کتاب دانش فنی پایه (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

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود منابع آزمون استخدامی دبیر حرفه و فن

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی دبیر حرفه و فن

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی پایه

رشتهٔ متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی پایه (رشتهٔ متالورژی) ـ ۲۱۰۵۳۲
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: حسن جعفری، غلامرضا خلج، ندیٰ دیده‌ور، امیر ریاحی و حسن عبدالله زاده (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مهدی احمدی قراملکی، حسن جعفری، غلامرضا خلج، ندی دیده‌ور، الهام صمدبین و مهدی قربانی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ الهه یعقوبی‌نیا (صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان (طراح جلد)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.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 هشتم ۱۴۰۵

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 ۰ - ۳۴۵۴ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 -964 -05 -3454-0**



ما باید زحمت بکشیم تا در همه جناح‌ها خودکفا باشیم. امکان ندارد که استقلال به دست بیاید، قبل از اینکه استقلال اقتصادی داشته باشیم. اگر ما بنا باشد که در اقتصاد احتیاج داشته باشیم، در چیزهای دیگر هم وابسته خواهیم شد و همین طور اگر در فرهنگ، ما وابستگی داشته باشیم، در اساس مسائل وابستگی پیدا می‌کنیم.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان ۱: کلّیات ۱

پودمان ۲: فلزات آهنی ۱۹

پودمان ۳: فلزات غیرآهنی ۴۹

پودمان ۴: محاسبات فنی ۷۱

پودمان ۵: فرایندهای تولید قطعات صنعتی ۱۰۵

سخنی با هنرآموزان گرامی

با توجه به آموزه‌های اسلامی، کار و اشتغال از ارزش تربیتی برخوردار است و انسان از طریق کار، نفس‌سرکش را رام کرده و شخصیت وجودی خویش را صیقل داده، هویت خویش را تثبیت کرده و زمینهٔ ارتقای وجودی خویش را مهیا و امکان کسب روزی حلال و پاسخگویی به نیازهای جامعه را فراهم می‌آورد. آموزش فناوری، کار و مهارت‌آموزی، باعث پیشرفت فردی، افزایش بهره‌وری، مشارکت در زندگی اجتماعی و اقتصادی، کاهش فقر، افزایش درآمد و توسعه‌یافتگی خواهد شد. برای رسیدن به این مهم، برنامه‌ریزی درسی حوزهٔ دنیای کار و دنیای آموزش بر مبنای نیازسنجی شغلی صورت گرفته است. درس‌های رشته‌های تحصیلی شاخهٔ فنی و حرفه‌ای شامل دروس آموزش عمومی، دروس شایستگی‌های غیرفنی و شایستگی‌های فنی مورد نیاز بازار کار است. دروس دانش فنی از دروس شایستگی‌های فنی است که برای هر رشته در دو مرحله طراحی شده است. درس دانش فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم و کسب دانش فنی پایه در گروه و رشتهٔ تحصیلی است که هنرجویان در پایهٔ دهم و در آغاز ورود به رشتهٔ تحصیلی خود می‌بایست آن را آموزش ببینند و شایستگی‌های لازم را در ارتباط با دروس عملی و ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ خود کسب نمایند. درس دانش‌فنی تخصصی که در پایهٔ دوازدهم طراحی شده است، شایستگی‌هایی را شامل می‌شود که موجب ارتقای دانش تخصصیِ حرفه‌ای شده و زمینه را برای ادامهٔ تحصیل و توسعهٔ حرفه‌ای هنرجویان در مقطع کاردانی پیوسته نیز فراهم می‌کند.

لازم به یادآوری است که کتاب دانش فنی‌پایه تئوری تفکیک شده از دروس عملی کارگاه‌های ۸ ساعته نیست بلکه در راستای شایستگی‌ها و مشاغل تعریف شده برای هر رشته تدوین شده است. در ضمن، آموزش این کتاب نیاز به پیش‌نیاز خاصی ندارد و براساس آموزش‌های قبلی تا پایهٔ نهم به تحریر درآمده است. محتوای آموزشی کتاب دانش‌فنی‌پایه، آموزش‌های کارگاهی را عمق می‌بخشد و نیازهای هنرجویان را در راستای محتوای دانش‌نظری تأمین می‌کند.

تدریس کتاب در کلاس درس به‌صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

سخنی با هنرجویان عزیز

درس دانش‌فنی پایه با هدف شناخت مفاهیم، کسب دانش‌فنی پایه در گروه مواد و فراوری و رشتهٔ تحصیلی متالورژی برای شما هنرجویان عزیز طراحی و کتاب آن تألیف شده است.

در تدوین درس دانش‌فنی پایه، موضوعاتی مانند تاریخچهٔ رشته، محتوا جهت ایجاد انگیزش، مشاغل و هدف رشتهٔ تحصیلی، نقش رشتهٔ شما در توسعهٔ کشور، مثال‌هایی از نوآوری، خلاقیت و الهام از طبیعت، اصول، مفاهیم، قوانین، نظریه، فناوری، علائم، تعاریف کمیت‌ها، واحدها و یکاها، فرمول‌های فنی، تعریف دستگاه‌ها و وسایل کار، مصادیقی از ارتباط مؤثر فنی و مستندسازی، زبان‌فنی، ایمنی و بهداشت فردی و جمعی، پیشگیری از حوادث احتمالی شغلی و نمونه‌هایی از مهارت حل مسئله در بستر گروه تحصیلی و برای رشتهٔ تحصیلی در نظر گرفته شده است.

می‌توانید در هنگام ارزشیابی این درس، از کتاب همراه هنرجوی خود استفاده کنید.

توصیه می‌شود در یادگیری این درس به دلیل کاربرد زیاد آن در درس‌های دیگر رشته، کوشش لازم را داشته باشید و از کتاب همراه هنرجو برای یادگیری بهتر و در امتحانات و ارزشیابی استفاده کنید.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی وحرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

کلّیات



متالورژی یکی از رشته‌های گروه مواد و فراوری است که عبارت است از علم و روش جدا کردن فلزات از کانی آنها، خالص‌کردن و تبدیل آنها به فراورده‌هایی که مورد نیاز و مصرف صنایع و بازار باشد، همچنین شامل تصفیه، تولید و شکل دادن فلزات است که از استخراج کانی‌ها شروع و به تصفیه و ذوب و فرایندهای ریخته‌گری و شکل‌دادن فلزات شامل نوردکاری، پتک‌کاری، فشارکاری، جوشکاری، متالورژی پودر، ماشین‌کاری و کاربرد محصولات تولیدی و اقتصادی مربوطه ختم می‌شود. متالورژی جزء صنایع مادر است که بعد از استخراج و تهیه شمش فلزات، مراحل بعدی تولید قطعات صنعتی را شامل می‌گردد. به‌طوری که کلیه قطعات فلزی موجود در صنایع ازجمله ورق‌های فلزی، تیرآهن، میل‌گرد، پروفیل‌های فلزی مثل آلومینیوم نبشی از محصولات صنعت متالورژی است. افرادی که در رشته متالورژی تحصیل می‌کنند می‌توانند در کارخانجات بزرگ صنعتی مانند ذوب آهن، کارخانه‌های تولید فولاد، آلومینیوم، مس و سرب و روی و همچنین کارخانجات و کارگاه‌های صنعتی تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری و شکل دادن فلزات مشغول به‌کار شوند و یا با تأسیس کارگاه‌های کوچک مانند ریخته‌گری قطعات فلزی، آبکاری و عملیات حرارتی کارآفرینی کنند. از طرفی می‌توانند در آزمایشگاه‌های متالورژی و تعیین خواص مکانیکی، فلزات مشغول شوند.

کسانی که در این رشته مشغول به تحصیل می‌گردند از دوره متوسطه با گرفتن مدرک دیپلم فنی می‌توانند تا سطح دکترای رشتهٔ متالورژی ادامه تحصیل دهند. در این صورت می‌توانند در مراکز آموزش عالی به‌عنوان مدرس این رشته نیز مشغول به‌کار شوند.

تاریخچه متالورژی

براساس تحقیقات باستان‌شناسان، ریخته‌گری فلزات، یک فناوری ماقبل تاریخ بوده و قدمتی شش هزار ساله دارد. اولین اشیای ساخته شده از فلزات به صورت قطعات کوچک چکش‌کاری شده از مس هستند که قدمت آنها به نه‌هزار سال قبل از میلاد مسیح، می‌رسد. از نقطه نظر تاریخی، ریخته‌گری را می‌توان به چند دوره تقسیم نمود که در ادامه، شرح آنها به اختصار آمده است.

دورهٔ برنز (مس و مفرغ)

دورهٔ برنز در خاور نزدیک و در حدود ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح آغاز شد. اولین اشیای برنزی کشف شده، به صورت آلیاژی از مس و آرسنیک (حدود ۴ درصد) بوده است. این آلیاژ که مصرف عمومی داشت، هم‌زمان با خاور نزدیک در اروپا به خصوص انگلستان نیز مورد استفاده قرار گرفت.

موضوع مهم در این دوره، پی بردن به تأثیر قلع بر خواص مس است که باعث افزایش استحکام و سختی آن می‌شود. این موضوع هنوز در پرده‌ای از ابهام است، زیرا نه سنگ معدن مس حاوی قلع بوده است و نه اینکه معادن مس و قلع نزدیک هم قرار دارند که آلیاژ شدن آنها به‌طور اتفاقی امکان‌پذیر باشد؛ به‌عنوان مثال شیئی (میخ) مربوط به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد در ایران کشف شده که دارای ۱/۷۴ درصد قلع است.

در ارتباط با چگونگی پیدایش ریخته‌گری، می‌توان این‌گونه تحلیل کرد که با توجه به اینکه پتک‌کاری قبل از ریخته‌گری مورد استفاده بشر قرار گرفته است، ممکن است در هنگام حرارت دادن فلز جهت پتک‌کاری به‌علت بالا رفتن درجه حرارت یا طولانی شدن مدت نگهداری در کوره، عمل ذوب به‌طور اتفاقی صورت گرفته باشد که با مشاهده این امر، موارد زیر در ذهن بشر القا شد:

ـ برای تهیه مذاب باید کوره‌های پتک‌کاری به گونه‌ای تغییر یابد که همواره تهیه مذاب در آن امکان‌پذیر باشد.

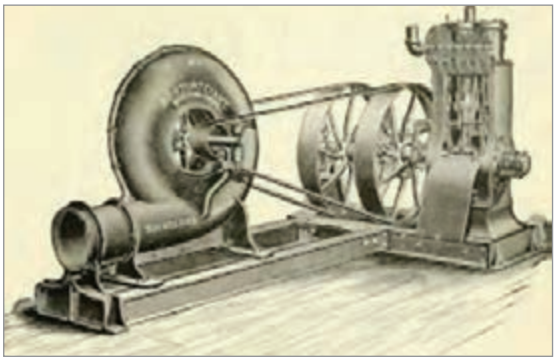
ـ برای تهیه مذاب و نگهداری آن باید ظرفی نسوز یا دیرگداز تهیه کرد (بوته).

ـ مذاب باید در محفظه‌ای ریخته شود تا شکل پیدا کند.

با توجه به اینکه بشر پیش از این به نسوز بودن بعضی از خاک‌ها پی‌برده بود و نیز به‌دلیل آشنایی با حرفه سفالگری، به نحوه شکل دادن خاک نیز دست یافته بود، بنابراین به نیازهای دوم و سوم او پاسخ داده شد. نیاز اول یعنی ساخت کوره‌های ذوب نیز، احتمالاً با سنگ‌چین و گل‌اندودکردن و قرار دادن محلی برای عبور هوا برآورده شد.



شکل ۱



شکل ۲ـ سیر تکاملی در هوا دادن به کوره

از مسائل مهم در این ارتباط، موضوع دمش بود که البته این موضوع برای عصر فلز تازگی نداشت چرا که در دوران سفالگری نیز این موضوع مطرح بوده است با این تفاوت که میزان حرارت لازم برای ذوب فلز با پختن سفال تفاوت زیادی دارد که این امر به تبدیل سیستم دم از حالت فوت کردن به استفاده از کیسهٔ دَم و سپس به موتورهای تنظیم هوا با فشار مناسب که امروزه کاربرد فراوانی دارند، منتهی شده است.

به طور کلی در دوران مِفرغ، ساخت قطعاتی نظیر تبر، نیزه، کارد، سپر و ظروف و نیز ساخت آلیاژهایی از مس با عناصری نظیر قلع (تا ۱۸ درصد) و سرب (تا ۱۱ درصد) و آرسنیک و روی، معمول بوده است.

دورهٔ آهن

اگرچه براساس کاوش باستان‌شناسان در چین قطعاتی چدنی مربوط به ۶۰۰ سال قبل از میلاد به‌دست آمده است، اما پیدایش آهن به‌عنوان یک دوره، به دو هزار سال قبل از میلاد مسیح می‌رسد. نام آهن در زبان پهلوی به‌عنوان « آلیسن» در آلمانی «آیزن» و در انگلیسی «آیرن» نامیده شده است و احتمالاً به هنگام ذوب مس، به آن پی برده‌اند. در هر حال در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ سال قبل از میلاد آهن تقریباً ماده اصلی اغلب سلاح‌ها و ابزارها را تشکیل می‌داد، در حالی که برنز به‌منظور ساخت ظروف، گلدان‌ها و اشیای تزیینی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

بدیهی است که آهن‌های به‌دست آمده در این دوران را نمی‌توان به ریخته‌گری نسبت داد، بلکه این آهن‌ها در اثر پتک‌کاری بر روی آهن اسفنجی به دست آمده است. با توجه به نقطه ذوب بالا (۱۵۳۹درجه سیلسیوس) بدیهی است که ذوب مستقیم آهن تا قرن نوزدهم امکان‌پذیر نبود[1] ولی در اواسط دوره آهن بر اثر افزایش کربن و پایین آمدن نقطه ذوب (در چدن‌ها) قطعات ریخته‌گری نیز به‌وجود آمد.

نکته مهم دیگر کشف عملیات حرارتی بر روی آهن بود که از اهمیت خاصی برخوردار است. در مصر شمشیر و تبری با پوششی از خاک نسوز به دست آمده که لبهٔ آن حاوی ۰/۹ درصد کربن و قسمت‌های میانی آن تقریباً فاقد کربن است. در این اشیا، سختی در قسمت میانی معادل ۷۰ برینل[2] و در قسمت لبه معادل ۴۴۰ برینل بوده است.

در دورهٔ آهن تحولات جدیدی در آلیاژهای مس نیز به‌وجود آمد و آلیاژهای مختلفی از مس و قلع ساخته شد. در جدول ۱ نمونه‌هایی از محصولات مسی آمده است.

جدول ۱ـ محصولات ساخته شده از آلیاژهای مس در دورهٔ آهن

نوع محصول	نوع آلیاژ
زنگ و ظروف	۵ قسمت مس یک قسمت قلع
کارد	۳ قسمت مس یک قسمت قلع
آیینه	یک قسمت مس یک قسمت قلع
تبر	۴ قسمت مس یک قسمت قلع
بیل	۲ قسمت مس یک قسمت قلع

از آلیاژهای دیگر ساخته شده در اواخر این دوره، آلیاژ برنج (مس و روی) و نیز برنج‌های قلع‌دار است.

پیدایش روش‌های جدید ریخته‌گری و قالب‌گیری را نیز باید از دیگر تحولات دوره آهن دانست. از این دوره شواهدی در دست است که از قالب‌های سرامیکی نیز استفاده شده است. از عجایب این دوره ساخت مجسمه رودس است که در سال ۲۹۰ قبل از میلاد ساخته شد و جزء عجایب هفت‌گانه محسوب می‌شود. این مجسمه ۳۲ متری که از قطعات مختلف برنز ریختگی ساخته‌شده و وزنی حدود ۳۹۰ تن داشت، طی زمین‌لرزه‌ای در دریای مدیترانه غرق شد.

۱ـ شواهدی نیز موجود است که براساس آن ذوب آهن توسط ایرانیان باستان انجام گرفته است.

۲ـ واحد سختی سنجی

دورهٔ تاریک صنعتی: در سده‌های سوم و چهارم بعد از میلاد تا قرن چهاردهم میلادی یک دوره رکود در صنایع و از جمله ریخته‌گری به‌وجود آمد. البته با توجه به حاکمیت کلیسا و تزیینات آن نظیر ناقوس، شمعدانی روش‌های جدید در ریخته‌گری ایجاد شد.

ساخت ناقوس‌ها در این دوره اهمیت خاصی پیدا کرد و رقابت برای ساخت آنها زیاد شد. در «سنت پل» ناقوسی به وزن ۱۷ تن به نام پل کبیر ساخته شد. در روسیه ناقوس‌هایی به وزن ۱۷۱ تن در «نرونسکی» و ۱۱۰ تن در مسکو ساخته شده است.

دورهٔ رنسانس صنعتی: این دوره از سال ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ میلادی به طول انجامید. در این دوره صنعت توپ‌ریزی بنا نهاده شد. در ابتدا لوله‌های توپ از برنز و سپس از چدن ساخته شد و در این رابطه دولت عثمانی نقش زیادی داشت. در این دوره همچنین کوره‌ها از نظر دمش رونق یافت و برای مذاب از نگه‌دارنده استفاده شد. دوره رنسانس صنعتی را علاوه بر تکامل کوره‌ها و سیستم‌های دمشی از نظر مواد اولیه باید آغاز استفاده از ماسه و روش ریخته‌گری در ماسه محسوب کرد. ظهور چدن و فولاد به‌عنوان مواد اولیه در ساخت قطعات و لوازم دفاعی و خانگی و نیز استفاده از آلیاژهای متفاوت مس نظیر برنز و برنج و عناصر دیگر و همچنین استفاده از طلا در ساخت زینت‌آلات و قطعات تزیینی از مظاهر دیگر این دوره است.

در این دوره متالورژی به‌عنوان یک علم مستقل، پیشرفت کرد. نظریه ساختار بلوری فلزات و سایر مواد توسط هارتسوکر[۱] فرانسوی اعلام شد. قرن هفدهم، قرن دستیابی به ابزاری جدید به نام میکروسکوپ بود که تحولی جدی در علم متالورژی ایجاد کرد.

دورهٔ انقلاب صنعتی: یکی از تعاریف انقلاب صنعتی این است که حداقل ۵۰ درصد از تولید هر ماده از خانه یا کارگاه‌های کوچک به کارخانه منتقل شود. در انگلستان سال ۱۷۵۰ را آغاز انقلاب صنعتی می‌دانند و علت آن را استفاده از کُک به جای زغال چوب بیان می‌کنند.



شکل ۳ــ اولین پل چدنی جهان (سال ساخت ۱۷۷۹)

اولین کوره هواده با سوخت کک در سال ۱۷۰۹ آغاز به‌کار کرد. ابراهام داربی انگلیسی در سال ۱۷۷۷ اولین کوره بلند خود را برای ذوب و احیای سنگ معدن آهن به کار انداخت. از محصولات چدنی آن، پلی موسوم به پل آهن بر روی رودخانه‌ای احداث کرد که امروزه مورد بازدید عموم مردم قرار می‌گیرد. (شکل ۳)

علاوه بر نوع کوره، روش دمیدن و استفاده از دمنده‌های بهتر و اطلاع کافی از وجود واکنش‌های گرمازا میان هوا و سوخت را باید از عوامل اصلی دیگر در تحول و تکامل ریخته‌گری محسوب کرد. روش‌های دمیدن که با استفاده از کیسه هوا (فوتک) انجام می‌گرفت، در این دوره جای خود را به دمنده‌هایی داد که با استفاده از موتور بخار کار می‌کردند.

چدن، آلیاژی سخت و شکننده بود و در مقابل، فولادهای کار شده، نرم و انعطاف‌پذیر بودند. چدن را می‌توانستند ریخته‌گری کنند ولی در مورد فولاد این امر امکان‌پذیر نبود. شاید در یکی از عملیات‌هایی که برای نرم کردن و

۱ـ Hartsoeker

ساختن فولاد از چدن انجام می‌گرفت، چدن چکش‌خوار حاصل شد. «رئومور» اولین کسی است که به تهیهٔ چدن چکش‌خوار اقدام کرد. فولاد ریختگی نیز در بوته و توسط بنیامین‌هانسمن در سال ۱۷۵۰ به‌عنوان کشف جدید معرفی شد. قبل از این کشف، تمامی فولادها از طریق کربن‌زدایی از انواع چدن خام و یا با استفاده از سنگ‌های معدنی مرغوب و کربن‌زدایی انجام می‌گرفت.

زیمنس در سال ۱۸۴۶ از طریق ذوب چدن و آهن قراضه و استفاده از پودر زغال کک، کوره‌های روباز را به‌وجود آورد.

استفاده از سرب و روی در ریخته‌گری به‌صورت فلزاتی مستقل و نه فقط به‌عنوان عناصر آلیاژی و به‌ویژه استفاده از روی، برای ساخت ظروف، در دوره انقلاب صنعتی معمول شد.

کشف نیکل در سال ۱۷۵۱ و استفاده آن در سال ۱۸۰۰ به‌عنوان عنصر آلیاژی و نیز کشف و استفاده از دو فلز سبک و پراستحکام آلومینیوم و منیزیم از موارد بسیار مهم در این دوره به‌شمار می‌آیند. در زمینه فناوری ریخته‌گری نیز محصولات عظیمی ساخته شد که در طی آن روش‌های ابتدایی ریخته‌گری به انواع مختلف ریخته‌گری تحت فشار، ریخته‌گری دقیق و ریخته‌گری ماشینی متحول شده است که هنرجویان عزیز در این کتاب با این روش‌های نوین آشنا خواهند شد.

اختراع، نوآوری، تفکر خلّاق

اختراع: به‌وجود آوردن مصنوعی نو، به گونه‌ای که بتواند کاری تازه انجام دهد (و یا کاری رایج به روش‌های سنتی را با روشی نوین و کارآمدتر انجام دهد). به‌گونه‌ای ساده‌تر، ساختن وسیله‌ای که بتواند کاری را راحت‌تر از گذشته انجام دهد و گفته می‌شود که اساس اختراع، نیاز است. گرچه نوآوری، اهمیتی کمتر از اختراع دارد اما در برخی از موارد دارای اهمیت بسیار است. برای نمونه ساخت سه نظام برای گرفتن قطعات در ماشین تراش یک اختراع است، در صورتی که تغییرات جزئی برای افزایش توانمندی‌های آن، نوآوری خواهد بود به همین ترتیب می‌توان گفت:

پیل ولتا یک اختراع است، ولی پیل لکانشه یک نوآوری مهم در نظر گرفته می‌شود، استفاده گرافیت برای نوشتن یک اختراع و قراردادن آن در یک محفظهٔ چوبی (مداد) یک نوآوری است.

در یک اختراع معمولاً الهاماتی از طبیعت، به مخترع کمک می‌کند، اگر دقت کنید خواهید دید که بیشتر مخترعین افرادی بوده‌اند که با دقت به محیط اطراف خود می‌نگریستند، از هر پدیده‌ای گذرا رد نمی‌شدند، پرسش‌های زیادی داشتند به این ترتیب یک فرد فنی قادر است با توجه دقیق به حرکات، پدیده‌ها ایده‌های تازه به‌دست آورد. یک هواپیما یا کشتی را با آنچه در اول بوده‌اند مقایسه کنید، خواهید دید که هزاران نفر در طرح‌های اولیه تغییر داده‌اند تا امروز این مصنوعات به این اوج از تکامل رسیده‌اند. کارهای آنها با توجه به تغییراتی که داده‌اند می‌توانند کشف یا نوآوری باشند.

در مورد تاریخچهٔ اختراع نمی‌توان به نسخهٔ روشنی رسید به‌نظر می‌رسد که اختراعات بشر با برداشتن اولین سنگ با لبه تیز که شبیه دندان‌های انسان بود، برای بریدن گوشت شکار و بعدها اختراع کلنگ با الهام از نوک زدن پرندگان شروع شد.

هنرجویان با توجه به استعدادهای مختلفی که دارند، می‌توانند در زمینهٔ نوآوری و خلاقیت گام‌های مؤثری بردارند.

به‌عنوان نمونه می‌توان ساخت پل خیبر در تاریخ جنگ‌های باتلاقی را یکی از این نوآوری‌ها و ابتکارها دانست.

خلاقیت و نوآوری در دفاع مقدس

ابتکار و خلاقیت از ویژگی‌های مورد توجه پیشتازان

جامعه است. یکی از ابتکارات فرماندهان ایران در طول دفاع مقدس کشاندن جنگ به محل‌هایی بوده که نقطه ضعف دشمن بود و یا این‌که به‌علت صعب‌العبور بودن و پیچیدگی انتظار حمله از آن محل نمی‌رفت. محور هورالعظیم که باتلاقی و پُر از آب بود به‌عنوان راهکار نیروهای ایران در دستور کار قرار گرفت. حرکت از این محور، بسیار مشکل و نیازمند اندیشیدن تدابیر مهندسی رزمی و اطلاعاتی بالا بود. در همین راستا عملیات خیبر در منطقهٔ هور طرح‌ریزی و اجرا شد.

رزمندگان با استفاده از اصل غافلگیری، موفق به تصرف جزیره مجنون شمالی و بخش اعظم جزیره مجنون جنوبی شدند. اما پشت سر آنها، حدود ۱۴ کیلومتر آب بود و به عقبه جبهه متصل نبودند. احداث پل شناور ۱۳ کیلومتری خیبر راه‌حل این مشکل بود.

این پل از دو قسمت فلزی و شناور تشکیل شده بود. در پل خیبر۱ از پشم شیشه، فایبرگلاس، یونولیت و رزین به‌عنوان صفحه شناور استفاده شد. در پل خیبر۲ سازه فلزی تغییراتی کرد و قدرت تحمل آن افزایش یافت. سرانجام ابتکار تلفیق یونولیت و فایبرگلاس در پل خیبر راهگشا بود، زیرا پس از اصابت ترکش به پل، از شناوری آن کاسته نشده و پل غرق نمی‌شد. در واقع پل خیبر، یک پل شناور ضد ترکش بود. قسمت شناوری نیز از دو نوع ساخته شد؛ یکی نوع «پلاستوفوم» و دیگری «پلی‌اورتان‌فوم» که برای عایق‌بندی از آن استفاده می‌شود تا در مقابل گلوله مقاوم‌تر باشد. پوشش روی یونولیت هم از فایبرگلاس و برای محافظت در مقابل ضربه‌ها ساخته شده است. صفحه فلزی پل نیز تحمل باری حدود ۶ تن را دارد و شناورها هم در هر شش متر حدود هشت متر مکعب حجم دارند. این قطعات می‌توانند تا حدود هشت تن بار نهایی را تحمل کنند. البته قطعات طوری ساخته شده اند که می‌توانند انتقال نیرو کرده و این امر باعث می‌شود که هر قطعه بیش از ظرفیت اسمی خود بار حمل کند.

بیشتر مواد اولیهٔ این کار در داخل کشور به‌مقدار کافی وجود داشت، مواد شیمیایی مانند پلی‌اتیلن و پلی‌استایرن که مواد اصلی پلاستوفوم می‌باشد نیز در داخل کشور موجود بود. تنها مقداری رزین برای فایبرگلاس لازم بود که از خارج وارد شد.

تمام قطعات پل از جمله بلوک‌های پلی استایرن همانند قطعات یک جورچین (پازل) در گوشه و کنار ایران توسط حدود ۲۰ کارخانه داخلی تهیه و برای مونتاژ به اهواز حمل شدند.

عمده‌ترین مشخصه این پل، سبکی وزن، امکان تولید آن در مدت کوتاه و حالت خاص شناورهای آن است. شناورهای پل‌های نظامی در واقع صندوقچه‌های هوا هستند که با ورقه‌های فلز ساخته شده‌اند. اما اگر گلوله‌ای و یا ترکشی بخورند، دیگر قابل استفاده نیستند، ولی خاصیت این پل‌ها این است که هر چقدر هم که گلوله و یا ترکشی به آن اصابت کند اگر حتی سوراخ نیز شوند، غرق نمی‌شوند. از دیگر خاصیت‌های مهم این پل این است که قطعاتش قابل تعویض بود و در هر شرایطی می‌توان بدون اینکه سیستم پل به هم بریزد یک تا چند قطعه از پل را تعویض کرد.



شکل ۴ ــ شهید سید محمد صنیع‌خانی

این پل در مدت حدود دو ماه ساخته شد. افراد مختلفی جهت تکمیل شدن طرح پل نقش داشتند، از طراحان آن آقایان مهندس بهروز پورشریفی، مهندس افشارزاده، مهندس مرجوی و... هستند. شهدای زیادی هنگام اجرای این پل شیمیایی شده و به شهادت رسیدند که از آن جمله شهید سید محمد صنیع‌خانی بود که بعد از پایان جنگ به شهادت رسید (شکل ۴).




شکل ۵ــ مراحل آمادگی، نصب و آماده‌سازی پل خیبر

شکل۵ مراحل مختلف اجرای این پل را نشان می‌دهد.

فرمانده برجسته جنگ تحمیلی

شهید حسن طهرانی مقدم، یکی از اعضای برجسته سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و پایه‌گذار برنامه موشکی ایران، در طول جنگ ایران و عراق نقش کلیدی ایفا کرد. وی به عنوان «پدر موشکی ایران» شناخته می‌شود و اقدامات بی‌نظیری در زمینه توسعه موشک‌ها و تجهیزات نظامی داشت که به تقویت قدرت دفاعی کشور کمک کرد.

تحصیلات شهید حسن طهرانی مقدم

شهید حسن طهرانی‌مقدم، در دو مقطع کاردانی و کارشناسی در رشته ریخته‌گری دانشگاه تربیت دبیر فنی شهید رجایی تحصیل کرده و در مرحله نخست در سال ۱۳۶۹ مقطع کاردانی و در سال ۱۳۷۴ مدرک کارشناسی را از این دانشگاه اخذ کرد.

این شهید بزرگوار در سال ۱۳۹۰ بر اثر حادثه انفجار زاغه مهمات در **پادگان مدرس** به شهادت رسید. اما قبل از شهادتش، اقدامات مهمی را در زمینه ساخت موشک‌ها و تجهیزات زمینی به انجام رساند که نقش بسزایی در ارتقای قدرت دفاعی کشور داشت.

اقدامات مهم شهید حسن طهرانی مقدم

۱ ساخت موشک‌های شهاب یک و تجهیزات مرتبط
۲ ساخت موشک‌های شهاب ۲ و تجهیزات زمینی
۳ توسعه موشک‌های دوربرد شهاب ۳



شکل ۶

۴ ساخت سیستم‌های هدایت و کنترل موشکی
۵ تبدیل موشک‌ها و ساخت تجهیزات جدید



شکل ۷ــ شهید طهرانی مقدم در کنار شهید قاسم سلیمانی، شهید مهدی باکری، شهید احمد کاظمی

فعالیت کلاسی

تحقیق کنید دمای کلاهک موشک که با ۵ برابر سرعت صوت حرکت می‌کند، به چند درجه سیلسیوس می‌رسد و با استفاده از چه آلیاژهایی ساخته می‌شود.

فناوری‌های جدید

امروزه فناوری نقش مهم و اثرگذاری بر نحوهٔ زندگی ما دارد. فناوری بر صنعت و محصولات آن نیز اثرگذار بوده، به‌طوری که امکان تولید محصولات پیچیده با سرعت و کیفیت بالاتر را فراهم کرده است؛ به‌عنوان مثال کارخانه‌های خودروسازی به کمک رایانه، ابزار و ماشین‌آلات تولیدی را کنترل کرده و طراحی‌های جدید عرضه می‌کنند.



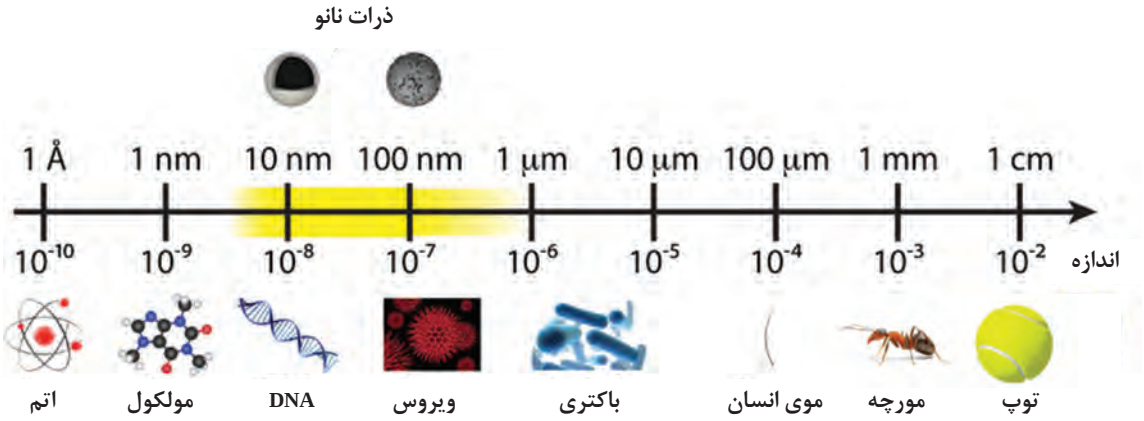
شکل ۸

فعالیت کلاسی

در انجام فعالیت‌های روزانه خود از چه فناوری‌هایی استفاده می‌کنید؟
نقش این فناوری‌ها در آسان شدن کارها چیست؟

فناوری نانو

سال‌های نه چندان دور کوچک‌ترین ابعاد قابل دستیابی برای مواد ابعاد میکرومتر بود. بسیاری از مواد برای کاربردهای مختلف مانند قطعات الکتریکی تا ابعاد میکرومتر ساخته شده بودند و طراحی‌های متعدد در این ابعاد انجام شده بود اما ظهور فناوری نانو دنیایی کاملاً کوچک‌تر یعنی دنیای اتم‌ها و مولکول‌ها را ارائه داد.
نانوفناوری کوچک کردن ابعاد مواد از اندازه میکرومتر به نانومتر و ایجاد ساختارهای متفاوت در محدودهٔ ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. به بیان دیگر نانوفناوری دانش و فناوری طراحی، ساخت و کاربرد مواد و ساختارها در مقیاس نانومتر است. برای درک بهتر ابعاد نانومتر به شکل ۹ توجه کنید؛ ضخامت یک تار مو تقریباً ۱۰۰،۰۰۰ نانومتر است.



شکل ۹ــ مقایسه ابعاد مواد مختلف در مقایسه با نانومتر

در شرایط معمول ویژگی‌های یک ماده خالص ثابت است اما یک ماده در اندازه نانومتر ویژگی‌های متفاوتی می‌تواند داشته باشد. در ابعاد نانومتر بسیاری از خواص ماده مانند رنگ، شفافیت، خواص الکتریکی، خواص مغناطیسی و نقطه ذوب تغییر می‌کنند؛ به مثال‌های زیر توجه کنید:

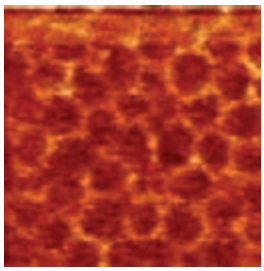
ـ فلزاتی مانند روی و تیتانیوم کدر هستند اما نانوذرات روی اکسید و تیتانیوم اکسید کاملاً شفاف هستند.



شکل ۱۰

ـ رنگ نانوذرات طلا در مقایسه با ذرات بزرگ آن تغییر می‌کند؛ نانوذرات طلا با توجه به ابعاد خود می‌توانند رنگ قرمز داشته باشند.





الف) طلا در حالت بالک به رنگ زرد ب) نانوذرات طلا به رنگ قرمز

شکل ۱۱

ـ نانوذرات آلومینیوم در هوا آتش می‌گیرند و می‌توان از آنها به عنوان سوخت موشک استفاده کرد.
ـ مواد عایق مانند سیلیکون در ابعاد نانومتری از لحاظ الکتریکی رسانا می‌شوند.

نقطهٔ شروع و توسعه به طور دقیق مشخص نیست اما یافته‌ها نشان می‌دهد که بشر اولیه در بسیاری از کاربردها از نانومواد استفاده می‌کردند. شیشه‌گران قرون وسطا برای ساخت شیشه‌های کلیسا از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌کردند. این شیشه‌گران دریافته بودند که با اضافه‌کردن طلا به شیشه‌ها، رنگ بسیار جذابی به‌دست می‌آید اما علت آن را نمی دانستند. ایرانیان نیز در قرن‌های چهارم تا هفتم هجری از نانوذرات نقره و مس برای تزیین سفال‌ها استفاده می‌کردند. وجود نانوذرات نقره و مس در لعاب مورد استفاده در تزیینات سفال تلألؤ رنگین‌کمانی در سطح لعاب ایجاد می‌کرد.

دانش و دامنهٔ کاربرد نانوفناوری به اغلب رشته‌های علمی راه یافته و به‌سرعت درحال توسعه می‌باشد. نانوفناوری یک دانش میان‌رشته‌ای است و در اغلب رشته‌ها مانند متالورژی کاربرد دارد. کاربردهای نانوفناوری روبه گسترش است برخی ازکاربردهایی نانوفناوری در متالورژی، در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲

کاربرد	ویژگی
نانوفناوری در انرژی و محیط زیست	در ذخیرهٔ انرژی و بازیابی نفت و گاز کاربرد دارند. همچنین در ساخت وسایل با آلودگی کمتر و انرژی‌های نو مانند سلول‌های خورشیدی کاربرد دارند.
نانوفناوری در پزشکی	در ساخت مصنوعات کاشتنی بدن مانند دریچه قلب و ابزار و وسایل پزشکی و همچنین در تولید داروها به کار می‌روند مانند نانو زیرکونیم اکسید.
نانوفناوری در هوافضا	در طرّاحی و ساخت مواد سبک‌وزن، با استحکام و مقاوم در برابر حرارت، موردنیاز برای هواپیماها، راکت‌ها و ایستگاه‌های فضایی به کار می‌روند.
نانوفناوری در صنعت الکترونیک	امکان ظرفیت ذخیره‌سازی اطلاعات در حدود هزار برابر یا بیشتر ایجاد می‌شود و سرعت انتقال اطلاعات را افزایش می‌دهد.
خواص ضدمیکروبی	نانوذرات نقره و طلا دارای خواص ضدمیکروبی هستند.
خواص مغناطیسی	بسیاری از موادی که در ابعاد معمولی خواص مغناطیسی ندارند اما در محدودهٔ فناوری نانو می‌توانند خواص مغناطیسی داشته باشند مانند: نانوذرات آلومینیوم اکسید و طلا.

یکی ازکاربردهای نانوفناوری ایجاد سطح آب‌گریز است. مواد آب‌گریز به‌دلیل ناهمواری‌های سطحی نانومتری آب را روی سطح پخش نمی‌کنند و باعث قطره‌ای شدن آب و سر خوردن آن می‌شوند.



شکل ۱۲

پرسش کلاسی

مواد آب‌گریز چه کاربردهایی در متالورژی می‌تواند داشته باشد؟

اورانیوم و انرژی هسته‌ای

یکی از فناوری های جدید به‌کارگیری انرژی هسته‌ای در صنایع و کاربردهای مختلف است. اورانیوم یکی از عناصر شیمیایی موجود در جدول تناوبی است که با نماد U و عدد اتمی ۹۲ شناخته می‌شود. این عنصر به‌طور طبیعی در زمین یافت می‌شود و به‌عنوان یک منبع انرژی هسته‌ای در تولید برق و سایر کاربردهای صنعتی مهم است.

ویژگی‌های اورانیوم

اورانیوم به عنوان یک عنصر فلزی سنگین، دارای ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاصی است، از جمله:

چگالی بالا: اورانیوم بسیار متراکم است و این ویژگی آن را برای استفاده در سوخت هسته‌ای مناسب می‌سازد.

حالت طبیعی: اورانیوم در طبیعت به‌صورت چند ایزوتوپ وجود دارد، که مهم‌ترین آنها اورانیوم-۲۳۸ و اورانیوم-۲۳۵ هستند. در حالی که اورانیوم-۲۳۸ حدود ۹۹/۳ درصد از اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهد، اورانیوم-۲۳۵ به‌عنوان یک ایزوتوپ شکافت‌پذیر شناسایی می‌شود و نقش کلیدی در واکنش‌های هسته‌ای ایفا می‌کند.

رادیواکتیویته: اورانیوم متراکم و رادیواکتیو است، که به آن اجازه می‌دهد تا انرژی زیادی در فرایند شکافت هسته‌ای آزاد کند.

استخراج اورانیوم

استخراج اورانیوم به فرایندهایی اطلاق می‌شود که طی آن اورانیوم از منابع طبیعی‌اش استخراج می‌شود. این فرایند شامل مراحل زیر است:

۱ـ شناسایی و اکتشاف: زمین‌شناسان مناطق غنی از اورانیوم را شناسایی می‌کنند.

۲ـ استخراج: اورانیوم معمولاً از معادن زیرزمینی یا سطحی استخراج می‌شود. دو روش اصلی برای استخراج شامل استخراج مکانیکی و استخراج شیمیایی است.

۳ـ فراوری: پس از استخراج، اورانیوم به شکل کانی‌های معدنی پردازش می‌شود تا به حالت خالص برسد. این فرایند معمولاً شامل استفاده از ترکیبات شیمیایی مختلف و استفاده از مواد حلال است.

غنی‌سازی اورانیوم

غنی‌سازی اورانیوم فرایندی است که در آن نسبت ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۵ به اورانیوم-۲۳۸ افزایش می‌یابد. این فرایند برای استفاده در نیروگاه‌های هسته‌ای و تسلیحات هسته‌ای اهمیت دارد. روش‌های مختلفی برای غنی‌سازی وجود دارد:

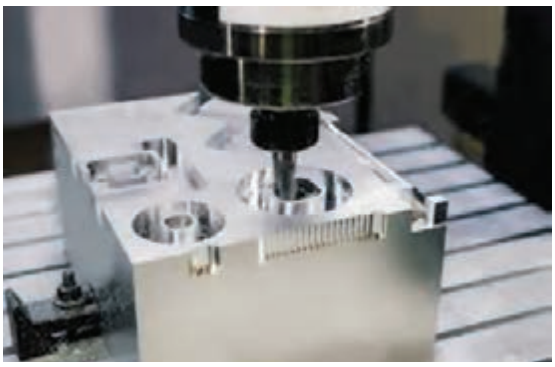
روش گازدهی: در این روش، اورانیوم به صورت گاز هگزا فلوراید اورانیوم (UF6) درمی‌آید و به دستگاه‌های سانتریفیوژی وارد می‌شود که با استفاده از نیروی گریز از مرکز، ایزوتوپ‌های سنگین‌تر و سبک‌تر را جدا می‌کند.
روش انتشار نفوذی: این روش از نفوذ گاز به مواد ممبرانی برای جداسازی ایزوتوپ‌ها استفاده می‌کند.

استفاده از اورانیوم در نیروگاه‌های هسته‌ای

نیروگاه‌های هسته‌ای برای تولید برق از انرژی آزاد شده در اثر شکافت هسته‌ای اورانیوم استفاده می‌کنند. در این روند، با بمباران هسته‌های اورانیوم-۲۳۵ با نوترون‌ها، این هسته‌ها شکافته شده و انرژی زیادی آزاد می‌کنند. در نتیجه، تولید بخار و گردش توربین‌ها، انرژی الکتریکی تولید می‌شود.
کشور ما ایران، در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه انرژی هسته‌ای داشته است که باعث اقدامات مؤثر در حوزه‌های هسته‌ای در صنایع کشور شده است. سامانه‌های ساخته شده به مدد صنایع کشور مانند نفت، گاز، پتروشیمی، سلولزی و فولاد آمده است به‌طوری که امروزه بیش از ۱۵۰ مجتمع بزرگ کشور از این سامانه‌ها بهره‌مند هستند.
همچنین در زمینه استفاده از اشعه آلفا، جمهوری اسلامی ایران جزو کشورهای پیشرو است و با بهره‌مندی از این فناوری به درمان بیماران سرطانی کمک شایانی شده است. با استفاده از پلاسما تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و شیرابه پسماندهای شهری اتفاق افتاده است که دستاورد بزرگی جهت خدمت به جامعه است. از جمله دانشمندان و شهدای عرصه انرژی هسته‌ای می‌توان از شهید مجید شهریاری، فریدون عباسی، اردشیر حسین‌پور، مصطفی احمدی‌روشن، مسعود علی‌محمدی، داریوش رضایی‌نژاد، رضا قشقایی‌فرد و محسن فخری‌زاده مهابادی نام برد که زحمات بسیاری در زمینه پیشرفت و توانمندسازی کشور در زمینه انرژی هسته‌ای داشته‌اند.

کنترل عددی رایانه ای ماشین آلات[۱] (CNC)

آیا دربارهٔ کاربرد رایانه در برش و ایجاد طرح بر روی فلزات اطلاع دارید؟



شکل ۱۳

بخش عمده‌ای از پیشرفت‌های فناوری با ظهور و به‌کارگیری رایانه‌ها به‌دست آمده است. امروزه رایانه‌ها در صنعت نقش مهمی در تولید و شکل‌دهی قطعات دارند. به کارگیری رایانه در کنترل ماشین‌آلات امکان کنترل و عملکرد مناسب‌تر آنها را فراهم کرده است. ماشین سی‌ان‌سی یا کنترل عددی دستگاهی است که با استفاده از رایانه دستورها را از اپراتور دریافت می‌کنند و می‌توانند قطعات فلزی را به ابعاد مورد نظر ماشین‌کاری کنند.

۱ ـ Computer Numerical Control (CNC)



شکل ۱۴ـ یک نمونه دستگاه CNC



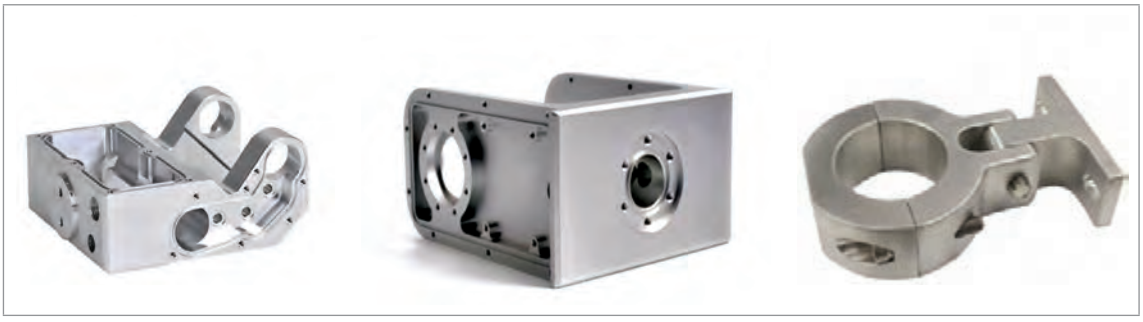
شکل ۱۵ـ برش فلز با دستگاه CNC

در این ماشین‌ها ابتدا طرح مورد نظر با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند سالیدورکز[۱]، کتیا[۲] طراحی شده و آن طرح در رایانه، وارد می‌شود و پس از قراردادن قطعه‌کار مورد نظر، دستگاه آن طرح را بر روی قطعه ماشین‌کاری می‌کند. در نمودار ۱ کاربردهای مختلف دستگاه CNC آمده است.



نمودار ۱

با استفاده از دستگاه‌های CNC امکان ساخت و تولید قطعات پیچیده با اشکال مختلف فراهم شده است. در شکل ۱۶ چند نمونه از قطعات فلزی شکل‌دهی شده با این دستگاه آمده است.



شکل ۱۶ـ قطعات فلزی شکل‌دهی شده با دستگاه CNC

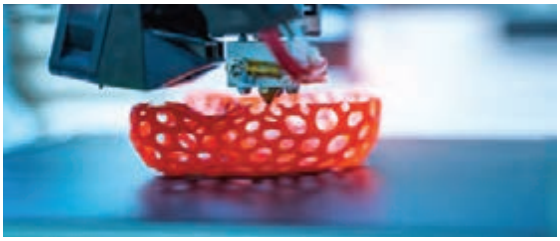
تحقیق کنید

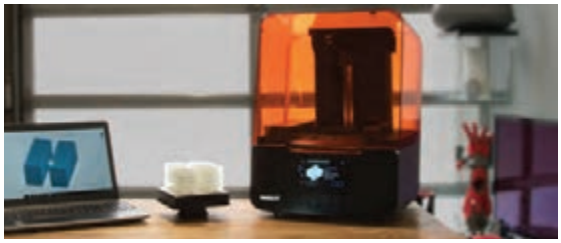
درباره روش طراحی قطعه با دستگاه CNC تحقیق کنید.

۱ ـ Solid works ۲ ـ Catia

چاپگر سه بعدی

چاپگرهای سه بعدی وسیله‌هایی هستند که با استفاده از آنها طرح قطعه به‌صورت نمونهٔ سه بعدی واقعی ساخته می‌شود در این چاپگرها ماده به‌صورت لایه‌به‌لایه روی هم قرار می‌گیرد. در واقع چاپگرهای سه‌بعدی به‌وسیلهٔ نرم‌افزارهای ویژه، جای هر لایه را مشخص می‌کنند و لایه‌ها در کنار هم طرح موردنظر را ایجاد می‌کنند.





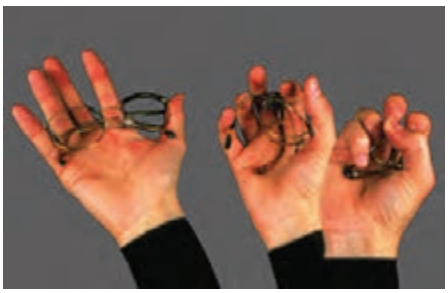
شکل ۱۷ــ چاپگر سه بعدی

آلیاژهای فلزی حافظه دار

آیا درباره مواد هوشمند و نحوهٔ کار آنها اطلاع دارید؟
آیا تاکنون درباره خودروهای هوشمند شنیده‌اید؟



شکل۱۸



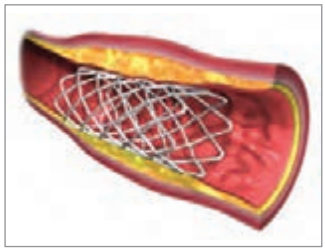
شکل ۱۹

آلیاژهای فلزی حافظه دار موادی هستند که تغییرات محیط را حس می‌کنند و در برابر تغییرات محیط شامل تغییرات دمایی یا وارد شدن نیرو عکس‌العمل نشان می‌دهند و با حذف این تغییرات به حالت اولیه باز می‌گردند. در شکل ۱۹ رفتار یک نمونه قاب عینک که از آلیاژ حافظه‌دار ساخته شده نشان داده شده که پس از حذف نیرو به شکل اولیه درآمده است.

آلیاژهای حافظه‌دار کاربردهای زیادی در هوافضا، پزشکی و دندانپزشکی، صنایع خودروسازی و الکترونیک دارند؛ به‌عنوان مثال این مواد در بدنهٔ هواپیماها، قابلیت سازگاری و تطبیق با شرایط محیطی را دارند و با تغییر شکل عملکرد بهینه از خود بروز می‌دهند. کاربرد آلیاژهای حافظه‌دار Ni-Ti (نیکل ـ تیتانیم) در ارتودنسی و اورتوپدی نیز رواج یافته است. مهم‌ترین ویژگی این مواد شکل‌پذیری بالا و قابلیت انطباق با بدن است.



الف ـ آلیاژ به‌کار رفته در بال هواپیما



ب ـ آلیاژ به‌کار رفته در بازکنندهٔ رگ



ج ـ آلیاژ شکل‌پذیر عینک



د ـ آلیاژ به‌کار رفته در ارتودنسی دندان

شکل ۲۰ـ کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار

در جدول ۳ برخی از آلیاژهای حافظه‌دار معرفی شده است.

جدول ۳ـ برخی از آلیاژهای حافظه‌دار

آلیاژهای تیتانیم ـ نیکل	آلیاژ کادمیوم ـ نقره	آلیاژ تیتانیم ـ ایندیم
آلیاژهای آلومینیوم ـ روی ـ مس	آلیاژ کادمیوم ـ طلا	آلیاژ آلومینیوم ـ نیکل
آلیاژ نیکل ـ مس	آلیاژ قلع ـ مس	آلیاژ آهن ـ پلاتین

تحقیق کنید

دربارهٔ کاربردهای مختلف آلیاژ Ni-Ti تحقیق کنید و گزارش آن را به کلاس ارائه کنید.

دورنما و آیندهٔ شغلی رشته

فلزات مهم‌ترین ماده به کار رفته در زندگی و صنعت هستند. به اطراف خود دقت کنید. ابزار و وسایلی مانند ظروف، در و پنجره، خودرو، قطعات به کار رفته در کارخانه و بسیاری از موارد دیگر همه از جنس فلزات هستند. با توجه به انواع کاربردهای فلزات، رشته متالورژی و شغل‌های مرتبط به آن نیاز بسیاری از مراکز صنعتی را برآورده می‌کنند و مشاغل مرتبط با فلزات با توجه به پیشرفت و کاربردهای مختلف آن همواره مورد توجه قرار دارد.
نیروهای متخصص رشته متالورژی در آماده‌سازی، شکل‌دهی و ساخت فلزات و بررسی قطعات فلزی فعالیت

دارند و در صنایع تولیدکننده لوازم خانگی، خودروسازی، نفت و گاز و پتروشیمی، عمران و هوافضا می‌توانند مشغول به کار شوند. علاوه بر این صنایع، بسیاری از کارگاه‌ها در زمینهٔ ساخت، آماده‌سازی و به‌کارگیری قطعات فلزی فعالیت دارند.



شکل ۲۱

از جمله مشاغل مرتبط با متالورژی می‌توان به‌طور مثال از تولید فلزات، مدل‌سازی، ماهیچه‌سازی، قالب‌گیری، آلیاژسازی، ریخته‌گری، جوشکاری، آبکاری فلزات، انجام عملیات حرارتی روی فلزات، کنترل کیفیت و اشتغال در آزمایشگاه‌های متالورژی نام برد.

اهمیت بومی‌سازی قطعات صنعتی در استقلال کشور

قسمت اعظم فعالیت‌های رشته متالورژی ساخت قطعات و تجهیزات صنعتی است که می‌تواند از نظر خودکفایی کشور مورد توجه قرار گیرد.

بومی‌سازی قطعات صنعتی در استقلال کشور

بومی‌سازی ساخت قطعات دستگاه‌های صنعتی و نظامی از عوامل مهم پیشرفت کشور محسوب می‌شود؛ یکی از راه‌های سلطه بیگانگان بر کشور ما از طریق فناوری ساخت قطعات مهم محصولات صنعتی و نظامی است؛ به‌گونه‌ای که در اسناد به‌دست آمده از لانه جاسوسی (سفارت سابق آمریکا در ایران) این نکته بسیار ذکر شده است که یکی از راه‌های نفوذ در ارتش، ارتباط با فرماندهان و تحت فشار قرار دادن آنان، کمبود قطعات یدکی تجهیزات نظامی خواهد بود.

در نامه مهم لینگن، کاردار سفارت به برژینسکی مشاور امنیتی کارتر یک هفته قبل از اشغال سفارت، ۲۸ اکتبر ۷۹ نکات مهمی درخصوص سازماندهی ارتش به‌شیوهٔ آمریکایی چنین می‌نویسد: «سرهنگ‌ها و کارمندان اهمیت تکنیک آمریکایی در ارتش را تشخیص داده‌اند و اینکه درصورت کمبود قطعات یدکی چه اتفاقی خواهد افتاد! مهم نیست که چه اتفاقی می‌افتد، ما باید این موضوع را درنظر بگیریم که تحول و اصلاح ارتش و چگونگی مسلح شدن آن، احتیاج به فراگیری تکنیک‌های جدید ارتشی دارد و در هر صورت مهم است که رابطه طبیعی بین ما و فرماندهان ارتش وجود خواهد داشت[۱].»



شکل ۲۲

۱ـ اسناد لانه جاسوسی، جلد ۱.

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان۱: کلیات	۱ـ تحلیل محیط کار و مشاغل رشته متالورژی ۲ـ الگوگیری خلاقانه و نوآورانه جهت بومی سازی تولید قطعات صنعتی	تحلیل مشخصه محصولات فلزی براساس خلاقیت، فناوری و نوآوری	بالاتر از حد انتظار	تحلیل کاربرد فناوری‌های نوین در صنعت متالورژی	۳
			در حد انتظار	۱ـ تحلیل محیط کار ۲ـ نوآوری در تولید	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	تعیین فناوری‌ها و مشاغل موجود در رشته متالورژی	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

پودمان ۲

فلزات آهنی



انواع مواد

در شکل ۱ کاربردهایی از مواد مختلف نشان داده شده است؛ انتخاب بهترین ماده برای یک کاربرد مشخص با توجه به گستردگی انواع مواد، همواره مورد توجه قرار دارد.



هواپیمای مسافربری



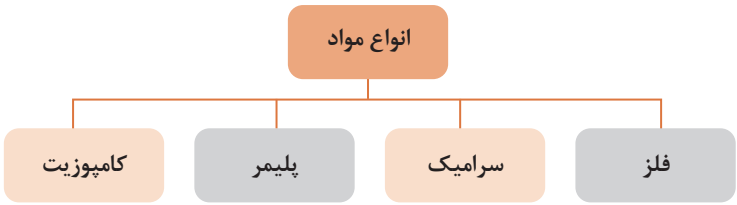
پرهٔ توربین



پروتز مفصل ران

شکل ۱

به‌طور کلی مواد را می‌توان در چهار بخش کلی تقسیم‌بندی کرد. هر یک از این مواد دارای ویژگی‌های خاصی هستند که مورد توجه طراحان مواد است.



نمودار ۱

فلز

آهن، آلومینیوم، مس، نیکل، فولاد و برنج از جمله فلزات و آلیاژهای متداول در صنعت هستند. فلزات دارای خواص الکتریکی، حرارتی و مکانیکی بسیار خوبی هستند و مهم‌ترین ماده در کاربردهای مختلف می‌باشند. مهم‌ترین ویژگی فلزات عبارت‌اند از:

۱ رسانای حرارت و الکتریسیته هستند.

۲ استحکام بالایی دارند.



شکل ۲



شکل ۳

۳ سطح براق و قابلیت صیقل دادن دارند.



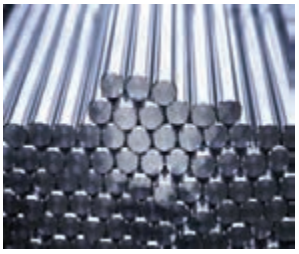
شکل ۴

۴ شکل‌پذیری بالا و قابلیت چکش‌خواری دارند؛ فلزات را می‌توان به صورت ورقهٔ نازک یا سیم نازک درآورد.



شکل ۵

۵ فلزات چگالی بالایی دارند.



شکل ۶

گفت‌وگو کنید

در هر یک از کاربردهای زیر کدام ویژگی از فلزات مورد توجه قرار داشته است؟

	.....
	.....
	.....

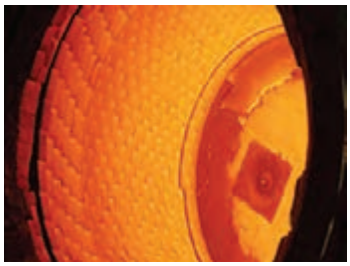
شکل ۷

سرامیک

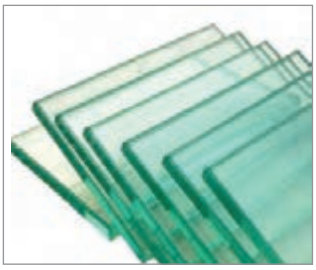
به تصاویر زیر نگاه کنید. آیا دربارهٔ مواد اولیه و روش ساخت این محصولات اطلاع دارید؟



چینی مظروف



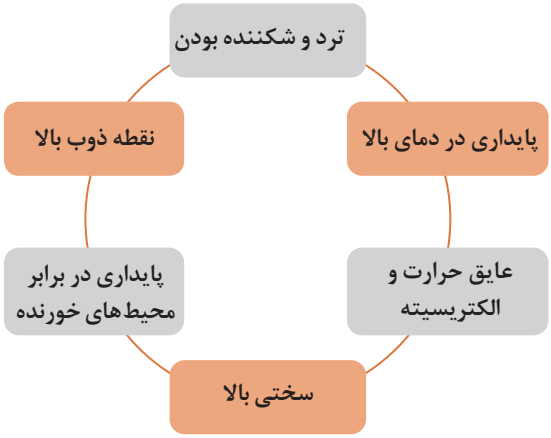
دیرگدازهای کورهٔ ذوب فلزات



شیشهٔ تخت

شکل ۸

سرامیک‌ها دسته‌ای از مواد هستند که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آنها مواد معدنی و غیرفلزی هستند. مواد سرامیکی کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزانه و در صنعت دارند. کشور ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های محصولات سرامیکی به‌شمار می‌آید و قابلیت تولید انواع محصولات سرامیکی را دارا است. مهم‌ترین ویژگی‌های مواد سرامیکی در نمودار ۲ آورده شده است:

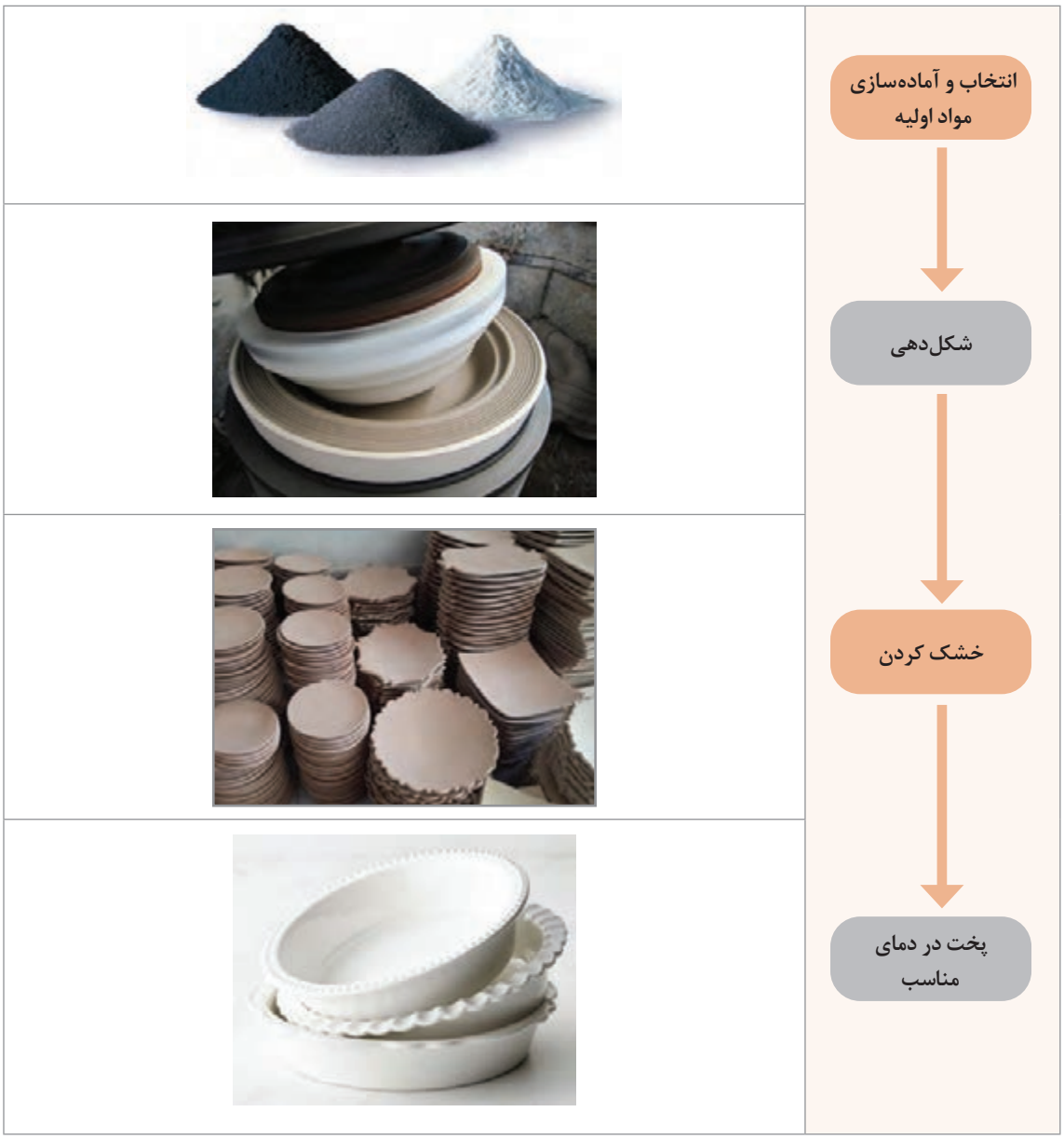


نمودار ۲ــ ویژگی‌های مواد سرامیکی

پرسش کلاسی

مواد سرامیکی و فلزی را از لحاظ نوع پیوند شیمیایی با هم مقایسه کنید.

مراحل تولید محصولات سرامیکی را می‌توان به‌طور کلی به‌صورت نمودار ۳ نشان داد. مواد اولیه سرامیکی پس از استخراج از معادن، خردایش و خالص‌سازی می‌شوند. سپس بدنه با توجه به کاربرد و مواد اولیه با روش‌های مختلف شکل‌دهی می‌شود. سپس آب اضافی موجود در بدنه شکل‌دهی شده، درون خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس خشک شده و بدنه‌ها آمادهٔ پخت می‌شوند. بدنهٔ خشک شده درون کوره در دمای مناسب پخت می‌شود تا به استحکام و خواص مطلوب برسد.



نمودار ۳ـ مراحل تولید محصولات سرامیکی

علاوه بر این مراحل، مرحله لعاب‌زنی و تزیین نیز در برخی از محصولات سرامیکی برای ایجاد جلوه و زیبایی بیشتر وجود دارد.

تحقیق کنید

دربارهٔ روش‌های شکل‌دهی ریخته‌گری دوغابی و پرس پودر در تولید محصولات سرامیکی تحقیق کنید و گزارش آن را به کلاس ارائه کنید.

محصولات سرامیکی

انواع محصولات سرامیکی را می‌توان به دو دستهٔ سنتی و پیشرفته دسته‌بندی کرد. در نمودار زیر، انواع کاربردهای مواد سرامیکی دسته‌بندی شده‌اند.



نمودار ۴

سرامیک‌های سنتی

مواد اولیه این دسته از سرامیک‌ها بر پایهٔ سیلیکات‌ها (SiO_2) است. برخی از مهم‌ترین کاربردهای سرامیک‌های سنتی شامل سفال‌ها، کاشی، چینی مظروف، چینی بهداشتی، سیمان، مواد دیرگداز و شیشه است.



کاشی



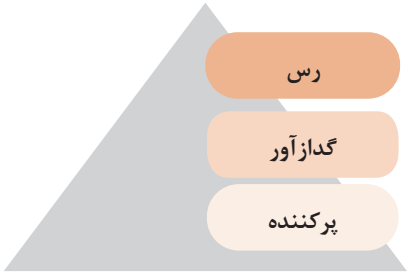
سفال



چینی بهداشتی

شکل ۹

مواد اولیهٔ تشکیل‌دهنده محصولات سرامیک سنتی از سه جزء اصلی تشکیل شده است:



نمودار ۵

رس‌ها مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین مواد اولیه در تولید سرامیک‌های سنتی هستند. رس‌ها موادی هستند که در اثر اختلاط با آب به شکل گل در می‌آیند و قابلیت شکل‌پذیری پیدا می‌کنند.

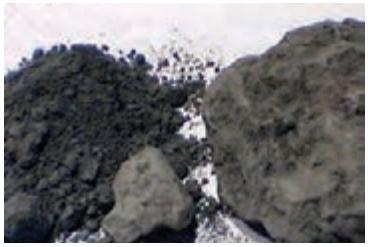
رس‌ها انواع مختلفی دارند که شامل کائولن، بالکلی، رس قرمز، رس نسوز و بنتونیت می‌شود. انواع رس‌ها در ویژگی‌هایی شامل قابلیت شکل‌دهی، دمای پخت، رنگ بدنه پس از پخت با هم تفاوت دارند. قابلیت شکل‌دهی رس‌ها به نوع و میزان ناخالصی‌های موجود در آنها بستگی دارد. وجود ناخالصی اکسید آهن باعث افزایش قابلیت شکل‌دهی در رس می‌شود اما باعث تیره‌شدن رنگ بدنه می‌شود. رنگ پس از پخت محصولاتی که در آن کائولن به کار می‌رود سفید است اما در بدنه‌های تولید شده از سایر رس‌ها، رنگ بدنه پس از پخت تیره‌تر می‌شود.



شکل ۱۰



کائولن



بالکلی



رس قرمز



بنتونیت

شکل ۱۱ــ انواع رس

فعالیت کلاسی

چه نوع خاک رُسی برای تولید چینی مظروف و آجر ساختمانی مناسب‌تر است؟ چرا؟

رُس‌ها به تنهایی برای تولید سفالینه‌ها به کار می‌روند اما به منظور کاهش دمای پخت و ایجاد خواص مطلوب‌تر و کنترل میزان انقباض بدنه‌های سرامیکی مواد گدازآور و پرکننده نیز افزوده می‌شود.
گدازآورها موادی هستند که در صنعت سرامیک به‌منظور کاهش دمای پخت بدنه‌های سرامیکی به کار می‌رود. فلدسپات‌ها مهم‌ترین گدازآورهای مصرفی در این صنعت هستند که حاوی اکسیدهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم هستند.
اگر در ساخت بدنه‌های سرامیکی فقط رس و کمک ذوب به کار رود بدنهٔ سرامیکی انقباض شدیدی می‌کند و ترک بر می‌دارد. با افزودن مواد پرکننده در مواد اولیه سرامیکی می‌توان استحکام بدنه سرامیکی را افزایش داد و میزان انقباض بدنه را کنترل کرد. مهم‌ترین مواد پرکننده سیلیس (SiO_2) و آلومینا (Al_2O_3) هستند.

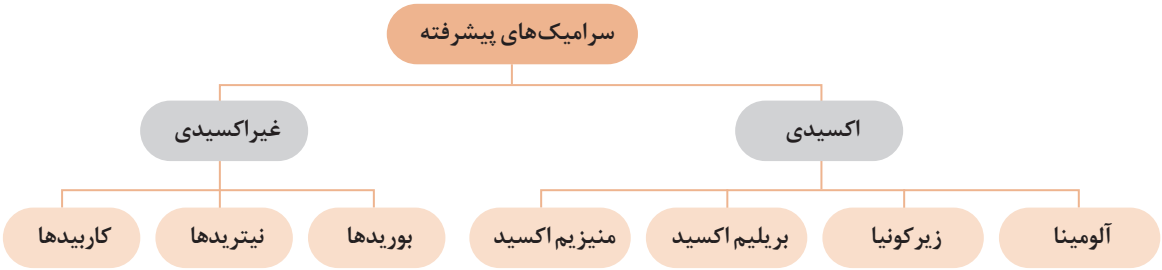
فعالیت کلاسی

با توجه به آنچه آموخته‌اید هر یک از مواد اولیه سرامیک را به دستهٔ مربوط به آن وصل کنید.

رس ○	○ سیلیس
	○ بنتونیت
گدازآور ○	○ سدیم فلدسپات
	○ آلومینا
پرکننده ○	○ بالکلی
	○ کائولن

سرامیک‌های پیشرفته

این نوع مواد سرامیکی بخش وسیعی از صنعت سرامیک را در بر می‌گیرد و برای کاربردهای خاص مانند مقاومت حرارتی بیشتر، خواص مکانیکی بهتر، خواص الکتریکی ویژه و مقاومت شیمیایی مناسب‌تر به‌کار می‌روند. سرامیک‌های پیشرفته شامل دو دسته اکسیدی و غیراکسیدی می‌شوند. مهم‌ترین سرامیک‌های پیشرفته در نمودار ۶ آورده شده است.



نمودار ۶ــ انواع سرامیک‌های غیراکسیدی

سرامیک‌های اکسیدی: از میان سرامیک‌های اکسیدی می‌توان آلومینا Al_2O_3، زیرکونیا ZrO_2، توریا ThO_2، برلیا BeO و منیزیا MgO را نام برد. اکسیدهای به‌کار برده شده برای تولید این مواد، باید تا حدامکان از اکسیدهای خالص باشد. در جدول ۱ پرکاربردترین سرامیک‌های اکسیدی معرفی شده است.

جدول ۱

سرامیک اکسیدی	ویژگی	کاربرد
آلومینا	استحکام فشاری و سختی بالا و همچنین دیرگدازی بالای آلومینا باعث کاربردهای گسترده آن شده است.	ماده عایق در شمع‌های اتومبیل، ماده ترمیم‌کننده دندان و استخوان، پوشش‌های مقاوم به فرسایش، نوک ابزار برش فلزات، ساینده
زیرکونیا	مهم‌ترین سرامیک چقرمه است که برخلاف بیشتر سرامیک‌ها در برابر ضربه مقاوم می‌باشد.	پوشش‌های سدحرارتی، چکش‌های سرامیکی، رنگ سرامیکی و اپک کننده، ساینده، دیرگداز، روکش‌های دندانی
منیزیا	منیزیم اکسید مادهٔ عایق الکتریکی به‌شمار می‌آید.	در تولید دیرگداز و عایق الکترونیکی

تحقیق کنید

در شکل ۱۲ گلوله‌های سرامیکی از جنس آلومینا در ابعاد مختلف نشان داده شده است. درباره کاربرد این گلوله‌ها تحقیق کنید و گزارش آن را به کلاس ارائه کنید.



شکل ۱۲ــ گلوله‌های سرامیکی

سرامیک‌های غیراکسیدی: سرامیک‌های غیراکسیدی شامل کاربیدها، برایدها و نیتریدها می‌شوند. این نوع از سرامیک‌ها به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مانند پایداری حرارتی، مقاومت سایشی و مقاومت به‌خوردگی مناسب در دمای بالا در ساخت قطعات پیشرفته مانند توربین و هواپیما کاربرد دارند. در جدول ۲ برخی از کاربردهای سرامیک‌های غیراکسیدی آمده است.



ورق سنباده سیلیسیم کاربید



نازل گاز سیلیسیم نیترید



جلیقهٔ ضد گلوله بورکاربید

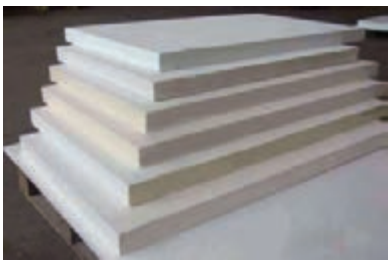
شکل ۱۳ــ کاربردهای سرامیک غیراکسیدی

جدول ۲

انواع سرامیک غیراکسیدی	ویژگی و کاربرد
سیلیسیم کاربید SiC	● لایه پوششی برای فلزات و کامپوزیت‌ها ● ذرات و الیاف تقویت‌کننده در کامپوزیت‌ها ● رآکتورها و لوله‌های مبدل‌های حرارتی ● ماده ساینده
سیلیسیم نیترید Si_3N_4	● ابزار برش، یاتاقان، بلبرینگ، و تجهیزات موتور
بورکاربید B_4C	● رآکتورهای اتمی ● زره‌های نظامی ضدگلوله

فعالیت کلاسی

در هر یک از شکل‌های زیر نوع سرامیک (اکسیدی یا غیراکسیدی) و کاربرد آن را مشخص کنید.

پایه عایق شمع اتومبیل		.....
بلبرینگ		.....
روکش		.....
دیرگداز سرامیکی		.....

شکل ۱۴ــ کاربرد سرامیک

فعالیت کلاسی

بررسی کنید در هر یک از کاربردهای زیر، کدام ویژگی از سرامیک‌ها مورد توجه قرار دارد؟

کاربرد	ویژگی موردنظرسرامیک در این کاربرد
سیلیسیم کاربید به عنوان ساینده	
آلومینا در لامپ‌های‌هالیدی	
آستر سیلیسیم نیترید در توربین‌های حرارتی	
آجر نسوز رسی	

پلیمر

پلیمرها از زنجیره‌های بلند کربن و هیدروژن (منومر) در کنار یکدیگر به وجود می‌آیند و پیوند بین اتمی در پلیمرها از نوع پیوندهای ثانویه است. این مواد شامل دو گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. از جمله پلیمرهای بسیار رایج پلی اتیلن (PE)، نایلون و پلی وینیل کلراید (PVC) هستند.

خواص پلیمرها شامل: چگالی کم، مقاوم در برابر خوردگی، عایق، پایداری شیمیایی و شکل‌پذیری بالا است. بیشتر این مواد چگالی کم و نسبت استحکام به وزن مناسب دارند که بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها است. پلیمرها به راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند زیرا در دمای بالا امکان قالب‌گیری آنها به شکل‌های مختلف فراهم می‌شود اما مقاومت حرارتی آنها کم است و همین موضوع استفاده از آنها را محدود کرده است.



شکل ۱۵ــ کاربرد مواد پلیمری

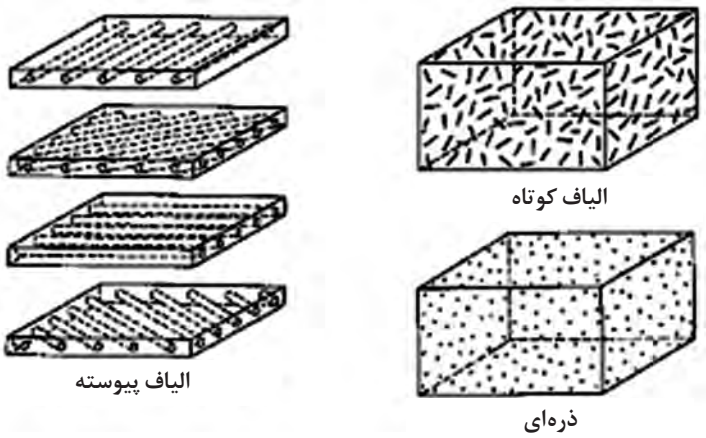
کامپوزیت

چگونه لاستیک هواپیما در هنگام فرود آمدن دمای بسیار بالای ناشی از اصطکاک لاستیک با زمین را تحمل می‌کند؟



شکل ۱۶

در کاربردهای مختلف امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص موردنظر را فراهم کند، وجود ندارد؛ به‌عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که علاوه بر استحکام بالا، ویژگی‌های دیگری نظیر سبکی، مقاومت به خوردگی و سایش بالا داشته باشد. کامپوزیت‌ها ترکیبی از دو یا چند ماده با خواص متفاوت هستند که هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده، خواص خود را حفظ می‌کنند و همچنین در کنار هم خواص قطعه را بهبود می‌بخشند. معمولاً کامپوزیت‌ها از دو جزء شامل جزء زمینه و جزء تقویت‌کننده تشکیل شده است. کامپوزیت‌ها برحسب نوع زمینه به سه دسته زمینه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیم‌بندی می‌شوند. در شکل ۱۷ کامپوزیت‌های مختلف براساس نحوه قرارگیری شکل جزء تقویت‌کننده در زمینه نشان داده شده است.



شکل ۱۷ــ کامپوزیت‌های مختلف براساس شکل جزء تقویت‌کننده

کاهگل و بتن مثال‌های معمولی از مواد کامپوزیتی هستند. کاه به صورت رشته‌ای در زمینه گل توزیع شده است تا کامپوزیت کاهگل تولید شود که یک نوع کامپوزیت سرامیک ـ پلیمر است. در این کامپوزیت کاه موجب افزایش استحکام و مقاومت گل در برابر ترک می‌شود. همچنین در بتن، ذرات شن و ماسه وظیفهٔ تحمل بار در زمینهٔ نرم سیمان دارند.



شکل ۱۸ــ کاربرد کامپوزیت

پرسش

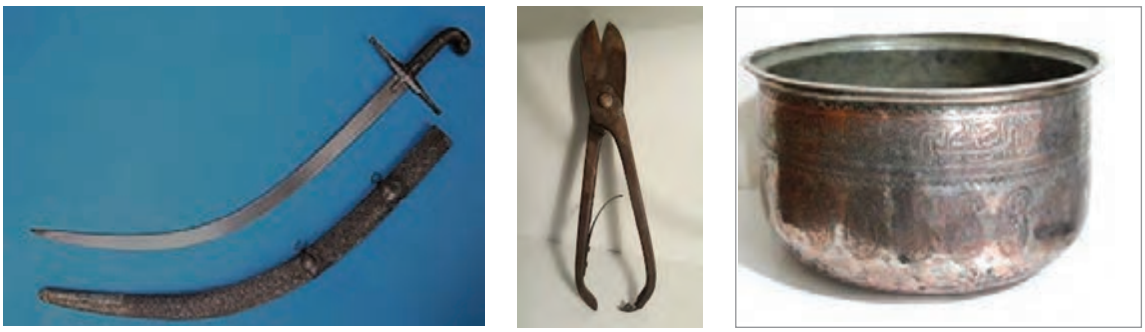
لیستی از کامپوزیت‌های مختلف تهیه و کاربرد هر یک از آنها را مشخص کنید.

فلزات

مهم‌ترین فلز در زندگی بشر آهن است. تاریخچهٔ استفاده انسان از آهن به ۳۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد. به دلیل ویژگی و کاربردهای گسترده آهن، فراوانی و سهولت استخراج آن از معادن معیار دسته‌بندی فلزات، آهن است و فلزات به دو دسته فلزات آهنی و غیرآهنی تقسیم بندی می‌شوند.

خداوند در قرآن می‌فرماید: «**و أَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ و مَنَافِعُ لِلنَّاسِ**[1]»

«و آهن را نازل کردیم و آن را مقاوم ساختیم تا انسان‌ها از ویژگی آن بهره‌مند شوند.»



شکل ۱۹ــ چند نمونه وسیلهٔ فلزی قدیمی

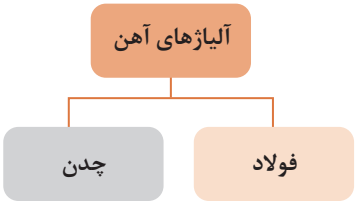
۱ـ سوره حدید، آیه ۲۵

عناصر فلزی با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی آلیاژ می‌سازند. آلیاژ به مخلوطی گفته می‌شود که از چند عنصر تشکیل شده است و یکی از این عناصر حتماً باید فلز باشد و ترکیب حاصل خاصیت فلزات را داشته باشد. به‌عنوان مثال به آهن‌اکسید که ترکیبی از آهن با اکسیژن است آلیاژ گفته نمی‌شود زیرا این ترکیب خاصیت فلزی ندارد. اما ترکیب آهن با کربن(Fe_3C) کاربید آهن آلیاژ است زیرا خاصیت فلزات را داراست.

فعالیت کلاسی

Fe_3C چه خصوصیاتی از فلزات را دارد؟

آلیاژهای آهن به دو دستهٔ فولاد و چدن دسته‌بندی می‌شوند. فولادها و چدن‌ها، آلیاژهایی از آهن و کربن هستند که کربن نقش مهمی دارد و مقدار آن عامل اصلی تعیین‌کنندهٔ خصوصیات است. اگر مقدار درصد کربن از ۲ درصد کمتر باشد محصول فولاد نامیده می‌شود و چنانچه مقدار کربن بیشتر از ۲ درصد باشد به این آلیاژ چدن گفته می‌شود.



نمودار ۷ــ گروه‌بندی فلزات

انواع فولاد

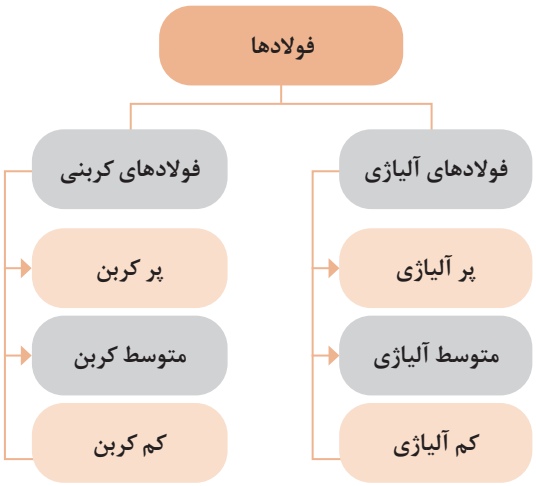
فولاد پرکاربردترین آلیاژ فلزی است که در لوازم خانگی و در صنعت کاربردهای زیادی دارد. کاربردهای فولاد به دلیل قیمت پایین، فراوانی و سهولت در استخراج آهن گسترش یافته است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای آن در سازه‌های فولادی است.





شکل ۲۰ــ سازه فولادی

فولادها را می‌توان از جنبه‌های مختلف دسته‌بندی کرد. فولاد بر اساس ترکیب شیمیایی به دو دستهٔ فولاد ساده کربنی و آلیاژی دسته‌بندی می‌شوند. در نمودار ۸ انواع فولادهای ساده کربنی و آلیاژی معرفی شده است.



نمودار ۸ــ تقسیم‌بندی انواع فولادها

فولاد ساده کربنی: فولاد ساده کربنی به فولادی گفته می‌شود که غیر از آهن مقداری کربن داشته باشد به همین دلیل به آن فولاد ساده کربنی[۱] نیز گفته می‌شود. در ترکیب این فولادها به جز کربن درصد جزئی از عناصر همراه شامل منگنز، گوگرد، فسفر و سیلیسیم وجود دارد. فولادهای ساده کربنی بیشترین میزان تولید فولاد در جهان را به خود اختصاص می‌دهند و در مقایسه با فولادهای آلیاژی قیمت پایینی دارند. فولادهای ساده کربنی را می‌توان با توجه به مقدار کربن به گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد:

جدول ۳ــ انواع فولادها

نام فولاد	درصد وزنی کربن	کاربرد
کم کربن (ساختمانی)	در محدودهٔ ۰/۱ تا ۰/۲۵	● اسکلت ساختمان ● بدنه کشتی ● مخزن تحت فشار ● ورق بدنه خودرو ● قوطی کنسرو
متوسط کربن (ماشین‌سازی)	در محدودهٔ ۰/۲۵ تا ۰/۶	● شفت انتقال قدرت ● چرخ دنده ● زنجیر
پر کربن (مقاوم به سایش)	در محدودهٔ ۰/۶ تا ۲	● مته ● تیغه ● بلبرینگ

۱ - plain carbon steel

با افزایش درصد کربن به فولاد، این فلز مهم دارای ویژگی‌های زیر می‌شود و مطابق با این ویژگی‌ها، کاربرد متفاوتی خواهد داشت.



نمودار ۹ــ اثر افزودن کربن بر خواص فولاد

فولادهای ساده کم کربن دارای ویژگی شکل‌پذیری بالا هستند بنابراین در ساخت بدنهٔ خودرو، لوازم خانگی، مفتول بافندگی و واشر فلزی و سیم خاردار از این فولاد استفاده می‌شود.



سیم خاردار



بدنه لوازم خانگی

شکل ۲۱ــ کاربردهای فولاد کم کربن

فولادهای متوسط کربن شکل‌پذیری و استحکام نسبتاً مناسبی دارند اما این نوع فولاد قابلیت جوشکاری مناسبی ندارند، به‌عنوان مثال قلاب جرثقیل و انواع فنرها از این نوع فولاد ساخته می‌شوند.



قلاب جرثقیل



انواع فنر

شکل ۲۲ــ چند نمونه فولاد متوسط کربن

فولادهای پرکربن دارای استحکام بالا هستند ولی چقرمگی مناسبی ندارند بنابراین در قطعات و وسایلی که تحت نیروی بالا هستند، کاربرد ندارند. این نوع فولادها به فولادهای ابزار نیز معروف هستند. ابزارهایی مانند آچار و الماس‌های شیشه‌بری از این نوع فولادها ساخته می‌شوند.



تیغهٔ اره



آچار

شکل ۲۳ــ چند نمونه فولادهای ابزار

فعالیت کلاسی

برای هر نوع کاربرد مشخص کنید چه نوع فولاد کربنی مناسب است؟

نوع محصول	تصویر	نوع فولاد
بدنهٔ لوازم خانگی		.....
ریل قطار		.....
میلهٔ فولادی		.....

شکل ۲۴

فولادهای آلیاژی[1]: فولادهای آلیاژی فولادهایی هستند که حاوی عناصر آلیاژی با نسبت‌های مختلف هستند که در مواردی که خاصیت ویژه‌ای نیاز باشد به‌کار می‌روند. ترکیب فولادهای آلیاژی شامل: آهن،کربن، عناصر همراه و عناصر آلیاژی است.

به منظور مقایسهٔ کاربردهای فولاد ساده کربنی و آلیاژی به مثال‌های زیر توجه کنید. در شکل ۲۵ پل روگذر آزاد راه‌ها و پل عابر پیاده نشان داده شده است که در پل‌های روگذر آزادراه از فولادهای ساختمانی کربنی آلیاژی استفاده می‌شود زیرا در این پل‌ها نیاز به استحکام بالایی است در حالی که پل عابر پیاده از جنس فولاد ساختمانی کم‌کربن است.



پل عابر پیاده از جنس فولاد ساده کربنی



پل روگذر آزادراه از جنس فولادآلیاژی

شکل ۲۵

به این دو وسیلهٔ باربری دقت کنید. بدنهٔ شکل الف از جنس فولاد ساده کربنی است در حالی که فولادهای کربنی آلیاژی در تریلی به کار می‌رود زیرا در این وسیله نیاز به استحکام بالایی است.



الف) بدنهٔ خودرو از جنس فولاد ساده کربنی

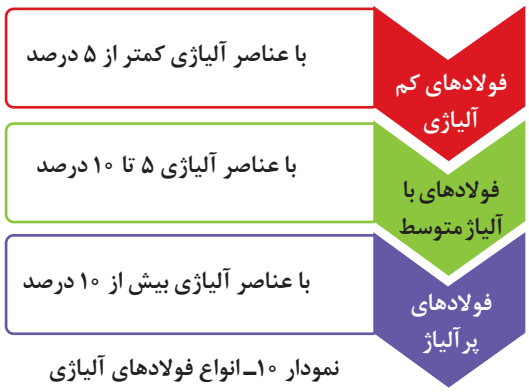


ب) بدنهٔ خودرو از جنس فولاد آلیاژی

شکل ۲۶

۱ـ Alloy steel

تقسیم‌بندی فولادهای آلیاژی بر اساس مجموع عناصر آلیاژی (غیر از کربن)، صورت می‌گیرد که در نمودار ۱۰ آمده است:



نمودار ۱۰ـ انواع فولادهای آلیاژی

عناصر آلیاژی که در تولید فولادهای آلیاژی به‌کار می‌روند در جدول ۴ آمده است. اثر عناصر آلیاژی بر فولادها عبارت‌اند از:

۱ بهبود خواص مکانیکی با افزایش عمقی که فولاد می‌تواند سخت شود.

۲ حفظ استحکام در دمای کاری بالا.

۳ بهبود خواص مکانیکی در دماهای پایین و بالا.

۴ بهبود مقاومت به خوردگی و اکسایش در دمای بالا.

نکته

با وجود اثرات مفید اغلب عناصر آلیاژی برخی از عناصر مانند فسفر و گوگرد اثرات نامطلوبی بر خواص فولاد دارند و می‌توانند مضر باشند.

۵ بهبود خواص ویژه از قبیل مقاومت به سایش و خواص خستگی.

جدول ۴

عنصر	نماد شیمیایی	تأثیر بر خواص فولاد	کاربرد
منگنز	Mn	افزایش استحکام و چقرمگی	
سیلیسیم	Si	افزایش مقاومت به اکسیدشدن در دمای بالا	
کروم	Cr	افزایش مقاومت به خوردگی افزایش استحکام و سختی	

نیکل	Ni	افزایش مقاومت به خوردگی افزایش استحکام و چقرمگی	
مولیبدن	Mo	افزایش چشمگیر چقرمگی افزایش استحکام در دمای بالا	 
وانادیم	V	افزایش چشمگیر چقرمگی و استحکام افزایش استحکام در دمای بالا	
مس	Cu	افزایش مقاومت به خوردگی در هوا	
تنگستن	W	تأمین سختی در دمای بالا	

نکته

برای تشخیص فولاد ساده کربنی از فولاد آلیاژی می‌بایست جدول آنالیز شیمیایی هر فولاد را مشاهده کنید. سپس به غیر از آهن و کربن مقدار سایر عناصر را با جدول زیر مقایسه کنید؛ اگر مقدار هر عنصر از اعداد جدول کمتر بود آن عنصر، عنصر آلیاژی محسوب نمی‌شود. اگر در پایان هیچ عنصر آلیاژی نیافتید، فولاد ساده کربنی است.

جدول ۵ــ محدودهٔ عناصر آلیاژی در فولاد

عنصر	Cr	Ni	Mn	W	Cu	Mo	P	S	Si	Ti	V
حداقل مقدار به عنوان عنصر آلیاژی (درصد وزنی)	۰/۳	۰/۳	۱/۶۵	۰/۴	۰/۴	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۶	۰/۰۶	۰/۱

در جدول ۶ نمونه‌ای از آنالیز یک تیرآهن از جنس فولاد ساده کربنی و آنالیز ظروف آشپزخانه از جنس فولاد آلیاژی آمده است (همهٔ اعداد براساس درصد وزنی می‌باشند).

جدول ۶

نوع فولاد	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Fe
ساده کربنی	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۶۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	باقی‌مانده
آلیاژی	۰/۰۳	۰/۸۳	۱/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۸/۹۱	۸/۷۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	باقی‌مانده

فعالیت کلاسی

برای هر یک از موارد زیر مشخص کنید که در کدام دسته از فولادهای آلیاژدار قرار می‌گیرد؟

Fe –۰/۸Cr	.....
Fe–۳/۵Ni–۰/۲۵Mo	.....

فولاد زنگ نزن: فولاد زنگ نزن و به اصطلاح استیل[۱]، یکی از مهم‌ترین فلزاتی است که در زندگی روزمره با آن سر و کار داریم. فولاد زنگ نزن به دلیل مقاومت بالا در برابر خوردگی، زیبایی ظاهری و سهولت تولید، کاربردهای فراوانی دارد. نمونه‌هایی از کاربرد فولادهای زنگ نزن در شکل ۲۷ نشان داده شده است. فولادهای زنگ نزن در تمامی صنایع کاربردهایی دارند و در ساخت تجهیزات به کار می‌روند.

۱ـ Stainless Steel





شکل ۲۷



شکل ۲۸



شکل ۲۹

فولادهای زنگ نزن حاوی حداقل ۱۰/۵ درصد کروم هستند که عامل اصلی مقاومت به خوردگی آنها است. همچنین عناصر دیگری مانند نیکل و مولیبدن نیز به آن افزوده می‌شود. بر همین اساس فولادهای زنگ نزن به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱ـ فولادهای زنگ نزن کروم‌دار: این فولادها علاوه بر مقاومت در برابر خوردگی، سخت و بااستحکام هستند به همین دلیل کاربردهایی نظیر چاقو و تیغ جراحی دارند.

۲ـ فولادهای زنگ نزن کروم ـ نیکل‌دار: این گروه دارای مقاومت به خوردگی عالی هستند و بسیار شکل‌پذیرند به همین دلیل در ساخت ظروف مانند بشقاب، لیوان و مخازن نگهداری مواد غذایی کاربرد دارند.

فعالیت کلاسی

مانند نمونه برای هر کاربرد، فولاد مناسب را پیشنهاد کنید.

کاربرد	نام فولاد
بدنهٔ کشتی	فولاد کم آلیاژ
قاشق و چنگال	.....
تیغهٔ چاقوتیزکن	.....
لوله‌های خطوط انتقال نفت	.....

نام‌گذاری فولاد

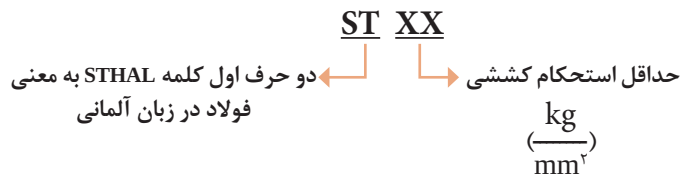
با توجه به تنوع و گستردگی فولادها نیاز به یک زبان مشترک برای نام‌گذاری آنها ضروری است تا خریداران، فروشندگان، سازندگان و طراحان فولاد مورد نظر را با نام یکسان انتخاب کنند. در ایران نام‌گذاری فولاد براساس سیستم نام‌گذاری با استاندارد آلمانی (DIN) و آمریکایی (ASTM) متداول است.

فولاد کم کربن: این فولادها براساس استاندارد DIN ۱۶۱۴ دسته‌بندی و نام‌گذاری می‌شوند. در جدول ۷ سه نوع از معروف‌ترین این فولادها آمده است.

جدول ۷ــ نام فولادهای کم کربن متداول

نام فولاد	ویژگی	مثال
ST12	مناسب برای خم‌کاری	رینگ خودرو
ST13	مناسب برای کشش	لوازم خانگی
ST14	مناسب برای کشش عمیق	بدنهٔ خودرو

فولاد ساختمانی: این فولادها براساس استاندارد DIN ۱۷۱۰۰ دسته‌بندی و نام‌گذاری می‌شوند. نام‌گذاری این فولادها به صورت زیر است:



در جدول ۸ سه نوع از معروف‌ترین این فولادها به همراه خصوصیات آنها آمده است.

جدول ۸

گروه	حداقل استحکام کششی (MPa)	حداقل استحکام تسلیم (MPa)	حداقل ازدیاد طول بعد از شکست (٪)	نام فولاد
۱	۳۶۰	۲۳۵	۲۶	ST37
۲	۴۳۲	۲۷۵	۲۴	ST44
۳	۵۱۰	۳۵۵	۲۰	ST52

فولادهای پرکربن: قانون نام‌گذاری این فولادها به صورت زیر است:



مثلاً C۴۵ یعنی فولاد ماشین‌سازی (پرکربن) که دارای ۴۵ درصد وزنی کربن است.
در صورتی که فولاد دارای ناخالصی گوگرد و فسفر کمتر از ۰/۰۳۵ درصدوزنی باشد بعد از حرف C از حرف K استفاده می‌شود: مثلاً CK۴۵.

نام‌گذاری فولادهای زنگ نزن

سیستم نام‌گذاری این نوع فولادها براساس AISI (انجمن آهن و فولاد آمریکا) است که براساس جدول ۹ دسته‌بندی می‌شوند.

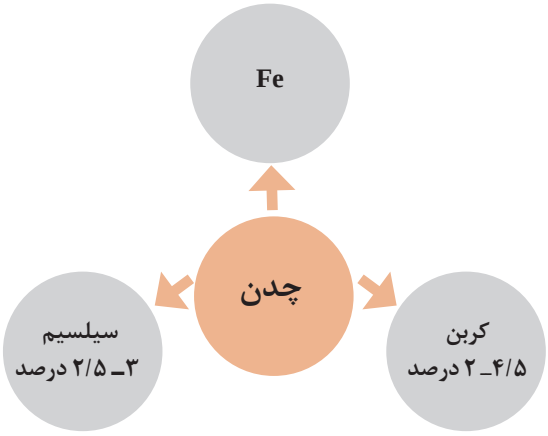
جدول ۹

انواع فولاد زنگ نزن	کد نام‌گذاری	مثال
فولاد زنگ نزن کروم دار	۴XX	۴۱۰، ۴۲۰ و ۴۳۰
فولاد زنگ نزن کروم-نیکل دار	۳XX	۳۰۴، ۳۰۴L، ۳۱۶، ۳۱۶L، ۳۲۱

چدن[۱]

چدن‌ها گروهی از آلیاژهای آهنی هستند که شامل کربن و سیلیسیم هستند و حداقل ۲ درصد وزنی کربن باید داشته باشند و تنها از طریق ریخته‌گری تولید می شوند. بنابراین فرق اساسی بین فولاد و چدن، در میزان کربن موجود در ترکیب شیمیایی آنها است.

۱ـ Cast iron



نمودار ۱۱ـ ترکیب شیمیایی چدن

کاربرد وسیع چدن‌ها به دلیل هزینهٔ کم و خواص متنوع آنها است. ترکیب شیمیایی و عوامل مهم دیگری مانند عملیات حرارتی و نحوهٔ سرد کردن بر خواص چدن تأثیر می‌گذارد. سایر عناصر آلیاژی برای ایجاد مقاومت به سایش، خراش و خوردگی به ترکیب چدن افزوده می‌شود. در شکل ۳۰ چند نمونه از کاربردهای چدن آمده است.



قابلمه | دیگ شوفاژخانه | پمپ آب

شکل ۳۰

ویژگی‌های چدن در جدول ۱۰ آمده است. این ویژگی باعث شده که تولید قطعات ریختگی چدن با ضخامت‌های مختلف، دقت ابعادی بالا، کیفیت سطحی خوب و پیچیدگی زیاد به سهولت امکان‌پذیر باشد.

جدول ۱۰

ویژگی	مزیت
نقطهٔ ذوب و ریخته‌گری پایین	هزینهٔ کم ریخته‌گری
سهولت در ساخت قطعات	سیالیت بالا، ریخته‌گری در دمای پایین
قیمت نسبی پایین	مواد اولیه ارزان
مقاومت در برابر اکسیداسیون	قابلیت کاربرد در محیط‌های خورنده اسیدی

علاوه بر موارد ذکر شده در جدول ۱۰، چدن دارای قابلیت جذب ارتعاش و صدا است. در بسیاری از قطعات نظیر پایهٔ ماشین‌های تراش، کاسه چرخ خودرو و به‌طورکلی قطعاتی که در حرکت بوده، تحت نوسانات ارتعاشی قرار دارند و خصوصیت جذب ارتعاش مورد نیاز است، چدن به‌کار می‌رود. فولادها در مقایسه با چدن‌ها قابلیت جذب ارتعاش کمتری دارند.



شکل ۳۱ــ کاربرد چدن در دستگاه تراش

با وجود خواص و ویژگی‌های چدن محدودیت‌هایی نیز دارد. در جدول ۱۱ محدودیت‌های چدن از جنبه‌های مختلف آمده است.

جدول ۱۱

ویژگی	محدودیت کاربرد چدن
خواص مکانیکی	مقاومت به ضربه قطعات چدنی نسبت به فولاد کم است.
قابلیت شکل‌پذیری	چدن در حالت جامد قابلیت شکل‌دهی ندارد و به‌صورت ورق به‌کار نمی‌رود و تنها با روش ریخته‌گری شکل‌دهی می‌شود.
قابلیت برش‌کاری	برش‌کاری قطعات چدنی به روش حرارتی امکان‌پذیر نیست و تنها با روش‌های مکانیکی برش داده می‌شوند.

انواع چدن‌ها

چدن‌ها را می‌توان با توجه به توزیع کربن در ریزساختار آنها به چهار گروه اصلی چدن سفید، خاکستری، چکش‌خوار و نشکن دسته‌بندی کرد. انواع چدن‌ها و مقدار تقریبی کربن و سیلیسیم آنها در جدول ۱۲ آمده است. کربن در ساختار چدن سفید به صورت سمنتیت (Fe_3C) وجود دارد اما کربن در ساختار بقیه چدن‌ها (خاکستری، نشکن و چکش‌خوار) به‌صورت گرافیت آزاد (C) وجود دارد.



نمودار ۱۲ــ انواع چدن

جدول ۱۲ـ ترکیب شیمیایی انواع چدن‌ها

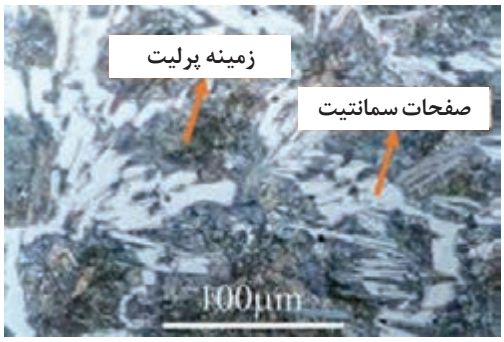
عنصر	کربن	سیلیسیم	منگنز	فسفر	گوگرد
چدن خاکستری[۱]	۲/۵-۴	۱-۳	۰/۲۵-۱	۰/۰۲-۰/۲۵	۰/۰۵-۱
چدن سفید[۲]	۱/۸-۳/۶	۰/۵-۱/۹	۰/۲۵-۰/۸	۰/۰۶-۰/۲	۰/۰۶-۰/۱۸
چدن چکش خوار[۳]	۲-۲/۶	۱/۱-۱/۶	۰/۲-۱	۰/۰۴-۰/۱۸	۰/۱۸
چدن نشکن[۴]	۳-۴	۱/۸-۲/۸	۰/۱-۱	۰/۰۳	۰/۵



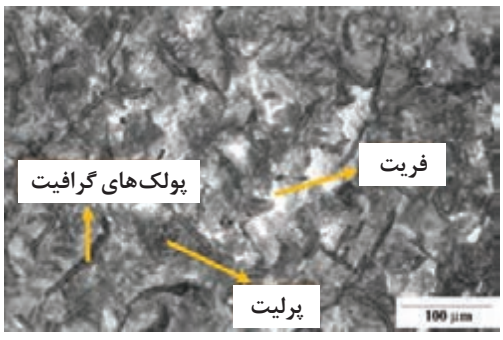
شکل ۳۲ـ چدن سفید

۱ـ چدن سفید: در چدن سفید، در اثر ترکیب شیمیایی و سرد شدن سریع مذاب، کربن و آهن تشکیل ترکیب سمنتیت[۵] (Fe_3C) آهن کاربید می‌دهند که فازی سخت و شکننده است.
علت نام‌گذاری این چدن آن است که سطح مقطع شکست صاف است و نور را بازتاب می‌کند و به رنگ روشن (سفید نقره‌ای) دیده می‌شود.چدن سفید دارای استحکام فشاری بالا و مقاومت سایش عالی است.

۲ـ چدن خاکستری: اگر ترکیب شیمیایی چدن در محدودهٔ چدن خاکستری و سرعت انجماد آهسته باشد، کربن موجود در آهن به هنگام انجماد جدا می‌شود و لایه‌های گرافیتی را تشکیل می‌دهند (شکل ۳۳ـ ب). میزان سیلیسیم چدن خاکستری بالای ۲ درصد وزنی است و با افزایش درصد این عناصر امکان تشکیل چدن خاکستری نسبت به تشکیل چدن سفید افزایش می‌یابد. اگر مقادیرکربن و سیلیسیم به حد کافی نباشد، چدن سفید تشکیل می‌شود. هنگامی که چدن خاکستری می‌شکند، بخش عمدهٔ شکست در پولک‌های گرافیت رخ می‌دهد و به همین دلیل رنگ مقطع شکست آن خاکستری است از این‌رو «چدن خاکستری» نامیده می‌شوند.



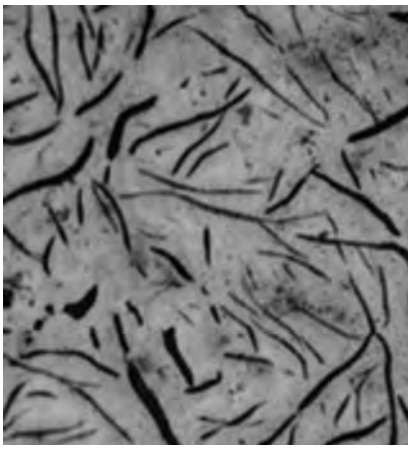
شکل ۳۳ـ الف) چدن سفید



شکل ۳۳ـ ب) چدن خاکستری

۱ـ Gray Cast iron
۲ـ White Cast iron
۳ـ Ductile cast iron
۴ـ Maleable cast iron
۵ـ Cementite (Fe_3C)

وجود گرافیت لایه‌ای در چدن خاکستری سبب ایجاد خواص ویژه‌ای مانند مقاومت سایشی خوب، مقاومت به خوردگی، خود روانکاری، قدرت جذب ارتعاش عالی و قابلیت ماشینکاری می‌شود.



شکل ۳۴ـ گرافیت لایه‌ای در ساختار چدن خاکستری

در شکل ۳۵ قابلیت ماشینکاری چدن و فولاد نشان داده شده است. در قسمت الف براده تراش به شکل نواری ایجاد شده است که باعث افزایش دمای قطعه کار می‌شود اما در چدن خاکستری به علت حضور گرافیت لایه‌ای، براده‌های حاصل از ماشینکاری منقطع (تکه تکه) هستند. بنابراین این چدن‌ها دارای قابلیت ماشینکاری مناسب و سطوح تمام شده تمیز و صافی هستند.



الف) فولاد



ب) چدن خاکستری

شکل ۳۵ـ مقایسه قابلیت ماشینکاری فولاد و چدن

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۲ : فلزات آهنی	۱ـ بررسی دسته‌بندی مواد و ویژگی آنها ۲ـ تحلیل عملکرد، نقش و کاربرد فلزات آهنی	تحلیل نقش و بررسی فلزات آهنی براساس استاندارد ملی ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل، تعیین،طبقه‌بندی و نام‌گذاری انواع فولاد و چدن براساس استاندارد	۳
			در حد انتظار	۱ـ طبقه‌بندی انواع فولاد و چدن براساس درصد کربن و کاربرد و خواص ۲ـ تعیین نوع فولاد و چدن با توجه به شرایط کاربرد و خواص	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	دسته‌بندی انواع فولاد و چدن	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

پودمان ۳

فلزات غیر آهنی

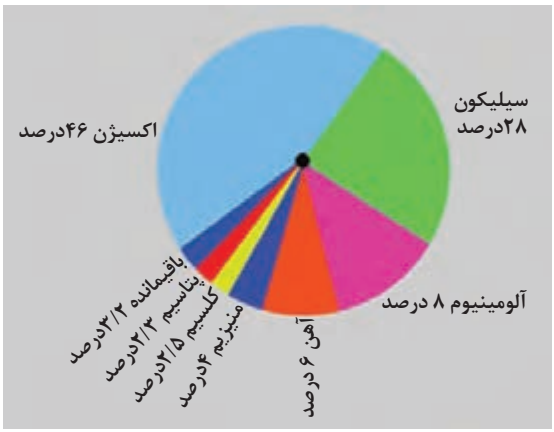


فلزات غیرآهنی

فلزات غیرآهنی همهٔ فلزات به‌جز آهن را شامل می‌شوند. از مهم‌ترین فلزات غیرآهنی می‌توان از آلومینیوم، مس، نیکل، تیتانیوم و روی نام برد. فلزات و آلیاژهای غیرآهنی نقش مهم و روزافزونی دارند .

آلومینیوم

پرکاربردترین فلز بعد از آهن، آلومینیوم است. کاربردهای مختلف آلومینیوم به فراوانی این عنصر و ویژگی‌های منحصر به‌فرد آن ارتباط دارد. همان‌طور که در نمودار ۱ می‌بینید فراوان‌ترین عنصر پس از اکسیژن و سیلیسیم، آلومینیوم است و تقریباً ۸ درصد از کل پوستهٔ زمین را آلومینیوم تشکیل داده است.



نمودار۱ــ فراوانی عناصر در پوستهٔ زمین

آلومینیوم خالص با وجود فراوانی به‌صورت آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود و به‌صورت ناخالص در سنگ‌های معدنی مختلف وجود دارد. بیشتر آلومینیوم دنیا از سنگ بوکسیت به‌دست‌می‌آید. شهرستان جاجرم اولین کارخانهٔ تولید آلومینا در ایران است و بخشی از نیازهای آلومینای کشور را تأمین می‌کند.



شکل۱ــ سنگ بوکسیت

ویژگی‌های آلومینیوم

۱ آلومینیوم فلزی نرم است و در اثر اعمال نیرو طول آن افزایش می‌یابد ولی سختی آن کم است. در شکل ۲ این ویژگی آلومینیوم نشان داده شده است.



شکل۲ــ ورقهٔ آلومینیوم

۲ نقطه ذوب آلومینیوم نسبت به آهن و مس کمتر است نقطه ذوب آلومینیوم $660^{o}C$ و نقطهٔ جوش آن $2057^{o}C$ درجهٔ سلسیوس است. بنابراین ریخته‌گری و ذوب آن تقریباً در تمام کوره‌های صنعتی ذوب معمولی و در دماهای نسبتاً کم امکان‌پذیر است.



شکل ۳ـ ریخته‌گری فلز آلومینیوم

۳ یکی دیگر ازعوامل مهم درکاربردهای صنعتی ویژگی سبک بودن آلومینیوم است. آلومینیوم بعد از منیزیم سبک‌ترین فلز صنعتی است. در شکل۴ برخی از کاربردهای آلومینیوم نشان داده شده است.



بدنهٔ خودرو



صندلی هواپیما



روکش قرص

شکل ۴ـ برخی از کاربردهای آلومینیوم به دلیل ویژگی سبکی

۴ آلومینیوم از جمله فلزاتی است که هدایت الکتریکی و حرارتی مناسبی دارد و بعد از نقره و مس بهترین هادی الکتریکی و حرارتی است. هدایت الکتریکی و حرارتی آلومینیوم تقریباً ۱/۵۸ برابر ضعیف‌تر از مس است. کابل‌های انتقال برق بین شهری از جنس این فلز است.

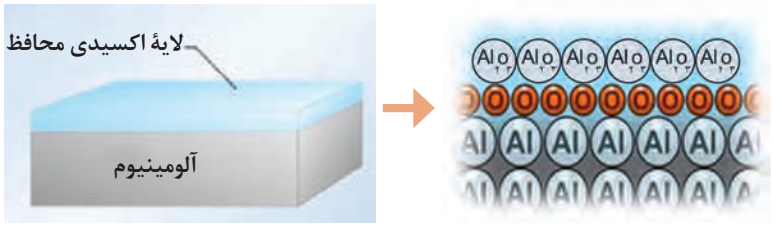


شکل۵

پرسش کلاسی

چراکابل‌های انتقال برق بین شهری از جنس آلومینیوم است؟

۵ آلومینیوم برخلاف آهن در مقابل اکسیژن هوا و سایر عوامل خورنده شیمیایی نظیر آب دریا و برخی از مواد روغنی مقاومت دارد. آلومینیوم به‌سرعت اکسید می‌شود ولی اکسید حاصل از آن یک لایهٔ فشرده و متراکم تشکیل می‌دهدکه از ورود اکسیژن به قسمت‌های درونی‌تر جلوگیری کرده و از فلز در مقابل اکسیژن حفاظت می‌کند.



شکل۶

نکته

آلومینیوم اکسید برای بدن مضر نیست، به‌همین دلیل کاربرد ظروف آلومینیومی رایج است.



قابلمهٔ آلومینیومی



ظرف یکبار مصرف آلومینیومی

شکل ۷

۶ آلومینیوم فلزی چکش‌خوار و انعطاف‌پذیر است بنابراین امکان شکل‌دهی و ساخت قطعات مختلف از این فلز وجود دارد.





شکل ۸ــ قطعات هواپیما از جنس آلومینیوم

فعالیت کلاسی

در تصاویر زیر چند کاربرد از آلومینیوم آمده است برای هر مورد مشخص کنید کدام ویژگی آلومینیوم مورد توجه قرار گرفته است؟

بدنه گوشی همراه	قوطی نوشیدنی	الکترود جوشکاری	دَر قوطی
.....	.....	.....	.....

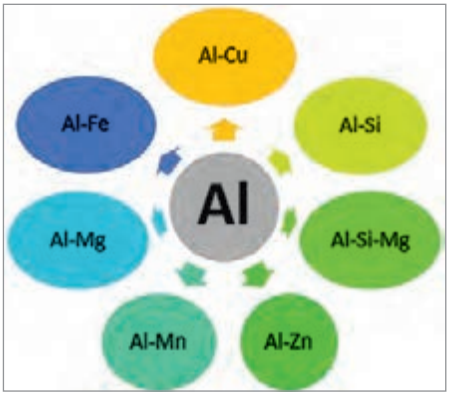
شکل ۹

تحقیق کنید

دربارهٔ کاربردهای آلومینیوم در ساخت قطعات رایانه اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس گزارش دهید.

نام‌گذاری آلیاژهای آلومینیوم

کاربرد آلیاژهای آلومینیوم نسبت به آلومینیوم خالص بیشتر است زیرا آلومینیوم خالص خواص ریخته‌گری مناسبی ندارد و از نظر سیالیت و انقباض مشکلاتی را ایجاد می‌کند. همچنین به‌منظور بهبود خواصی مانند استحکام سایر فلزات به آلومینیوم افزوده شده‌اند. آلیاژهای آلومینیوم در حدود ۹۸/۵–۹۰ درصد آلومینیوم دارند و دارای یک یا چند عنصر دیگر هستند. مهم‌ترین آلیاژهای آلومینیوم در نمودار ۲ آمده است.



نمودار ۲ــ آلیاژهای مهم آلومینیوم

نام‌گذاری آلومینیوم و آلیاژهای آن براساس استاندارد AA انجام می‌شود. آلیاژهای آلومینیوم در ۸ گروه مطابق جدول ۱ درنظر گرفته می‌شوند. در این نام‌گذاری، گروه ۱۰۰۰، آلومینیومی را نشان می‌دهد که حداقل خلوص آن ۹۹/۰۰ درصد است و ۱ درصد باقی‌مانده شامل برخی عناصر خاص چون سیلیسیم، آهن، منیزیم و تعداد دیگری عنصر است که آنها را بیشتر به‌عنوان ناخالصی معرفی می‌کنند تا عنصرآلیاژی. به‌عنوان مثال ترکیب ۱۰۶۰ نشان‌دهندهٔ آلومینیوم خالص است که دارای حداقل ۹۹/۶ درصد خلوص است. گروه‌های ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ را نیز آلیاژهای آلومینیوم می‌نامند.

جدول۱ـ نام‌گذاری آلیاژهای ریختگی آلومینیوم

گروه آلیاژی	عناصر آلیاژی	برخی از کاربردها
۱۰۰۰	آلومینیوم خالص	کابل انتقال برق- فویل آلومینیومی آشپزخانه
۲۰۰۰	آلومینیوم- مس	صنایع هوایی
۳۰۰۰	آلومینیوم ـ منگنز	قوطی نوشابه - لوازم آشپزخانه
۴۰۰۰	آلومینیوم- سیلیسیم	الکترود جوشکاری
۵۰۰۰	آلومینیوم- منیزیم	مخازن- لوله
۶۰۰۰	آلومینیوم- منیزیم- سیلیسیم	پروفیل در و پنجره
۷۰۰۰	آلومینیوم- روی	بدنه هواپیما
۸۰۰۰	آلومینیوم- آهن	فویل شکلات



گروه ۴۰۰۰



گروه ۶۰۰۰



گروه ۸۰۰۰

شکل ۱۰ـ کاربرد آلیاژهای آلومینیوم

فعالیت کلاسی

با توجه به نام‌گذاری آلومینیوم نوع عناصر آلیاژی را در هریک مشخص کنید.

نام آلیاژ آلومینیوم	عنصر آلیاژی
۴۰۴۳	سیلیسیم
۱۰۵۰	.....
۲۰۱۴	.....
۳۱۰۳	.....

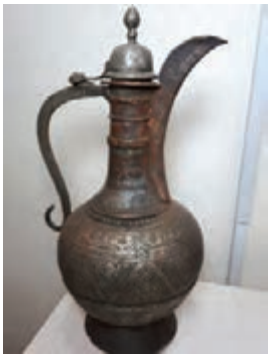
مس

فلز مس دارای عدد اتمی ۲۹ است و در جدول تناوبی بالای فلزات گرانبهایی مانند طلا و نقره قرار دارد. این فلز پس از آهن و آلومینیوم به‌عنوان سومین فلز صنعتی پرمصرف جهان شناخته شده است.

فلز مس قدیمی‌ترین فلز شناخته شده است و در تمدن اولیه بشری در عصر مفرغ برای ساخت آلیاژ برنز از فلز مس استفاده می‌کردند. اولین اشیای مسی در حدود ۵۰۰۰ سال پیش ساخته شده است و نام لاتین این فلز (کوپر) از نام قدیمی کشور قبرس اخذ گردیده است.



الف



ب

شکل ۱۱ــ ظروف مسی دورهٔ صفویه

ویژگی‌های مس

۱ مهم‌ترین و شناخته‌ترین ویژگی فلز مس آن است که رسانای الکتریسیته و حرارت است. ۷۵ درصد از فلز مس در صنایع برق و الکترونیک کاربرد دارد و در ساخت کابل برق، مبدل حرارتی و دیگ مسی کاربرد دارد.



سیم



مبدل حرارتی



دیگ

شکل ۱۲ــ کاربردهای مس

پرسش کلاسی

به چه دلیل در صنایع الکترونیک از مس بسیار خالص استفاده می‌شود؟

۲ مس دارای شکل‌پذیری بالایی است به‌همین دلیل وسایل زیادی مانند ظروف مسی با اشکال مختلف از این فلز ساخته می‌شود.



شکل ۱۳ــ ظروف مسی

۳ یکی دیگر از ویژگی مس مقاومت به خوردگی آن است. که این ویژگی کاربردهای صنعتی و تزیینی متعددی را فراهم کرده است.





شکل ۱۴ــ کاربردهایی از مس

۴ مس دارای استحکام مناسبی است به‌همین دلیل در ساخت وسایل مختلف به کار می‌رود. به‌عنوان مثال پروانه کشتی از جنس مس ساخته می‌شود.



شکل۱۵

بیشتر بدانید

در معماری، از فلز مس به‌عنوان ماده‌ای بادوام استفاده می‌شود که علاوه بر محافظت در برابر خوردگی، جنبهٔ تزیینی نیز دارد. رنگ سبز مطلوبی با استفاده از فلز مس ایجاد می‌شود که به‌صورت لایه‌ای بر روی سازه ایجاد می‌شود که پتینه‌کاری گفته می‌شود. این لایه مقاوم در برابر خوردگی است که از لایه‌های زیرین خود به‌خوبی حفاظت می‌کند.



شکل ۱۶ــ تابلوی نقش برجسته مس

آلیاژهای مس

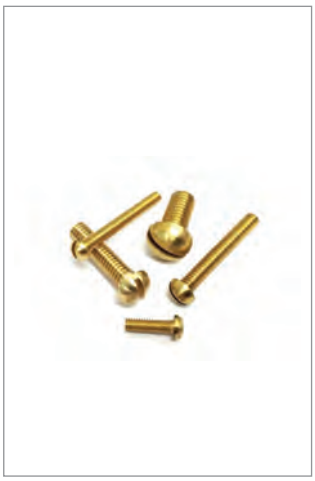
یکی از ویژگی‌های مورد توجه مس قابلیت آلیاژسازی آن است. آلیاژهای مس انواع مختلفی دارند که مهم‌ترین آنها شامل نمودار ۳ می‌شود:



نمودار ۳ــ آلیاژهای مس

برنج: آلیاژهای مس و روی تحت نام کلی برنج[1] در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلیاژهای برنج مستحکم، رسانا و مقاوم در برابر خوردگی، شکل‌پذیری بالا و خوش‌رنگ هستند. به‌دلیل شباهت برنج به‌طلا از آن در اهداف تزیینی نیز استفاده می‌شود. همچنین به‌دلیل کارایی و دوام بالای آن کاربردهای فراوانی دارد. انواع برنج در ساخت لوازم لوله‌کشی (شیرها، اتصالات و پیچ و مهره)، مخزن رادیاتورها، تانک، زیپ شلوار و موارد بسیار دیگری به‌کار می‌روند که برخی از این کاربردها در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

۱-Brass



لوازم لوله کشی



لوازم لوله کشی



سماور

شکل ۱۷ــ کاربردهای آلیاژ برنج

آلیاژهای برنج دارای ترکیبات مختلفی هستند. در جدول ۲ انواع برنج برحسب میزان روی معرفی شده است. پرکاربردترین نوع برنج، برنج معمولی است که حاوی ۳۰ درصد روی و ۷۰ درصد مس است و درساخت قطعات ریخته‌گری و همچنین تهیه قطعات کارشده نظیر ورق به‌کار می‌رود.

جدول ۲ــ انواع آلیاژهای برنج برحسب میزان روی

نوع برنج	درصد روی
برنج قرمز	تا ۲۰ درصد
برنج معمولی	۲۵ تا ۳۰ درصد
برنج زرد	۳۵ تا ۴۰ درصد

در شکل ۱۸ انواع برنج‌ها براساس رنگ آنها نشان داده شده است.



شکل ۱۸ــ سکه‌های برنجی

پرسش کلاسی

چرا برنج زرد در ساخت وسایل موسیقی کاربرد دارد؟



شکل ۱۹

به آلیاژ برنج عناصر دیگری شامل قلع، سرب و سیلیسیم (بین ۱ تا ۳ درصد) افزوده می‌شوند و براین اساس برنج قلع دار، سرب‌دار و سیلیسیم‌دار نامیده می‌شود که در جدول ۳ معرفی شده‌اند.

جدول ۳ـ انواع آلیاژهای برنج برحسب عنصر آلیاژِی افزوده شده

انواع آلیاژ برنج	عنصر آلیاژِی افزوده شده به برنج
برنج قلع‌دار	هرگاه آلیاژی از برنج حاوی حداکثر ۱ تا ۲ درصد قلع باشد
برنج های سرب‌دار	در این آلیاژ ۱تا ۲۰ درصد سرب به آنها اضافه شده است.
برنج های سیلیسیم‌دار	این آلیاژها عموماً حاوی ۱ تا ۳ درصد سیلیسیم می‌باشند.

برنز[1]: اصطلاح برنز برای آلیاژهای مس با سایر عناصر مثل قلع، سیلیسیم، آلومینیوم، سرب و بریلیم به‌کار می‌رود. مهم‌ترین ویژگی برنزها استحکام بالای آن است. انواع برنز در جدول ۴ معرفی شده است.

جدول ۴

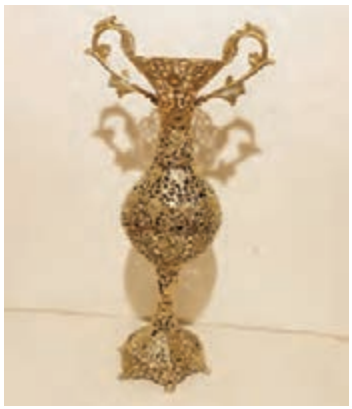
نوع برنز	عنصر آلیاژی افزوده شده به مس	کاربرد
برنز قلع‌دار	در حدود ۹ تا ۱۲ درصد قلع	قطعات تزیینی، لوستر و انواع میله، لوله
برنز سرب‌دار	۴ تا ۲۰ درصد سرب	یاتاقان‌ها
برنز فسفردار	حدود کمتر از ۰/۵ درصد فسفر	درساخت چرخ دنده
برنز آلومینیوم‌دار	۷ تا ۱۱ درصد آلومینیوم	پمپ‌ها، پره توربین، پروانه کشتی‌ها، ابزار و اتصالات پالایشگاه‌ها

۱-Bronze

اولین آلیاژی که بشر به آن دست یافت برنز قلع‌دار بود که به مفرغ معروف است. برنز قلع‌دار که در اصطلاح عمومی به نام برنز معروف است در حدود ۹ تا ۱۲ درصد قلع دارد. وجود قلع سختی و مقاومت به خوردگی مس را افزایش می‌دهد. برنز معمولی در ساخت انواع قطعات تزیینی، لوستر، گلدان و انواع میله، لوله، بوش و یاتاقان به‌کار می‌رود.



نوعی یاتاقان



گلدان



لوستر

شکل ۲۰ـ کاربردهای برنز

پرسش کلاسی

کدام نوع برنز مقاومت به خوردگی بالایی دارد؟ چرا؟

آلیاژ پر مس[1]: آلیاژهای پر مس دارای بیش از ۹۶ درصد مس هستند و انواع مختلف آن شامل موارد زیر می‌شود:

- Cu-Zr
- Cu-Br
- Cu-Ni
- Cu-Co
- Cu-Pb



شکل ۲۱ـ آلیاژ مس ـ نیکل

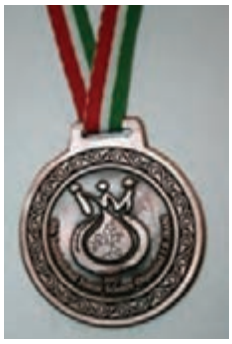
این آلیاژها دارای استحکام بالایی درحد فولادهای بسیار مستحکم هستند و کاربردهایی شامل فنرهای با کاربردهای ویژه، قالب‌های ریخته‌گری مداوم و الکترود جوشکاری مقاومتی دارند.

آلیاژهای مس با نیکل، کوپرونیکل نامیده می‌شوند که در حدود ۱۵ تا ۲۵ درصد نیکل، روی ۸ تا ۲۰ درصد و قلع تا ۵ درصد دارد و تحت نام ورشو یا نقره آلمانی با مقاومت در مقابل خوردگی در صنایع خانگی و در ساخت المنت‌های حرارتی به‌کار می‌روند.

۱-High copper alloy

فعالیت کلاسی

نوع آلیاژ مس و علت به‌کارگیری آن آلیاژ را در هر تصویر مشخص کنید.

کاربرد	نوع آلیاژ	علت به کارگیری آلیاژ
	.....	.....
	.....	.....
	.....	.....

شکل ۲۲

نیکل

نیکل شکل‌پذیر، چقرمه، دارای استحکام در دمای بالا، مقاومت بالا در برابر اکسیدشدن و خوردگی در اغلب محیط‌ها است. مقاومت خوردگی نیکل موجب کاربرد آن در تجهیزات تولید موادغذایی و شیمیایی، مبدل‌های حرارتی و الکترودها شده است. نیکل به‌عنوان پوشش محافظ در برابر خوردگی، به‌روش آبکاری استفاده می‌شود.



شکل ۲۳ ـ باتری نیکل‌دار

منابعی که از آن نیکل استخراج می‌شود سنگ نیکل خاک‌های آجری رنگ هستند و همچنین این فلز در ماگمای زمین موجود است. نیکل یکی از اجزای تشکیل دهندهٔ شهاب‌سنگ به‌شمار می‌آید.

برخی از کاربردهای نیکل عبارت‌اند از:

ـ فولاد ضدزنگ و دیگر آلیاژهای ضدزنگ

ـ فولاد نیکل‌دار برای تولید سلاح

ـ تولید آهن‌ربا

ـ آلیاژ کابل‌های انتقال حافظه که در ساخت ربات‌ها کاربرد دارد.

ـ باتری‌های قابل شارژ، مانند باتری‌های نیکل هیدروکسیدی و نیکل کادمیوم

ـ آبکاری الکتریکی

تحقیق کنید

دربارهٔ اثر نیکل بر سلامت و مضرات آن تحقیق کنید و گزارشی به کلاس ارائه کنید.

در نمودار زیر آلیاژهای نیکل معرفی شده‌اند این آلیاژها مقاوم در برابر خوردگی هستند و خواص خود را در دمای بالا حفظ می‌کنند و براساس این ویژگی کاربردهای مختلفی دارند.



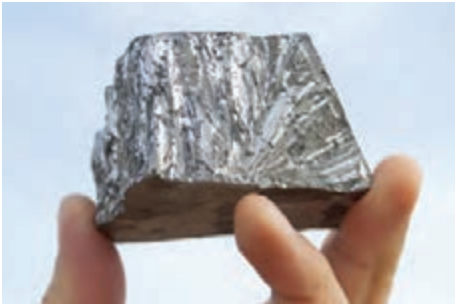
نمودار ۴

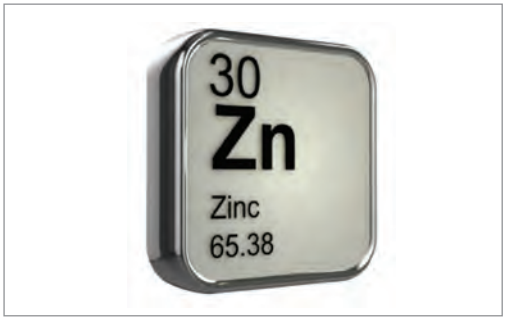
گفت و گوکنید

دربارهٔ کاربردهای آلیاژهای نیکل در کلاس گفت وگو کنید.

روی[1]

فلز روی با نماد شیمیایی Zn دارای نقطهٔ ذوب پایین، سختی کم و استحکام متوسط است. مزایای اصلی آن مقاومت در برابر خوردگی، قیمت پایین و قابلیت ریخته‌گری عالی است. روی خالص کاربرد بسیار کمی دارد و بیشتر به‌صورت آلیاژی استفاده می‌شود.





شکل ۲۴ــ فلز روی

پرسش کلاسی

با توجه به مطالبی که تاکنون آموخته‌اید آلیاژهایی که در آنها فلز روی به‌کار می‌رود را نام ببرید.

در جدول ۵ برخی از کاربردهای روی آمده است. روی به‌عنوان استحکام بخش مفید در آلیاژهای پایه منیزیم و در قلع، نقره، طلا و آلیاژهای لحیم نیز کاربرد دارد.

جدول ۵ــ کاربردهای روی

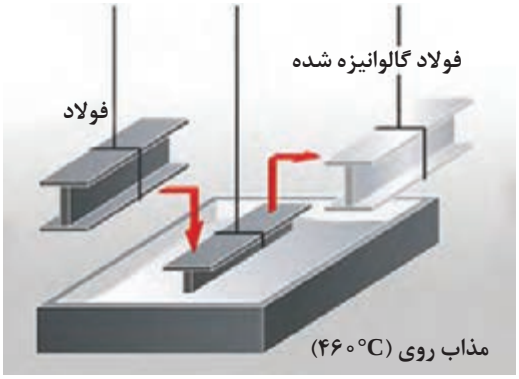
محافظت خوردگی	لاستیک سازی
سرامیک‌ها	سرباره‌سازی متالورژی
پمادهای ضد آفتاب	تولید کاغذ
اصلاح کننده‌های خاک کشاورزی	در الکترولیت آبکاری روی

یکی از مهم‌ترین کاربردهای روی به‌عنوان پوشش فولاد است. روی به‌عنوان پوشش محافظ به‌منظور جلوگیری از خوردگی سطح فولاد استفاده می‌شود که به این نوع فولادها گالوانیزه[2] گفته می‌شود. گالوانیزه کردن لوله‌های فولادی به دو روش گالوانیزه سرد و گرم انجام می‌شود. در روش گالوانیزهٔ گرم قطعات فولادی درون مذاب گرم فلز روی غوطه‌ور شده و به این طریق مواد مذاب سطح داخلی و خارجی قطعه را می‌پوشاند. پوشش گالوانیزه قطعات فولادی با ضخامت‌های مختلف انجام می‌شود و این ضخامت‌ها با توجه به نوع استفاده از قطعات فولادی متفاوت هستند.

۱- Zinc

۲- Galvanized Steel





شکل ۲۵ــ فرایند گالوانیزه کردن

قلع[1]

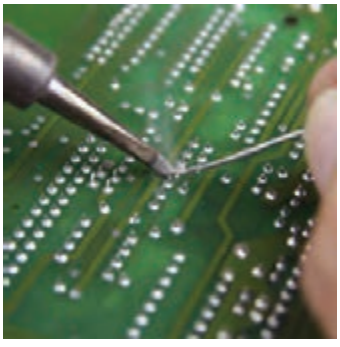


شکل ۲۶

قلع فلزی نرم، براق و با مقاومت خوب در برابر خوردگی است که چکش‌خواری مناسبی دارد. بلور قلع از لحاظ ظاهری بسیار شبیه و هم رنگ با فلز نقره است. قلع خالص برای کاربرد بسیار ضعیف است و عمده کاربرد این فلز به‌عنوان پوشش مقاوم به خوردگی و عنصر آلیاژی برای سخت کردن سایر فلزات مثل مس، سرب، تیتانیوم و روی است.

فلز قلع در برابر اسیدهای قوی، مواد قلیایی و نمک‌های اسیدی مقاومت خود را از دست نمی‌دهد و در واکنش با هوا اکسید نمی‌شود به‌همین دلیل به‌عنوان پوشش و در ظروف بسته‌بندی غذا استفاده می‌شود. ورق‌های فولادی نورد شده که با قلع پوشش داده می‌شوند در باتری‌ها، قطعات خودرو، تابلوها و دندانپزشکی نیز کاربرد دارند.

از دیگر کاربردهای رایج فلز قلع در لحیم‌کاری است. مفتول‌های باریک قلع جهت لحیم‌کاری قطعات الکترونیکی به‌کار می‌رود که به آنها سیم لحیم گفته می‌شود.



لحیم کاری با قلع



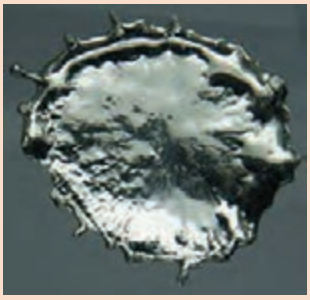
قوطی مواد غذایی

شکل ۲۷ــ کاربردهای فلز قلع

۱- Tin

پرسش کلاسی

۱ ترکیب شیمیایی سیم لحیم از چه فلزاتی است؟
۲ چرا فلز قلع در لحیم‌کاری بیشتر از سایر فلزات کاربرد دارد؟



شکل ۲۸

فلزات سبک

علاوه بر آلومینیوم، فلزات غیرآهنی سبک شامل بریلیم، منیزیم، و تیتانیوم وجود دارند که به‌صورت خالص و در آلیاژها به‌کار می‌روند. در جدول ۶ ویژگی این فلزات آورده شده است.

جدول ۶

فلز سبک	ویژگی	کاربرد
منیزیم	● منیزیم به آسانی ریخته‌گری، ماشین‌کاری و جوشکاری می‌شود. ● چکش‌خواری در دمای بالا ● هدایت حرارتی خوب ● قابلیت بالای جذب صدا و ارتعاش	● در تولید قطعات متحرک و صنعت حمل و نقل ● بدنه تلفن‌های همراه ● تجهیزات الکترونیکی و نظامی ● تولید سیم‌های انتقال اطلاعات
تیتانیوم	● نسبت بالای استحکام به وزن ● حفظ خواص در دماهای بالا (تا حدود ۵۵۵°C) ● مقاومت عالی در برابر خوردگی (به ویژه در محیط‌های اسیدی و اکسیدکننده و محیط‌های دارای کلر)	● در تجهیزات پزشکی مانند اتصالات مصنوعی اعضای بدن، دندان کاشتنی (ایمپلنت)[۱] ● قاب عینک ● صندلی چرخ‌دار ● لوازم ورزشی ● قطعات خودرو از قبیل سوپاپ و اجزای موتور
بریلیم	● چگالی کم ● مقاومت در برابر اکسید شدن ● هدایت حرارتی و الکتریکی مناسب ● نقطه ذوب بالا ● خاصیت الاستیک بالا	● عایق ● تجهیزات کامپیوتری ● فنرهای ساعت ● لامپ‌های فلورسنت

۱ـ Implant



منیزیم در قاب فرمان اتومبیل



تیتانیوم در پزشکی



بریلیم در صنایع هوافضا

شکل ۲۹ــ برخی از کاربردهای فلزات سبک

پرسش کلاسی

بریلیم دارای چه معایبی است که کاربردهای آن را محدود کرده است؟

فلزات دیرگداز

فلزات دیرگداز فلزاتی هستند که دارای مقاومت بالایی در برابر گرما هستند و در دماهای بالاتر از حدود ۱۸۵۰ درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شوند. این گروه از فلزات شامل تنگستن، مولیبدن، نایوبیم، تانتالم، تیتانیم، زیرکونیم، هافنیم، وانادیم، رنیم و کرم است. همهٔ این فلزات نقطهٔ ذوب بالایی دارند و برخی از این فلزات به‌عنوان عنصر آلیاژی در فولاد به‌کار می‌روند، اما کاربرد مستقل نیز دارند. این فلزات تاحدی در برابر اکسید شدن در دمای بالا مقاوم هستند و اغلب آنها بسیار سخت هستند و مقاومت سایش و خراش عالی دارند.



شکل ۳۰ــ کاربرد تنگستن در لامپ

فلزات گرانبها

آیا تاکنون به این فکر کرده‌اید چرا برخی از فلزات گرانبهاتر از بقیه هستند؟

در تصاویر زیر فلزات گرانبها چه کاربردی دارند؟



الف



ب



ج

شکل ۳۱

در نمودار زیر انواع فلزات گرانبها معرفی شده‌اند:



نمودار ۵ــ انواع فلزات گرانبها

طلا: فلزی است با چگالی ۱۹/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب که نقطهٔ ذوب آن ۱۰۶۳ درجهٔ سلسیوس است. طلا در پوسته زمین وجود دارد. این فلز هدایت الکتریکی و حرارتی بالا، مقاومت در برابر اکسیداسیون، چکش‌خواری بالا و رنگ و جلای درخشانی دارد.

نقره: بالاترین هدایت الکتریکی و حرارتی را دربین فلزات دارد و مقاوم به اکسیداسیون است. نقره اغلب به‌عنوان محصول جانبی هنگام استخراج فلزاتی مثل سرب، روی، مس و طلا به‌دست می‌آید.

عمده کاربرد نقره شامل جواهرات، پوشش‌های نقره، سکه و مدال‌ها، عکاسی و کاربردهای صنعتی و درمانی است. نقره به‌دلیل خاصیت ضدباکتری و سازگاری با بدن در پزشکی کاربرد دارد.



شکل ۳۲ــ ظروف نقره

پلاتین: از گروه فلزات واسطه به‌رنگ سفیدـ خاکستری، متراکم، رسانا و شکل‌پذیر است و از باارزش‌ترین فلزات گران‌بها محسوب می‌شود زیرا از نادرترین عناصر در پوسته زمین است.
پلاتین کمترین واکنش‌پذیری دربین تمامی فلزات را دارد و همچنین مقاومت بسیار بالایی نسبت به خوردگی دارد و حتی در محیط‌های بسیار داغ نیز این ویژگی را حفظ می‌کند. بیشتر کاربردهای پلاتین به‌دلیل این ویژگی‌ها و خاصیت کاتالیزوری بالای آن است.

پالادیوم: یکی از فلزات کمیاب است که به‌رنگ نقره‌ای و سفید می‌باشد که دارای چگالی و نقطه ذوب کمی است. این فلز کمیاب در کنار معادن مس و نیکل به‌دست می‌آید. از این فلز برای تهیه مبدل‌های کاتالیست در صنعت خودروسازی نیز استفاده شده است که گازهای سمی خروجی از اگزوز را به ترکیبات کم‌خطر تبدیل می‌کنند. پالادیوم در صنایع الکترونیک و هواپیماسازی، پزشکی و جواهرسازی (در آلیاژ طلای سفید) نیز استفاده می‌شود.

تحقیق کنید

در ترکیب طلای سفید پالادیوم همراه با چه عناصری تشکیل آلیاژ می‌دهند؟

فعالیت کلاسی

هر فلز غیرآهنی را به دستهٔ مربوط به آن وصل کنید.

● فلزات اولیه	● نیکل
● فلزات سبک	● تنگستن
● فلزات سنگین	● آلومینیوم
● فلزات گرانبها	● روی
	● نقره
	● کرم
	● پلاتین
	● تیتانیوم

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۳ : فلزات غیرآهنی	۱ـ بررسی انواع فلزات غیرآهنی ۲ـ تحلیل عملکرد و ویژگی‌های انواع فلزات غیرآهنی	تحلیل نقش و بررسی انواع فلزات غیرآهنی براساس استاندارد ملی ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و بررسی نقش فلزات غیر آهنی در صنعت	۳
			در حد انتظار	۱ـ تعیین کاربرد انواع فلزات غیرآهنی با توجه به خواص آنها ۲ـ تعیین عوامل مؤثر بر خواص فلزات غیرآهنی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	دسته‌بندی انواع فلزات غیرآهنی	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

پودمان ۴

محاسبات فنی



تبدیل واحد

با توجه به اینکه در سال‌های قبل در مورد تبدیل یکاها مطالبی را خوانده‌اید و نیز در کتاب فیزیک و همراه هنرجو در خصوص سیستم‌های SI توضیحاتی آورده شده است به‌منظور یادآوری و مرور مطالب آموخته شده، توضیحات، مثال‌ها و مسائلی آورده شده است. همچنین اطلاعات کامل در مورد فرمول‌ها و همچنین نیازمندی‌های محاسباتی در کتاب همراه هنرجو رشته متالورژی آورده شده است.

مثال:

۸۲۵cm = ? mm

۸۲۵ × ۱۰ = ۸۲۵۰ mm

نکته

برای تبدیل واحدها از نمودار زیر استفاده می‌شود.

در فاصله‌ها ×

km $\xrightarrow{۱۰}$ Hm $\xrightarrow{۱۰}$ dam $\xrightarrow{۱۰}$ m $\xrightarrow{۱۰}$ dm $\xrightarrow{۱۰}$ cm $\xrightarrow{۱۰}$ mm $\xrightarrow{۱۰۰۰}$ µm

÷

۲۵۰cm = ? m

۲۵۰÷(۱۰×۱۰) =۲/۵ m

مثال: از کوچک‌تر به بزرگ‌تر(۱۰×۱۰) فاصله هکتومتر تا متر

فعالیت کلاسی

جاهای خالی را مطابق نمونه کامل کنید.

۱۲۰km = ☐dam = ☐m

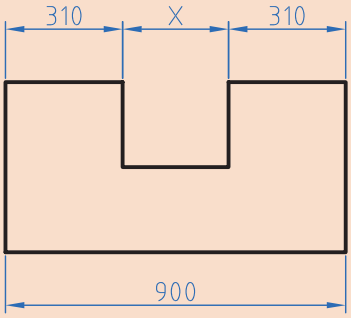
۲۳۵m = ۲/۵۳ ☐ = ☐µm

۲۴۲۵dam = ☐km

۲/۱km = ۲۱۰۰ ☐ = ☐µm

فعالیت کلاسی

در شکل زیر ابعاد براساس mm است. مقدار x را برحسب dm (دسی‌متر) به‌دست آورید.



شکل۱

تولرانس

برای ساخت قطعات صنعتی با اندازه مطلق یعنی بدون درنظر گرفتن خطا، وقت و هزینه بسیار زیادی باید صرف شود، بنابراین ممکن است ساخت قطعات برای دستگاه‌هایی که نیاز به دقت زیادی ندارند مقرون به‌صرفه نباشد. به همین دلیل برای تولید قطعات با توجه به وظیفه‌ای که دارند مقداری خطا در ساخت توسط طراح درنظر گرفته می‌شود. این میزان خطای مجاز را تولرانس می‌گویند.

$Gu=N+A_u$ $\quad$ $Go=N+Ao$ $\quad$ $T=Go-Gu$

در این فرمول‌ها

T: تولرانس $\quad$ Go : بزرگ‌ترین اندازه $\quad$ Gu: کوچک‌ترین اندازه $\quad$ N: اندازه اسمی

Ao: انحراف بالایی $\quad$ Au: انحراف پایینی

مثال: روی یک نقشه اندازه قطعه به‌صورت $40^{\pm 0/1}$ نوشته شده است مقدار تولرانس را به‌دست آورید.

حل: ابتدا باید اطلاعات را استخراج کرده و یادداشت کنیم.

$N=40\,mm$

$Ao=0/1\,mm$ $\quad$ $Go=N+Ao=40+0/1=40/1\,mm$

$Au=-0/1\,mm$ $\quad$ $Gu=N+Au=40+(-0/1)=39/9\,mm$

$T=Go-Gu=40/1-39/9=0/2\,mm$

سؤال

آیا می‌توانید راهی بیابید که بدون محاسبه، بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه قطر تولرانس را به‌دست آورید.

راهنمایی:

$T=$ ☐ $-$ ☐ $=0/2\,mm$

فعالیت کلاسی

مطابق مثال نمونه حل شده تولرانس را محاسبه کنید.

$25^{+0/2}_{+0/1}$ بزرگ‌ترین اندازه $=$ ☐ $+$ ☐ $=25/2\,mm$

☐ $=25+$ ☐ $=25/1\,mm$

تولرانس $=$ ☐ $-$ ☐ $=0/1\,mm$

نکته

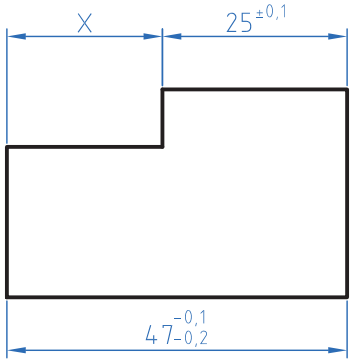
در عدد $25^{+0/2}_{+0/1}$ را اندازه اسمی و ۰/۲+ حد بالایی و ۰/۱+ را حد پایینی می‌گویند. از تفاضل حد بالا با حد پایینی تولرانس به‌دست می‌آید.

تمرین

۱ در اندازه‌های نوشته شده مطلوب است محاسبه بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه و تولرانس.

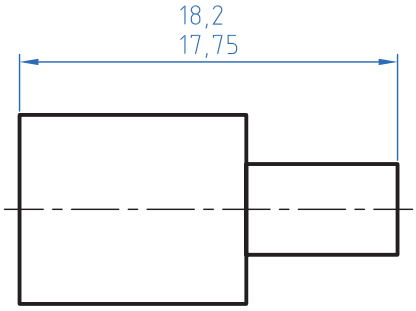
الف) $55^{\pm 0/03}$ ب) $28^{+0/3}_{+0/15}$ ج) $29^{-0/15}_{-0/25}$ د) $37^{-0/25}$

۲ در نقشه مطابق شکل مقدار بزرگ‌ترین و کمترین اندازه x را به‌دست آورید.



شکل ۲

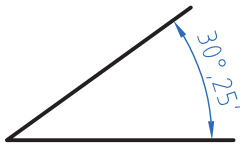
۳ در نقشه زیر مقادیر انحراف بالایی و انحراف پایینی و تولرانس را به‌دست آورید.



شکل ۳

زاویه و زمان

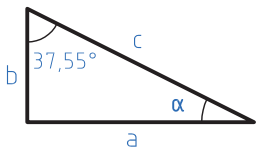
به شکل دقت کنید عدد ′۲۵ چه مفهومی دارد.
تاکنون زوایا را برحسب درجه اندازه‌گیری و محاسبه می‌کردید. با توجه به اینکه در قطعات صنعتی برخی اوقات نیاز به اعداد کوچک‌تر و دقیق‌تر است لذا یکا کوچک‌تر از درجه برای زاویه مطرح می‌شود اجزای کوچک‌تر از درجه، دقیقه و ثانیه است که بین آنها رابطه زیر برقرار است.



شکل ۴

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

مثال: در مثلثی مطابق‌شکل مقدار زاویه α را برحسب (درجه و دقیقه) به‌دست آورید.



شکل ۵

$$\hat{a}+\hat{b}+\hat{c}=180^\circ$$

$$a=180-(b+c)=180^\circ-(90+37/55)$$

$$a=51/45^\circ$$

$$a=51^\circ+0/45\times60=51^\circ و 27'$$

نکته

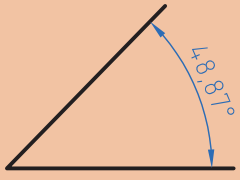
برای تبدیل درجه به دقیقه و ثانیه عدد اعشاری را در عدد ۶۰ ضرب کنید و اگر عدد به‌دست آمده دارای اعشاری است مجدد عدد اعشاری را در ۶۰ ضرب کنید تا دقیقه به ثانیه تبدیل شود.

مثال: مقدار زاویه مقابل را برحسب درجه، دقیقه و ثانیه به‌دست آورید.

$$0/87\times60=52/2'$$

$$0/2\times60=12''$$

$$48^\circ,52',12''$$



شکل ۶

نکته

برای تبدیل دقیقه و ثانیه به درجه، ابتدا مقدار دقیقه را بر ۶۰ تقسیم کرده و سپس مقدار ثانیه را بر ۳۶۰۰ تقسیم نموده و باهم جمع کرده و به مقدار درجه اضافه می‌کنیم.

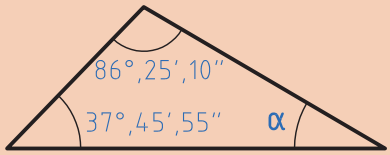
مثال: زاویه ″۳۰ و ′۱۲ و °۲۵ را برحسب درجه بنویسید.

$$۲۵^\circ + \frac{۱۲'}{۶۰} + \frac{۳۰''}{۳۶۰۰} = ۲۵/۲۰۸$$

مثال: در مثلث زیر مقدار α را برحسب درجه و دقیقه به‌دست آورید.

$$(۸۶^\circ, ۲۵', ۱۰'') + (۳۷^\circ, ۴۵', ۵۵'') + \alpha = ۱۸۰^\circ$$

$$\begin{array}{r} {}^{۱}\quad {}^{۱} \\ ۸۶^\circ, ۲۵', ۱۰'' \\ +\,۳۷^\circ, ۴۵', ۵۵'' \\ \hline ۱۱۲^\circ, ۷۱', ۶۵'' \\ \quad\;\; {}^{۱۱} \end{array}$$



شکل ۷

$$\alpha = ۱۸۰^\circ - ۱۱۲^\circ, ۱۱', ۵''$$

$$۱۱۲^\circ, ۱۱', ۵'' + \alpha = ۱۸۰$$

$$\begin{array}{r} ۱۸۰^\circ, ۰', ۰' \\ -۱۱۲, ۱۱, ۵ \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} ۱۷۹^\circ, ۵۹', ۶۰'' \\ -۱۱۲, ۱۱, ۵ \\ \hline ۶۷^\circ, ۴۸', ۵۵'' \end{array}$$

$$\alpha = ۶۷^\circ, ۴۸', ۵۵''$$

تمرین

۱ مقدار هر یک از زوایای زیر را برحسب درجه به‌دست آورید.

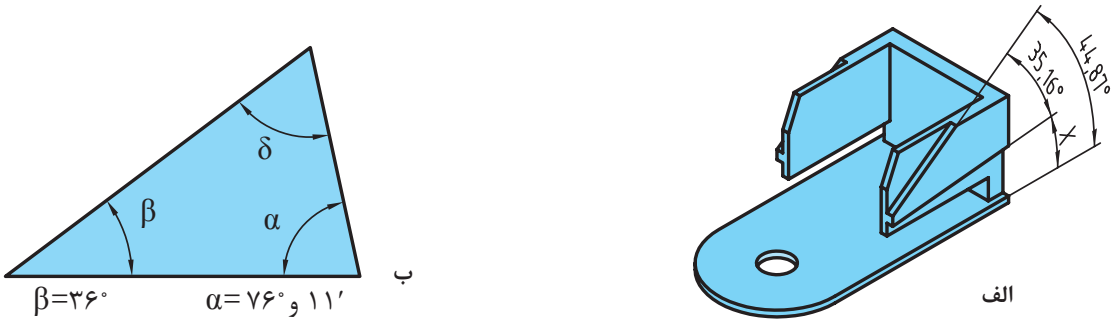
الف) $۳۴^\circ, ۱۲', ۴۸''$ ب) $۲۲', ۳۵''$ ج) $۱۴^\circ, ۵۲''$

۲ مقادیر خواسته شدهٔ زیر را به‌دست آورید.

A	B	A+B	A−B
$۵۲^\circ, ۴۵', ۲۰''$	$۳۸^\circ, ۲۱', ۴۶''$		
$۴^\circ, ۲۵', ۴۴''$	$۲^\circ, ۴۵''$		

۳ در قطعهٔ زیر مقدار x را برحسب درجه و دقیقه و ثانیه به‌دست آورید.

۴ در مثلث شکل ۸ـ ب زاویهٔ γ را به‌دست آورید.



شکل ۸

محاسبهٔ سطوح

یادآوری

برای تبدیل یکاهای سطح مانند تبدیل یکای طول عمل می‌شود با این تفاوت که فاصله هر واحد تا واحد بعدی $۱۰^۲$ است.

واحد بزرگ‌تر به کوچک‌تر × فاصله دو واحد

$Km^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} Hm^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} dam^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} m^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} dm^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} cm^۲ \xrightarrow{۱۰^۲} mm^۲$

واحد کوچک‌تر به بزرگ‌تر ÷ فاصله دو واحد

مثال۱: مساحت یک قطعه ۲۵۰ دسی‌متر مربع است آن را برحسب cm مربع به‌دست آورید.

$۲۵۰ \times ۱۰^۲ = ۲۵۰۰۰ cm^۲$

مثال۲: ۱۲۲۰ میلی‌متر مربع چند دسی متر مربع است.

$۱۲۲۰ mm^۲ = ? dm^۲$

$۱۲۲۰ \div (۱۰^۲ \times ۱۰^۲) = ۱۲۲۰ \div ۱۰^۴ = ۰/۱۲۲ dm^۲$

مرکب

با توجه به اینکه در سال‌های قبل محاسبه سطوح استاندارد را فرا گرفته‌اید برای محاسبه سطوح مرکب ابتدا سطح مورد نظر را به سطوح قابل محاسبه تقسیم‌بندی کرده و سپس با هم جمع جبری می‌شود.

مثال: مساحت قطعه را مطابق شکل محاسبه کنید.

$$A = A_۱ + A_۲ - A_۳ + A_۴$$

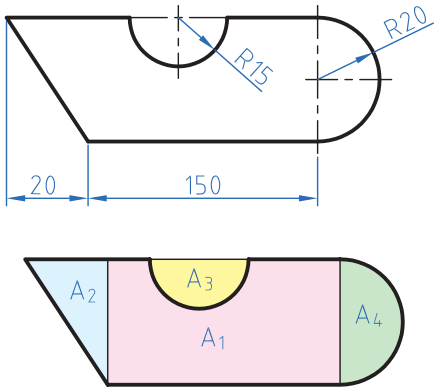
$$A_۱ = ۱۵۰ \times ۴۰ = ۶۰۰۰\ mm^۲$$

$$A_۲ = \frac{۴۰ \times ۲۰}{۲} = ۴۰۰\ mm^۲$$

$$A_۳ = \frac{\pi.r^۲}{۲} = \frac{۳/۱۴ \times ۱۵^۲}{۲} = ۳۵۳/۲۵ mm^۲$$

$$A_۴ = \frac{\pi.r^۲}{۲} = \frac{۳/۱۴ \times ۲۰^۲}{۲} = ۶۲۸\ mm^۲$$

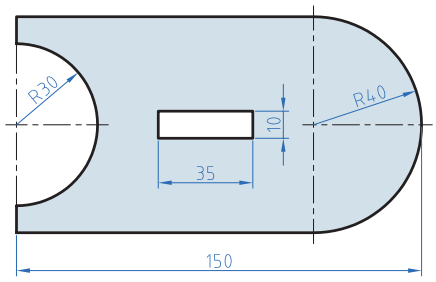
$$A = ۶۰۰۰ + ۴۰۰ - ۳۵۳/۲۵ + ۶۲۸ = ۶۶۷۴/۷۵\ mm^۲$$

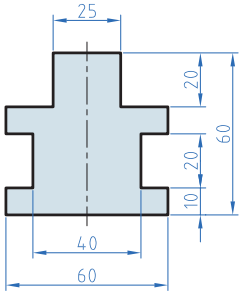


شکل ۹

تمرین

۱ مساحت قطعات را مطابق شکل به‌دست آورید.





شکل ۱۰

۲ در دایره‌ای نسبت مساحت به محیط آن ۲/۵ است. قطر این دایره چقدر است؟

نکته

برای استفاده از فرمول‌های مساحت شکل‌های استاندارد به کتاب همراه هنرجو مراجعه نمایید.

محاسبه حجم

یادآوری

محاسبهٔ حجم اجسام با شکل استاندارد مانند استوانه، مکعب و ... را آموخته‌اید در این پودمان ابتدا تبدیل واحد حجم که کاملاً مشابه تبدیل واحد طول و سطح است را فرا می‌گیرید اما با این تفاوت که فاصله هر واحد با واحد دیگر $۱۰^۳$ می‌باشد.

ضرب

$$m^۳ \xrightarrow{۱۰^۳} dm^۳ \xrightarrow{۱۰^۳} cm^۳ \xrightarrow{۱۰^۳} mm^۳$$

تقسیم

نکته

هر لیتر یک دسی‌متر مکعب است. $۱Lit = ۱dm^۳$

مثال: ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب چند مترمکعب است؟

حل:

$$m^۳ \xrightarrow{۱۰^۳} dm^۳ \xrightarrow{۱۰^۳} cm^۳ \Rightarrow ۲۵۰ \div (۱۰^۳ \times ۱۰^۳) = ۲۵۰ \div ۱۰^۶$$

$$۰/۰۰۰۲۵\, m^۳ = ۲/۵ \times ۱۰^{-۴}\, m^۳$$

نکته

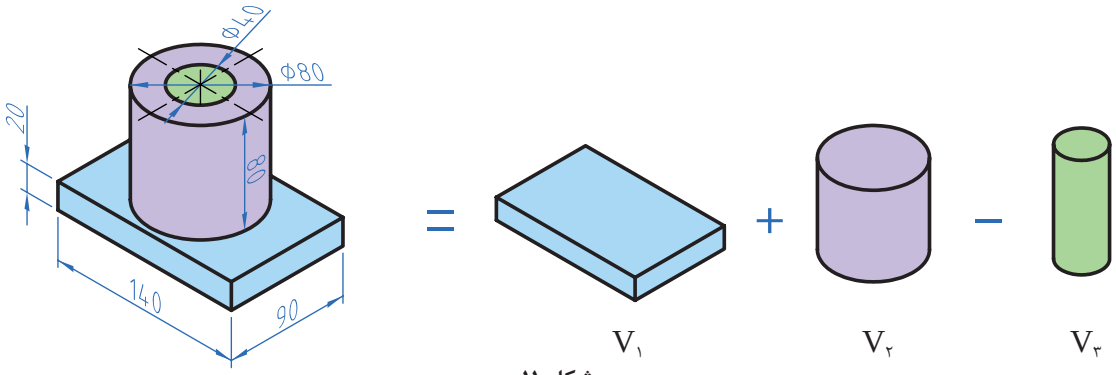
همان‌طور که می‌دانید می توان اعداد اعشاری را به صورت نماد علمی نوشت.

محاسبه احجام مرکب

برای محاسبه احجام ابتدا هر جسم که تشکیل شده از چند شکل معین را به احجام تشکیل دهنده تقسیم‌بندی نموده و سپس با محاسبه هر یک و جمع جبری آنها حجم را محاسبه می کنیم.

مثال: در شکل زیر حجم را بر حسب dm^3 محاسبه کنید.

حل: ابتدا تجزیه



شکل ۱۱

$V=V_1+V_2-V_3$

$V_1=1/4\times0/9\times0/2=0/252dm^3$

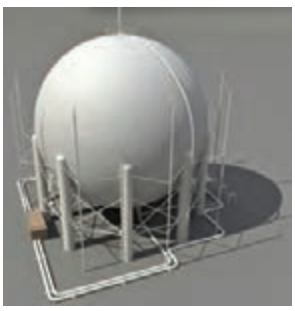
$V_2=\pi r^2\times h=3/14\times0/4^2\times0/8=0/402dm^3$

$V_3=\pi r^2\times h=3/14\times0/20^2\times0/8=0/1dm^3$

$V=0/252+0/402-0/1=0/554dm^3$

تمرین

قطر مخزن اکسیژن شکل زیر 6/5m است. حجم مخزن را برحسب متر مکعب و لیتر به‌دست آورید.



شکل ۱۲

محاسبه جرم

یادآوری

محاسبه جرم را قبلاً آموخته‌اید لذا در این قسمت به یادآوری کوتاه در مورد محاسبه جرم و تبدیل واحدهای آن می‌پردازیم.

واحد جرم در سیستم SI[1] کیلوگرم است و واحدهای گرم (gr) و تن (ton) از واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر کیلوگرم است که رابطهٔ زیر بین آنها برقرار است.

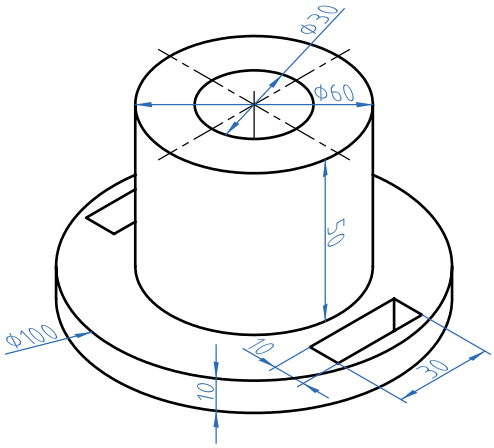
$$1kg=1000gr \qquad 1ton=1000kg$$

مثال: برای محاسبه جرم از فرمول $m=\rho.V$ استفاده می‌شود.

m جرم برحسب کیلوگرم، ρ چگالی برحسب $\frac{kg}{m^3}$ یا $\frac{kg}{dm^3}$ و V حجم برحسب m^3 یا dm^3 می‌باشد.

همان‌گونه که در دروس علوم و ریاضی پایه هفتم آموخته‌اید برای محاسبهٔ جرم ابتدا حجم یک جسم را محاسبه می‌کنیم سپس با ضرب آن در چگالی (جرم حجمی) مقدار جرم به‌دست می‌آید.

مثال: جرم قطعه را، مطابق شکل روبه‌رو حساب کنید. در صورتی‌که چگالی آن ۷/۵ کیلوگرم بر دسی متر مکعب باشد.



شکل ۱۳

$V=V_1+V_2-(V_3+V_4+V_5)$

$V_1=\pi.r^2.h=3/14\times50^2mm^2\times10mm=78500mm^3\div10^6=0/0785dm^3$

$V_2=\pi\times r^2\times h=3/14\times30^2mm^2\times50mm=141300mm^3\div10^6=0/1413dm^3$

$V_3=\pi r^2h=3/14\times15^2mm^2\times60mm=42390\div10^6=0/042390dm^3$

$V_4=V_5=30\times10\times10=3000\div10^6=0/003dm^3$

$V=0/0785+0/1413-(0/042390+0/003+0/003)=0/17141dm^3$

$m=\rho.V=7/5\times0/17141=1/29\ Kg$

همان‌طوری که در مثال بالا مشاهده کردید به این دلیل که واحد چگالی $\frac{kg}{dm^3}$ بود بنابراین حجم در محاسبات باید برحسب dm^3 به‌دست آید ولی اگر واحد چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ باشد باید حجم برحسب سانتی‌متر مکعب و جرم برحسب gr به‌دست آید.

برای تبدیل واحدهای چگالی از رابطه روبه‌رو استفاده می‌شود.

$$1\frac{kg}{m^3}=1000\frac{kg}{dm^3}=1\frac{gr}{cm^3}$$

۱- استاندارد بین المللی یکاها

جرم طولی

برای محاسبه جرم نیمه ساخته‌ها مانند میل‌گردها، پروفیل‌ها و لوله‌ها که دارای مقطع یکنواخت در طول هستند از فرمول جرم طولی استفاده می‌شوند. بدین ترتیب که جرم طولی را از جدول برای پروفیل مورد نظر استخراج نموده و در طول ضرب می‌کنند تا مقدار جرم به‌دست آید.

$$m = m' \times L$$

m جرم برحسب kg، m' جرم طولی برحسب $\frac{kg}{m}$، L طول برحسب m

مثال: جرم یک شاخه میل گرد از جنس St۳۷ به قطر ۳۰ میلی‌متر و طول ۳/۵ متر را محاسبه نمایید.

$$m' \xrightarrow{\text{از جدول}^{1}} ۵/۵۵ \ \frac{kg}{m}$$

$$L = ۳/۵ m$$

$$m = m' \times L = ۵/۵۵ \times ۳/۵ = ۱۹/۴۲۵ kg$$

نکته

معمولاً جرم طولی و سطحی برای محاسبه مواد خام استفاده می‌شود.

جرم سطحی

برای محاسبه جرم ورق‌ها از فرمول جرم سطحی استفاده می‌شود. مراحل محاسبه مانند جرم طولی است

m : جرم برحسب kg

m'' :جرم سطحی بر حسب $\frac{kg}{m^2}$

A : سطح ورق برحسب m^2

$$m = m'' \times A$$

مثال: ورقی به ابعاد ۳×۲۵۰۰×۳۰۰۰ میلی‌متر برای ساخت یک محفظه مورد نیاز است. جرم این ورق را با استفاده از جدول جرم سطحی موجود در کتاب همراه هنرجو محاسبه نمایید.

$$L = ۳۰۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۳ m$$

$$b = ۲۵۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۲/۵ m$$

$$A = L \times b = ۳ \times ۲/۵ = ۷/۵ m^2$$

$$m'' \xrightarrow{\text{از جدول}} ۲۳/۶ \frac{kg}{m^2}$$

$$m = m'' \times A = ۲۳/۶ \times ۷/۵ = ۱۷۷ kg$$

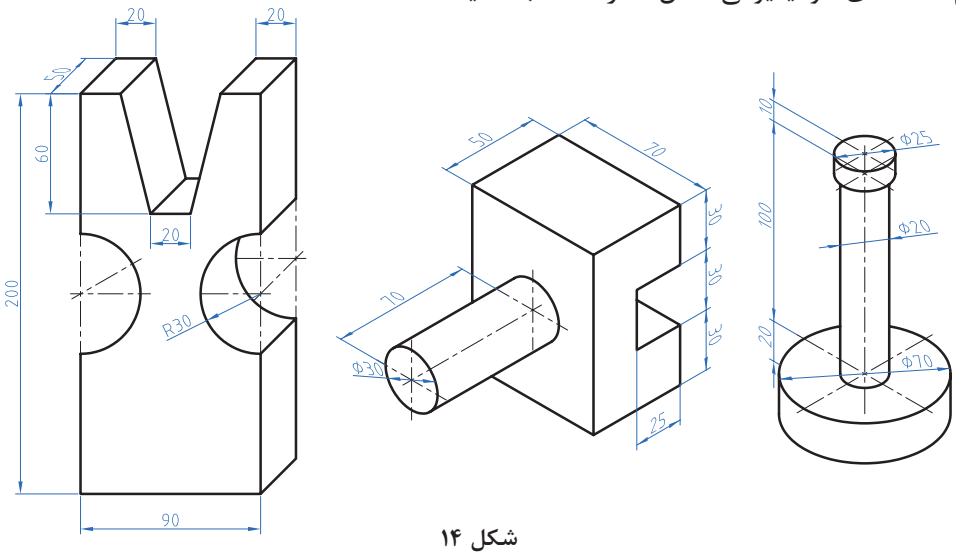
۱ـ به کتاب همراه هنرجو قسمت محاسبات جدول جرم طولی مراجعه کنید.

تمرین

۱ جرم مواد خام برای ساخت قطعات یک دستگاه که در جدول زیر آمده را محاسبه کنید.

مشخصات	قطعه	مشخصات	قطعه
۲۵۰×۱۸۰×۲ mm	محفظه	عملکرد ۲۵×۱۴۰ ϕ′	محور اصلی
۳۵×۲۵×۲/۵ mm	درپوش	طول دوونیم متر مساحت ۴۰×۴۰میلی‌متر ضخامت ۳mm	پایه از پروفیل چهارگوش توخالی

۲ جرم قطعه‌های آلومینیومی شکل ۱۴ را محاسبه کنید.



شکل ۱۴

نکته

برای استخراج جرم حجمی، جرم طولی، جرم سطحی به کتاب همراه هنرجو مراجعه کنید.

محاسبهٔ وزن

یادآوری

نیروی وزن نیرویی است که از طرف زمین به جرم جسم وارد می‌شود. برای محاسبه نیروی وزن کافی است از رابطه $W = m \times g$ استفاده شود.

در این فرمول: W نیروی وزن برحسب نیوتن (N)

m جرم برحسب کیلوگرم (kg)

g شتاب جاذبه زمین برحسب $۹/۸۱ \frac{m}{s^۲}$

نکته

یک کیلوگرم متر بر مجذور ثانیه $(\frac{kgm}{s^2})$ با یک نیوتن برابر است.

توجه: شتاب جاذبه یا شتاب ثقل کره زمین در نقاط مختلف متفاوت است. این مقدار از ۹/۷۸ (استوا) تا ۹/۸۳ (قطب شمال) متغیر است ولی محل قراردادی را برای محاسبه، پاریس (۹/۸۱) در نظر می‌گیرند.

مثال: نیروی وزن قطعهٔ شکل ۱۵ را محاسبه کنید. $(g = ۹/۸ \frac{m}{s^2})$

نکته

جنس این قطعه فولاد ساختمانی ST۳۷ است.

محاسبهٔ حجم: روش اول

$V = V_۱ - V_۲$

$V_۱ = ۳۰۰ \times ۲۰۰ \times ۲۰۰ = ۱۲۰۰۰۰۰۰ \div ۱۰^۶ = ۱۲\ dm^۳$

$V_۲ = ۱۰۰ \times ۲۰۰ \times ۲۰۰ = ۴۰۰۰۰۰۰ \div ۱۰^۶ = ۴\ dm^۳$

$V = ۱۲ - ۴ = ۸\ dm^۳$

محاسبهٔ حجم: روش دوم

$V = A.h$

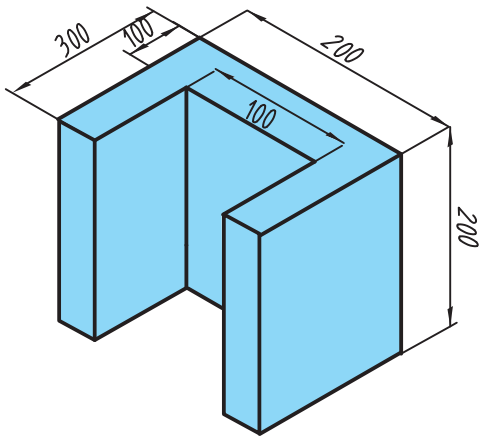
$A = (۳۰۰ \times ۲۰۰) - (۱۰۰ \times ۲۰۰) = ۴۰۰۰۰ \div ۱۰^۴ = ۴\ dm^۲$

$V = A.h = ۴ \times ۲ = ۸\ dm^۳$

$m = \rho.V = ۷/۲۵ \times ۸ = ۵۸\ Kg$

$W = m.g = ۵۸ \times ۹/۸ = ۵۶۸/۴\ N$

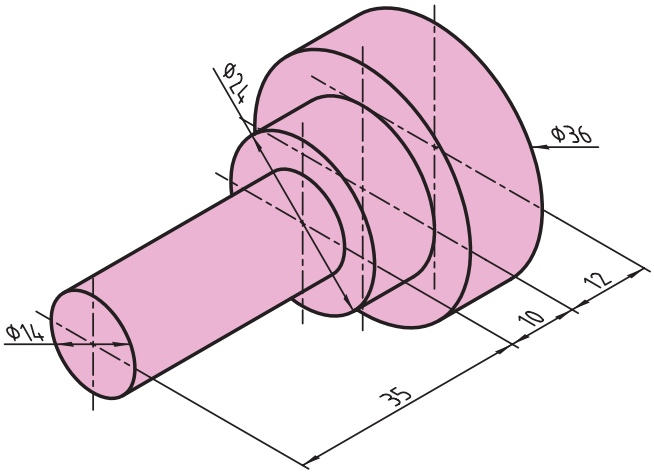
$W = ۵۶۸/۴\ N$



شکل ۱۵

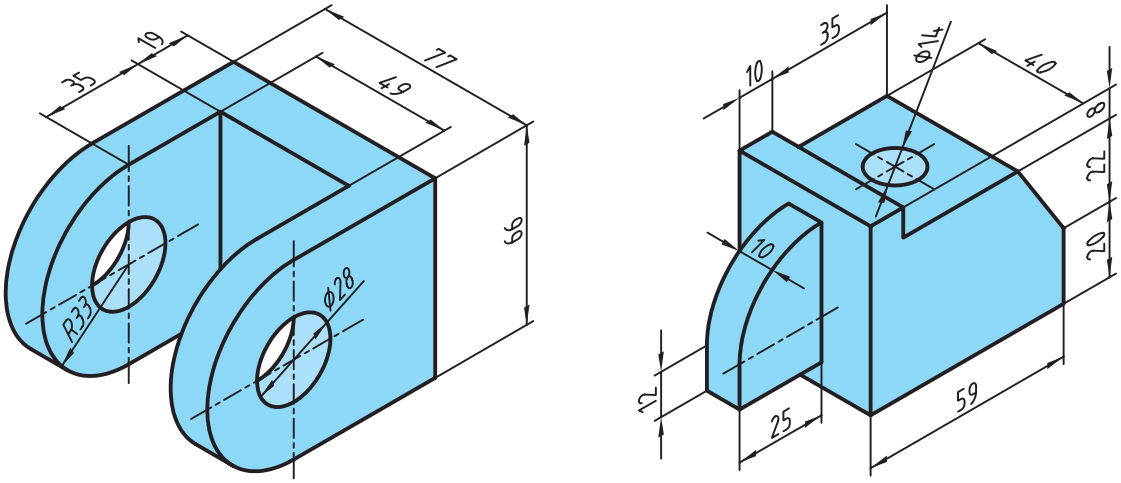
تمرین

۱ نیروی وزن قطعهٔ شکل ۱۶ را که از آلومینیوم ساخته شده است را محاسبه کنید.



شکل ۱۶

۲ وزن قطعات زیر که از جنس فولاد ساختمانی (ST۳۷) ساخته شده‌اند را به‌دست آورید.



شکل ۱۷

محاسبات مربوط به اصول و مبانی کاربردی در ریخته‌گری

حرارت

در این قسمت کاربردهایی از مباحث حرارت و گرما در حل مسائل مربوط به ریخته‌گری و ذوب فلزات آورده شده است.

واحدهای درجه حرارت

الف) درجه‌بندی سلسیوس ($^{\circ}C$)

ب) درجه‌بندی فارنهایت ($^{\circ}F$)

ج) درجه‌بندی کلوین ($^{\circ}K$)

جدول ۱ـ تبدیل واحدهای درجه حرارت به یکدیگر

الف) رابطهٔ بین درجه‌بندی فارنهایت و سلسیوس	$\frac{(\theta_F - ۳۲)}{۱۸۰} = \frac{\theta_C}{۱۰۰}$ $\Rightarrow \theta_F = ۱/۸\theta_C + ۳۲$ یا $\theta_F = \frac{۹}{۵}\theta_C + ۳۲$ θ_C: درجه سلسیوس، θ_F: درجه فارنهایت
ب) رابطه بین درجه‌بندی کلوین و سلسیوس	$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵$ T_K: درجه کلوین

مثال: ۴۰ درجه سلسیوس چند درجهٔ فارنهایت و چند درجهٔ کلوین است؟

حل:

$\theta_F = ۱/۸\,\theta_C + ۳۲ \Rightarrow \theta_F = ۱/۸ \times ۴۰ + ۳۲ = ۱۰۴^{\circ}F$

$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵ \Rightarrow T_K = ۴۰ + ۲۷۳/۱۵ = ۳۱۳/۱۵^{\circ}K$

فعالیت کلاسی

۱۰۵ درجهٔ فارنهایت چند درجهٔ کلوین و چند درجهٔ سلسیوس است؟

نکته

به‌طور کلی برای تبدیل درجه فارنهایت به کلوین و برعکس، بهتر است ابتدا فارنهایت به سلسیوس و سپس سلسیوس به کلوین تبدیل شود و برعکس.

$\theta_F \rightleftarrows \theta_C \rightleftarrows T_K$

مثال: ۳۷۳/۱۵ درجه کلوین چند درجهٔ فارنهایت است؟

حل: برای حل این مثال ابتدا باید درجهٔ کلوین را به درجهٔ سلسیوس تبدیل کنیم و سپس آن را به درجه فارنهایت تبدیل کنیم که به‌صورت زیر می‌باشد:

$T_K = \theta_C + ۲۷۳/۱۵$

$۳۷۳/۱۵ = \theta_C + ۲۷۳/۱۵ \Rightarrow \theta_C = ۳۷۳/۱۵ - ۲۷۳/۱۵$

$\Rightarrow \theta_C = ۱۰۰^\circ C$

$\theta_F = ۱/۸\,\theta_C + ۳۲$

$\Rightarrow \theta_F = ۱/۸\,(۱۰۰) + ۳۲ \Rightarrow \theta_F = ۲۱۲^\circ F$

فعالیت کلاسی

۳۹۲ درجهٔ فارنهایت چند درجهٔ کلوین است؟

تمرین

جدول زیر را کامل کنید.

نقطهٔ ذوب

فلز	°C	°K	°F
مس	۱۰۸۳		
طلا		۱۳۳۷	
سرب	۳۲۷/۳۵		
قلع			۴۴۹/۶

گرمای ویژه (C) و گرمای نهان گداز (λ)

ـ گرمای ویژه: گرمای ویژه عبارت است از مقدار گرمایی که دمای واحد جرم جسم را یک درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهد و آن را با حرف C نشان می‌دهند.

رابطه گرما $\leftrightarrow$ $\boxed{Q = m\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{Q}{m\Delta\theta}$ گرمای ویژه

که در رابطهٔ فوق:

C گرمای ویژه، Q مقدار گرمای داده شده به جسم، m جرم جسم و $\Delta\theta$ اختلاف دما می‌باشد.

واحدهای گرمای ویژه (C): واحدهای گرمای ویژه با توجه به رابطه آن و واحدهای Q، m و $\Delta\theta$ تعیین می‌شود که به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\text{واحد گرمای ویژه} = \frac{\text{واحد گرما}}{\text{واحد درجه حرارت} \times \text{واحد جرم}} = \frac{cal}{gr.^\circ C} \text{ یا } \frac{Kcal}{kg.^\circ C}$$

$$\text{واحدهای گرمای ویژه در سیستم SI}: \frac{J}{kg.^\circ K} = \frac{J}{kg.^\circ C}$$

نکته

با توجه به اینکه گرمای ویژه اجسام در دماهای مختلف برابر نیست، بنابراین در محاسبات و حل مسائل مقدار متوسط آن ($\overline{C}$) را منظور می‌کنند.

ـ گرمای نهان‌گداز: گرمای نهان‌گداز (ذوب) عبارت است از مقدار گرمایی که واحدجرم جسم جامد در نقطه ذوب خود و در فشار یک اتمسفر می‌گیرد تا به حالت مایع درآید و آن را با حرف λ نشان می‌دهند که رابطه آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Q_\lambda = m.\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{Q_\lambda}{m}$$

که در رابطه فوق:

Q_λ گرمای لازم در دامنه ذوب، m جرم جسم و λ گرمای نهان‌گداز جسم می‌باشد.

واحدهای گرمای نهان‌گداز: طبق رابطه گرمای نهان‌گداز، واحدهای آن به واحد Q_λ و m بستگی دارد که به‌صورت زیر می‌باشند:

$$\lambda = \frac{cal}{kg}, \frac{Kcal}{kg}, \frac{J}{kg}, \frac{kJ}{kg}$$

مثال: برای اینکه دمای ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از دمای محیط $\theta_i = ۲۵^\circ C$ تا دمای ذوب $\theta_m = ۶۶۰^\circ C$ برسانیم. چه مقدار گرما برحسب کیلوکالری لازم است؟ درصورتی که گرمای ویژهٔ متوسط آلومینیوم جامد در این فاصله دمایی $\overline{C} = ۰/۲۴ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

داده‌ها	خواسته
$m = ۲۵kg$ $\theta_i = ۲۵^\circ C$ $\theta_m = ۶۶۰^\circ C$ $\overline{C} = ۰/۲۴ \frac{cal}{gr.^\circ C}$	$Q = ?\ Kcal$

با توجه به واحد $\overline{C}$ باید ابتدا واحد جرم را به گرم تبدیل کنیم تا گرما برحسب کالری به‌دست آید.

$$Q = m\overline{C}(\theta_m - \theta_i) \Rightarrow Q = ۲۵۰۰۰ \times ۰/۲۴(۶۶۰ - ۲۵) = ۳۸۱۰۰۰۰cal = ۳۸۱۰Kcal$$

مثال: محاسبه کنید مقدار گرمایی را که لازم است تا ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از نقطهٔ آغاز ذوب تا پایان ذوب برساند. در صورتی‌که گرمای نهان گداز آلومینیوم $\lambda = ۹۱ \frac{cal}{gr}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

داده‌ها	خواسته
$m = ۲۵kg$ $\lambda = ۹۱ \frac{cal}{gr}$	$Q = ?\ Kcal$

چون فلز از نقطه آغاز ذوب تا پایان ذوب گرم می‌شود، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Q = m\lambda = ۲۵۰۰۰ \times ۹۱ \Rightarrow Q = ۲۲۷۵۰۰۰cal = ۲۲۷۵\ Kcal$$

مثال: مقدار گرمایی را که لازم است تا ۲۵ کیلوگرم آلومینیوم را از نقطه ذوب $۶۶۰^\circ C$ به دمای فوق ذوب (دمای بارریزی) $۷۵۰^\circ C$ برساند را محاسبه کنید. درصورتی‌که گرمای ویژه متوسط حالت مذاب آلومینیوم $\overline{Q}' = ۰/۲۶ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

نکته

با توجه به تساوی زیر، می‌توان بدون تبدیل واحد، مقدار گرمای لازم را مستقیماً برحسب Kcal محاسبه کرد.

$$۱ \frac{Kcal}{kg.^\circ C} = ۱ \frac{cal}{gr.^\circ C}$$

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$Q = ?\ Kcal$	$m = ۲۵kg$
	$\overline{C}' = ۰/۲۶ \frac{cal}{gr.^\circ C}$
	$\theta_m = ۶۶۰^\circ C$
	$\theta_p = ۷۵۰^\circ C$

به دلیل آنکه فلز از نقطه ذوب تا فوق ذوب گرم می‌شود، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q = m\overline{C}'(\theta_p - \theta_m)$$

$$Q = ۲۵ \times ۰/۲۶(۷۵۰ - ۶۶۰)$$

$$\Rightarrow Q = ۵۸۵\ Kcal$$

نکته

با توجه به مثال‌های بالا نتیجه می‌گیریم که اگر مقدار گرماهای به‌دست آمده از هر مرحله ذوب را با هم جمع کنیم مقدار کل گرمای لازم برای ذوب و ریخته‌گری مطابق رابطه کلی گرما به‌دست می‌آید. که برای مثال‌های فوق به‌صورت زیر می‌باشد:

$\overline{C}$ = گرمای ویژه متوسط در حالت جامد

$\overline{C}'$ = گرمای ویژه متوسط در حالت مذاب

$$Q = \underbrace{m\overline{C}(\theta_m - \theta_i)}_{Q_۱} + \underbrace{m\lambda}_{Q_۲} + \underbrace{m\overline{C}'(\theta_p - \theta_m)}_{Q_۳}$$

$$\Rightarrow Q = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۳۸۱۰ + ۲۲۷۵ + ۵۸۵$$

$$\Rightarrow Q = ۶۶۷۰\ Kcal$$

کل گرمای لازم جهت ذوب و ریخته‌گری ۲۵kg آلومینیوم

فعالیت کلاسی

۱ مطلوبست محاسبه و تعیین مقدار حرارت لازم بر حسب کیلوکالری برای رسیدن به نقطه ذوب هر کیلوگرم از نوعی چدن خاکستری با نقطه ذوب $۱۱۸۰^\circ C$ در صورتی که دمای محیط $۲۵^\circ C$ و گرمای ویژه متوسط چدن خاکستری $۰/۱۳۵ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

۲ جهت رساندن دمای ۴۵ کیلوگرم مس از نقطهٔ ذوب $۱۰۸۳^\circ C$ به دمای فوق ذوب $۱۲۱۳^\circ C$، چه مقدار گرما برحسب کالری و کیلوکالری لازم است؟ درصورتی که گرمای ویژه متوسط مس مذاب $\overline{C}' = ۰/۰۹۳ \frac{cal}{gr.^\circ C}$ باشد.

محاسبه ابعاد مدل

با معلوم بودن ابعاد قطعه ریختگی و همچنین درصد اضافه مجاز انقباض خط (٪S) به سهولت می‌توان با استفاده از رابطه زیر ابعاد مدل را تعیین کرد.

$$a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$$

که در رابطه فوق: a_c و a_m به ترتیب برابر با اندازه قطعه ریختگی و اندازه مدل (یا قالب) برحسب cm یا mm است.

مثال: چنانچه درصد اضافه مجاز انقباض نوعی آلیاژ برنج برابر با ۱/۷۶٪ و طول قطعه ریختگی آن ۶۰cm باشد، اندازه طول مدل را برحسب میلی‌متر محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$a_m = ?\ mm$	$٪S = ۱/۷۶$ $a_c = ۶۰cm$

اندازه طول مدل از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$$

$$a_m = ۶۰(۱+\frac{۱/۷۶}{۱۰۰}) = ۶۰\times ۱/۰۱۷۶ = ۶۱/۰۵۶cm = ۶۱۰/۵۶mm$$

$$\Delta L = a_m - a_c \Rightarrow \Delta L = ۶۱/۰۵۶ - ۶۰ = ۱/۰۵۶cm = ۱۰/۵۶mm$$

یعنی طول مدل به اندازه ۱۰/۵۶ میلی‌متر باید بزرگ‌تر درنظر گرفته شود تا پس از انجماد طول ۶۰ cm یا ۶۰۰ mm اوّلیه را داشته باشیم.

فعالیت کلاسی

چنانچه درصد اضافه مجاز انقباض نوعی آلیاژ، آلومینیوم برابر با ۱/۴٪ و طول قطعه ریختگی آن ۵۰cm باشد. اختلاف اندازهٔ طول مدل و قطعه را برحسب میلی‌متر محاسبه کنید.

نکته

از آنجایی که در رابطه $a_m = a_c(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$، عبارت $(۱+\frac{٪S}{۱۰۰})$ عددی ثابت است بنابراین برای محاسبه راحت‌تر ابعاد مدل می‌توان آن را به‌طور مجزا محاسبه کرده و با ضرب کردن آن در ابعاد قطعه، ابعاد مدل را به‌دست آورد.

محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی

در عملیات ذوب و ریخته‌گری، دانستن جرم مذاب لازم به لحاظ سرعت بخشیدن به تولید و همچنین مسائل اقتصادی امری لازم و ضروری می‌باشد. به همین علت ابتدا جرم قطعات ریختگی مورد نیاز را محاسبه کرده و سپس با محاسبهٔ زوایدی نظیر سیستم راهگاهی، تغذیه‌ها، اتلافات ذوب، اضافات ریخته‌گری و... که معمولاً برحسب درصد به جرم قطعه ریختگی اضافه می‌شوند، میزان شارژ مورد نیاز کوره را تعیین می‌کنند.

روش‌های محاسبه جرم قطعه ریختگی

به‌طور کلی جرم قطعات ریختگی را می‌توان با صرف‌نظر کردن و یا با در نظر گرفتن ضریب انقباض خطی محاسبه کرد. که در هر دو حالت فوق می‌توان بسته به نوع قطعه (ساده یا ماهیچه‌دار)، جرم قطعه را به کمک جرم مدل و یا به کمک نقشه فنی محاسبه کرد.

الف) محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک جرم مدل: جرم قطعاتی که قالب‌گیری آنها احتیاج به ماهیچه‌گذاری ندارد از روی نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل محاسبه می‌شود. این در صورتی است که حجم مدل و حجم قطعه یکسان فرض شده و از انقباض قطعه صرف‌نظر شود؛ در این صورت:

$$\frac{\text{جرم قطعه}}{\text{جرم مدل}} = \frac{\text{چگالی قطعه}}{\text{چگالی مدل}} = \frac{m_C}{m_M} = \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

در عمل چون جرم مدل در دست است بنابراین جرم قطعه ریخته شده را می‌توان پیش‌بینی کرد و با ضرب کردن جرم مدل در نسبت چگالی قطعه به چگالی مدل مقدار آن تعیین می‌شود.

$$\text{جرم قطعه ریخته شده} = \text{جرم مدل} \times \frac{\text{چگالی قطعه}}{\text{چگالی مدل}} = m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M}$$

مثال: جرم یک مدل چوبی به چگالی $۰/۶۵ \frac{gr}{cm^3}$ ، $۷/۴kg$ است. در صورتی که قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری قالب از آلیاژ برنج به چگالی $۸/۴۴ \frac{gr}{cm^3}$ باشد و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریختگی را محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته:

خواسته	داده‌ها
$m_C = ?kg$	$m_M = ۷/۴\ kg$
	$\rho_M = ۰/۶۵ \frac{gr}{cm^3}$
	$\rho_C = ۸/۴۴ \frac{gr}{cm^3}$

جرم قطعه ریختگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$m_C = m_M \times \frac{\rho_C}{\rho_M} = ۷/۴ \times \frac{۸/۴۴}{۰/۶۵} \Rightarrow m_C = ۹۶kg$$

فعالیت کلاسی

جرم یک مدل آلومینیومی به چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۲/۷، ۱۰ کیلوگرم است. در صورتی که قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و ریخته‌گری قالب از نوعی فولاد به چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۷/۸ باشد و از کلیه انقباض‌ها صرف‌نظر شود، جرم قطعه ریختگی را محاسبه کنید.

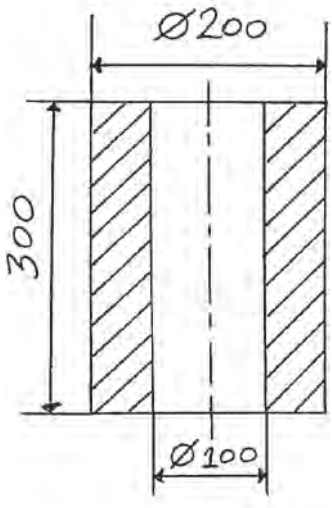
ب) محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی: جرم قطعات ریختگی را می‌توان به کمک نقشه فنی نیز محاسبه کرد که این روش اکثراً در مورد قطعات ماهیچه‌دار و توخالی به‌کار می‌رود. بدین صورت که با در دست داشتن حجم و چگالی قطعات به سهولت می‌توان جرم آن را به دست آورد. به‌طوری که حاصل‌ضرب حجم قطعه موردنظر در چگالی آن، جرم قطعه را مشخص می‌کند. یعنی:

$$m = V \times \rho$$

که در رابطه فوق: m جرم قطعه برحسب gr یا kg، V حجم قطعه برحسب cm^3 یا dm^3 و ρ چگالی قطعه برحسب $\frac{gr}{cm^3}$ یا $\frac{kg}{dm^3}$ می‌باشد.

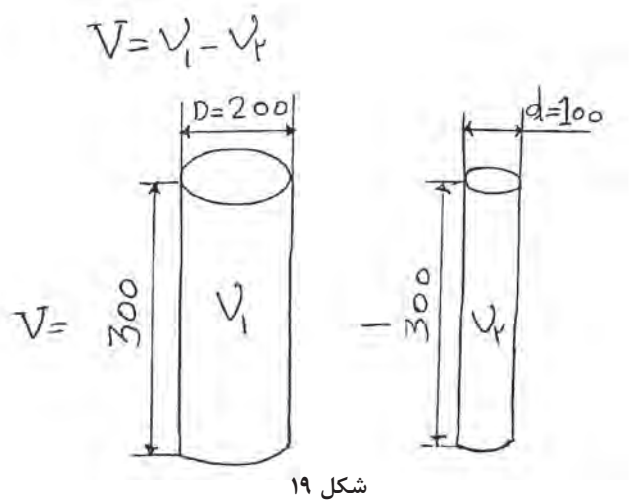
مثال: قطعه‌ای از نوعی فولاد با چگالی $\frac{gr}{cm^3}$ ۷/۷ مطابق نقشه فنی زیر در دست است، مطلوبست محاسبه و تعیین جرم ۲۵ قطعه از آن برحسب کیلوگرم.

حل: ابتدا حجم قطعه را از روی نقشه فنی محاسبه کرده و سپس با استفاده از رابطه $m = V \times \rho$ جرم قطعه را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۱۸

محاسبه حجم قطعه: ابتدا شکل را به دو استوانه تفکیک می‌کنیم به‌طوری که از داخل استوانه‌ای به قطر ۲۰۰mm استوانه‌ای به قطر ۱۰۰mm خالی شده باشد.



شکل ۱۹

$V=V_۱-V_۲$

$$V = V_۱ - V_۲ \Rightarrow V = \frac{D^۲\pi}{۴}\times h - \frac{d^۲\pi}{۴}\times h$$

$$V = \frac{۲۰۰^۲\times ۳/۱۴}{۴}\times ۳۰۰ - \frac{۱۰۰^۲\times ۳/۱۴}{۴}\times ۳۰۰$$

$$\Rightarrow V = ۹۴۲۰۰۰۰ - ۲۳۵۵۰۰۰ = ۷۰۶۵۰۰۰ mm^۳ = ۷۰۶۵ cm^۳$$

جرم قطعه $m = V\times\rho \Rightarrow m = ۷۰۶۵\times ۷/۷ = ۵۴۴۰۰/۵ gr \simeq ۵۴/۴ kg$

چون جرم ۲۵ قطعه خواسته شده است درنتیجه:

$۲۵\times ۵۴/۴ = ۱۳۶۰ kg$

نکته

درصورتی که در مثال بالا چگالی مدل را داشته باشیم و از تمامی انقباض‌ها صرف‌نظر شود می‌توانیم جرم مدل را نیز محاسبه کنیم که در این صورت حجم قطعه با حجم مدل یکسان درنظرگرفته می‌شود. یعنی: $V_C = V_M$

مثال: در مثال صفحهٔ قبل درصورتی که چگالی مدل چوبی $۰/۶۵ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم آن را برحسب کیلوگرم محاسبه کنید.

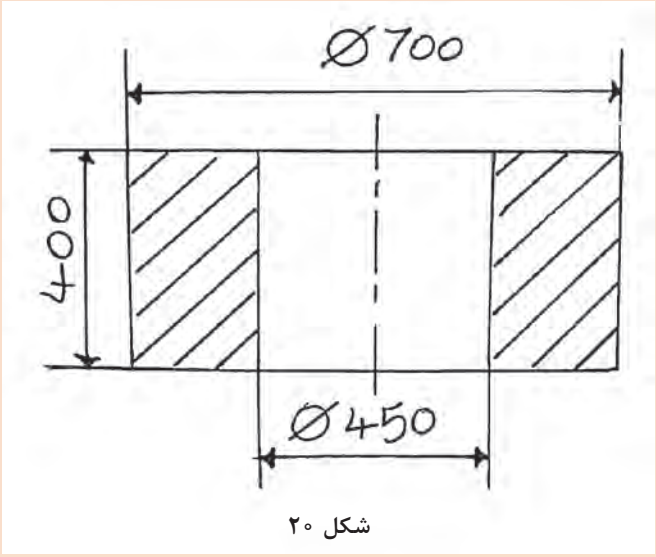
حل: با توجه به اینکه $V_C = V_M$ یکسان در نظر گرفته می‌شود لذا می‌توان نوشت:

$m_M = V\times\rho_M = m_M = ۷۰۶۵\times ۰/۶۵ = ۴۵۹۲/۲۵ gr \simeq ۴/۵ kg$

فعالیت کلاسی

قطعه‌ای از جنس آلومینیوم با چگالی $۲/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ مطابق نقشه فنی زیر در اختیار داریم، مطلوبست محاسبه و تعیین جرم ۲۰ قطعه از آن برحسب کیلوگرم.

چنانچه در این فعالیت، چگالی مدل چوبی $۰/۷ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد جرم آن را برحسب کیلوگرم محاسبه کنید.



شکل ۲۰

نکته

در صورتی که انقباضات قطعه در نظر گرفته شود. می‌توان با در نظر گرفتن ضریب انقباض خطی و جرم قطعه ریختگی را با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه کرد.

$$m_C = V_M(۱-۳\bar{\alpha}\Delta\theta)\rho_C$$

که در رابطه فوق: m_C و ρ_C به ترتیب جرم و چگالی قطعه، V_M حجم مدل، $\bar{\alpha}$ ضریب انقباض (انبساط) خطی متوسط قطعه و $\Delta\theta$ اختلاف درجه حرارت، از درجه حرارت ذوب (θ_m) تا درجه حرارت محیط (θ_1) می‌باشد که $\Delta\theta = \theta_m - \theta_1$ است.

مثال: جرم یک مدل آلومینیومی با چگالی $۲/۶ \frac{gr}{cm^۳}$ برابر ۱۰ کیلوگرم است. چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و قطعه ریختگی از نوعی فولاد با چگالی $۷/۸ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم قطعه ریختگی را با درنظر گرفتن انقباض از نقطهٔ ذوب (۱۳۸۰°C) تا درجه حرارت محیط (۲۵°C) به‌دست آورید. درصورتی که ضریب انقباض خطی متوسط فولاد $۱۲\times۱۰^{-۶} \frac{۱}{°C}$ باشد.

حل: داده‌ها و خواسته:

محاسبهٔ جرم قطعه ریختگی با درنظر گرفتن ضریب انقباض خطی با استفاده از رابطه زیر می‌باشد:

داده‌ها	خواسته
$\rho_M = ۲/۶ \frac{gr}{cm^۳}$	
$m_M = ۱۰ kg$	
$\rho_C = ۷/۸ \frac{gr}{cm^۳}$	
$\theta_m = ۱۳۸۰^\circ C$	m_C=? فولاد
$\theta_i = ۲۵^\circ C$	
$\bar{\alpha} = ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$	

$$m_C = V_M(۱ - ۳\bar{\alpha}\Delta\theta)\rho_C$$

$$V_M = \frac{m_M}{\rho_M} = \frac{۱۰}{۲/۶} \Rightarrow V_M = ۳/۸۵ dm^۳$$

$$m_C = ۳/۸۵\ (۱ - ۳ \times ۱۲ \times ۱۰^{-۶} \times (۱۳۸۰ - ۲۵)) \times ۷/۸$$

$$\Rightarrow m_C = ۲۸/۵۶ kg$$

فعالیت کلاسی

جرم یک مدل فلزی از آلیاژ منیزیم ـ آلومینیوم با چگالی $۱/۸۲ \frac{gr}{cm^۳}$ برابر است با ۷/۷ کیلوگرم، چنانچه قالب‌گیری ساده و بدون ماهیچه‌گذاری و قطعهٔ ریختگی از یک نوع چدن با چگالی $۷/۲ \frac{gr}{cm^۳}$ باشد، جرم قطعه ریختگی را با درنظر گرفتن انقباض از نقطه ذوب $(۱۲۵۰^\circ C)$ تا درجه حرارت محیط $(۲۵^\circ C)$ به‌دست آورید. درصورتی که ضریب انقباض خطی متوسط چدن $۱۰/۲ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$ باشد.

محاسبات آلیاژسازی (محاسبه عیار آلیاژها)

آلیاژسازی

آلیاژسازی عبارت است از اضافه کردن یک عنصر به عنصر دیگر درحالت مذاب به‌طوری که این عنصر در ترکیب مذاب باقی بماند و با اکسیژن هوا ترکیب نشده و وارد سرباره نشود.

نکته

در آلیاژسازی ترتیب افزودن عناصر آلیاژی دارای اهمیت است که با توجه به پارامترهای: نقطهٔ ذوب، حد حلالیت و فشار بخار انجام می‌شود.

نحوهٔ محاسبات آلیاژسازی

به‌طور کلی در مورد شارژ و نسبت ترکیبی آلیاژها معمولاً از درصد وزنی استفاده می‌شود. به این صورت که جرم کل آلیاژ را ۱۰۰ در نظر می‌گیرند و مقدار اجزای سازنده آلیاژ برحسب جرم آنها به‌صورت درصد بیان می‌شود. برای حل مسائل آلیاژسازی از تناسب استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به آلیاژسازی می‌تواند به سه حالت زیر باشد:

حالت اوّل: اگر جرم عنصر آلیاژی در دسترس باشد، از روی آن می‌توانیم درصد عنصر آلیاژی (ترکیب آلیاژ) را به‌دست بیاوریم.

مثال: برای تهیهٔ ۴۰ کیلوگرم آلومینیوم ـ سیلیسیم چنانچه ۳ کیلوگرم این آلیاژ را سیلیسیم تشکیل دهد، درصد سیلیسیم و آلومینیوم آلیاژ را محاسبه کنید (محاسبه ترکیب آلیاژ).

حل:

$$\frac{Al-Si}{Si}=\frac{۴۰}{۳}=\frac{۱۰۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۳\times۱۰۰}{۴۰}=٪۷/۵$$ درصد Si در آلیاژ

$$\frac{Al-Si}{Al}=\frac{۴۰}{۳۷}=\frac{۱۰۰}{y}\Rightarrow y=\frac{۳۷\times۱۰۰}{۴۰}=٪۹۲/۵$$ درصد Al در آلیاژ

یا: ۱۰۰-۷/۵=٪۹۲/۵

حالت دوم: اگر درصد عنصرآلیاژی در دسترس باشد می‌توانیم از روی آن جرم عنصر آلیاژی را به‌دست بیاوریم.

مثال: برای تهیهٔ ۶۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ مس چنانچه ۴/۵ درصد این آلیاژ را مس تشکیل دهد، جرم مس و آلومینیوم را در این آلیاژ محاسبه کنید.

حل:

$$\frac{Al-Cu}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۴/۵}=\frac{۶۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۴/۵\times۶۰}{۱۰۰}=۲/۷kg$$ جرم مس در آلیاژ

درصد آلومینیوم در آلیاژ : ۱۰۰ - ۴/۵ = ۹۵/۵

$$\frac{Al-Cu}{Al}=\frac{۱۰۰}{۹۵/۵}=\frac{۶۰}{y}\Rightarrow y=\frac{۹۵/۵\times۶۰}{۱۰۰}=۵۷/۳kg$$ جرم آلومینیوم در آلیاژ

یا: ۶۰ - ۲/۷ = ۵۷/۳kg

حالت سوم: در صورتی که ترکیب مشخصی از آلیاژ را بخواهیم و شمش‌های متفاوت یا قراضه‌ها و برگشتی‌های مختلفی با درصدهای متفاوت از عناصر آلیاژی داشته باشیم می‌توانیم با استفاده از محاسبات آلیاژسازی، مشخص کنیم که باید چه مقدار مشخصی از مواد موجود استفاده شود که ترکیب مورد نظر یا خواسته شده

آلیاژ به‌دست آید (در اکثر موارد محاسبات آلیاژسازی به این صورت می‌باشد).

مثال: برای تهیه ۸۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ مس با ۳/۵ درصد مس باید از شمش آلومینیوم خالص و آلیاژ ۳۳ـ۶۷ (۶۷ درصد آلومینیوم و ۳۳ درصد مس) استفاده شود. مقدار لازم هر یک را محاسبه کنید:

حل: ابتدا جرم هر یک از عناصر موجود در آلیاژ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{Al-Cu}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۳/۵}=\frac{۸۰}{x}\Rightarrow x=\frac{۳/۵\times ۸۰}{۱۰۰}=۲/۸kg$$ جرم مس مورد نیاز

جرم آلومینیوم مورد نیاز: ۸۰ − ۲/۸ = ۷۷/۲kg

از آنجایی که مس باید از آلیاژساز تأمین شود بنابراین مقدار آلیاژساز مورد نیاز برابر خواهد بود با:

$$\frac{\text{آلیاژساز}}{Cu}=\frac{۱۰۰}{۳۳}=\frac{x}{۲/۸}\Rightarrow x=\frac{۲/۸\times ۱۰۰}{۳۳}=۸/۴۸kg$$

باید توجه داشت که همراه این ۸/۴۸ کیلوگرم آلیاژساز علاوه بر مس، آلومینیوم نیز وجود دارد بنابراین مقدار آلومینیوم موجود در آلیاژساز عبارت است از:

$$\frac{\text{آلیاژساز}}{Al}=\frac{۱۰۰}{۶۷}=\frac{۸/۴۸}{y}\Rightarrow y=\frac{۶۷\times ۸/۴۸}{۱۰۰}=۵/۶۸kg$$

بنابراین مقدار آلومینیومی که باید از شمش آلومینیوم خالص تأمین شود برابر است با:

۷۷/۲ − ۵/۶۸ = ۷۱/۵۲kg

فعالیت کلاسی

- در تهیهٔ یک نوع آلیاژ مس، ۶۰ کیلوگرم مس خالص و ۱۰ کیلوگرم آلومینیوم استفاده شده است. در صورتی که اتلافات مذاب منظور نشود درصد ترکیب آلیاژ را تعیین کنید.
- برای تهیهٔ ۴۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ منیزیم چنانچه ۳ درصد این آلیاژ را منیزیم تشکیل دهد، جرم منیزیم و آلومینیوم را در این آلیاژ محاسبه کنید.
- جهت تهیه ۷۰ کیلوگرم آلیاژ آلومینیوم ـ سیلیسیم با ۵ درصد سیلیسیم مواد شارژی زیر در دسترس می‌باشد، تعیین کنید چه مقدار باید از این مواد استفاده شود تا به ترکیب مورد نظر برسیم:

الف) شمش خالص آلومینیوم

ب) آلیاژساز آلومینیوم ـ سیلیسیم ۱۵ ـ ۸۵

نکته

به‌طور کلی در آلیاژسازی به‌منظور پایین آوردن هزینه‌های تولید معمولاً در کنار استفاده از شمش‌های خالص و آمیژان‌ها از قراضه‌های خریداری شده و برگشتی‌های موجود در کارگاه (با آنالیز مشخص عناصر تشکیل‌دهنده آنها) با درصدهای مشخص و معین بسته به شرایط تولید و کیفیت قطعه تولیدی استفاده می‌کنند.

مثال: ۴۸ کیلوگرم از آلیاژ مس و روی با ترکیب ۴۰ درصد روی و ۱۰ کیلوگرم از برگشتی موجود در کارگاه با ترکیب ۲۵ درصد روی با هم ذوب شده‌اند، مطلوب‌است: تعیین درصد روی در آلیاژ جدید.

حل:

جرم کل آلیاژ جدید $۴۸ + ۱۰ = ۵۸kg$

$$\frac{\text{آلیاژ اول}}{\text{روی}} = \frac{۱۰۰}{۴۰} = \frac{۴۸}{x} \Rightarrow x = \frac{۴۰\times۴۸}{۱۰۰} = ۱۹/۲kg$$ جرم روی در آلیاژ اول

$$\frac{\text{برگشتی}}{\text{روی}} = \frac{۱۰۰}{۲۵} = \frac{۱۰}{x'} \Rightarrow x' = \frac{۲۵\times۱۰}{۱۰۰} = ۲/۵kg$$ جرم روی در برگشتی

جرم کل روی در آلیاژ جدید: $۱۹/۲ + ۲/۵ = ۲۱/۷kg$

$$\frac{\text{آلیاژ جدید}}{\text{روی}} = \frac{۵۸}{۲۱/۷} = \frac{۱۰۰}{y} \Rightarrow y = \frac{۲۱/۷\times۱۰۰}{۵۸} = \%۳۷/۴$$ درصد روی در آلیاژ جدید

فعالیت کلاسی

برای تهیه ۱۸۰ کیلوگرم آلیاژ برنج قرمز با ترکیب ۲۰ درصد روی و ۸۰ درصد مس، چندکیلوگرم از شمش و قراضه زیر باید استفاده شود؟

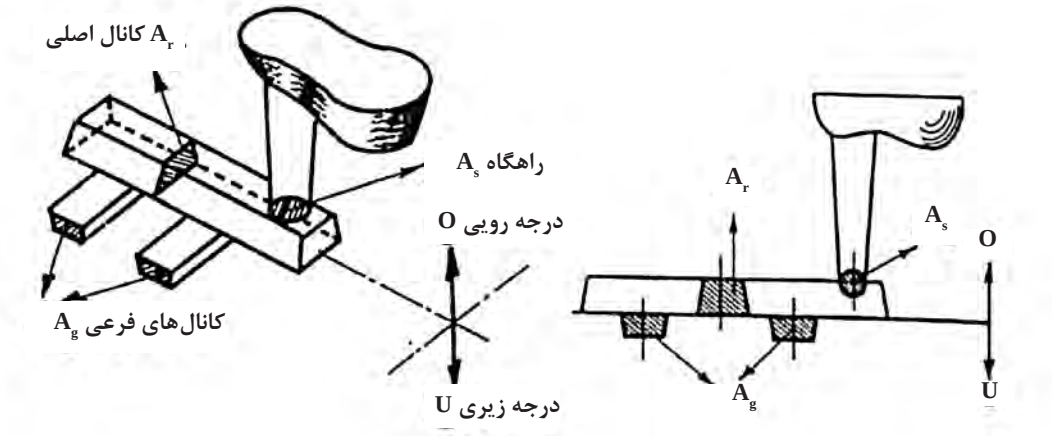
۱ شمش خالص مس با ترکیب ۱۰۰ درصد مس

۲ قراضه برنج با ۵۵ درصد مس و ۴۵ درصد روی

محاسبهٔ سطح مقطع سیستم‌های راهگاهی

در کتاب تولید قطعات فلزی به روش ریخته‌گری با سیستم‌های راهگاهی، اجزا و انواع آن (فشاری ـ غیرفشاری) و نسبت راهگاهی آشنا شدید، بنابراین در این بخش به‌طور مختصر به نحوه محاسبه سطح مقطع سیستم‌های راهگاهی با استفاده از نسبت‌های راهگاهی پرداخته می‌شود.

به‌طور کلی تعیین و محاسبهٔ سطح مقطع راهگاه بارریز، کانال اصلی و کانال‌های فرعی یکی از مهم‌ترین مباحث مورد بحث در طراحی و ساخت قطعات ریخته‌گری می‌باشد. به‌طور کلی این امر در مورد قطعات بزرگ اهمیت زیادتری داشته که بدون در نظر گرفتن اصول آن، ریختن مذاب و تولید قطعات سالم ریختگی غیرممکن است. بنابراین در این قسمت بحث بر تعیین سطح مقطع‌های سیستم راهگاهی استوار است و مسائل مربوط به هیدرولیک سیستم راهگاهی در سال‌های آینده مطالعه خواهد شد. در شکل زیر مقاطع مختلف سیستم راهگاهی نشان داده شده است.



شکل ۲۱

الف) A_s: سطح مقطع راهگاه بارریز است که معمولاً به‌صورت شکل‌های دایره، بیضی، مربع و مستطیل می‌باشد.

ب) A_r: سطح مقطع کانال اصلی است که معمولاً به‌صورت شکل‌های مستطیل، مثلث، ذوزنقه و نیم‌دایره می‌باشد.

ج) A_g: مجموع سطح مقاطع کانال‌های فرعی است که مستقیماً به قالب مرتبط می‌شوند. درصورتی که تمامی آنها هم‌شکل و هم ارز بوده و تعدادشان معلوم و با n نمایش داده شوند می‌توان اندازه مجموع آنها را محاسبه نمود. که معمولاً اشکال آنها مانند شکل‌های سطح مقطع کانال اصلی می‌باشد.

نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی

محاسبه و تجربه‌های متعدد نشان داده است که برای عملی شدن یا بهتر نمودن مذاب‌ریزی باید نسبت‌های معینی بین سطح مقطع‌های سیستم راهگاهی وجود داشته باشد به عبارت ریاضی باید:

$$A_s:A_r:A_g = a:b:c$$

مقادیر a، b و c بستگی به جنس مذاب و نوع قالب و عوامل متعدد دیگری دارد. در جدول زیر نسبت‌های راهگاهی مربوط به برخی از فلزات و آلیاژهای صنعتی آورده شده است.

جدول ۲ــ نسبت‌های راهگاهی مربوط به فلزات و آلیاژهای صنعتی

فلز یا آلیاژ	نوع سیستم	نسبت راهگاهی متداول $A_s:A_r:A_g$
فولاد	غیرفشاری غیرفشاری فشاری غیرفشاری —	۱:۲:۱/۵ ۱:۳:۳ ۱:۱:۰/۷ ۱:۲:۲ ۱:۱:۱
چدن خاکستری	غیرفشاری فشاری	۱:۴:۴ ۱:۱/۳:۱/۱
آلومینیوم	غیرفشاری فشاری غیرفشاری	۱:۲:۲ ۱:۲:۴ ۱:۴:۴
برنج (آلیاژ مس ـ روی)	— غیرفشاری	۱:۱:۱ ۱:۱:۳

نکته

لازم به ذکر است که نسبت‌های داده شده در جدول بالا تنها در شرایط خاصی (نظیر نوع قطعه ریختگی، نوع آلیاژ، روش‌های ذوب، نوع قالب و...) مورد استفاده قرار می‌گیرند. یعنی برای یک مورد خاص با مراجعه به جدول‌های موجود در منابع و کتاب‌های ریخته‌گری می‌توان اندازه‌های مطلوب را به‌دست آورد.

مثال: درصورتی‌که نسبت سطح مقطع‌های یک سیستم راهگاهی $A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ باشد و مجموع سطوح مقاطع کانال‌های فرعی $۶۵۰\ mm^۲$ باشد، سطح مقطع و قطر راهگاه بارریز را محاسبه کنید.

حل: داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$A_s = ?$ $d = ?$	$A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ $A_g = ۶۵۰\ mm^۲$

با توجه به نسبت‌های راهگاهی داده شده می‌توان چنین نوشت:

$A_s:A_g = ۱:۴$ یا $\frac{A_s}{A_g} = \frac{۱}{۴} = \frac{A_s}{۶۵۰}$

سطح مقطع راهگاه بارریز

$\Rightarrow A_s = \frac{۶۵۰ \times ۱}{۴} = ۱۶۲/۵ mm^۲$

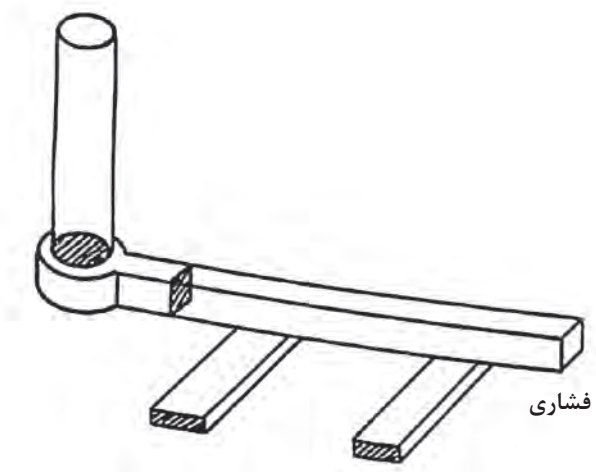
$A_s = \frac{d^۲\pi}{۴} = ۱۶۲/۵ = \frac{d^۲\pi}{۴} \Rightarrow d^۲ = \frac{۱۶۲/۵ \times ۴}{۳/۱۴} = ۲۰۷/۰۰۶$

$d = \sqrt{۲۰۷/۰۰۶} \Rightarrow d = ۱۴/۳۸ mm$ قطر راهگاه بارریز

فعالیت کلاسی

در مثال فوق چنانچه نسبت راهگاهی $A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$ برقرار باشد، سطح مقطع کانال اصلی را محاسبه کنید.

مثال: در سیستم راهگاهی فشاری نشان داده شده در شکل ۲۲، درصورتی که مجموع سطوح مقاطع راهگاهی فرعی $۳۵۰ mm^۲$ باشد بقیه اجزای سیستم راهگاهی (سطح مقطع راهگاه بارریز و کانال اصلی) را برای نسبت داده شده زیر محاسبه کنید.



شکل ۲۲

$A_s:A_r:A_g = ۴:۸:۳$

حل: داده‌ها و خواسته‌ها:

خواسته‌ها	داده‌ها
$A_s = ?$ $A_r = ?$	$A_s:A_r:A_g = ۴:۸:۳$ $A_g = ۳۵۰\,mm^۲$

$$\frac{A_s}{A_g} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{A_s}{۳۵۰} = \frac{۴}{۳}$$

سطح مقطع راهگاه بارریز $A_s = \frac{۳۵۰ \times ۴}{۳} = ۴۶۶/۶۶\,mm^۲$

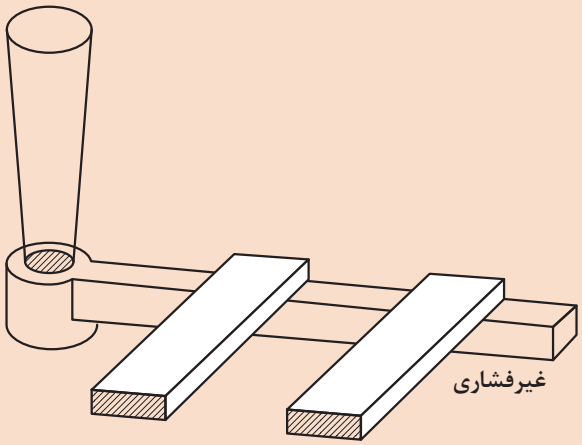
$$\frac{A_g}{A_r} = \frac{۳}{۸} \Rightarrow \frac{۳۵۰}{A_r} = \frac{۳}{۸}$$

$$A_r = \frac{۳۵۰ \times ۸}{۳} = ۹۳۳/۳۳\,mm^۲$$

فعالیت کلاسی

در سیستم راهگاهی غیرفشاری نشان داده شده در صورتی که سطح مقطع راهگاه اصلی $۴۶۶mm^۲$ باشد، بقیه اجزای سیستم راهگاهی (سطح مقطع راهگاه بارریز و مجموع سطوح مقاطع راهباره‌ها) را برای نسبت داده شده زیر محاسبه کنید.

$A_s:A_r:A_g = ۱:۲:۴$



شکل ۲۳

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان ۴: محاسبات فنی	کاربرد محاسبات فنی در تولید قطعات فلزی	محاسبه و تحلیل تولید قطعات فلزی براساس استاندارد	بالاتر از حد انتظار	محاسبه و تحلیل جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی، آلیاژسازی و سطح مقطع سیستم راهگاهی و نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی	۳
			در حد انتظار	محاسبه جرم قطعه ریختگی به کمک نقشه فنی، محاسبه آلیاژسازی و سطح مقطع سیستم راهگاهی و نسبت‌های سطوح مقاطع سیستم راهگاهی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	محاسبه سطح حجم،جرم و وزن	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

پودمان ۵

فرایندهای تولید قطعات صنعتی



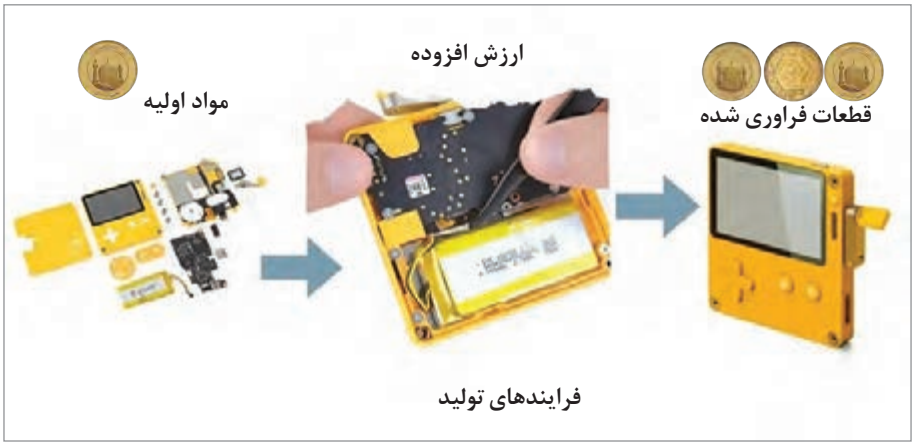
تولید چیست؟

تولید را می‌توان به فرایند تبدیل مواد اولیه (خام)، قطعات و اجزا به محصولات نهایی (قطعات فراوری شده) در مقیاس بزرگ با استفاده از انرژی، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، ابزار و فرایندهای تولیدی تعریف کرد (شکل ۱) این تبدیل از طریق تغییر در هندسه، خواص و ظاهر مواد اولیه صورت می‌گیرد.



شکل ۱

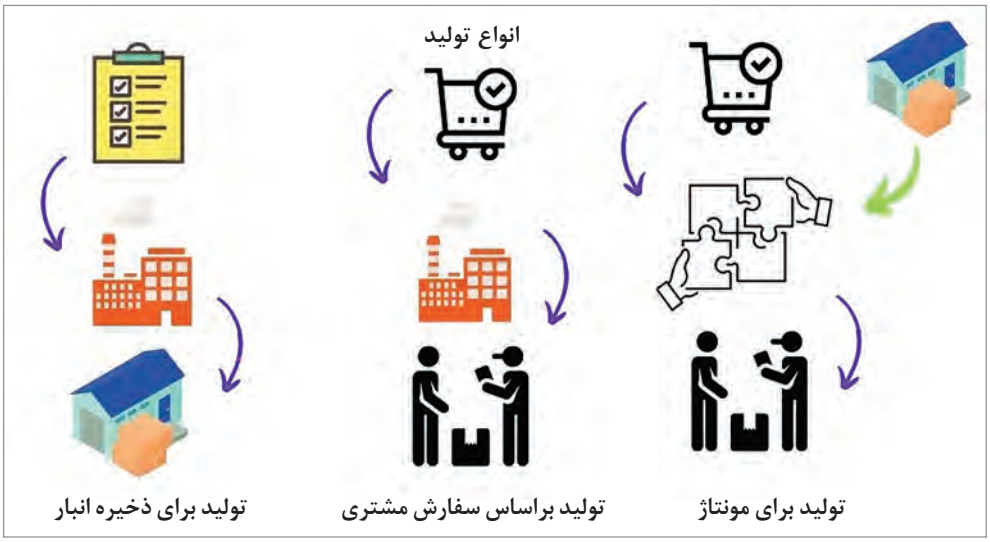
محصولات مهندسی معمولاً از ترکیبی از مواد مختلف مانند سیم‌ها، باتری‌ها، بوردهای کنترل الکترونیکی و پورت‌های شارژ تشکیل می‌شوند. از این رو تولید، شامل مونتاژ این عناصر برای ایجاد محصول نهایی نیز می‌شود. از نظر اقتصادی، تولید را می‌توان به تبدیل اقتصادی مواد به اقلام با ارزش بالاتر از طریق یک یا چند فرایند و مونتاژ تعریف کرد (شکل ۲). نکته اساسی این است که تولید می‌تواند با تغییر شکل، نسبت‌ها و عملکرد مواد اولیه یا عناصر، ارزش افزوده ایجاد کند تا نیازهای مصرف‌کنندگان را برآورده سازد.



شکل ۲

دلایل تولید

تولید برای سه منظور انجام می‌شود: ۱ تولید برای ذخیره انبار، ۲ تولید بر اساس سفارش مشتری و ۳ تولید برای مونتاژ. (شکل ۳)



شکل ۳

تولید برای ذخیره انبار

تولید برای ذخیره انبار موجودی، یک سازوکار رایج است که کسب وکارها برای تطبیق موجودی با تقاضای پیش‌بینی شده مصرف‌کننده، به‌کار می‌گیرند. به عنوان مثال، یک شرکت تولیدی، تقاضای مصرف‌کننده برای محصول مشخصی را تخمین می‌زند و برای تأمین آن تقاضای تخمینی، محصول را تولید و در انبار ذخیره می‌کند.

تولید بر اساس سفارش مشتری

این نوع تولید معمولاً تنها پس از سفارش و خرید محصول توسط مصرف‌کننده آغاز می‌شود. مزایای این نوع تولید، شامل سفارشی‌سازی برای مشتری، پیشگیری از اتمام و کاهش موجودی کالاهای نهایی و کاهش اضافه تولید و هزینه‌های کلی است.

تولید برای مونتاژ

تولید برای مونتاژ، یک الگوی تجاری است که در آن محصولات معمولاً پس از تأیید سفارش، به‌سرعت از قطعات موجود در انبار مونتاژ و تولید می‌شوند. این نوع تولید، ترکیبی از روش‌های تولید براساس سفارش مشتری و تولید برای ذخیره و انبار است.

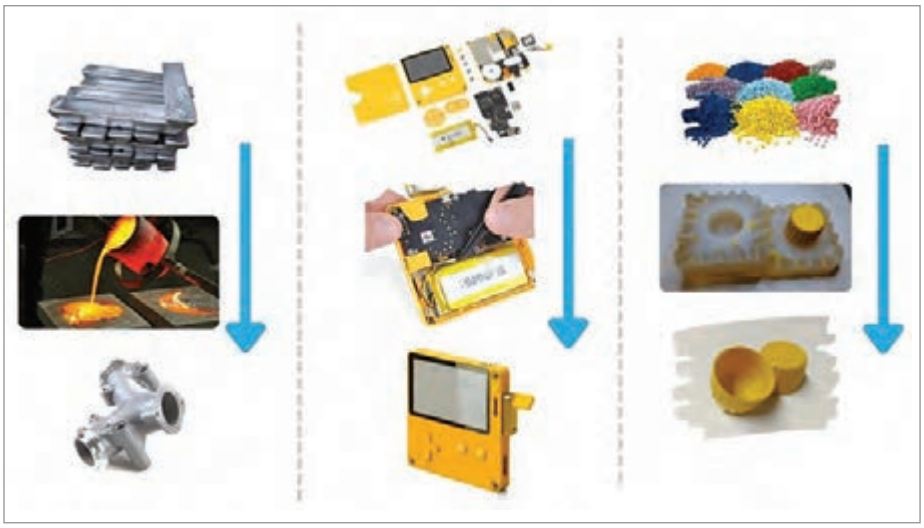
انواع محصولات تولیدی

محصولات تولیدی به دو دسته کالاهای مصرفی و کالاهای سرمایه‌ای تقسیم می‌شوند. همان‌طور که از نام آنها پیداست، کالاهای مصرفی، محصولاتی هستند که برای فروش مستقیم به مشتری تولید می‌شوند، مانند تلفن هوشمند، لپ‌تاپ، تلویزیون، لوازم خانگی. درحالی که کالاهای سرمایه‌ای اقلامی هستند که شرکت‌ها و کسب و کارها برای تولید محصولات برای مصرف‌کنندگان یا سایر کالاهای سرمایه‌ای خریداری می‌کنند، مانند ماشین‌هایCNC، ماشین‌های قالب‌گیری و تجهیزات کارخانه‌ها. (شکل۴)



شکل ۴

فرایندهای تولید در تولید انبوه محصولات و اجزای مهندسی با ارزش افزوده مورد استفاده قرار می‌گیرند که در آنها با استفاده از فرایندهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی، می‌توان هندسه، ویژگی‌ها و ظاهر مواد اولیه را تغییر داد (شکل۵).

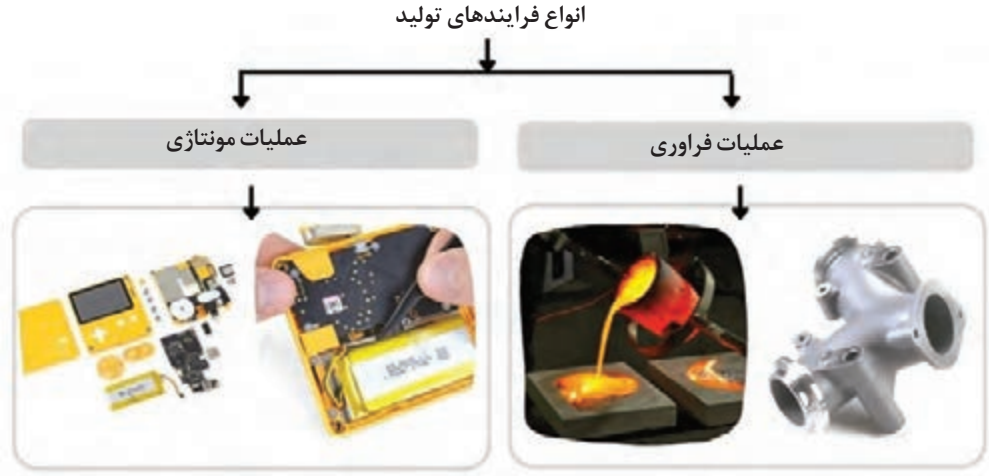


شکل ۵

انواع فرایندهای تولید

فرایندهای تولید، طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های مهم برای تولید محصولات را دربرمی‌گیرند. این فرایندها را می‌توان به‌طورکلی به دو نوع اصلی تقسیم کرد: (شکل ۶)

- عملیات فراوری
- عملیات مونتاژی



شکل ۶

عملیات فراوری

در عملیات فراوری با تغییر شکل، خواص، ظاهر و شرایط سطح قطعه، ارزش افزوده ایجاد می‌شود. فراوری می‌تواند به صورت مکانیکی، حرارتی، الکتریکی و شیمیایی باشد. به‌عنوان مثال، ماشین‌کاری یک شمش آلومینیومی برای دستیابی به قطعه موردنظر یا آندایز کردن[1] یک قطعه آلومینیومی ماشین‌کاری شده، یک عملیات فراوری محسوب می‌شوند.

اگرچه عملیات فراوری بیشتر بر روی اجزای مجزا انجام می‌شود، ولی گاهی اوقات قطعات مونتاژ شده، مانند سازه‌های ورق فلزی جوشکاری شده، نیاز به فراوری‌هایی مانند اعمال پوشش دارند و یا، فرایندهای شکل‌دهی نزدیک به‌شکل نهایی، مانند ریخته‌گری در ماسه یا ریخته‌گری دقیق، نیاز به ماشین‌کاری برای ایجاد ویژگی‌هایی مانند رزوه‌ها، شیارها و سوراخ‌ها دارند. شکل۷ پنج گروه عملیات فراوری با زیر گروه‌ها و فرایندهای مرسوم را نشان می‌دهد.

۱ـ آندایزکردن فرایندی الکتریکی و شیمیایی برای ایجاد یک لایه اکسیدی محافظ بر سطح قطعه، به‌منظور افزایش مقاومت در برابر خوردگی، سایش و بهبود ظاهر آن است.



شکل ۷ ــ پنج گروه اصلی عملیات فراوری با زیر گروه‌ها و فرایندهای مرسوم

فرایندهای ریخته‌گری



الف)شمش



ب)قطعه ریختگی

شکل ۸

ریخته‌گری فلزات فرایندی است که در آن فلز مذاب با استفاده از نیروی جاذبه یا فشار به داخل قالب هدایت می‌شود و پس از انجماد، «قطعه ریخته‌گری» تولید می‌شود. روش‌های مختلفی برای ریخته‌گری وجود دارد، مانند ریخته‌گری در ماسه، ریخته‌گری تحت فشار و ریخته‌گری دقیق، که این فرایند را به یکی از متنوع‌ترین فرایندهای تولید تبدیل کرده است. ریخته‌گری می‌تواند شکل‌های پیچیده قطعات با هندسه‌های متفاوت داخلی و خارجی تولید کند. قدمت ریخته‌گری به ۶۰۰۰ سال پیش بازمی‌گردد. از لحاظ تاریخی، از این فرایند برای ساخت قطعات پیچیده و بزرگ استفاده می‌شده است که تولید آنها با فرایندهای دیگر دشوار یا پرهزینه بوده است. قطعات ریخته‌گری از کمتر از یک سانتی‌متر و یک گرم (مانند دندانه‌های جداگانه روی زیپ) تا بیش از ۱۰ متر و چندین تن (مانند پروانه‌های عظیم و قاب‌های عقب کشتی‌های اقیانوس‌پیما) متغیر هستند. علاوه بر این، فرایندهای ریخته‌گری زمانی که تولید شامل شکل‌های پیچیده، قطعات دارای بخش‌های توخالی یا حفره‌های داخلی، قطعاتی که حاوی سطوح منحنی نامنظم هستند (به جز آنهایی که می‌توانند از ورق فلزی نازک ساخته شوند)، قطعات بسیار بزرگ یا قطعات ساخته شده از فلزاتی که ماشین‌کاری آنها دشوار است، مزایای متمایزی دارند.

در درجه اول، ریخته‌گری برای تولید شمش‌ها با شکل‌های مختلف استفاده می‌شود. شمش، یک محصول ریختگی با شکل ساده است که برای فرایند بعدی، مانند نورد، اکستروژن و یا آهنگری، به‌کار گرفته می‌شود (شکل ۸ الف). ریخته‌گری می‌تواند برای تولید قطعات ریختگی نزدیک به شکل نهایی یا با شکل نهایی استفاده شود (شکل ۸ ب). در ریخته‌گری قطعات با شکل نهایی، هیچ عملیات تولیدی اضافی برای دستیابی به هندسه و ابعاد مورد نیاز قطعات لازم نیست. سایر فرایندهای ریخته‌گری، قطعات نزدیک به شکل نهایی تولید می‌کنند که نیاز به برخی فرایندهای شکل‌دهی دیگر، معمولاً ماشین‌کاری، برای ایجاد رزوه‌ها، شیارها و یا سوراخ‌ها دارند.

انواع روش‌های ریخته‌گری فلزات

ریخته‌گری فلزات بر اساس نوع قالب، به دو گروه ریخته‌گری در قالب موقت و ریخته‌گری در قالب دائمی تقسیم می‌شود. به‌علاوه، ریخته‌گری را می‌توان بسته به جنس مدل به گروه‌های دیگری به‌صورت زیر تقسیم کرد:

- ریخته‌گری در قالب دائمی (ریخته‌گری تحت فشار، ریخته‌گری ثقلی و ریخته‌گری گریز از مرکز)
- ریخته‌گری در قالب یکبار مصرف با مدل‌های نابودشونده (ریخته‌گری دقیق و ریخته‌گری مدل فومی)
- ریخته‌گری در قالب یکبار مصرف با مدل‌های دائمی (ریخته‌گری در ماسه، قالب‌گیری سرامیکی و قالب‌گیری پوسته‌ای)،
- ریخته‌گری در قالب ترکیبی

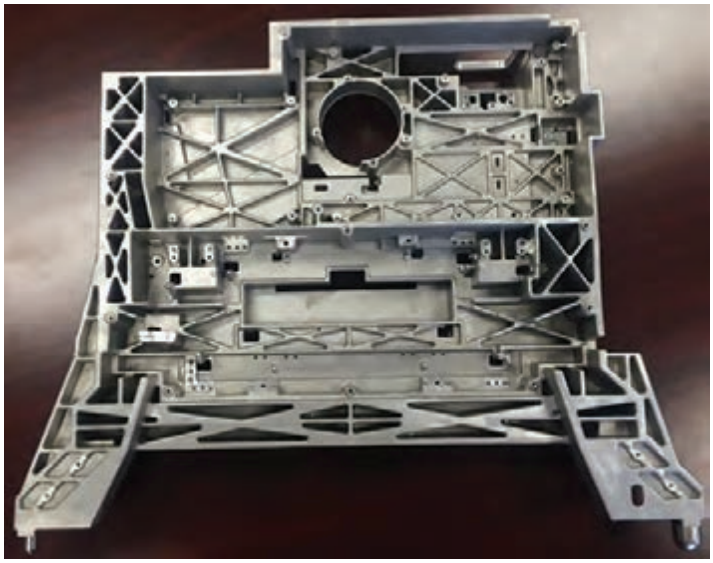
قبل از انتخاب روش ریخته‌گری مناسب برای طراحی محصول نهایی، لازم است موارد زیر را در نظر گرفت:

- شکل و اندازه قطعه
- میزان دقت نهایی قطعه
- مقدار فلز مورد نیاز
- جنس فلز

ریخته‌گری در ماسه، ریخته‌گری تحت فشار و ریخته‌گری دقیق از جمله روش‌های پرکاربرد در صنعت هستند.

ریخته‌گری در قالب موقت

در فرایندهای ریخته‌گری در قالب موقت از قالب‌هایی استفاده می‌شود که فقط برای یک بار ریخته‌گری قابل استفاده هستند. پس از انجماد فلز، قالب شکسته می‌شود تا قطعه ریخته‌گری خارج شود. اگرچه این فرایندها ممکن است به‌نظر مقرون به صرفه نباشد، اما از مزایای متمایزی برخوردارند، به ویژه برای قطعات بزرگ یا شکل‌های پیچیده یا زمانی که فقط تعداد کمی قطعه مورد نیاز است. علاوه بر این، برخی از فرایندهای ریخته‌گری در قالب موقت می‌توانند سطوحی با کیفیت بسیار بالا (شکل۹) نیز تولید کنند.



شکل ۹ـ قاب دستگاه کپی از جنس آلیاژ آلومینیوم A356 ریخته گری شده در قالب موقت

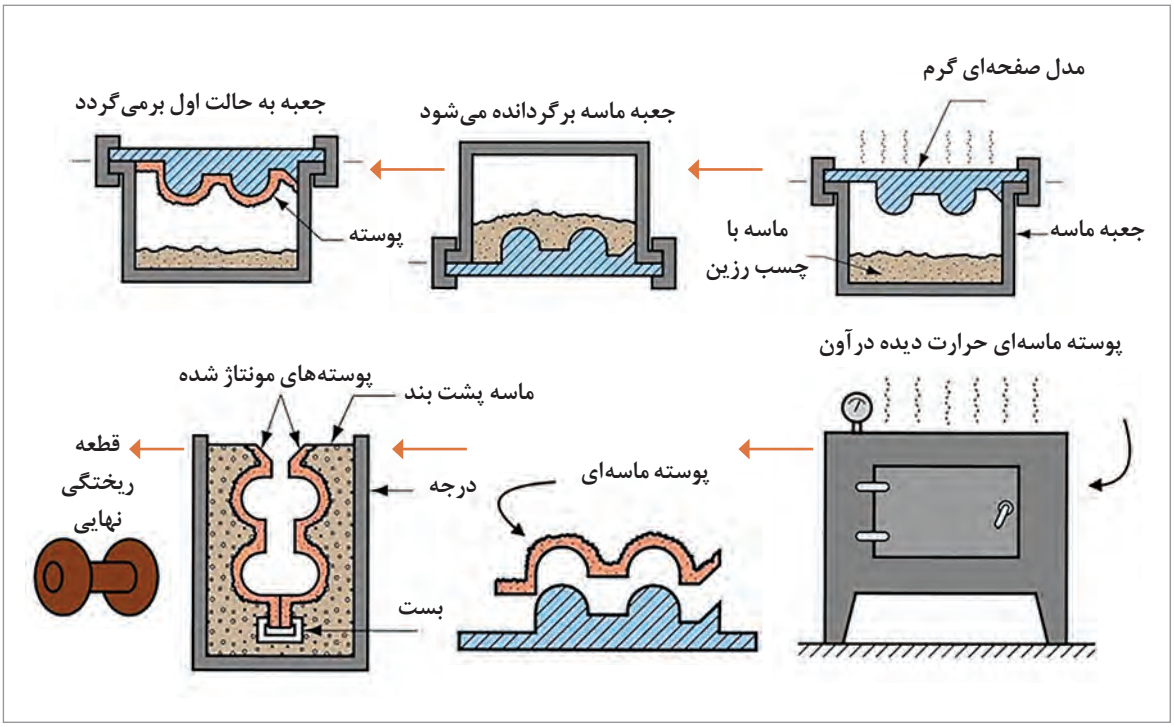
ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای

ریخته‌گری در ماسه رایج‌ترین فرایند ریخته‌گری در قالب موقت است. این فرایند شامل قرار دادن یک مدل (که معمولاً از مدل‌های دائمی و به شکل قطعه ریخته‌گری مورد نظر است) در ماسه برای ایجاد یک حفره در قالب ماسه‌ای است. سپس فلز مذاب در حفره قالب ریخته می‌شود. پس از انجماد فلز، قالب شکسته می‌شود تا قطعه ریخته‌گری خارج شود. ماسه مورد استفاده در این روش، معمولاً مخلوطی از ماسه سیلیسی (SiO_2)، خاک رس و آب است. خاک رس به‌عنوان چسب عمل می‌کند و ذرات ماسه را در کنار هم نگه می‌دارد. آب

برای مرطوب کردن خاک رس و فعال کردن خواص چسبندگی آن اضافه می‌شود. انواع مختلفی از ماسه ریخته‌گری مانند ماسه تر (ماسه مرطوب)، ماسه خشک (ماسه‌ای که حرارت داده شده تا رطوبت آن خارج شود) و ماسه شیمیایی (ماسه‌ای که با چسب‌های شیمیایی پیوند خورده است) وجود دارد. انتخاب نوع ماسه به اندازه و پیچیدگی قطعه ریخته‌گری، نوع فلز مورد استفاده و سرعت تولید مورد نظر بستگی دارد.

ریخته‌گری در قالب پوسته‌ای

در قالب‌گیری پوسته‌ای، از یک قالب پوسته‌ای نازک با ضخامت تقریبی ۵ تا ۱۰ میلی‌متر استفاده می‌شود. این قالب از ماسه به همراه یک رزین گرماسخت[1] به‌عنوان چسب ساخته می‌شود. این فرایند می‌تواند قطعات ریخته‌گری با دقت ابعادی و کیفیت سطح عالی تولید کند. شکل ۱۰ فرایند معمول قالب‌گیری پوسته‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ فرایند قالب‌گیری پوسته‌ای

۱ــ این رزین (چسب) در اثر حرارت سخت می‌شود.

مراحل فرایند ریخته‌گری در قالب‌گیری پوسته‌ای

۱ یک صفحه مدل فلزی گرم شده یا مدل فلزی دو تکه، روی یک جعبه ماسه مخلوط با رزین گرماسخت قرار می‌گیرد.

۲ جعبه وارونه می‌شود تا ماسه و رزین روی مدل داغ بریزند. در نتیجه، مخلوط نیمه پخته شده ایجاد و تشکیل یک پوسته سخت روی سطح مدل را می‌دهد.

۳ جعبه دوباره در موقعیت اولیه قرار می‌گیرد تا ذرات سست و نپخته جدا شوند.

۴ پوسته ماسه‌ای به مدت چند دقیقه در آون پخته می‌شود.

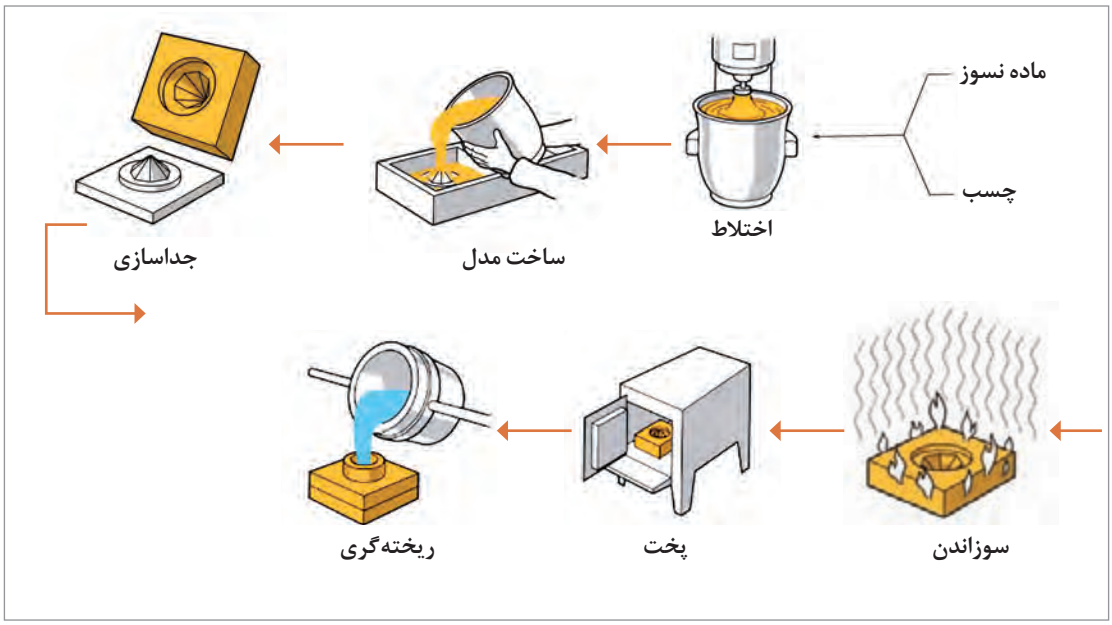
۵ قالب پوسته‌ای از مدل جدا می‌شود.

۶ دو نیمه قالب پوسته‌ای، مونتاژ شده و در داخل یک جعبه با پشت بند ماسه، محکم شده و سپس فلز مذاب داخل آن ریخته می‌شود.

۷ قطعه نهایی ریخته‌گری شده بدون سیستم راهگاهی به‌دست می‌آید.

ریخته‌گری در قالب سرامیکی

ریخته‌گری در قالب سرامیکی، بسیار شبیه به ریخته‌گری در ماسه یا گچ است، با این تفاوت که قالب از جنس مواد سرامیکی نسوز ساخته می‌شود (شکل ۱۱). قالب سرامیکی در مقایسه با قالب گچی، دمای بالاتری را تحمل می‌کند. از این‌رو، از این روش برای ریخته‌گری فلزاتی مانند فولادها، چدن‌ها و سایر آلیاژهای با نقطه خوب بالا استفاده می‌شود. این فرایند می‌تواند قطعات ریخته‌گری با دقت ابعادی و کیفیت سطح عالی تولید کند.



شکل ۱۱ــ ریخته‌گری در قالب سرامیکی

ریخته‌گری با مدل یونولیتی نابودشونده

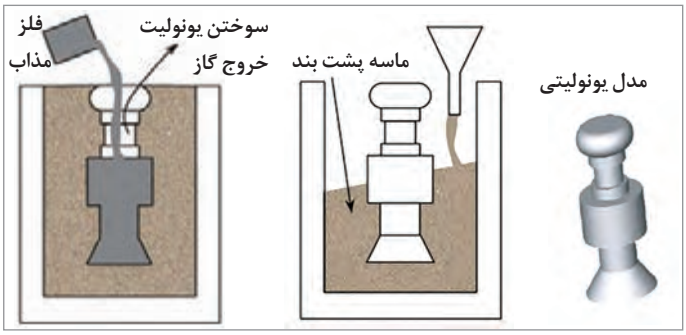
در ریخته‌گری با مدل یونولیتی نابودشونده ، از یک مدل از جنس نابودشونده یونولیتی برای ایجاد فضای خالی در قالب ماسه‌ای استفاده می‌شود. هنگامی که فلز مذاب به‌داخل قالب ریخته می‌شود، مدل تبخیر می‌شود. این فرایند برای تولید قطعات پیچیده مناسب است.

مراحل فرایند ریخته‌گری با مدل یونولیتی نابودشونده (شکل ۱۲)

۱ مدل یونولیتی با یک دوغاب نسوز پوشش داده می‌شود.

۲ مدل یونولیتی سپس در جعبه قالب قرار می‌گیرد و ماسه در اطراف آن فشرده می‌شود.

۳ مدل در اثر حرارت فلز مذاب ریخته شده تبخیر می‌شود و مذاب قالب را پر می‌کند.

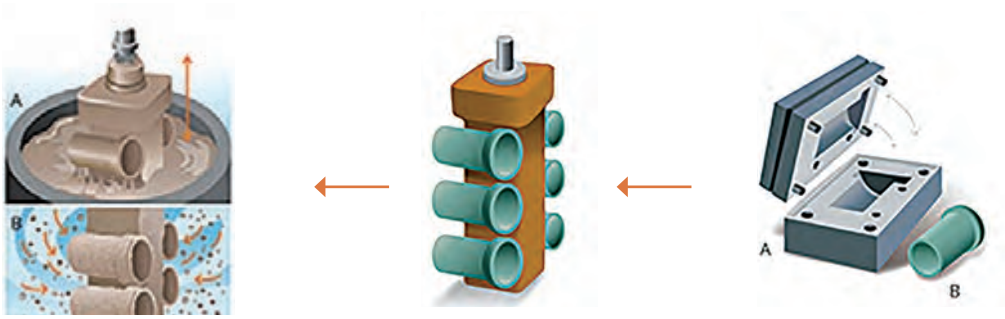




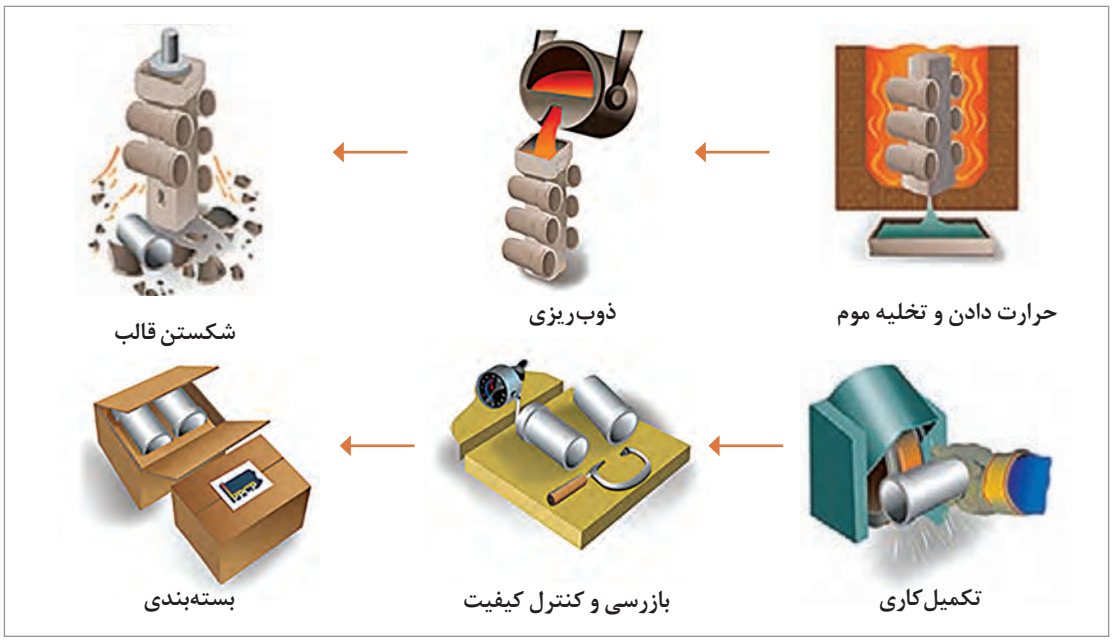
شکل ۱۲ــ ریخته‌گری مدل یونولیتی نابودشونده

ریخته‌گری دقیق

ریخته‌گری دقیق نوعی ریخته‌گری در ماسه است که از مدل‌های یکبار مصرف ساخته شده از موم یا پلاستیک استفاده می‌کند. پوسته‌ای از جنس سرامیک با غوطه‌وری مدل در دوغاب سرامیکی و پاشش ماسه تشکیل می‌شود. مدل مومی با حرارت دادن پوسته سرامیکی، ذوب و تخلیه می‌شود و یک حفره قالب ایجاد می‌شود. سپس فلز مذاب در حفره قالب ریخته می‌شود (شکل ۱۳) این فرایند اغلب برای قطعات پیچیده یا قطعاتی که نیاز به دقت ابعادی و کیفیت سطح عالی دارند، استفاده می‌شود (شکل ۱۳).



ساخت مدل مومی — ساخت خوشه — دوغاب‌دهی و ماسه‌پاشی



شکل ۱۳ــ فرآیند ریخته‌گری دقیق

شکل ۱۴ قالب فلزی ساخت مدل مومی، خوشه مومی، قالب سرامیکی ساخته شده و قطعات تولید شده صنعتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ــ تصویر قالب و خوشه ریخته‌گری دقیق

ریخته‌گری در قالب دائمی

در این روش ریخته‌گری از قالب‌های دائمی استفاده می‌شود که پس از هر چرخه تولید، دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه ریخته‌گری در قالب دائمی به دلیل استفاده دوباره از همان قالب، قطعات تکرارپذیر تولید می‌کند، اما فقط می‌تواند قطعات ساده را تولید کند زیرا قالب باید برای خارج کردن قطعات باز شود.

در فرایند ریخته‌گری در قالب دائمی، از چدن خاکستری، چدن آلیاژی، فولاد، برنز، گرافیت یا مواد دیگر برای ساخت قالب استفاده می‌شود. این قالب‌ها اغلب دو تکه و دارای لولا هستند تا امکان باز و بسته شدن سریع و دقیق آنها فراهم شود. در این فرایند، پس از پیش‌گرم کردن، یک پوشش نسوز بر روی قالب اعمال

و قالب بسته می‌شود. سپس فلز مذاب در اثر وزن خود یا تحت فشار به داخل حفره قالب، جریان می‌یابد. پس از انجماد، قالب باز و قطعه ریخته شده خارج می‌شود. از آنجایی که گرمای حاصل از ریخته‌گری قبلی معمولاً برای حفظ دمای قالب کافی است، این فرایند می‌تواند بلافاصله تکرار شود، به‌طوری که یک پوشش نسوز می‌تواند برای چند مرتبه ریخته‌گری استفاده شود. آلیاژهای پایه آلومینیوم، منیزیم، روی، سرب و مس، فلزاتی هستند که بیشتر در این روش ریخته‌گری می‌شوند. اگر از گرافیت به عنوان جنس قالب استفاده شود، می‌توان قطعات چدنی و فولادی را نیز تولید کرد. از مزایای این فرایند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تولید قطعات با شکل‌های نزدیک به شکل نهایی که نیاز به ماشین‌کاری نهایی کمی دارند؛
- دقت ابعادی از قطعه‌ای به قطعه دیگر ثابت است؛
- انجماد جهت‌دار را می‌توان از طریق طراحی مناسب به‌دست آورد و می‌توان آن را با گرم کردن یا سرد کردن قسمت‌های مختلف قالب یا با تغییر ضخامت دیواره قالب، تقویت کرد.
- سرعت خنک‌کنندگی سریع‌تر قالب فلزی، ساختار قطعه را ظریف‌تر و دانه‌بندی آن را ریزتر می‌کند.

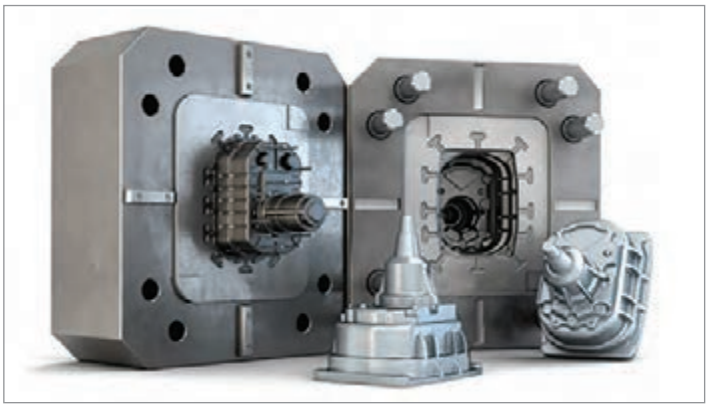
در نتیجه معمولاً قطعه ریخته‌گری حاصل از این فرایند، سالم و بدون عیب با خواص مکانیکی بالاتر نسبت به فرایند ریخته‌گری در ماسه است.

فعالیت کلاسی

از هر روش ریخته‌گری در قالب موقت، سه نمونه از قطعات تولیدی را جست‌وجو کنید و با کمک هنرآموز خود در رابطه با ویژگی هرکدام بحث کنید.

ریخته‌گری تحت فشار

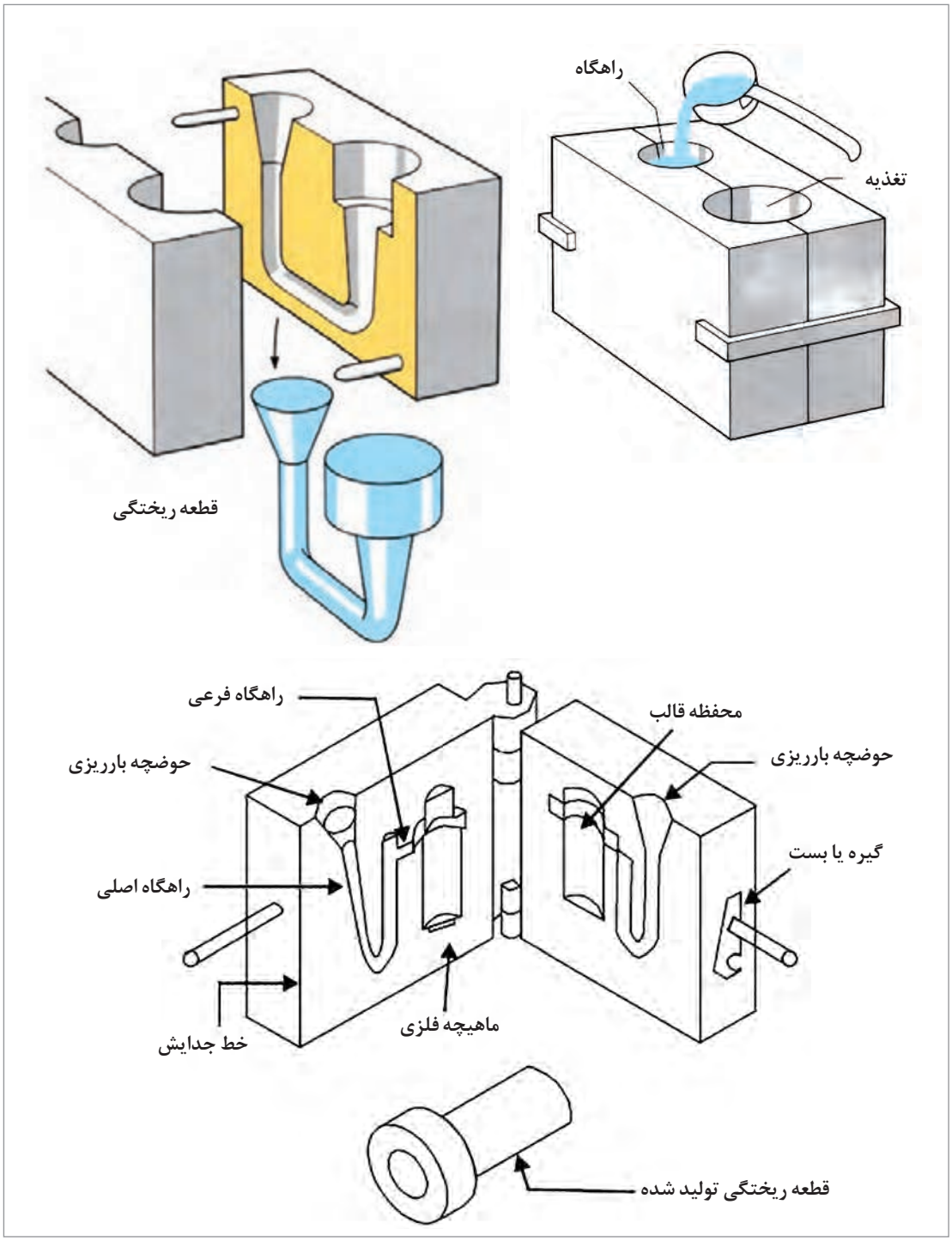
ریخته‌گری تحت فشار یک روش ریخته‌گری در قالب دائمی است که در آن فلز مذاب به داخل «قالب» فشرده می‌شود و در آنجا به‌صورت یک قطعه فلزی جامد می‌شود. (شکل ۱۵)



شکل ۱۵ــ قالب ریخته‌گری تحت فشار

ریخته‌گری ثقلی در قالب فلزی

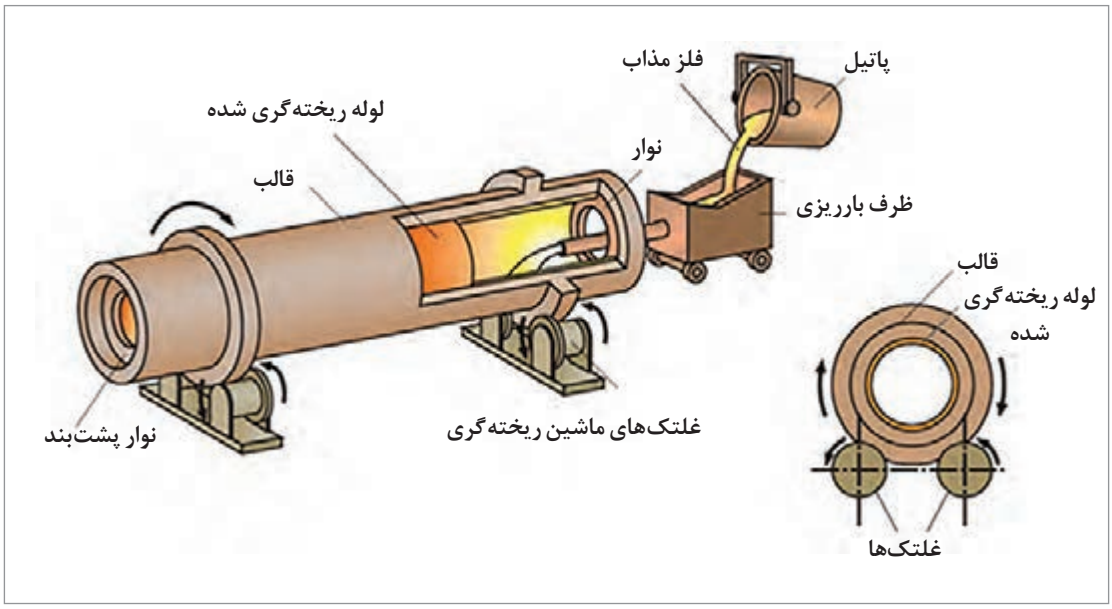
در ریخته‌گری ثقلی، فلز مذاب فقط تحت نیروی وزن خود به داخل قالب ریخته می‌شود.



شکل ۱۶

ریخته‌گری گریز از مرکز

ریخته‌گری گریز از مرکز به روش‌های ریخته‌گری متعددی اشاره دارد که از نیروهای گریز از مرکز چرخشی برای انتقال فلز مذاب به قسمت‌های پیرامونی یک حفره قالب دایره‌ای استفاده می‌کنند که در آن فلز جامد می‌شود و محصول را تشکیل می‌دهد (شکل۱۶).



شکل ۱۷ـ ریخته‌گری گریز از مرکز

فعالیت گروهی

سه نمونه از قطعات تولیدی با هریک از فرایندهای ریخته‌گری در قالب دائمی را جستجو و در رابطه با ویژگی‌های هر یک، با هنرآموز محترم بحث کنید.

کاربرد و ویژگی‌های فرایندهای ریخته‌گری

تقریباً هر محصول مهندسی در صنایع مختلف، از خودروسازی، ماشین‌آلات، پزشکی، لوازم خانگی، حمل و نقل، پتروشیمی، هوافضا، دفاعی و هنری، با استفاده از قطعات فلزی ساخته می‌شوند که به احتمال زیاد با استفاده از یکی از فرایندهای ریخته‌گری تولید شده‌اند. مثال‌هایی از قطعات ریخته‌گری عبارت‌اند از، بلوک‌های موتور خودرو، میل‌لنگ، پوسته ابزارهای برقی مانند دریل‌های ستونی، ابزارها و تجهیزات جراحی، قطعات اجاق گاز و ماشین لباس‌شوئی، چرخ قطار، لوله و اتصالات، پره‌های توربین و مجسمه‌های فلزی . این فرایند تولیدی قدیمی با گذشت زمان، دقت و کیفیت‌های خود را بهبود بخشیده است.

تحقیق کنید

در مورد نقش فرایندهای ریخته‌گری در صنعت بازیافت تحقیق کنید.

جدول ۱ فرایندهای مختلف ریخته‌گری را از نظر مزایا و معایب مقایسه کرده است.

جدول ۱ــ مقایسه فرایندهای ریخته‌گری

فرایند	مزایا	معایب
ریخته‌گری در ماسه	گستردگی انتخاب مواد، عدم محدودیت در اندازه، شکل و وزن قطعه و هزینه پایین ابزار	نیاز به عملیات تکمیلی، سطح نسبتاً خشن و تلرانس‌های زیاد
ریخته‌گری پوسته‌ای	دقت ابعادی و پرداخت سطح خوب و نرخ تولید بالا	محدودیت در اندازه قطعه، مدل‌ها و تجهیزات گران قیمت
ریخته‌گری در قالب سرامیکی	شکل‌های پیچیده قطعات، دقت ابعادی بالای قطعات و کیفیت سطح خوب	محدودیت در اندازه قطعه
ریخته‌گری مدل یونولیتی نابودشونده	گستردگی انتخاب مواد، عدم محدودیت در اندازه قطعه، تولید قطعات با شکل‌های پیچیده	مدل‌های با استحکام کم وگران بودن برای تعداد کم قطعه
ریخته‌گری دقیق	تولید قطعات با شکل‌های پیچیده، کیفیت سطح عالی	محدودیت در اندازه قطعه، مدل‌ها، قالب‌ها و نیاز به نیروی متخصص
ریخته‌گری تحت فشار	دقت ابعادی و کیفیت سطح عالی، نرخ تولید بالا	هزینه بالای قالب، محدودیت در اندازه قطعه، محدود به فلزات غیرآهنی
ریخته‌گری ثقلی	نرخ تولید بالا، کیفیت خوب و حداقل هزینه راه‌اندازی	محدودیت در ریخته‌گری دیواره‌های نازک و محدودیت در شکل قطعه
ریخته‌گری گریز از مرکز	قطعات استوانه‌ای یا لوله‌ای بزرگ با کیفیت خوب و نرخ تولید بالا	تجهیزات گران قیمت و محدودیت در شکل قطعه

فلزات مناسب ریخته‌گری

اگرچه تقریباً از همه فلزات می‌توان در ریخته‌گری استفاده کرد، اما متداول‌ترین آنها چدن، فولاد، آلومینیوم، منیزیم و آلیاژهای پایه مس مانند برنج و برنز هستند. روی، آلومینیوم، منیزیم و برنج به‌طور گسترده در ریخته‌گری تحت فشار استفاده می‌شوند، درحالی که آلیاژهای آلومینیوم، برنج، چدن و فولاد از فلزات معمول در ریخته‌گری در ماسه هستند.

فرایندهای شکل‌دهی

شکل‌دهی فلزات، که گاهی اوقات به عنوان فرایند تغییر شکل شناخته می‌شود، به طیف وسیعی از فرایندهای تولیدی اشاره دارد که از تغییرشکل دائمی فلزات به‌منظور ایجاد شکل مورد نیاز استفاده می‌کنند. فلز باید به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشد تا از شکستگی یا پارگی هنگام تغییر شکل جلوگیری شود. روش‌های متنوعی برای شکل‌دهی مکانیکی فلزات توسعه یافته‌اند و روش‌های طبقه‌بندی متعددی پیشنهاد شده است.

یک روش طبقه‌بندی، فرایندهای شکل‌دهی فلزات را به اولیه و ثانویه تقسیم می‌کند. فرایندهای اولیه، شمش‌های ریخته شده را به شکل‌های میانی مانند شمشه[۱]، شمشال[۲] یا تختال[۳] تبدیل می‌کنند. فرایندهای ثانویه، این شکل‌ها را به محصولات نهایی یا میانی تبدیل می‌کنند.

روش دیگر طبقه‌بندی فرایندهای شکل‌دهی براساس دمای قطعه کار است و شامل شکل‌دهی سرد[۴] و شکل‌دهی گرم[۵]، می‌شود. امروزه با تأکید بر صرفه‌جویی در انرژی، فرایندهایی که در گذشته به‌صورت گرم انجام می‌شدند، اکنون به صورت سرد انجام می‌شوند و فرایندهای شکل‌دهی سرد اغلب می‌توانند با درجه‌ای از گرمایش بهبود یابند.

سومین روش طبقه‌بندی بر اندازه و شکل قطعه کار و نحوه تغییر آن تمرکز دارد و به فرایندهای تغییر شکل حجمی و شکل‌دهی ورق تقسیم می‌شوند. فرایند شکل‌دهی حجمی را می‌توان در تمام دماها انجام داد. انواع متداول آن عبارت‌اند از نورد، آهنگری، اکستروژن و کشش سیم، میله و لوله.

در مقابل، فرایند شکل‌دهی ورق شامل تغییر شکل ورق است که در آن ضخامت و سطح ورق نسبتاً ثابت می‌ماند و تنها ورق به شکل‌های مختلف در می‌آید. فرایندهای متداول عبارت‌اند از برش یا پانچ، خم‌کاری و کشش عمیق. به دلیل نسبت سطح به حجم زیاد، ورق تمایل به از دست دادن سریع گرما دارد و اکثر عملیات شکل‌دهی ورق به‌صورت سرد انجام می‌شود.

فرایندهای شکل‌دهی گرم برای تغییرشکل‌های زیاد حجمی استفاده می‌شود و فرایندهای شکل‌دهی سرد، عموماً برای افزایش استحکام و افزایش کیفیت سطحی به‌کار می‌روند.

۱ـ (bloom) دارای مقطع مربع یا مستطیل است که ضخامتی بیش از ۱۵ سانتی‌متر و عرضی بیش از دو برابر ضخامت ندارد.

۲ـ (billet) معمولاً کوچک‌تر از شمشه است و دارای مقطع مربع یا دایره‌ای است. بیلت‌ها معمولاً توسط نوعی فرایند تغییر شکل، مانند نورد یا اکستروژن تولید می‌شوند.

۳ـ (slab) دارای مقطع مستطیلی است که عرض آن بیش از دو برابر ضخامت است. از نورد تختال‌ها می‌توان صفحه، ورق و تسمه تولید کرد. صفحات نوردی ضخامتی بیش از ۶ میلی‌متر دارند، درحالی که ضخامت ورق و تسمه از ۰/۱ میلی‌متر تا ۶ میلی‌متر متغیر است.

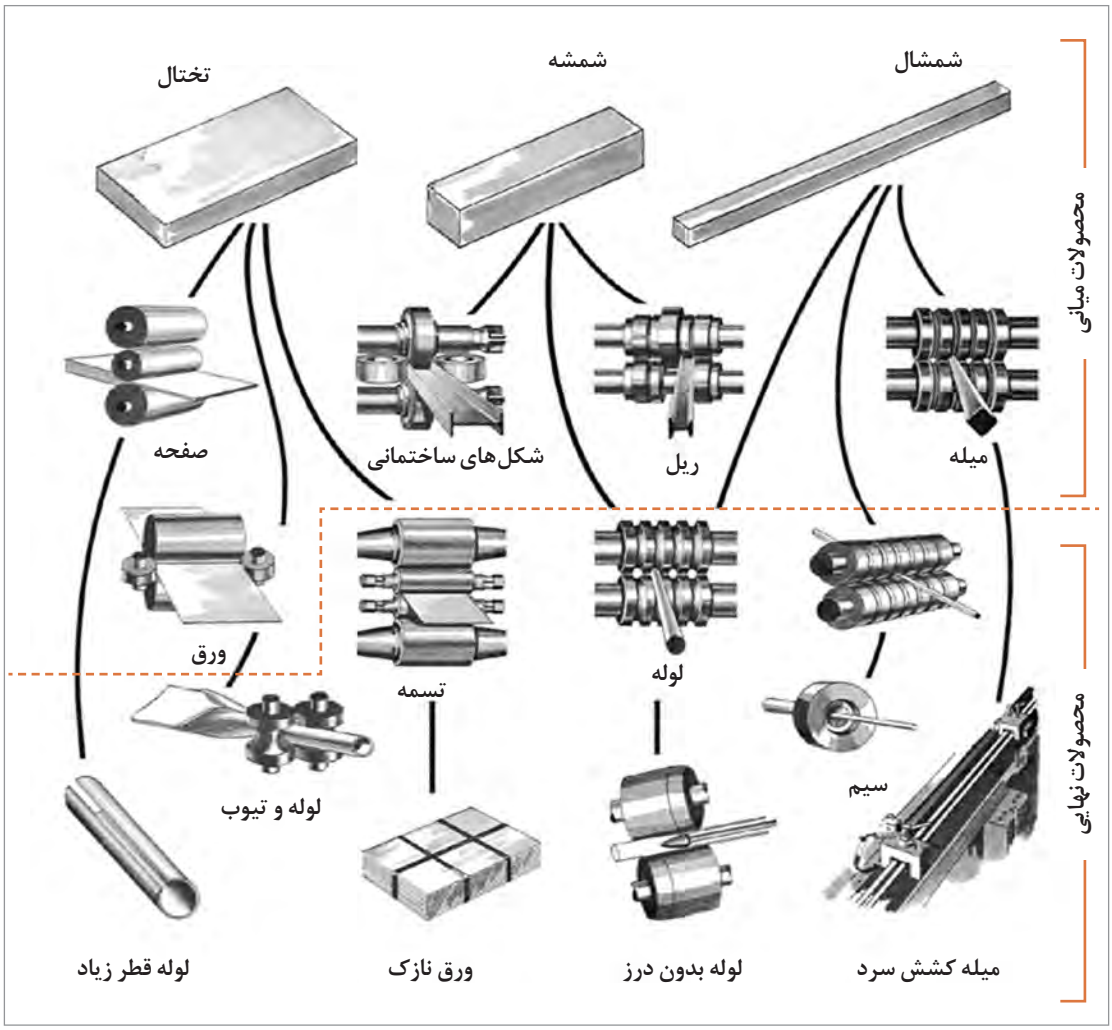
۴ـ این فرایند در دمای اتاق یا نزدیک به آن انجام می‌شود و مزایایی مانند سطح تمام‌شده بهتر و استحکام بالاتر را ارائه می‌دهد.

۵ـ در دماهای بالا، معمولاً بالاتر از نصف نقطه ذوب فلز، انجام می‌شود. این فرایند تغییر شکل را آسان‌تر می‌کند و برای شکل‌های بزرگ‌تر یا پیچیده‌تر استفاده می‌شود.

انواع روش‌های شکل دهی گرم

نورد

در فرایند نورد فلزات، قطعه فلزی از بین یک یا چند جفت غلتک عبور داده می‌شود تا ضخامت آن کاهش یابد، سطح مقطع آن تغییر یابد یا طرح[1] سطح مقطع مورد نظر حاصل شود. در عملیات نورد، تغییرشکل از طریق نیروهای فشاری اعمال شده توسط غلتک‌ها، صورت می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۱۸ نشان داده شده است، نورد اغلب اولین فرایندی است که برای تبدیل ماده اولیه به یک محصول نهایی استفاده می‌شود. ماده اولیه ضخیم (شمش) را می‌توان به شمشه، شمشال یا تختال نورد گرم کرد، یا این شکل‌ها را می‌توان مستقیماً از ریخته‌گری پیوسته به‌دست آورد.



شکل ۱۸ــ نمودار جریان تولید شکل‌های مختلف میانی و نهایی

۱- Profile

این محصولات نوردی گرم، ماده اولیه را برای فرایندهای بعدی، مانند شکل‌دهی سرد یا ماشین‌کاری تشکیل می‌دهند. ورق و تسمه را می‌توان به محصولات نهایی تبدیل یا به صورت سرد به مواد نازک‌تر یا حتی به فویل (ضخامت کمتر از ۰/۱ میلی‌متر) نورد کرد. شمشه‌ها و بیلت‌ها را می‌توان به محصولات نهایی، مانند تیرآهن یا ریل راه‌آهن، یا به شکل‌های میانی مانند میلگرد، میله یا لوله نورد کرد.

فرایندنوردددرصنعت کاربردبیشتری‌داردوتقریباً ۹۰٪ازکل‌محصولات‌فلزی‌حداقل‌یک‌عملیات‌نوردراتجربه‌می‌کنند. تجهیزات نورد و روش‌های نورد جزو فرایندهای پیشرفته هستند که می‌توانند محصولات استاندارد با کیفیت یکنواخت را با هزینه نسبتاً کم تولید کنند. از آنجایی که غلتک‌های شکل‌دهی نورد، سنگین و پرهزینه هستند، محصولات شکل‌دهی شده فقط در شکل‌ها و اندازه‌های استانداردی در دسترس هستند که تقاضای کافی برای تولید اقتصادی وجود داشته باشد. جدول ۲ نمونه‌ای از قطعات مختلف حاصل از نورد را ارائه کرده است.

فعالیت کلاسی

با کمک هنرآموز محترم و همکلاسی‌ها دماهای نورد گرم و سرد را برای فلزات فولادی، برنجی و آلومینیومی بررسی و مقایسه کنید.

جدول ۲ــ نمونه‌ای از قطعات مختلف حاصل از نورد

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	ساختمان‌سازی، خودرو وکشتی‌سازی	تیرآهن، ورق فلزی و صفحات فولادی
آلومینیوم	هوافضا، بسته‌بندی و خودرو	ورق بدنه هواپیما، فویل، قوطی‌های نوشیدنی و پنل‌های بدنه خودرو
مس	برق، ساختمان‌سازی و الکترونیک	سیم‌کشی، سقف‌سازی و بردهای مدار چاپی
برنج	محصولات تزئینی و لوله‌کشی	صفحه‌های تزئینی و اتصالات
فولاد زنگ‌نزن	فراوری مواد غذایی، پزشکی و ساختمان‌سازی	تجهیزات آشپزخانه، ابزار جراحی و نماهای ساختمان

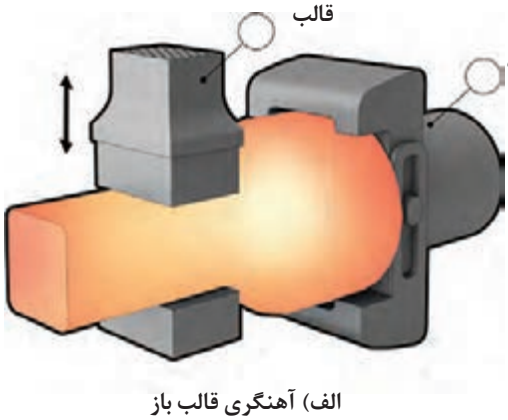
آهنگری

در آهنگری (یا فورج) تغییر شکل دائمی از طریق نیروهای فشاری موضعی اعمال شده توسط قالب‌ها ایجاد می‌شود. تجهیزات می‌توانند به شکل چکش، پرس یا ماشین‌های آهنگری باشند. تغییر شکل در آهنگری بیشتر به صورت گرم انجام می‌شود (شکل ۱۹).

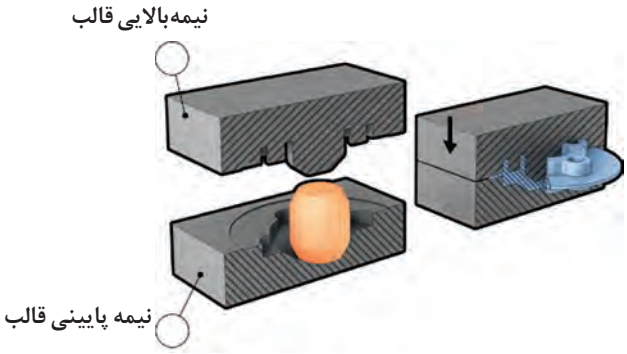
در این فرایند اندازه قطعات می‌تواند از کمتر از ۲ سانتی‌متر تا وزن بیش از ۱۷۰ تن متغیر باشد. آهنگری، خواص مکانیکی قطعه مانند استحکام را بهبود می‌بخشد و برای کاربرد در صنایع مختلف مناسب است.



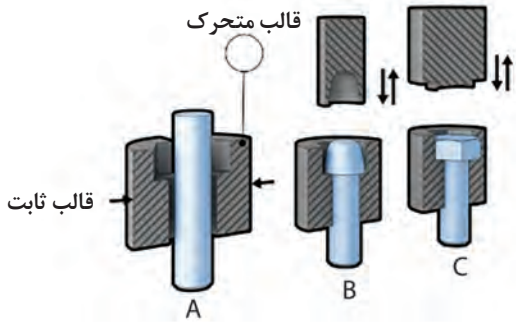
شکل ۱۹



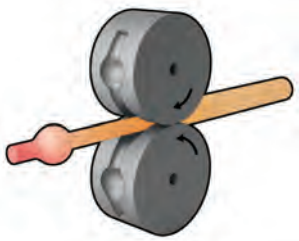
الف) آهنگری قالب باز



ب) آهنگری قالب بسته ساده



ج) آهنگری قالب بسته چندمرحله‌ای



د) آهنگری غلتکی

شکل ۲۰

انواع فرایندهای آهنگری:

۱ آهنگری قالب باز: در این روش، فلز بین دو قالب ساده قرار می‌گیرد و با اعمال فشار، شکل‌دهی می‌شود. از آنجایی که قالب‌ها شکل خاصی ندارند، این روش برای تولید قطعات بزرگ و ساده مانند شفت‌ها، دیسک‌ها و رینگ‌ها مناسب است. فورج آزاد انعطاف‌پذیری بالایی دارد و برای تولید قطعات با ابعاد و اشکال مختلف استفاده می شود.

۲ آهنگری قالب بسته: در این روش فلز بین دو قالب با شکل مشخص قرار می‌گیرد و تحت فشار به‌شکل قالب درمی‌آید. این روش برای تولید قطعات پیچیده با دقت ابعادی بالا استفاده می‌شود. آهنگری قالب بسته به دو نوع ساده و چند مرحله‌ای تقسیم می‌شود.

۳ آهنگری غلتکی: در این روش فلز بین دو غلتک با شکل خاص قرار می‌گیرد و با چرخش غلتک، شکل‌دهی می‌شود. این روش برای تولید قطعات بلند و نازک مانند تیغه‌ها و میله‌ها مناسب است (شکل ۲۰).

فعالیت گروهی

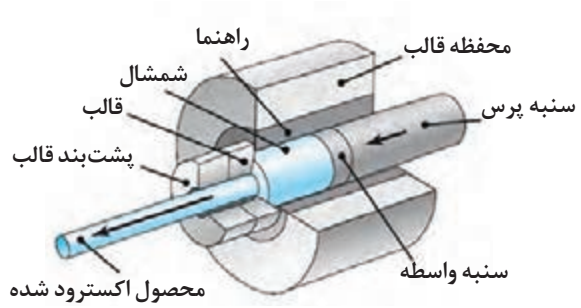
با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۳ـ نمونه قطعات حاصل از آهنگری

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	خودرو، هوافضا و ماشین‌آلات صنعتی	میل‌لنگ، چرخ‌دنده و میله‌های رابط
آلومینیوم		
تیتانیوم		
مس		
برنج		

اکستروژن

در فرایند اکستروژن، فلز تحت فشار قرار گرفته و مجبور به جریان یافتن از طریق یک قالب شکل‌دهی با شکل مشخص می‌شود تا شبیه به فشردن خمیردندان از یک تیوب محصولی با سطح مقطع کاهش یافته اما ثابت تشکیل شود. اگرچه اکستروژن فلز را می‌توان به‌صورت گرم یا سرد انجام داد، ولی اکستروژن گرم معمولاً برای بسیاری از فلزات به‌منظور کاهش نیروهای مورد نیاز، به‌کار می‌رود. روش معمول اکستروژن، قرار دادن یک بیلت گرم شده در داخل یک محفظه محصورکننده است. یک سنبه از یک انتها پیشروی می‌کند و باعث می‌شود شمشال ابتدا فشرده شده و محفظه را پرکند. با ادامه پیشروی سنبه، فشار افزایش می‌یابد تا زمانی که فلز از طریق قالب، جریان یابد و اکسترود شود (شکل ۲۱). آلومینیوم، منیزیم، مس، سرب و آلیاژهای آنها به‌دلیل استحکام کم و دمای کار گرم پایین، معمولاً اکسترود می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲۲ نشان داده شده است، تقریباً هر شکل سطح مقطعی را می‌توان از فلزات مذکور اکسترود کرد.



شکل ۲۱ــ طرحواره فرایند اکستروژن که اجزای مختلف تجهیزات را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ــ محصول آلومینیومی تولید شده توسط اکستروژن

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۴ــ گزینه‌های مواد، کاربردها و قطعات حاصل از اکستروژن

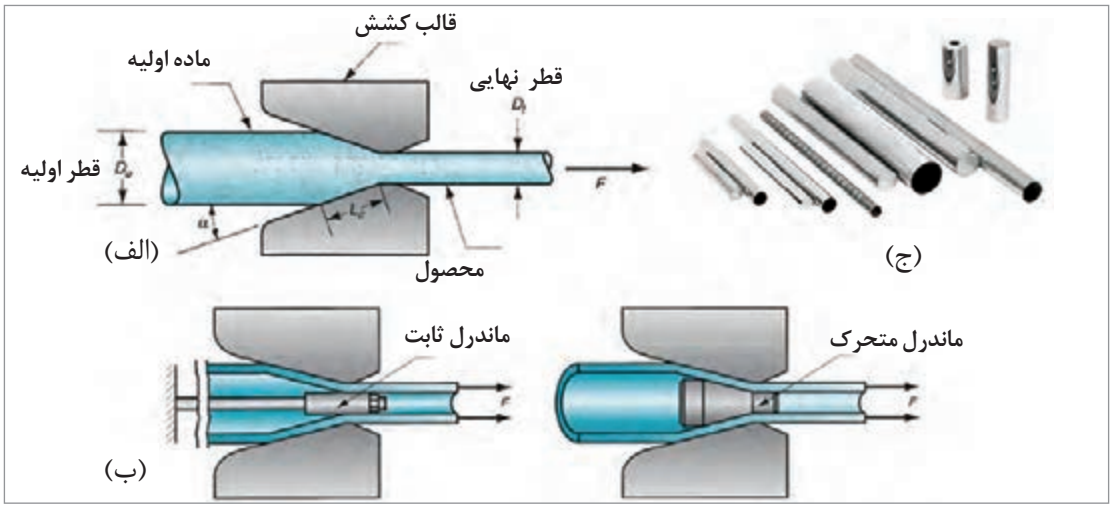
جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
آلومینیوم	ساختمان‌سازی، خودرو و الکترونیک	قاب پنجره، شبکه‌های انتقال حرارت و قطعات خودرو
مس		
منیزیم		

اکستروژن دارای چندین ویژگی جذاب است. بسیاری از شکل‌هایی که با نورد امکان‌پذیر نیستند، مانند شکل‌هایی که حاوی زوایای پیچیده یا سوراخ‌های طولی هستند، می‌توانند به روش اکستروژن تولید شوند. برخلاف فرایندهای قبلی، در این فرایند با یک مرحله تغییرشکل می‌توان به شکل نهایی رسید. ضمن اینکه محدودیت کمی در مقدار کاهش سطح مقطع وجود دارد به طوری که نسبت سطح مقطع شمشال به محصول می‌تواند برای فلزات نرم بیش از ۱۰۰ به ۱ باشد. علاوه بر این، قالب‌های اکستروژن نسبتاً ارزان هستند و یک قالب ممکن است تمام چیزی باشد که برای تولید یک محصول معین لازم است. تبدیل از یک محصول به محصول دیگر فقط به یک تغییر قالب نیاز دارد، بنابراین می‌توان مقادیر کمی از یک شکل دلخواه را به صورت اقتصادی تولید کرد. محدودیت اصلی این فرایند، الزام یکنواختی سطح مقطع در کل طول محصول است. محصولات اکسترود شده دارای کیفیت سطح و دقت ابعادی خوبی هستند. دقت ابعادی بسیار بالایی در این روش به‌راحتی قابل دستیابی است. طول استاندارد محصول حدود ۶ تا ۷ متر است، اما طول‌های بیش از ۱۲ متر نیز تولید شده است. از آنجایی که ضایعات کمی تولید می‌شود، بازده شمشال به محصول نسبتاً بالا است.

انواع روش‌های شکل‌دهی سرد:

کشش لوله و سیم

کشش فلزات یک فرایند تولیدی است که در آن، فلز از طریق یک قالب کشیده می‌شود تا سطح مقطع آن کاهش، طول آن افزایش و خواص مکانیکی آن بهبود یابد. این فرایند معمولاً برای تولید سیم، میله و لوله استفاده می‌شود. بسته به ماده و خواص مورد نظر، می‌توان کشش را در دمای اتاق (کشش سرد) یا دماهای بالا (کشش گرم) انجام داد. در کشش لوله، ابزار میله‌ای به‌نام ماندرل استفاده می‌شود که داخل قطعه کار قرار گرفته و ابعاد داخلی محصول نهایی (لوله) را در هنگام کشش حفظ و کنترل می‌کند.



شکل ۲۳ـ الف) کشش سیم ب) کشش لوله ج) محصولات نهایی

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۵ـ گزینه‌های مواد، کاربردها و قطعات حاصل از کشش لوله و سیم

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	ساختمان‌سازی، خودرو و ماشین‌آلات صنعتی	تسمه‌های میلگرد، کابل‌های کنترل و میله
آلومینیوم		
مس		
برنج		
تیتانیم		

کشش عمیق

کشش عمیق فلزات یک فرایند تولیدی است که در آن یک ورق فلزی توسط عمل مکانیکی یک سنبه به‌صورت شعاعی به داخل یک قالب شکل‌دهی کشیده می‌شود. از این فرایند برای تولید قطعات توخالی با عمق قابل توجه در مقایسه با قطر آنها استفاده می‌شود. این فرایند می‌تواند اجزای پیچیده و با استحکام بالا ایجاد کند و معمولاً در دمای اتاق انجام می‌شود، اگرچه گاهی اوقات می‌تواند در دماهای بالا نیز انجام شود. (شکل ۲۴)



شکل ۲۴ــ لوله‌های کشش عمیق فلزات

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۶ــ گزینه‌های مواد، کاربردها و نمونه قطعات حاصل از کشش عمیق

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	خودرو، لوازم خانگی و ساختمان‌سازی	پنل‌های بدنه خودرو، مخازن سوخت و سینک آشپزخانه
آلومینیوم		
مس		
برنج		
فولاد زنگ‌نزن		

شکل‌دهی ورق‌های فلزی

فلزکاری ورق، که به‌عنوان شکل‌دهی ورق فلزی و ساخت ورق فلزی نیز شناخته می‌شود، فرایندی تولیدی است که شامل برش و شکل‌دهی ورق‌ها، نوارها و کلاف‌های فلزی نسبتاً نازک برای ایجاد قطعات ورق فلزی با شکل دلخواه است (شکل ۲۵). از آنجایی که تولیدکنندگان معمولاً این عملیات را روی پرس‌هایی با مجموعه‌ای از قالب‌ها انجام می‌دهند، اصطلاحات پرس‌کاری یا شکل‌دهی با پرس نیز معمولاً در صنعت برای توصیف آنها استفاده می‌شود.



شکل ۲۵

ورق‌های فلزی معمولی ضخامتی بین ۰/۴ میلی‌متر تا ۶ میلی‌متر دارند و به‌طور گسترده در کاربردهای مصرفی و صنعتی مانند بدنه خودرو، بدنه هواپیما، لوازم خانگی، مبلمان فلزی و فایل‌های بایگانی استفاده می‌شوند. فرایندهای شکل‌دهی ورق فلزی معمولاً در دمای اتاق انجام می‌شوند.
فرایندهای فلزکاری ورق به دو دسته برش‌کاری و خم‌کاری طبقه‌بندی می‌شوند.

برش‌کاری ورق

برش‌کاری یک فرایند برش فلز است که در آن یک قطعه کار در امتداد یک خط مستقیم با استفاده از یک تیغه برش یا یک سنبه و قالب بریده یا به دو یا چند قطعه جدا می‌شود. این فرایند معمولاً برای برش ورق فلزی یا صفحات به اندازه یا لبه‌های برش استفاده می‌شود.

فعالیت گروهی

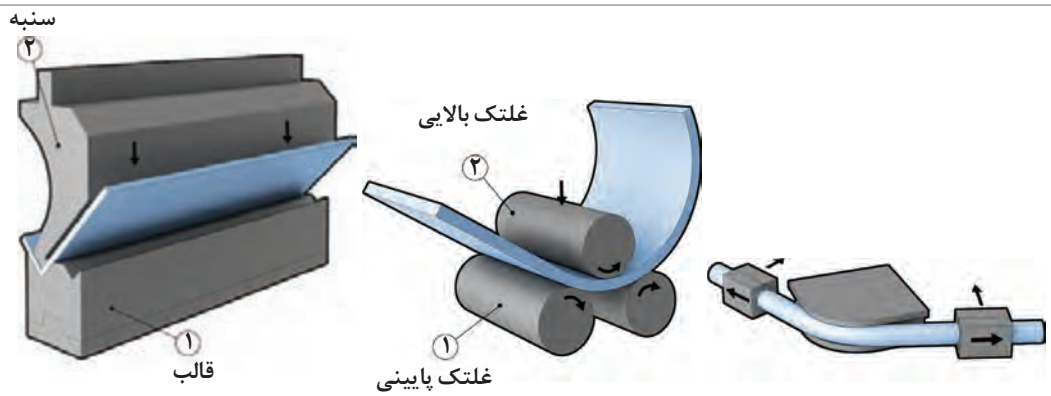
با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۷ــ گزینه‌های مواد، کاربردها و نمونه قطعات حاصل از برش‌کاری ورق

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	خودرو، ساختمان‌سازی و تولید	ورق‌های فلزی خام، پنل‌ها و براکت‌ها
آلومینیوم		
مس		
برنج		

خم‌کاری ورق

خم‌کاری یک فرایند شکل‌دهی فلز است که در آن یک قطعه کار در امتداد یک محور مستقیم تغییر شکل می‌دهد و در نتیجه شکل آن (انحناء یا زاویه) تغییر می‌کند. این فرایند معمولاً از خم‌کن پرسی، خم‌کن غلتکی یا خم‌کن لوله استفاده می‌کند.



شکل ۲۶

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم جدول زیر را مطابق نمونه تکمیل کنید.

جدول ۸ــ گزینه‌های مواد، کاربردها و نمونه قطعات حاصل از خم‌کاری ورق

جنس	کاربردها	نمونه قطعات محصول
فولاد	ساختمان‌سازی، خودرو و ماشین‌آلات	کاربردهای سازه‌ای و لوله‌ها، تیرها و براکت‌ها
آلومینیوم		
مس		
برنج		
فولاد زنگ‌نزن		

تنوع فلزات در شکل‌دهی

فولاد، آلومینیوم، مس، برنج و تیتانیوم از فلزات رایج مورد استفاده هستند. هر ماده تحت تغییر شکل رفتار متفاوتی دارد که بر انتخاب روش شکل‌دهی و پارامترهای فرایند تأثیر می‌گذارد.

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم و همکلاسی‌ها کاربردهای شکل‌دهی فلزات را بررسی کرده و گزینه‌های مواد و کاربردهای این فرایند را بنویسید.

فرایندهای شکل‌دهی فلزات در ساخت اجزای مختلف در صنایع مختلف بسیار مهم هستند. آنها امکان تولید شکل‌های پیچیده، ابعاد دقیق و مواد با استحکام بالا را که برای کاربردهای گوناگون ضروری هستند، فراهم می‌کنند.

مزایا و معایب شکل‌دهی فلزات

فرایندهای شکل‌دهی فلزات مزایای بی‌شماری از نظر بهره‌وری مواد، نرخ تولید و خواص مکانیکی ارائه می‌دهند و آنها را برای تولید در مقیاس بزرگ ایده‌آل می‌کنند. با این‌حال، این فرایندها با چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه بالا، محدودیت‌های مواد و نیاز به کنترل دقیق فرایند همراه هستند. متعادل کردن این مزایا و معایب برای انتخاب فرایند شکل‌دهی مناسب برای کاربرد مورد نظر بسیار مهم است.

فرایندهای ماشین‌کاری (براده‌برداری)

در فرایندهای ماشین‌کاری (براده‌برداری)، با برداشتن ماده یا اصلاح سطح، به ویژگی، شکل و اندازه قطعه مورد نظر دست می‌یابند. آنها خانواده‌ای از عملیات فراوری هستند. ماشین‌کاری CNC رایج‌ترین و پرکاربردترین روش برای ماشین‌کاری فلزاتی مانند فولاد زنگ‌نزن و آلیاژهای آلومینیوم است.

قطعات نزدیک به شکل نهایی یا با شکل نهایی که توسط فرایندهای ریخته‌گری، شکل‌دهی و فرم‌دهی تولید می‌شوند، اغلب قبل از آماده شدن محصول برای استفاده، نیاز به عملیات ماشین‌کاری اضافی دارند.

فرایندهای ماشین‌کاری به دو دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند:

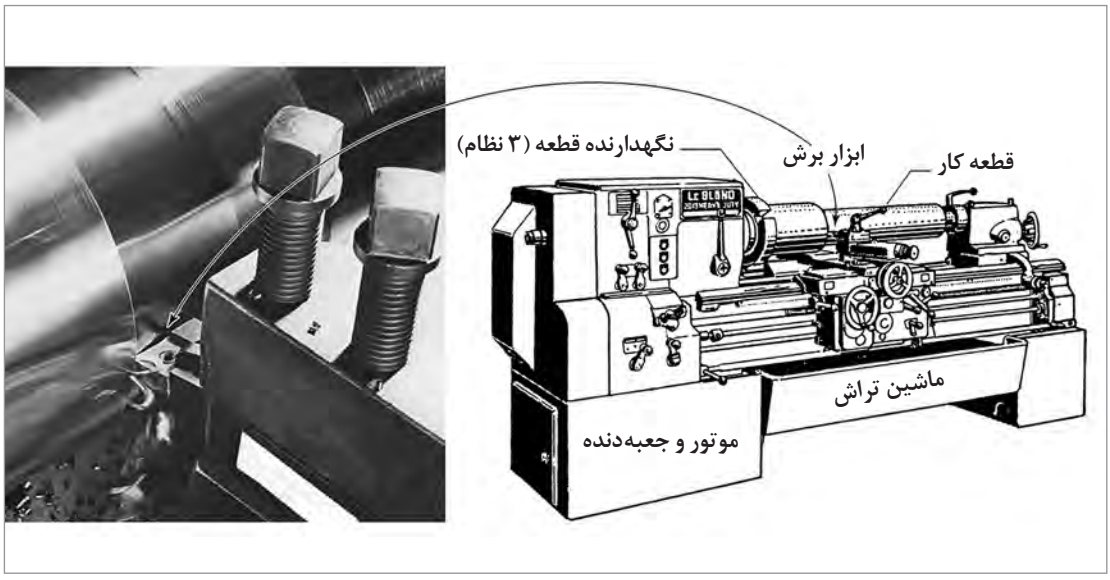
- ماشین‌کاری مرسوم: تراشکاری، فرزکاری، سوراخکاری، اره‌کاری و سنگ‌زنی
- فرایندهای ماشین‌کاری جدید: حکاکی (ماشین‌کاری شیمیایی)، الکتروپولیش (ماشین‌کاری الکتروشیمیایی)، ماشین‌کاری تخلیه الکتریکی، ماشین‌کاری برش با آب (واترجت)، ماشین‌کاری برش لیزری (پرتولیزری)

ماشین‌کاری مرسوم

قطعاتی از خودرو که به‌طور معمول با استفاده از عملیات ماشین‌کاری تولید می‌شوند، عبارت‌اند از بست‌های رزوه‌ای، قفل‌های درب، سوراخ‌های رزوه‌دار، کلیدها، بلوک سیلندر و میل‌لنگ.

تراشکاری

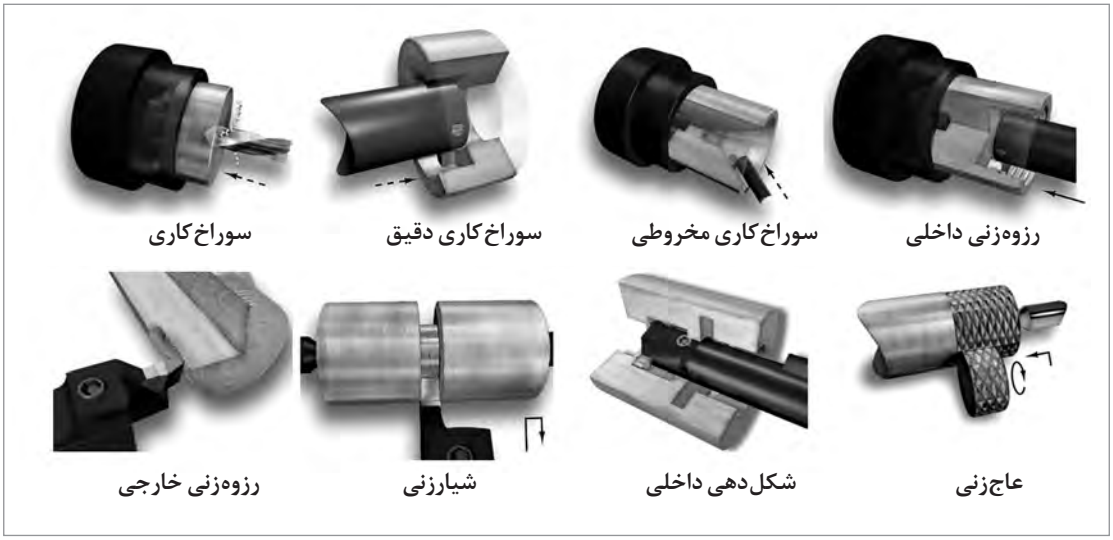
تراشکاری فرایند ماشین‌کاری سطوح مدور (استوانه‌ای و مخروطی) داخلی و خارجی است. این فرایند معمولاً روی یک ماشین ابزار به نام دستگاه تراش (شکل ۲۷) انجام می‌شود. قطعه کار توسط سه نظام یا چهار نظام نگه داشته می‌شود و با حرکت ساده نسبی بین قطعه کار و ابزار برشی همانند شکل ۲۸، شکل‌های مختلف براده‌برداری و تراشکاری می‌شوند.



شکل ۲۷ـ شماتیک یک ماشین تراش استاندارد که عملیات تراشکاری را انجام می دهد، با ابزار برش که در قسمت داخلی نشان داده شده است



شکل ۲۸ـ ماشین‌های تراش پایه می‌توانند قطعه کار را بچرخانند و ابزار را برای تراشکاری به‌صورت طولی تغذیه کنند و می‌توانند عملیات‌های دیگر را با تغذیه عرضی انجام دهند. بسته به اینکه ابزار در چه جهتی تغذیه می‌شود و کدام قسمت از قطعه کار در حال چرخش ماشین‌کاری می‌شود، عملیات‌ها نام‌های متفاوتی دارند. فلش‌های خط‌چین، حرکت تغذیه ابزار نسبت به قطعه کار را نشان می‌دهند.



ادامه شکل ۲۸

فرزکاری

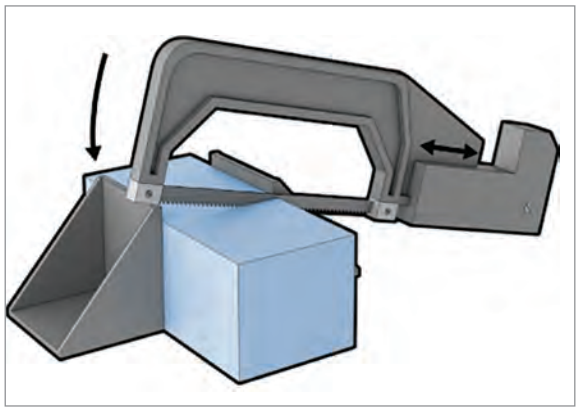
فرزکاری یک فرایند ماشین‌کاری است که در آن یک سطح با براده‌برداری تدریجی ایجاد می‌شود. قطعه کار به سمت یک ابزار برشی دوار تغذیه می‌شود یا قطعه کار ثابت می‌ماند و ابزار برش به سمت قطعه کار تغذیه می‌شود. تقریباً در همه موارد، از یک ابزار برش چند دندانه استفاده می‌شود تا نرخ براده‌برداری بالا باشد. از آنجایی که می‌توان به کیفیت سطح بسیار خوبی دست یافت، فرزکاری به ویژه برای تولید انبوه قطعات مناسب و پرکاربرد است. انواع بسیاری از ماشین‌های فرزکاری استفاده می‌شوند، از ماشین‌های نسبتاً ساده و چندمنظوره که برای ماشین‌کاری عمومی در کارگاه‌های کوچک و ساخت قالب و ابزار استفاده می‌شوند (ماشین‌های NC یا CNC) تا ماشین‌های بسیار تخصصی برای تولید انبوه. در فرزکاری نسبت به هر فرایند ماشین‌کاری دیگری سطوح صاف بیشتری تولید می‌شود. ابزار برشی مورد استفاده در فرزکاری به‌عنوان تیغه فرز شناخته می‌شود.

سوراخ‌کاری (مته‌کاری)

بیشتر مته‌کاری با یک ابزار برشی به نام مته مارپیچ انجام می‌شود که دارای دو لبه برش است و عمل برش در داخل قطعه کار انجام می‌شود. تنها راه خروج براده‌ها، شیارهای روی بدنه مته است. اصطکاک بین محیط مته و دیواره سوراخ، گرمایی علاوه بر گرمای ناشی از تشکیل براده را ایجاد می‌کند. جریان مخالف براده‌ها در شیارها، روانکاری و خنک‌کاری را دشوار می‌کند. مته‌کاری حدود ۲۵٪ تمام فرایندهای ماشین‌کاری انجام شده را تشکیل می‌دهد. در نتیجه، مته‌کاری یک فرایند بسیار مهم است. اگرچه مته‌کاری فرایندی نسبتاً ساده به‌نظر می‌رسد، اما در واقع فرایندی پیچیده است.

اره کاری

اره کاری یک فرایند ماشین‌کاری است که در آن براده‌ها توسط دنباله‌ای از لبه‌های برنده کوچک یا دندانه‌ها که در یک خط باریک روی «تیغه اره» چیده شده‌اند، تولید می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲۹ نشان داده شده است، هر دندانه هنگام عبور از قطعه کار، به تدریج براده تشکیل می‌دهد. براده‌ها در فضاهای بین دندانه‌های متوالی نگهداری می‌شوند تا زمانی که دندانه‌ها از قطعه کار عبور کنند. در این روش می‌توان بخش‌هایی بزرگ از قطعه کار را با حذف مقدار کمی از مواد به شکل براده جدا کرد.



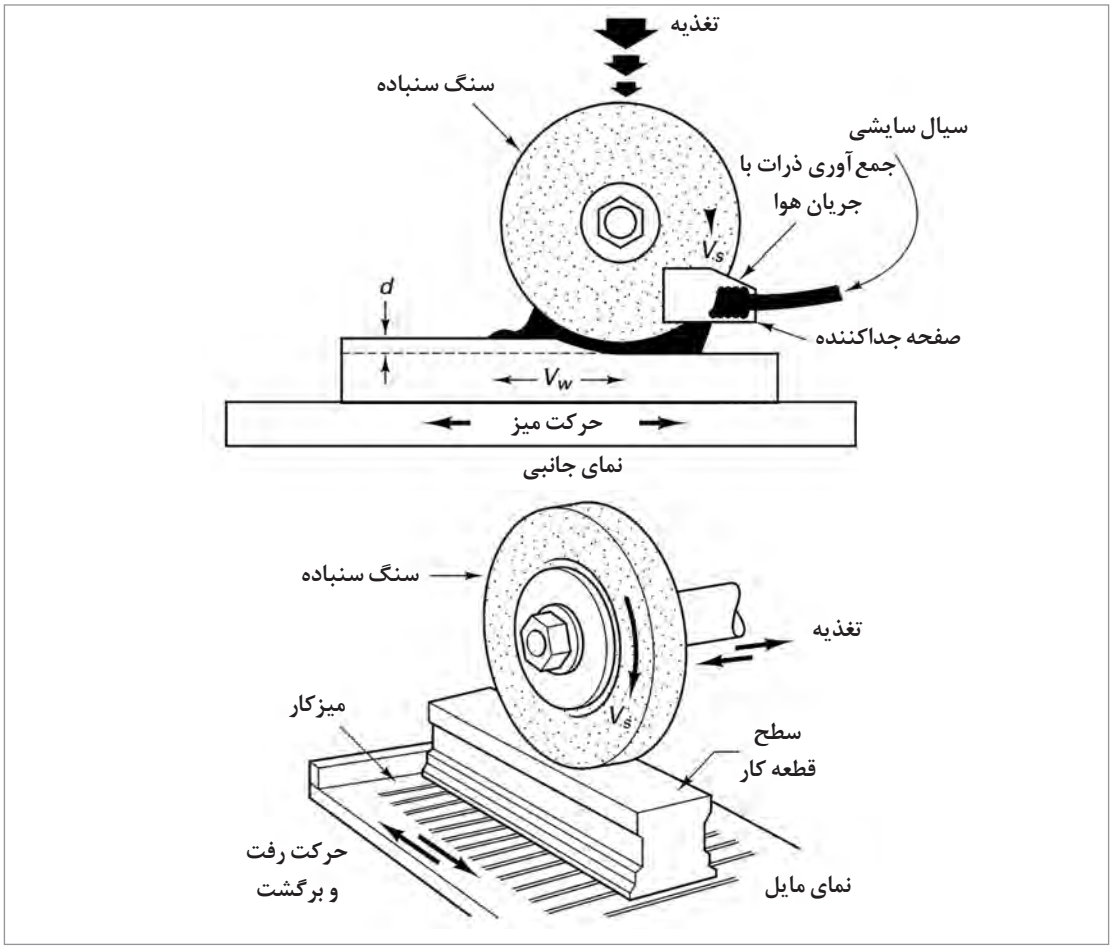
شکل ۲۹

تحقیق کنید

با کمک هنرآموز محترم انواع ماشین‌های اره‌کاری (برش‌کاری) را بررسی کرده و مزایا و محدودیت‌های آنها را بحث کنید.

سنگ‌زنی (ماشین‌کاری سایشی)

ماشین‌کاری سایشی یا سنگ‌زنی یک فرایند براده‌برداری مواد است که شامل سایش قطعه کار توسط ذرات ساینده در سرعت‌های برش بالا و عمق براده‌برداری کم است. طرحی که می‌توان با ماشین‌کاری سایشی به دست آورد، از بهترین و صاف‌ترین سطوح تولید شده تا سطوح ناهموار و زبر، متغیر است. ذرات ساینده ممکن است (۱) پودری (۲) روی یک نوار با رزین چسبانده شده (۳) به صورت متراکم به شکل یک دیسک (سنگ سنباده رایج) باشند. شکل ۳۰ فرایند سنگ زنی سطحی را با استفاده از سنگ سنباده نشان می‌دهد. عمق برش d توسط پیشروی که معمولاً بسیار کوچک است، (۰/۰۵ تا ۰/۱۲۵ میلی‌متر) تعیین می‌شود. بنابراین قوس تماس (براده‌ها) کوچک است. میز به‌طور متناوب در زیر چرخ دوار به جلو و عقب حرکت می‌کند. قطعه کار در جهت تغذیه عرضی به داخل سنگ تغذیه می‌شود. پس از اینکه قطعه کار از سنگ جدا شد، سنگ پایین می‌آید و یک پاس دیگر انجام می‌شود و دوباره چند دهم یا صدم میلی‌متر از فلز حذف می‌شود. فرایند حذف فلز اساساً در همه فرایندهای ماشین‌کاری سنگ‌زنی یکسان است اما به دلیل فاصله دانه‌های در تماس با قطعه کار (دانه‌های فعال) و استحکام و درجه پایداری دانه‌ها تفاوت‌هایی ایجاد می‌شود.



شکل ۳۰ـ فرایند سنگ زنی سطحی با استفاده از سنگ سنباده

در مقایسه با ماشین‌کاری معمولی، فرایندهای سنگ‌زنی سه ویژگی منحصر به فرد دارند. اول، هر لبه برنده بسیار کوچک است و بسیاری از این لبه‌ها می‌توانند به‌طور همزمان برش دهند. هنگامی که از ماشین ابزارهای مناسب استفاده می‌شود، برش‌های بسیار ظریف امکان‌پذیر است و می‌توان سطوح ظریف و کنترل ابعادی دقیق به‌دست آورد. دوم، از آنجایی که از ذرات ساینده بسیار سخت، از جمله الماس، به‌عنوان مواد ابزار برش استفاده می‌شود، می‌توان مواد بسیار سخت مانند فولاد سخت شده، شیشه، کاربیدها و سرامیک‌ها را به‌راحتی ماشین‌کاری کرد. در نتیجه، فرایندهای سنگ‌زنی نه تنها به عنوان فرایندهای تولیدی، مهم هستند، بلکه در واقع ضروری نیز محسوب می‌شوند. بسیاری از محصولات مدرن، مانند ماشین‌ابزارهای مدرن، خودروها، فضاپیماها و هواپیماها، بدون این فرایندها قابل تولید نیستند. سوم، در سنگ‌زنی، هیچ کنترلی بر هندسه واقعی ابزار (زوایای براده، شعاع لبه برش) یا همه متغیرهای برش (عمق برش) وجود ندارد. بنابراین، سنگ‌زنی یک فرایند پیچیده است.

عملیات مونتاژی

دومین دسته از فرایندهای اصلی تولید، عملیات مونتاژ است. محصولات بزرگ، محصولات با شکل پیچیده و یا محصولاتی که نیازمند خواص متنوعی هستند، اغلب به صورت مونتاژ چندین قطعه مجزا تولید می‌شوند. هر یک از اجزای این قطعات می‌توانند کوچکتر، با اشکال ساده‌تر برای تولید، سهولت جابه‌جایی و یا از جنس مواد مختلف باشند. عملیات مونتاژ، بخش مهمی از فرایند تولید است و طیف وسیعی از فرایندهای اتصال و بهبود خواص برای برآورده کردن نیازهای متنوع، توسعه یافته‌اند. یک گروه اصلی از عملیات مونتاژ، فرایندهای اتصال است که شامل اتصال دو یا چند جزء برای ایجاد یک ساختار جدید یا مجموعه به صورت دائم یا موقت، مانندجوشکاری، لحیم‌کاری،تصحیح‌کاری، چسباندن و اتصال مکانیکی است. به‌عنوان مثال، در مونتاژ یک موتور خودرو، می‌توان از پیچ و یا از چسب برای اتصال قسمت‌های مختلف استفاده کرد. مجموعه‌ها می‌توانند موجودیت‌های کاملاً مکانیکی مانند جعبه‌دنده و واحدهای انتقال قدرت مکانیکی یا مجموعه‌های الکترومکانیکی باشند.

فرایندهای جوشکاری ذوبی، لحیم‌کاری سخت و لحیم‌کاری نرم معمولاً برای اتصال دائمی استفاده می‌شوند و شامل انجماد مواد مذاب هستند.

از دیدگاه فنی، متالورژی پودر را می‌توان یک فرایند اتصال درنظر گرفت، زیرا محصول نهایی با اتصال تعداد زیادی ذره تشکیل می‌شود. تولید افزایشی یا چاپ سه‌بعدی نیز از دیگر نمونه‌های این فرایندها است، زیرا محصول با رسوب متوالی لایه‌های متعدد ساخته می‌شود.

فرایند اتصال دائمی

جوشکاری، لحیم‌کاری نرم و لحیم‌کاری سخت، فرایندهای اتصال دائمی هستند. این فرایندها اجزای محصول را به‌گونه‌ای متصل می‌کنند که به راحتی قابل جدا شدن نیستند.

جوشکاری

جوشکاری فرایند تولیدی است که در آن دو جزء با استفاده از حرارت، فشار یا هر دو به یکدیگر متصل می‌شوند و با سرد شدن، یک اتصال ایجاد می‌کنند. این فرایند تولید معمولاً بر روی فلزات انجام می‌شود. اتصال جوشکاری شده نهایی، جوش نامیده می‌شود.

فرایندهای مختلف جوشکاری برمبنای منبع انرژی مورد استفاده برای ایجاد حرارت یا فشار (الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی)، تشکیل یا عدم تشکیل حوضچه مذاب، روش‌های حفاظت از حوضچه مذاب (سرباره، گاز، ترکیبی)، نوع الکترود و استفاده از فلز پرکننده طبقه‌بندی می‌شوند. تنوع فرایندها، روش‌های متعددی را برای دستیابی به اتصال فراهم می‌کند و امکان تولید جوش‌های مؤثر و اقتصادی را تقریباً در اغلب فلزات و ترکیبات فلزات فراهم می‌سازد.

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم و هم‌کلاسی‌ها انواع روش‌های جوشکاری را بررسی کرده و مزایا و محدودیت هر روش را بنویسید:
جوشکاری اکسی استیلن
جوشکاری قوسی
جوشکاری مقاومتی
جوشکاری ترمیت
جوشکاری لیزری

فعالیت کلاسی

در گروه‌های جداگانه در مورد هریک از روش‌های برشکاری و کاربرد آن بررسی و در کلاس ارائه کنید.
برشکاری اکسی استیلن
برشکاری قوسی
برشکاری لیزری

جوشکاری قوسی

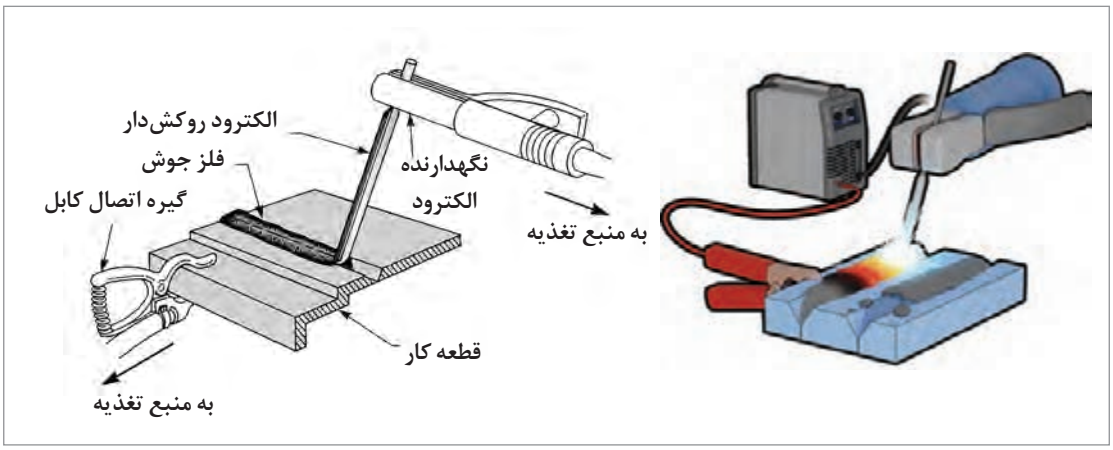
جوشکاری قوسی دستی تقریباً همیشه با الکترودهای پوشش‌دار انجام می‌شود، جایی که پوشش الکترود، سرباره مذاب یا گاز ایزوله کننده‌ای را فراهم می‌کند که از فلز مذاب در برابر اکسیداسیون و آلودگی محافظت می‌کند. الکترودهای فلزی پوشش‌دار با محافظت از قوس در برابر اتمسفر، پایداری آن را افزایش داده و عمل فلاکس را برای حوضچه مذاب فراهم می‌کنند. تخمین زده می‌شود که ۹۰٪ از کل جوشکاری صنعتی اکنون با جوشکاری قوسی انجام می‌شود.

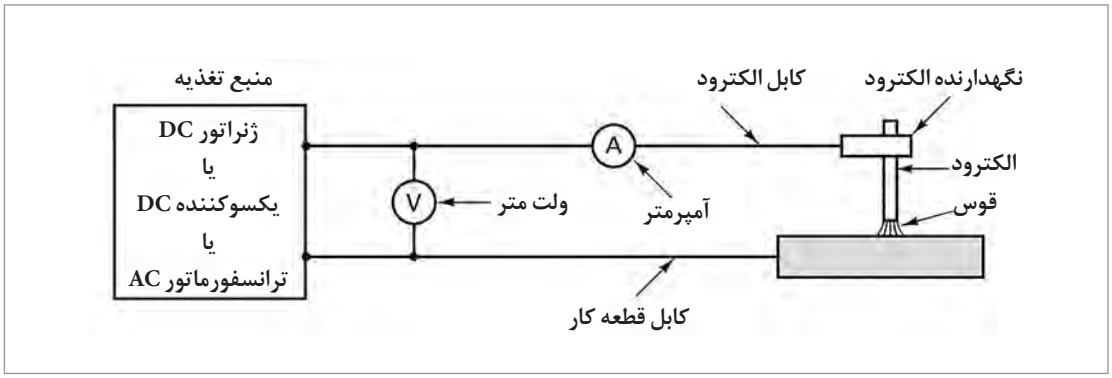
در جوشکاری قوسی اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک از سیم فلزی بدون پوشش و پیوسته به عنوان الکترود استفاده می‌شود. در این روش‌ها همیشه از نوعی پودر یا گاز محافظ و محیط پایدار کننده قوس و دستگاه‌های کنترل اتوماتیک که طول قوس مناسب را حفظ می‌کنند، بهره می‌برند.

گروه دوم فرایندهای جوشکاری قوسی از یک الکترود تنگستن (یا کربن) استفاده می‌کند که توسط قوس ازبین نمی‌روند، مگر با تصعید نسبتاً آهسته. در این فرایندهای الکترود غیر مصرفی، یک سیم فلزی جداگانه به‌عنوان پرکننده برای تأمین فلز پرکننده مورد نیاز است.

به‌دلیل طیف گسترده‌ای از فرایندهای موجود، جوشکاری قوسی به یک روش پرکاربرد برای اتصال مواد تبدیل شده است. با این حال، هر فرایند و کاربرد نیازمند انتخاب یا تعیین ولتاژ جوشکاری، جریان جوشکاری، قطبیت قوس (یک‌سو یا متناوب)، طول قوس، سرعت جوشکاری (سرعت حرکت الکترود روی قطعه کار)، اتمسفر قوس، الکترود یا ماده پرکننده و فلاکس است. مواد پرکننده باید طوری انتخاب شوند که از نظر ترکیب شیمیایی با فلز پایه مطابقت داشته باشند. برای بسیاری از فرایندها، کیفیت جوش نیز به مهارت اپراتور بستگی دارد. اتوماسیون و رباتیک این وابستگی را کاهش می‌دهند.

تمام فرایندهای جوشکاری قوسی از یک مدار پایه که در شکل ۳۱ نشان داده شده استفاده می‌کنند. جریان‌های جوشکاری از ۱ تا ۴۰۰ آمپر متغیر است که محدوده ۷۵ تا ۱۵۰ آمپر رایج‌ترین است.





شکل۳۱ ــ فرایند جوشکاری قوسی الکترود دستی

لحیم‌کاری سخت و لحیم‌کاری نرم

لحیم‌کاری سخت و لحیم‌کاری نرم مشابه هستند: در هر دو روش، فلز پرکننده ذوب می‌شود اما مواد پایه ذوب نمی‌شوند. فلز پرکننده مایع از طریق خاصیت مویینگی، مواد پایه را آغشته(تر) می‌کند. هنگامی که فلز پرکننده، جامد می‌شود، به مواد پایه متصل شده و یک اتصال ایجاد می‌کند.

چسباندن

چسباندن، اتصال دو سطح به یکدیگر است که معمولاً با تشکیل یک پیوند صاف انجام می‌شود. چسباندن ممکن است شامل استفاده از چسب، اپوکسی یا انواع مختلفی از عوامل پلاستیکی باشد که از طریق تبخیر حلال یا پخت با حرارت، زمان یا فشار، اتصال ایجاد می‌کنند.

اتصال مکانیکی

اتصال مکانیکی رایج‌ترین روش برای اتصال بسیاری از مواد در صنعت است و می‌تواند دو یا چند قطعه را در اتصالی که به راحتی قابل جدا شدن است، به هم متصل کند. این روش که در ابتدا برای اتصال فلزات استفاده می‌شد، اکنون به‌طور گسترده برای اتصال فلزات، پلاستیک‌ها و سایر مواد استفاده می‌شود. بست‌های صنعتی

دائمی و غیر دائمی دو نوع اصلی هستند و می‌توانند در گروه‌های زیر طبقه‌بندی شوند:

- **اتصال رزوه‌ای:** در این دسته، پیچ‌ها، مهره‌ها و سایر بست‌های رزوه‌ای قرار می‌گیرند.
- **اتصال دائمی:** سایر تکنیک‌های مونتاژ مکانیکی، مانند پرچ‌ها، پرس‌کاری و اتصالات انبساطی، یک اتصال دائمی‌تر ایجاد می‌کنند که در دسته روش اتصال دائمی قرار می‌گیرند.

متالورژی پودر

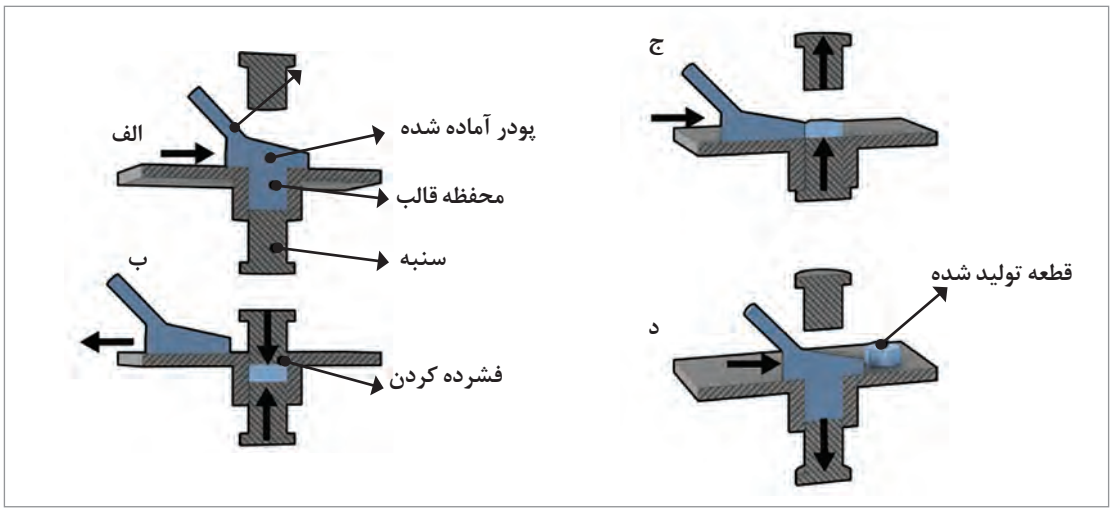
متالورژی پودر روشی برای تولید است که شامل حرارت دادن پودرهای فلزی فشرده تا دمایی کمی پایین‌تر از نقطه ذوب آنها برای ایجاد قطعات مختلف است.

متالورژی پودر فرایندی است که در آن مواد پودری ریز با هم مخلوط شده در قالب‌های مخصوص، به شکل دلخواه پرس می‌شوند (متراکم می‌شوند) و سپس در کوره‌های با اتمسفری کنترل‌شده حرارت داده می‌شوند تا فلز زینتر شود (تفجوشی) و سطوح تماس ذرات به هم متصل شده و خواص مورد نظر ایجاد شود. فرایند، متالورژی پودر، به راحتی برای تولید انبوه قطعات کوچک و پیچیده با دقت بالا مناسب است و اغلب نیاز به ماشین‌کاری یا پرداخت‌کاری اضافی را از بین می‌برد. ضایعات مواد در این روش کم است، می‌توان از مواد یا آلیاژهای غیرمعمول استفاده کرد و می‌توان درجات کنترل‌شده‌ای از تخلخل یا نفوذپذیری ایجاد کرد. متالورژی پودر از نظر اقتصادی مزیت قابل توجهی در مقایسه با قطعات ماشین‌کاری شده، ریخته‌گری یا آهنگری دارد همچنین مواردی که دستیابی به خواص و ویژگی‌های مورد نظر با روش‌های دیگر دشوار است مانند محصولاتی از جنس تنگستن، مولیبدن یا کاربید تنگستن، یاتاقان‌های متخلخل، فیلترها و اجزای مختلف مغناطیسی از این روش استفاده می‌شود.

وزن اکثر قطعات متالورژی پودر کمتر از ۲ تا ۲/۵ کیلوگرم است و ابعاد بسیاری از آنها کمتر از ۵۰ میلی‌متر است. با این حال، برخی قطعات متالورژی پودر با وزن تا ۴۵ کیلوگرم و ابعاد خطی تا ۵۰۰ میلی‌متر تولید شده‌اند. کاربردهای خودروسازی اکنون بیش از ۷۰ درصد از بازار متالورژی پودر را به خود اختصاص داده است. از دیگر حوزه‌هایی که محصولات متالورژی پودر به‌طور گسترده در آنها استفاده می‌شود، می‌توان به لوازم خانگی، ابزار دستی و برقی، تجهیزات اداری، موتورهای صنعتی و هیدرولیک اشاره کرد. حوزه‌های رشد سریع شامل کاربردهای هوافضا، کامپوزیت‌های پیشرفته، قطعات الکترونیکی، مواد مغناطیسی، ابزارهای فلزکاری و طیف وسیعی از کاربردهای زیست پزشکی و دندانپزشکی است.

آهن و فولادهای کم آلیاژ اکنون ۸۵ درصد از کل استفاده از متالورژی پودر را به خود اختصاص داده‌اند و پودرهای مس و پایه مس حدود ۷ درصد را تشکیل می‌دهند. فولاد ضد زنگ، فولادهای با استحکام بالا و آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم از دیگر مواد پرکاربرد هستند. امروزه استفاده از آلیاژهای تیتانیم، منیزیم، فلزات دیرگداز، در کامپوزیت‌های ذره‌ای و بین فلزی‌ها روبه افزایش است.

فرایند متالورژی پودر عموماً شامل چهار مرحله اساسی است: (۱) تولید پودر، (۲) مخلوط کردن یا ترکیب کردن، (۳) تراکم کردن و (۴) تفجوشی (زینترینگ). تراکم معمولاً در دمای اتاق انجام می‌شود و فرایند زینترینگ در دمای بالا و معمولاً در فشار اتمسفر انجام می‌شود. فراوری ثانویه اغلب برای به دست آوردن خواص ویژه یا دقت بیشتر انجام می‌شود.



شکل ۳۲

فعالیت گروهی

با کمک هنرآموز محترم و هم‌کلاسی‌ها انواع تکنیک‌های فراوری متالورژی پودر را بررسی کرده و مزایا و محدودیت هر روش را بنویسید.

فرایندهای بهبود خواص

عملیات حرارتی

عملیات حرارتی، فرایندی است که از حرارت برای تغییر خواص فلز یا آلیاژ استفاده می‌کند. این فرایندها به دلایل مختلفی استفاده می‌شوند که مهم‌ترین آنها کنترل خواص مکانیکی مانند سختی، انعطاف‌پذیری، استحکام، چقرمگی و کاهش تنش‌های داخلی است. فرایندهای عملیات حرارتی به سه دسته سخت‌کاری، آنیل و سخت‌کاری سطحی تقسیم می‌شوند:

عملیات سطحی

عملیات سطحی شامل تمیزکاری، پرداخت سطحی، پوشش‌دهی و فرایندهای رسوب‌گذاری است.

- **تمیزکاری:** شامل عملیات شیمیایی و مکانیکی برای حذف آلاینده‌های سطحی مانند کثیفی، روغن و زنگ از سطح است.
- **پرداخت سطحی:** عملیات مکانیکی و فیزیکی هستند که سطح یک قطعه را به نحوی تغییر می‌دهند، مانند بهبود پرداخت سطح یا اشباع آن با اتم‌های ماده خارجی برای تغییر ترکیب شیمیایی سطح و خواص فیزیکی آن. فرایندهایی مانند ماسه‌پاشی و ساچمه‌زنی در این دسته قرار می‌گیرند.
- **پوشش‌دهی و رسوب‌گذاری لایه نازک:** شامل اعمال یک ماده پوششی بر روی سطح خارجی قطعه کار است. آبکاری، آنودایزینگ آلومینیوم، رنگ کاری و لعاب چینی همگی از فرایندهای پوشش‌دهی رایج هستند.

ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
پودمان۵ : فرایندهای تولید قطعات صنعتی	۱ـ بررسی انواع فرایندهای تولید قطعات صنعتی ۲ـ کاربرد هر فرایند در تولید محصولات	بررسی و تحلیل فرایندهای تولیدقطعات‌صنعتی‌براساس استانداردملی‌ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و تعیین فرایند تـولید بـراساس نوع محصول	۳
			در حد انتظار	تعیین فرایند تولید براساس نوع محصول	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	دسته‌بندی فرایندهای تولید قطعات صنعتی	۱
نمره مستمر از ۵					
نمره واحد یادگیری از ۳					
نمره پودمان از ۲۰					

فهرست منابع

۱ برنامه درسی درس دانش فنی پایه رشته متالورژی(۱۴۰۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۲ محاسبات فنی عمومی (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش.

۳ Ashby, M.F. Shercliff, H.& Cebon, D. (2018). Materials: engineering, science, Processing and design. Butterworth Heinemann.

۴ Callister Jr,W.D, & Rethwisch, D.G (2020). Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach. John wiley & sons.

۵ Groover, M.P. (2019) Fundamentals of modern manufacturing materials. John wiley & sons.

۶ Black, J.T. & Kohser, R.A. (2020). DeGarmos materials and Processes in manufacturing. John wiley & sons.

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز متالورژی

خرید و دانلود

دانلود منابع آزمون استخدامی دبیر حرفه و فن

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی دبیر حرفه و فن

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