineering of Materials, Cengage Learning, ۲۰۱۱.

۷ ASM Handbook, Vol. ۱۵: Casting, ASM International, ۱۹۹۱.

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir