بسم الله الرحمن الرحیم

شناخت و خواص مواد

رشته‌های ساخت و تولید – نقشه‌کشی عمومی

زمینه صنعت

شاخه متوسطه فنی‌وحرفه‌ای

شماره درس ۱۵۲۶

عنوان و نام پدیدآور : شناخت و خواص مواد [کتابهای درسی] رشته‌های ساخت و تولید- نقشه‌کشی عمومی زمینه صنعت/ برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف؛ دفتر برنامه‌ریزی وتألیف آموزش‌های فنی و حرفه ای و کاردانش؛ مؤلف سید حسین حسنی نجف آبادی؛ [برای] وزارت آموزش و پرورش،سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی.

مشخصات نشر : تهران: شرکت انتشارات فنی ایران، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری : ۱۳۳ص.

فروست : شاخه متوسطه فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۱۵۲۶.

شابک : 978-964-389-374-3

وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا

موضوع : ماده-- خواص

شناسه افزوده : حسنی نجف‌آبادی، سید حسین، ۱۳۶۰-

شناسه افزوده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

رده بندی کنگره : QD ۴۷۳ / ش۹ ۱۳۹۰

رده‌بندی دیویی : ۳۷۳

شماره کتابشناسی ملی : ۷۶۴۷۴۳۲

۱۳۹۰

همکاران محترم ودانش‌آموزان عزیز:

پیشـــنهادها و نظرهای خود را درباره محتوای این‌کتاب به نشـــانی: تهران- صندوق پســـتی شـــماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتـــر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار(ایمیل) tvoccd@roshd.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.medu.ir

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت برتألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب/کدکتاب: شناخت خواص مواد- ۳۵۹/۵۵

مؤلف: سیدحسین حسنی نجف‌آبادی

اعضای کمیسیون تخصصی: غلامحسن پایگانه، عزیز خوشینی، ابوالحسن موسوی، محمد خواجه حسینی، حسن عبدالله‌زاده، حسن امینی، احمدرضا دوراندیش

مجری: شرکت انتشارات فنی ایران

ویراستار فنی: عبدالمجید خاکی‌صدیق

ویراستار ادبی: سولماز دمندانی

مدیر هنری: نرگس ذاکر هندوآبادی

مدیر فنی: معصومه بازاری اسفندآبادی

رسام فنی: سیدمرتضی میرمجیدی

حروفچینی: یگانه خوددار

صفحه‌آرا: عاطفه انتظاری

نسخه‌پردازان: ابوالفضل بیرامی، مسعود رژدام

طراح جلد: محبوبه آقاحسینی

نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی- ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش(شهید موسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، صندوق پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

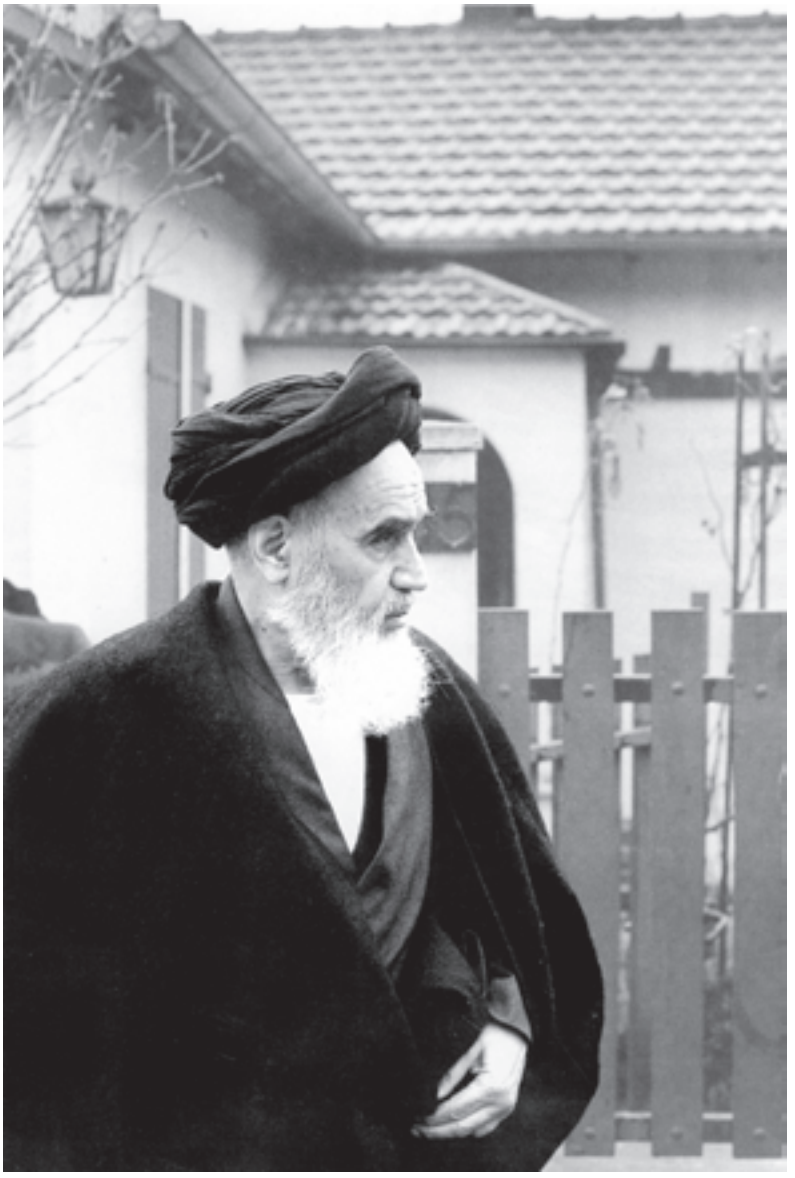
وب‌گاه www.chap.sch.ir

ناشر: شرکت انتشارات فنی ایران: تهران-خیابان مطهری-خیابان میرعماد-پلاک ۲۴

www.entesharat.com تلفن: ۸۸۵۰۵۰۵۵، دورنگار:۸۸۵۳۲۱۳۶، صندوق‌پستی:۱۵۸۷۷/۳۶۵۱۱ وب‌گاه

نوبت و سال چاپ: چاپ اول ۱۳۹۰

شابک۳-۳۷۴-۳۸۹-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964-389-374-3



جوان‌ها قدر جوانی‌شان را بدانند و آن را در علم و تقوی و سازندگی خودشان صرف کنند که اشــخاصی امین و صالح بشــوند. مملکت ما با اشخاص امین می‌تواند مستقل باشد.

امام خمینی «قدس سرّه‌الشریف»

پیشگفتار ناشر

انتشارات فنی ایران نزدیک سه دهه است که کتاب‌های فنی منتشر می‌کند. این کتاب‌ها مورد توجه دست‌اندرکاران آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور از قبیل سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش، سازمان آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور وابسته به وزارت کار، و نیز استادان و هنرآموزان و هنرجویان قرار گرفته است. کتابی که پیش رو دارید در چارچوب فعالیت‌های جدید *انتشارات فنی ایران* منتشر شده است.

ساختار و محتوای کتاب بر اساس جداول هدف و محتوای درس شناخت و خواص مواد و انتظارات دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش تألیف شده است و تولید محتوا را مؤلفان شرکت بر عهده داشته‌اند. و محتوای علمی کتاب‌ها توسط دفتر مذکور مورد تأیید قرار گرفته است. ویرایش زبانی و تولید فنی کتاب‌ها هم در شرکت *انتشارات فنی ایران* انجام پذیرفته است.

انتشارات فنی ایران امیدوار است در آینده بتواند نقش قابل قبولی در تولید کتاب‌های درسی شاخه فنی‌وحرفه‌ای و شاخه کاردانش مورد درخواست دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش ایفا کند.

شرکت انتشارات فنی ایران

فهرست

عنـــوان	صفحـــه
فصل اول: طبقه بندی مواد	۱
فصل دوم: آهن و آلیاژهای آن	۲۵
فصل سوم: فلزات غیرآهنی	۶۱
فصل چهارم: مواد غیرفلزی	۹۲
فصل پنجم: روانکاری	۱۱۰
فصل ششم: فن‌آوری نانو	۱۲۱

فصل اول: طبقه بندی مواد

◄ هدف‌های رفتاری

پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می رود:

ـ تاریخچه علم مواد را شرح دهد.

ـ اهمیت آموختن علم مواد را شرح دهد.

ـ طبقه بندی مواد را توضیح دهید.

ـ آلیاژ را تعریف کند.

ـ سرامیک ها را شرح دهد.

ـ خواص سرامیک را شرح دهد.

ـ پلیمرها را تعریف کند.

ـ خواص پلیمرها را تعریف کنید.

ـ خواص شیمیایی مواد را شرح دهد.

ـ پیوند یونی را شرح دهد.

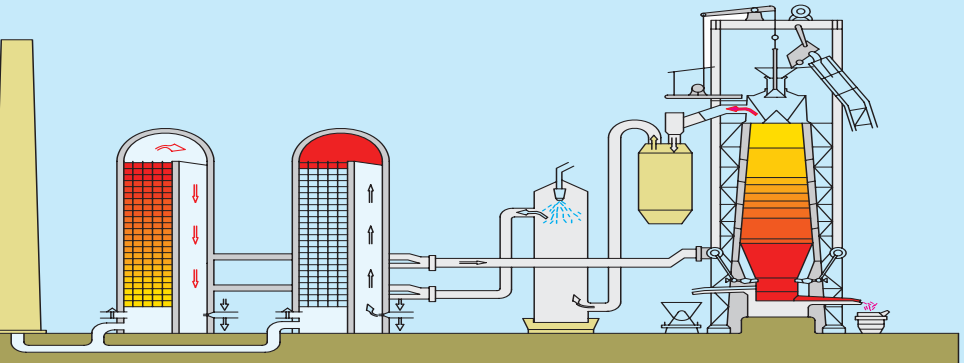
ـ پیوند کووالانسی را شرح دهد.

ـ پیوندها فلزی را شرح دهد.

ـ خواص مکانیکی مواد را شرح دهد.

ـ خواص فیزیکی مواد را شرح دهد.

ـ خواص تلنولوژیکی مواد را شرح دهد.

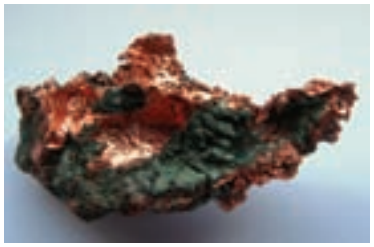


تاریخچه مواد و علم مواد

مواد در پیشرفت جوامع بشری نقش بسیار مهمی داشته‌اند، به‌طوری‌که مورخین، هر دوره تاریخی را با نام یکی از موادی که در آن دوره نقش مهمی داشته است، نام‌گذاری کرده‌اند. عصر سنگ و عصر برنز از جمله این نام‌گذاری‌هاست. این مهم نشان‌دهنده نقش مواد و اهمیت عناصر و مواد در زندگی بشر و کنترل رفتارهای او طی هزاره‌های گذشته است. از نقطه‌نظر تاریخی می‌توان گفت تمدن بشری با عصر سنگ آغاز شده است. در این دوران بشر برای تولید ابزار، سرپناه و سلاح، بر موادی متکی بوده است که از محیط اطراف خود به‌دست می‌آورده، مانند استخوان حیوانات، سفال، چوب و از همه مهم‌تر سنگ. ابزارهای سنگی به‌دلیل استحکام و سختی مناسب‌شان بسیار مورد توجه بوده‌اند و لذا این دوران را با عنوان دوران سنگ یا عصر سنگ می‌شناسند (شکل ۱-۱).

شکل ۱-۱ ابزار سنگی کشف شده از غار ملاورد

نخستین اشیاء فلزی ساخته شده به‌دست انسان، اشیاء کوچک مسی چکش‌کاری شده‌ای هستند که به نیمه اول هزاره چهارم پیش از میلاد، یعنی پایان عصر سنگ باز می‌گردند. در این دوران انسان در طبیعت به ماده‌ای برخورد که هنگام ضربه‌خوردن نمی‌شکست، بلکه نرم می‌شد و تغییر شکل می‌یافت. این سنگ مس بود، البته در آن زمان بشر هنوز به خاصیت ذوب شدن فلزات پی نبرده بود. این امر توسط سفالگری کشف شد که ضمن پختن اشیاء سفالین خود در کوره، متوجه شد که بعضی از سنگ‌ها در برابر حرارت ذوب می‌شوند و به شکلی دیگر در می‌آیند (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱

این ماده که مقاومت زیادی هم داشت، برای صنعتگران هم بسیار ارزنده بود. به‌عنوان نمونه‌های چنین محوطه‌های باستانی، می‌توان از محوطه باستانی آریسمان[1] نام برد که یکی از بزرگ‌ترین مراکز صنعتی- فلزکاری باستانی در ایران است، که تا کنون کاوش‌های انجام گرفته در این محوطه باستانی به کشف آثاری از بقایای کوره‌های ذوب فلزات منجر شده است. این محوطه باستانی که نوعی شهرک صنعتی به‌حساب می‌آید از هزاره چهارم پیش از میلاد آثار ارزشمندی در خود جای داده که آن‌را به یکی از غنی‌ترین محوطه‌های باستانی ایران و جهان تبدیل کرده است.

۱ـ این منطقه از توابع شهر نطنز است.

از آن‌جا که مس خالص دارای مقاومت زیادی نیست، فلز کاران درصدد برآمدند تا آن‌را با ماده‌ای ترکیب، و اســتحکام آن‌را زیاد کنند. در حدود ۲۵۰۰ تا ۱۵۰۰ ســال پیش از میلاد با کشف قلع، عصر مفرغ آغاز شد و صنعتگران توانستند با ترکیب این دو فلز، فلز مســتحکم‌تری را ابداع کنند. بدین‌ترتیب در هزاره دوم پیش از میلاد، مفرغ‌کاری به‌صورت یکی از برجسته‌ترین صنایع درآمد. در ناحیه حسنلو در شمال‌غرب ایران نمونه‌های فراوانی از اشیاء مفرغی این دوران یافت شــده است. ناحیه کردســتان از مهم‌ترین مراکز تولید مفرغ در ایران و جهان در دوران مفرغ اســت. هنرمندان این ناحیه توانســتند مفرغ را در داخل ماسه، یا به احتمال بیشــتر در سفال ریخته‌گری کنند و اشیاء ظریف را به‌کمک ریخته‌گری و چکش‌کاری تولید کنند.

اگر چه عنصرآهن از نیمه نخست هزاره سوم پیش از میلاد در بین‌النهرین و آســیای صغیر شناخته شده بود، ولی به‌علت دیرگداز بودن، عدم چکش‌خواری و تغییر شــکل، عملاً نتوانســت در صنعت آن زمان جایی برای خود باز کند، تا این‌کــه در فاصلــه ۱۵۰۰ تا ۵۵۰ پیش از میلاد با کشــف راه‌های تبدیل آهن به فــولاد، ظاهراً برای اولین بار در کوه‌های ارمنســتان انجام گرفت. آهن نیز برای ســاخت انواع وسایل از جمله اسلحه، زیورآلات و ابزار موردنیاز انسان استفاده شــد. به هر حال در حدود ۱۰۰۰ ســال پیش از میلاد، صنعت ســاخت وسایل آهنی پیشــرفت چشم‌گیری کرد و صنعت‌گران آن دوران موفق به ساخت انواع سلاح‌های جنگی و تدافعی، لوازم کشاورزی و ابزار شکار شدند (شکل ۳-۱). نخســتین نشــانه‌های کوره‌های ذوب فلز عصر آهن در فلات مرکزی ایران در محوطه قلی‌درویش[1] کشــف شده است. این محوطه حاوی یکی از قدیمی‌ترین کوره‌های ذوب فلز در ایران است که اولین کوره ذوب فلز کشف شده در فلات مرکزی ایران از دوران عصر آهن است (شکل ۴-۱).

شکل ۳-۱

شکل۴-۱ یک نوع کوره قدیمی

۱ـ قلی درویش: از توابع شهرستان قم

در این میان فلزات گران‌بهایی مانند نقره و طلا در حدود ۲۵۰۰ سال پیش از میلاد کشف شدند و از همان ابتدا به‌دلیل کمیابی، فسادناپذیری و دوام، برای ساخت زیورآلات و تهیه مصنوعات زینتی مورد استفاده قرار گرفتند. اوج هنر کار با طلا را شاید بتوان مربوط به دوران هخامنشی و ساسانی دانست (شکل ۵-۱).

پیش از دوره ساسانی اگرچه ساختن فلز از فلزات قیمتی پیشرفت زیادی داشته، ولی در عصر ساسانیان به درجه عالی رسیده است. روش‌های ساخت اجرای تکنیک‌های فلزکاری در دوران ساسانیان، بسیار جالب و در عین حال پیچیده است. بیشتر قطعات فلزی به‌دست آمده نشان می‌دهد که آن قطعات باید ریخته‌گری یا چکش‌کاری شده و در بعضی مواقع باید به‌طور یقین با چرخ تراشیده شده یا فرم داده شده باشند. از همین دوران قطعاتی یافت شده که در آن‌ها دو فلز مختلف با هم کار شده است و نشان می‌دهد که اول، قطعه از یک فلز ریخته شده و پس از تراش و پرداخت، مجدداً آن‌را در قالب قرار داده‌اند و فلز دوم را روی آن ریخته‌اند. در دوران پس از اسلام، در زمان سلجوقیان تا دوران صفویه، فلزات و شکل‌دهی آن‌ها در ایران از پیشرفت‌های شگرفی برخوردار بوده است.

شکل ۵-۱ نمونه‌هایی از فلزکاری

در حقیقت عصر آهن با ابداع روش‌های تولید چدن و فولاد در جهان پایان یافت و هم اکنون در عصر فولاد قرار داریم. امروزه اهمیت فولاد تا بدان‌جاست که میزان پیشرفت یک ملت وابستگی بسیاری به تولید فولاد و مصرف آن دارد.

شکل ۶-۱

- چرا علم موادشناسی را می‌آموزیم؟

ما در جهانی زندگی می‌کنیم که اشیاء درآن از مواد مختلف ساخته می‌شود. به اطراف خود بنگرید: خودروها، هواپیماها، کامپیوترها، یخچال‌ها، و خلاصه تمام آن‌چه که در اطراف خود می‌بینید، از مواد تولید شده‌اند(شکل ۶-۱ وشکل ۷-۱). ویژگی‌های خاصی لازم است تا بتوان ماده‌ای را برای کاربردهای خاص به‌کار گرفت و از این‌رو است که علم مواد از اهمیت دو چندانی برخوردار می‌شود. عده زیادی از علوم کاربردی مثل مهندسی‌های مکانیک، عمران و برق همواره با مسائلی روبه‌رو می‌شوند که در طی آن‌ها انتخاب یک ماده، هسته اصلی خواهد بود و در این راه مهندسی مواد و علم مواد شناسی به‌کمک این

شکل ۷-۱

علوم خواهد شتافت.

بیشـــتر اوقات، مسئله اصلی در حیطه مواد، انتخاب یک ماده برای کاربردی خاص اســـت، ولی به‌نـــدرت اتفاق می‌افتد که ماده انتخاب شـــده تمام خواص مدنظر یا اغلب آن‌ها را داشته باشد، لذا همواره سعی برآن خواهد بود که تعادلی میان خواص گوناگون، به‌نحوی که کاربرد موردنظر نیز انجام شود، برقرار گردد. مثال مشـــهود در این زمینه رابطه میان کشسانی و استحکام است. به‌طور معمول ماده‌ای که دارای اســـتحکام زیادی اســـت، خاصیت کشسانی کمی دارد، لذا در چنین موادی برقراری رابطه‌ای درســـت میـــان کاربرد و این تضاد دارای اهمیت خواهد بود.

دومیـــن موضوع در انتخاب مواد، تغییر خـــواص ماده در هنگام کار و یا در مجاورت با محیط کار اســـت، بنابراین لازم اســـت همواره ماده در این‌خصوص پایـــداری کافی را داشـــته باشـــد. از آن جملـــه می‌توان به کاهش اســـتحکام در اثـــر افزایش دما یا در محیط‌های خورنده، اشـــاره کرد. مســـائل اقتصادی نیز از موضوعات مهم در انتخاب مواد اســـت. ممکن است ماده‌ای تمامی خواسته‌های ما را در کاربرد موردنظر برآورده سازد، ولی قیمت تمام‌شده آن مقرون به‌صرفه نباشد. پس همواره لازم است تعادلی منطقی میان خواص موردنیاز و قیمت ماده موردنظر برقرار باشد.

مجمـــوع عوامل بالا حاکی از اهمیت علم‌مواد برای رشـــته‌های گوناگون در حیطه مهندسی است. هر روزه مواد جدید با قابلیت‌های ویژه‌ای ابداع می‌شوند (شکل ۸–۱).

شکل ۸–۱ مواد با جنس‌های مختلف، کاربردهای وسیعی در زندگی ما دارند.

طبقه‌بندی مواد

مواد جامد که بیشـــتر کاربرد آن‌ها در ساخت‌وســـازهای مهندسی است، در سه گروه: فلزات، ســـرامیک‌ها و پلیمرها طبقه‌بندی می‌شـــوند. این تقســـیم‌بندی بر اســـاس خواص شـــیمیایی و ســـاختار اتمی است و بیشـــتر مواد در یکی از این ســـه حیطه قرار می‌گیرند، ولی با این وجود تعدادی از مواد هســـتند که خواص واســـطه‌ای میان این ســـه گروه دارند. برای نمونه می‌توان به کامپوزیت‌ها (مواد مرکب) اشـــاره کرد، که ترکیبی از دو یا ســـه گروه ذکر شـــده هستند و خواص میانه‌ای خواهند داشت.

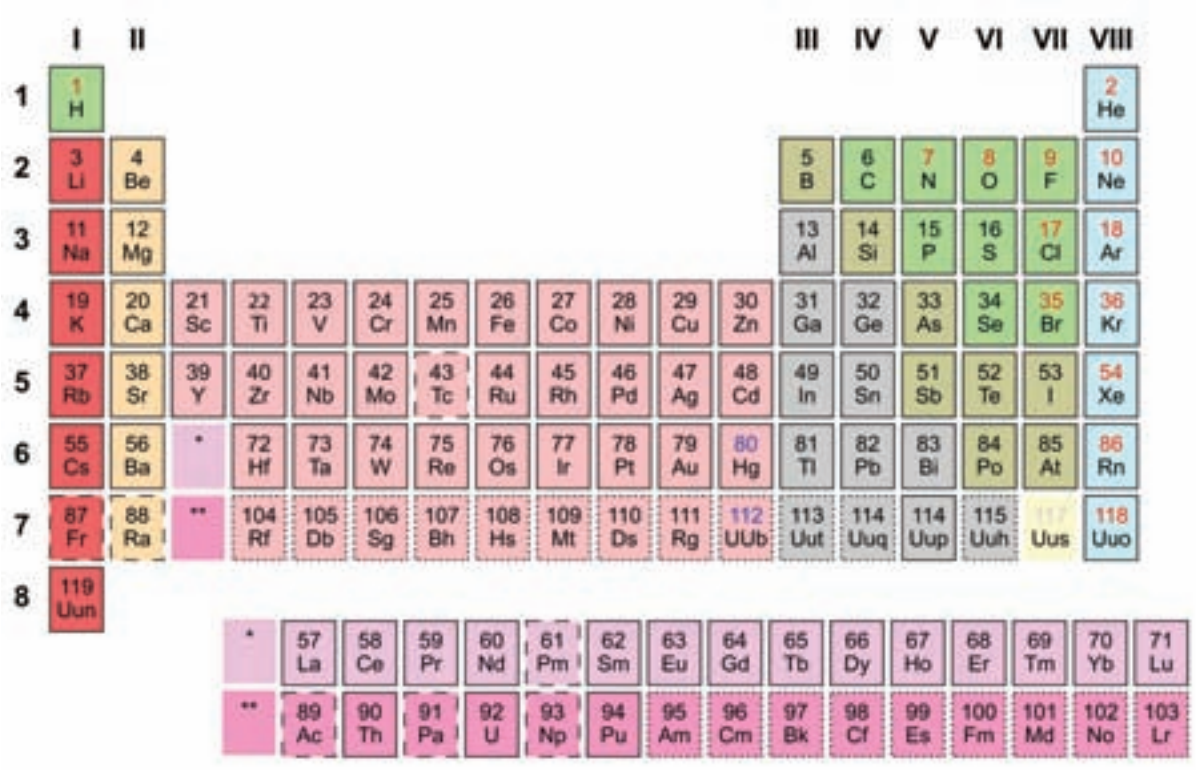
تحقیق کنید

چنـــد وســـیله را نـــام ببرید که خواص آن‌هـــا در حین کارکرد نیـــاز به پایداری داشـــته باشـــد توضیح دهید.

بـــه نظر شـــما چـــه عواملی در هزینـــه تمام شـــده یک وســـیله مؤثراست؟

فلزات

مــوادی که در گروه فلزات قرار می‌گیرند، ترکیبــی از یک یا چند عنصر فلزی (مانند: آهن، آلومینیم، مس، تیتانیم، طلا، نیکل و غیره) و عناصر غیرفلزی (مانند: کربن، نیتروژن و اکسیژن) به مقدار کم هستند. در حقیقت باید به این نکته توجه کرد که هر چند در علم شیمی عناصر فلزی به‌صورت منفرد به‌کار گرفته، و نام



جدول ۱-۱: جدول تناوبی عناصر

برده می‌شوند، اما در علم مواد، فلزات به‌ندرت به‌صورت خالص به‌کار می‌روند، چرا که خواص چندان مناسبی برای کاربرد ندارند. از این رو بیشتر با ترکیب عناصر فلزی با یکدیگر یا با عناصر غیرفلزی، آلیاژسازی می‌کنند تا موجب افزایش مکانیکی و مقاومت بیشتر در برابر خوردگی در آن‌ها شود. آلیاژ، ماده‌ای است با خواص فلزی و تشکیل شده از دو یا چند عنصر شیمیایی که حداقل یکی از آن‌ها فلز است (شکل ۹-۱).

شکل ۹-۱ با آلیاژ کردن فلزات می‌توان بعضی از خواص آن‌ها را بهبود بخشید.

اتم‌ها در فلزات و آلیاژهای آن‌ها در ساختار بسیار منظمی (که در ادامه به آن اشاره خواهد شد) قرار می‌گیرند که این ساختار برای هر عنصر فلزی ترتیبی معین دارد. در زمینه خواص مکانیکی این مواد دارای سختی و استحکام خوبی هستند، درحالی‌که قابلیت کشسانی[۱] (انعطاف‌پذیری) زیادی نیز دارند. این خواص باعث می‌شود تا چنین موادی در سازه‌ها به‌وفور به‌کار روند. بخش عمده‌ای از خواص فلزات، به الکترون‌های آزاد در آن‌ها مربوط می‌شود. این مواد بیشتر دارای خواص انتقال حرارتی و رسانایی الکتریکی بسیار خوبی هستند و عده‌ای از آن‌ها مثل آهن، نیکل و کبالت خواص مغناطیسی دائمی دارند.

الف
لوله‌های سرامیکی

ب
بلرینگ از جنس سرامیک

ج
(شکل ۱۰-۱)

نکته

اهمیت وزن قطعات در ماشین‌آلات تا آنجا اهمیت یافته که فلزات را به دو گروه فلزات سنگین و سبک تقسیم کرده‌اند فلزاتی را که دارای چگالی (جرم مخصوص) بیشتر از $۵\ \frac{kg}{dm^3}$ هستند را فلزات سنگین و فلزات دارای جرم کمتر از این مقدار را فلزات سبک می نامند.

سرامیک‌ها

سرامیک‌ها ترکیباتی میان فلزات و غیرفلزات دارند و بیشتر آن‌ها شامل اکسیدها، نیتریدها و کاربیدها هستند. برای مثال سرامیک‌های مرسوم شامل اکسید آلومینیم و سیلیسیم هستند که پس از ترکیب در شرایط خاص، ساختار سرامیکی تشکیل می‌دهند. سرامیک‌ها کاربرد فراوانی در زندگی ما دارند (شکل ۱۰-۱ از الف تا ج). از مرسوم‌ترین آن‌ها می‌توان به سفال، چینی، شیشه و سیمان اشاره کرد که بیشتر با آن‌ها سروکار داریم. شکنندگی

۱ـ قابلیت کشسانی توانایی کش‌آمدن ماده تا مرز پاره شدن

و سختی زیاد و عایق بودن حرارتی و الکتریکی از خواص سرامیک‌هاست. همچنین سرامیک‌ها در برابر حرارت‌های بسیار زیاد و محیط‌های به‌شدت خورنده، مقاومت بسیاری دارند. سرامیک‌ها می‌توانند شفاف یا مات باشند و عده‌ای از آن‌ها هم دارای خواص مغناطیسی هستند (شکل ۱۱-۱).

شکل ۱۱-۱ ابزارهای براده‌برداری سرامیکی

پلیمرها

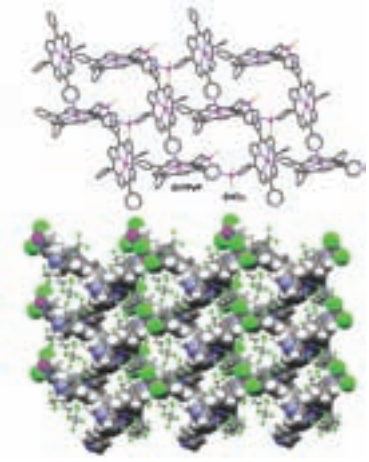
پلیمرها از زنجیرهای بلند کربنی (منومر) در کنار یکدیگر به‌وجود می‌آیند. این مواد شامل گروه اصلی پلاستیک‌ها و لاستیک‌ها هستند. تعداد زیادی از پلیمرها دارای پایه آلی هستند، مانند لاستیک که از صمغ نوعی درخت خاص تهیه می‌شود. از پلیمرهای بسیار رایج می‌توان به پلی‌اتیلن، نایلون و پلی‌وینیل‌کلراید (PVC) اشاره کرد. چگالی کم، مقاومت در مقابل خوردگی و انعطاف‌پذیری از جمله خواص پلیمرها به شمار می‌آیند (شکل ۱۲-۱).

بیشتر این مواد دارای چگالی کمی هستند و خواص منحصربه‌فردی دارند. از جمله این خواص، نسبت استحکام به وزن آن‌هاست که باعث می‌شود در شرایط مساوی این نسبت در آن‌ها بسیار بهتر از فلزات و حتی سرامیک‌ها باشد.

پلیمرها به‌راحتی به اشکال پیچیده‌تر درمی‌آیند، زیرا در دمای زیاد، خاصیت جاری شدن این مواد به‌شدت افزایش می‌یابد و امکان قالب‌گیری آن‌ها را در فرم‌های مختلف فراهم می‌سازد. بیشتر این مواد در محیط‌های خورنده بی‌اثر هستند و خواص شیمیایی خود را به‌خوبی حفظ می‌کنند، ولی مقاومت حرارتی آن‌ها کم است و همین امر استفاده از آن‌ها را محدود می‌سازد. به‌علت عایق بودن پلیمرها در برابر جریان الکتریسیته، از آن‌ها برای جلوگیری از عبور جریان برق در تجهیزات گوناگون استفاده می‌شود.

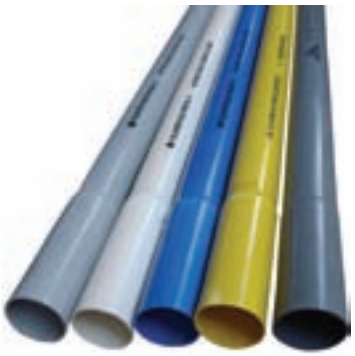
نکته

شکنندگی زیاد و سختی زیاد و عایق حرارتی و الکتریکی از خواص سرامیک‌هاست.



شکل ۱۲-۱ زنجیره‌های بلند یک پلیمر

در شکل ۱۳-۱ از الف تا چ نمونه‌هایی از وسایل ساخته شده از پلیمرها را نشان می‌دهد.



(الف)

نکته

چگالی کم، مقاوم در مقابل خوردگی و انعطاف پذیری از جمله خواص پلیمرهاست.

(ب)

(پ)

(ت)

(ث)

(ج)

(چ)

شکل ۱۳-۱

کامپوزیت‌ها

کامپوزیت‌ها موادی هستند، مرکب از دو یا چند ماده جداگانه، که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. هدف از تولید و طراحی کامپوزیت‌ها، تولید موادی است که بتواند خواص ترکیبی چند ماده را دارا باشد، درحالی‌که خواص یا ویژگی خاصی در آن‌ها تقویت شده است. انواع گوناگون کامپوزیت‌ها را می‌توان با ترکیب فلزات، سرامیک‌ها یا پلیمرها تولید کرد. مواد طبیعی مثل چوب و استخوان جزء کامپوزیت‌ها هستند. با این وجود هدف از کامپوزیت در علوم مهندسی بیشتر مواد مصنوعی ساخته دست انسان است (شکل ۱۴-۱ و شکل ۱۵-۱). یکی از مرسوم‌ترین و پرکاربردترین کامپوزیت‌ها، فایبرگلاس است که در آن الیاف شیشه را با پلیمری خاص، ترکیب می‌کنند (شکل ۱۶). الیاف شیشه‌ای بسیار مستحکم و مقاوم و شکننده هستند و پلیمرها بسیار منعطف‌اند. ترکیب این دو ماده، فایبرگلاس را تولید می‌کند، که ماده‌ای بسیار مستحکم، مقاوم و با قابلیت انعطاف‌پذیری فراوان است.

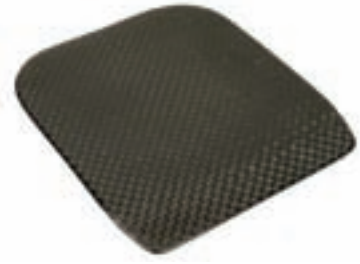
امروزه پیشرفت‌های شگرفی در عرصه ساخت کامپوزیت‌ها رخ داده است. در کامپوزیت‌های الیاف کربن رشته‌های تولید شده از ترکیب کربن با نوع خاصی پلیمر به یکدیگر متصل می‌شوند، تا کامپوزیتی بسیار مستحکم و انعطاف‌پذیر تولید کنند. کامپوزیت‌های الیاف کربن بسیار سبک هستند و در هواپیماها، فضاپیماها و ...کاربردهایی که به فن‌آوری بالا در حیطه مهندسی مواد نیاز دارند، استفاده می‌شوند. شکل ۱۷-۱ تا ۱۹-۱ چند وسیله ساخته شده از الیاف کربن را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴-۱

شکل ۱۵-۱ الیاف شیشه در زمینه پلیمری خاص

شکل ۱۶-۱ تولید قطعات فایبرگلاس

بسیار ساده است و به‌راحتی می‌توان آن‌ها را قالب‌گیری و تولید کرد.



شکل ۱۷-۱ یک صفحه تولید شده از الیاف کربن

شکل ۱۸-۱ بدنه یک دوچرخه از الیاف کربن

شکل ۱۹-۱ رینگ خودرو از الیاف کربن

خواص شیمیایی مواد

مواد از اتم‌ها تشکیل می‌شوند. برای این‌که تخمینی از تعداد اتم‌های موجود در یک جسم به‌دست آورید، توجه کنید که در یک سر سوزن در حدود $35x10^{9}$ اتم وجود دارد (شکل ۲۰-۱). برای تشکیل یک ماده لازم است که اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار گیرند، که این امر توسط پیوندهای اتمی انجام می‌پذیرد. عنصر به ماده‌ای گفته می‌شود که مولکول‌های سازنده آن از یک نوع اتم ساخته می‌شوند.

در حدود ۹۱ عنصر طبیعی در طبیعت وجود دارد که تعداد ۷۰ عنصر از آن‌ها جزء فلزات هستند. برخی از این عناصر فلزی بسیار کمیاب هستند و برخی دیگر به‌دلیل خواص نامطلوب مکانیکی و میل شدید ترکیب شدن با سایر عناصر، کاربردهای مهندسی چندانی ندارند. به طور مثال میل ترکیبی سدیم با آب آن‌قدر زیاد است که حالت انفجاری به خود می‌گیرد. از همین رو آن‌را در نفت نگه‌داری می‌کنند (شکل ۲۱-۱).

در نهایت در حدود ۲۰ عنصر فلزی در مهندسی کاربرد دارند و در ساخت تجهیزات از آن‌ها استفاده می‌شود. در میان عناصر غیرفلزی، عده‌ای از آن‌ها کاربردهای کلیدی دارند: مانند کربن، که در بیشتر مواد و آلیاژها حضور دارد (مثال بارز آن فولادها و پلیمرها هستند) و سیلیسیم، که در تولید بیشتر مدارهای مجتمع الکترونیکی به‌صورت خالص موجود است و در حدود ۷۵ درصد از پوسته زمین را نیز تشکیل می‌دهد(شکل ۲۲-۱ و شکل ۲۳-۱).

تحقیق کنید

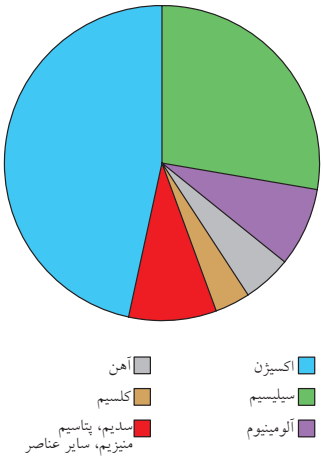
تعدادی از عناصر که میل ترکیب شدن با عناصر دیگر را دارند نام ببرید.

همان‌طور که می‌دانید اتم‌ها از الکترون‌ها، نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌اند. در هسته یک اتم دو ذره پروتون و نوترون وجود دارد و ذره سوم اتم، الکترون است (شکل ۲۴-۱). تمامی این اجزاء حول هسته در مسیرهایی خاص به نام مدار می‌چرخند. پروتون‌ها دارای بار مثبت، هستند و الکترون‌ها بار منفی دارند، میزان بار این دو ذره با یکدیگر برابر است. نوترون‌ها نیز دارای بار خنثی و فاقد بار الکتریکی هستند. بیشتر عناصر در لایه آخر خود، الکترون‌های

شکل ۲۰-۱ حدود $35x10^{9}$ اتم در سرسوزن قرار می‌گیرد.

شکل ۲۱-۱

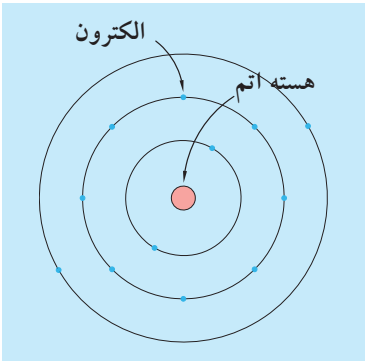
شکل ۲۲-۱ سیلیسیم در ساخت ریزپردازه‌ها کاربرد فراوان دارد.



شکل ۲۳-۱

کافی جهت پایداری را ندارند و همواره سعی می‌کنند، الکترون‌های لایه آخر خود را یا به اتم‌های دیگر قرض بدهند، یا از آن‌ها الکترون بگیرند و یا برای تکمیل آخرین لایه اتمی خود الکترون‌های خود را با اتم‌های دیگر به اشتراک بگذارند. به‌طورکلی می‌توان گفت الکترون‌های لایه آخر یک اتم در تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی یک عنصر بسیار تعیین‌کننده است.

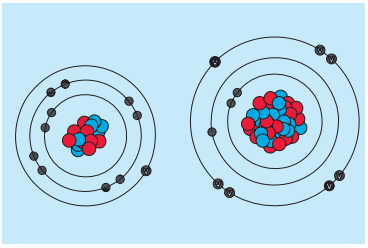
هر ترکیب شیمیایی، از به هم پیوستن یک یا چند اتم از دو یا چند عنصر مختلف تشکیل می‌شود. با توجه به نوع اتم‌های درگیر (فلزی و غیر فلزی) روش‌های گوناگونی برای اتصال آن‌ها به یکدیگر وجود دارد و هر یک از انواع پیوندهایی که در ادامه به آن اشاره می‌شود، ویژگی خاصی در ترکیب یا ماده جدید تولید شده ایجاد می‌کند که این خواص در شناخت علم مواد مورد بحث است.



شکل ۲۴-۱ شیوه قرارگیری الکترون‌ها و پروتون‌ها در یک اتم

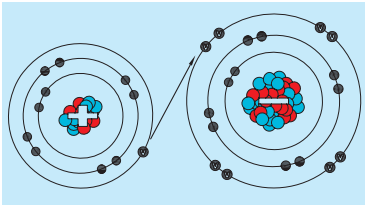
پیوند یونی

پیوند یونی ساده‌ترین نوع پیوند میان اتم‌هاست. در حقیقت پیوند یونی پیوند میان عناصر فلزی و غیر فلزی را برقرار می‌کند و درصورت ترکیب عناصری که در دو انتهای چپ و راست جدول تناوبی قرار دارند، با یکدیگر، ساختار جدیدی با پیوند یونی ایجاد می‌شود. عناصر فلزی مثل سدیم دارای الکترون‌هایی در لایه آخر خود هستند که میل چندانی به ماندن در مدار مذکور ندارند و به‌راحتی از اتم جدا می‌شوند، درحالتی‌که یک الکترون از اتم جدا شود، تعادل میان بارهای مثبت و منفی میان پروتون‌ها و الکترون‌ها به‌هم می‌خورد و اتم دارای بار مثبتی (ناشی از وجود یک پروتون) خواهد شد که به آن در اصطلاح یون مثبت گفته می‌شود. عکس این‌حالت در غیرفلزاتی مثل کلر نیز رخ می‌دهد. در این عناصر، اتم مایل است با جذب الکترون بیشتر، لایه آخر خود را تکمیل کند تا به اصطلاح پایدار شود (حفظ پایداری در اتم‌های فلزی با از دست دادن الکترون رخ می‌دهد). بدین‌ترتیب اتم مذکور با گرفتن یک الکترون، بار منفی یافته و به یون منفی بدل می‌شود.



شکل۲۵-۱ اتم سدیم و کلر در حالت خنثی

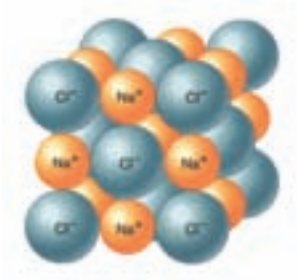
در نمک طعام با فرمولاسیون (NaCl) اتم عنصر کلر با جذب یک الکترون به یون منفی کلر، و اتم عنصر سدیم با از دست دادن یک الکترون به یون مثبت سدیم تبدیل می‌شود. حال به‌دلیل نیروی جاذبه میان دو یون مذکور، این دو یون در ساختاری جدید در کنار یکدیگر خواهند ماند. پیوند میان این دو یون از نوع پیوند یونی است (شکل ۲۶-۱) و اتم‌های این دو عنصر، ساختار کریستالی



شکل ۲۶-۱ انتقال یک الکترون از اتم سدیم به اتم کلر و ایجاد دو یون مثبت و منفی.

نمک طعام را می‌سازند که در شکل نشان داده شده است(شکل ۲۷-۱).

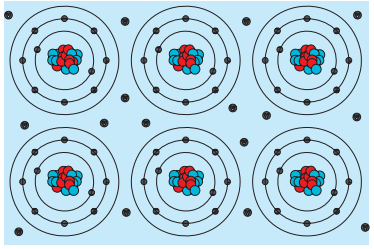
پیوند یونی بیشتر در میان سرامیک‌ها وجود دارد. برای مثال اکسید آلومینیم با همین نوع پیوند، ساختاری بسیار سخت، شکننده و با دیرگدازی بالایی ایجاد می‌کند. در حقیقت بیشتر مواد دارای ساختارهایی با پیوند یونی چنین خاصیت‌هایی را از خود بروز می‌دهند.



شکل ۲۷-۱ چگونگی قرارگیری یون‌های مثبت سدیم و منفی کلر در کریستال نمک طعام.

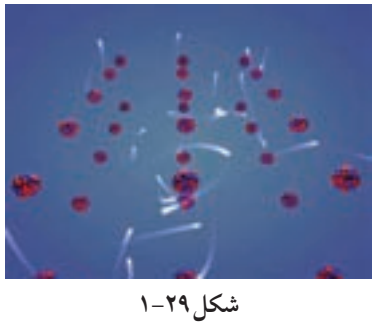
◄ پیوندهای فلزی:

بیشتر فلزات دارای یک، دو و یا سه الکترون در آخرین لایه خود هستند و پیوندی بسیار سست با هسته و اتم برقرار می‌سازند و بیشتر مواقع از اتم جدا می‌شوند. در فلزات و آلیاژهای فلزی، اتم‌های فلزی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و الکترون‌های لایه آخر را به‌راحتی میان یکدیگر تبادل می‌کنند، به‌طوری‌که این الکترون‌ها به‌هیچ اتمی متعلق نیستند. در بیشتر موارد، الکترون‌ها به دریایی تشبیه می‌شوند که یون‌های فلزی در آن‌ها قرار دارند و آن‌ها را به‌سختی در کنار یکدیگر قرار داده‌اند(شکل ۲۸-۱).

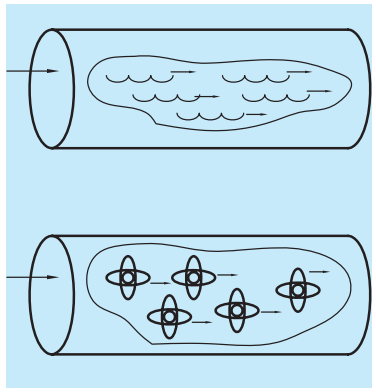


شکل ۲۸-۱ مفهوم دریای الکترونی در پیوند فلزی مشاهده می‌شود.

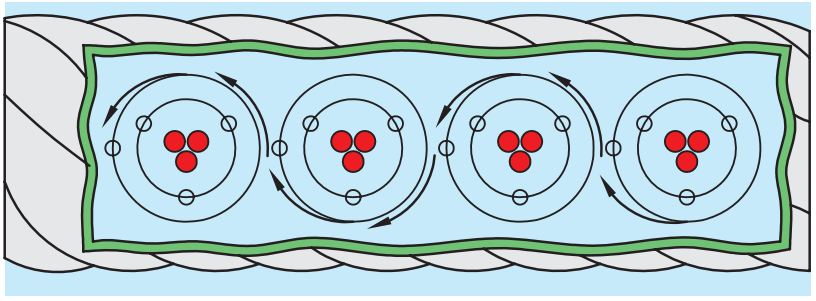
بسیاری از خواص خوب فلزات از جمله رسانایی(انتقال حرارت) و هدایت (جریان الکتریکی) در همین دریای الکترونی ریشه دارد (شکل ۲۹-۱). هدایت الکتریکی به مفهوم تبادل الکترون‌ها در این دریای الکترونی به‌راحتی صورت می‌پذیرد و با اعمال اختلاف پتانسیل میان دو سر یک سیم فلزی الکترون‌ها (جریان الکتریکی) را درون سیم به جریان درمی‌آورد (شکل ۳۰-۱ و ۳۱-۱). مفهوم انتقال حرارت هم با ارتعاش اتم‌ها و الکترون‌ها همراه است. هر اندازه انرژی حرارتی بیشتری به یک قطعه سیم بدهید، اتم‌های آن با سرعت بیشتری حرکت می‌کنند و از آن‌جا که اتم‌ها در دریای الکترونی راحت‌تر مرتعش می‌شوند، لذا سرعت انتقال حرارت در بیشتر فلزات بسیار زیاد است.



شکل ۲۹-۱



شکل ۳۰-۱



شکل ۳۱-۱ نحوه انتقال جریان الکتریکی در یک رسانا

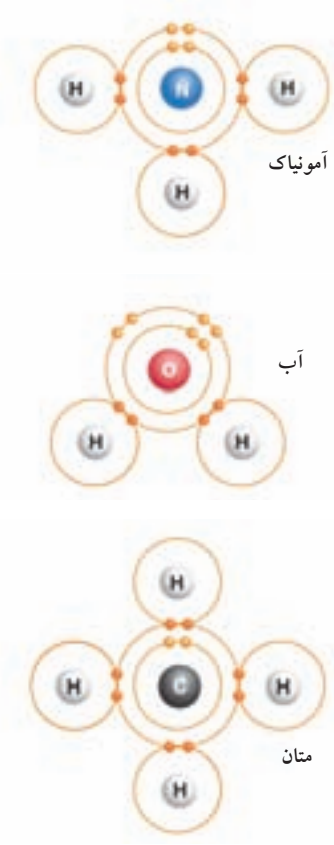
پیوند کووالانسی

نوعی پیوند اســت که میان غیرفلــزات رخ می‌دهد و قوی‌ترین نوع پیوند میان اتم‌ها اســت. همان‌طور که بیان شــد، در غیرفلزات الکترون‌هــای آخرین لایه اتم به‌شــدت به هســته اتم وابسته هســتند، لذا اتم‌های مذکور به‌منظور رسیدن به پایداری بیشــتر، به‌جای تبادل الکترون‌ها میان یکدیگر، آن‌ها را به اشــتراک می‌گذارند(شکل ۳۲-۱).

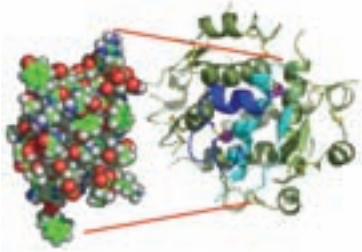
برای مثال اتم عنصر کربن دارای چهار الکترون در لایه آخر خود اســت و چهار الکترون دیگر جهت رسیدن به‌حالت پایدار نیاز دارد، بنابراین با چهار اتم هیدروژن ترکیب می‌شــود و با ایجاد چهار پیوند کووالانسی، مولکول گاز متان را تولید می‌کند تا به پایداری برسد. در این اشتراک الکترون، اتم‌های هیدروژن دارای دو الکترون شــده و پایدار می‌شــوند. اتم کربن هم دارای چهار الکترون گردیده و پایدار می‌شود..

چنان‌چــه به‌جای دو اتــم هیدروژن، دو اتــم کربن دیگــر را جایگزین کنیم و ایــن کار را ادامه دهیــم، زنجیره‌های بلندی از کربن‌هــا و هیدروژن‌ها خواهیم داشت، که باعث ایجاد ساختار جدیدی می‌شود. از مهم‌ترین موادی که از چنین ســاختارهایی پیروی می‌کنند، پلیمرها هستند که با قرارگیری، این زنجیره‌ها در کنار یکدیگر تولید می‌شوند(شکل ۳۳-۱).

از دیگر مثال‌های پیوندهای کووالانســی می‌توان به، پیوندهای کووالانســی میان اتم‌های کربن در ساختار الماس اشاره کرد. این پیوندها آن‌قدر قوی هستند که الماس را به سخت‌ترین ماده موجود در جهان طبیعت تبدیل کرده است. در شــکل، یک ابزار تیز کن با جنس الماس برای تیز کردن مجدد سنگ‌ها استفاده می‌شــود. به‌دلیل آن‌که در پیوندهای کووالانسی، الکترون‌ها بسیار به هسته‌های اتمی مقید هستند، لذا بیشتر موادی که دارای چنین پیوندی هستند، فاقد قابلیت هدایت الکتریکی بوده و ویژگی نارسانایی بیشتر دارند(شکل ۳۴-۱).



شکل ۳۲-۱: پیوند کووالانسی در سه مولکول آب، آمونیاک و متان.



شکل ۳۳-۱: یک زنجیره مونومری از ماده‌ای آلی (پلیمر)

شکل ۳۴-۱:جنس الماس که به عنوان ابزار تیزکن استفاده می‌شود

خواص مواد

تاکنــون نوشــیدنی‌های متنوعی در بســته‌بندی‌های شیشــه‌ای (بطری‌ها) یا در قوطی‌هــای آلومینیمی دیده‌اید، اما آیا تاکنون فکــر کرده‌اید که چرا از آلومینیم

یا شیشـــه برای نگه‌داری و بسته‌بندی نوشیدنی‌ها استفاده می‌شود. هر دوی این بســـته‌بندی‌ها به‌منظور حفظ و نگه‌داری محتویات آن‌ها به‌کار می‌روند، چرا که به‌خوبی شـــرایط حمل‌ونقل را تحمل می‌کنند تا به‌دســـت شما برسند. علاوه‌بر این لازم اســـت مقاومت خوبی در برابر خوردگی با محتویات درون خود داشته باشـــند. اگر بســـته‌بندی یک محصول با محتویات درون خود واکنش شیمیایی نشان دهد، یا دچار خوردگی شود، طعم محتویات درون آن تغییر خواهد یافت و عملاً غیر قابل مصرف خواهد شد(شکل‌های ۳۵-۱ و ۳۶-۱ و ۳۷-۱).

شکل ۳۵-۱

شکل ۳۶-۱

شکل ۳۷-۱

علاوه‌بر دلایلی که بیان شد، میزان در دسترس بودن و قیمت نیز در به‌کارگیری آن‌ها برای چنین کاربردی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اســـت، چرا که مســـائل اقتصادی و قیمت تمام شـــده نوشیدنی در میزان استقبال مصرف‌کنندگان از آن، بســـیار دارای اهمیت اســـت. از نقطه نظر محیط زیست و بازیافت (که بار دیگر بر قیمت آن اهمیت دارد) نیز لازم اســـت، امکان بازیافت را داشـــته باشند، چرا که به تعداد انبوهی تولید می‌شـــوند و مـــورد مصرف قرار می‌گیرند. در حقیقت این‌ها مسائلی است که توســـط متخصصین علم مواد و دست‌اندرکاران صنعت بســـته‌بندی، مورد توجه اســـت و تنها تفاوتی که مصرف‌کننـــده در این دو نوع بســـته‌بندی خواهد دید، صرفاً وزن متفاوت در آن‌هاست. در ادامه به عواملی که موجب تفاوت میان مواد مختلف می‌شـــوند و خواصی را که مواد را از یکدیگر متمایز می‌سازد، اشاره می‌شود.

خواص مکانیکی

در علم مهندســـی، قطعات طوری طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای مختلفی را تحمـــل کنند. اعمال نیرو و میزان آن تا جایـــی ادامه می‌یابد که قطعه یا جزء موردنظر به تغییر شـــکل دائم و یا شکست نرسد(شکل ۳۸-۱). رابطه میان نیرو و تغییر شکل را بیشتر توسط خواص مکانیکی مواد می‌سنجند.

یکی از مهم‌ترین مفاهیمی که در شـــناخت خـــواص مکانیکی مواد اهمیت دارد، تنش نامیده می‌شـــود. مفاهیم تنش و فشـــار در رابطه تنگاتنگی با یکدیگر قرار دارند. در حقیقت تنش، از تقســـیم مقدار نیرو بر واحد سطح (در یک ماده جامد) به‌دست می‌آید. واحد تنش نیوتن بر متر مربع است که با پاسکال (PA) نشان داده می‌شود.

تحقیق کنید

تفـــاوت انـــواع بطـــری هـــای نوشیدنی چیست؟

.....

.....

.....

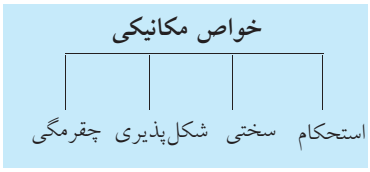
.....

.....

.....

تنشی که باعث می‌شود تا جسم کشیده شود، تنش کششی، و تنشی که موجب کوتاه‌تر شدن طول جسم می‌شود را تنش فشاری می‌نامند(شکل‌های ۳۸-۱ و ۳۹-۱). اثر نیرو بر اجسام به‌صورت تغییر شکل آن‌ها قابل مشاهده است. برای مثال یک کش پلاستیکی با کشیده شدن، دچار افزایش طول می‌شود. در حقیقت تمام مواد جامد موجود در طبیعت در اثر اعمال نیرو دچار تغییر طول‌های کوچک یا بزرگ می‌شوند. البته این تغییر شکل در بسیاری از آن‌ها غیر قابل مشاهده است. میزان تغییر ابعاد را تغییر شکل یا به اصطلاح کرنش می‌نامند. در یک ماده مشخص به ازای هر کرنش یک تنش وجود دارد. در حقیقت، کرنش اندازه تغییر شکل حاصل از اثر نیرو را به ما نشان می‌دهد(شکل ۴۰-۱).

خواص مکانیکی که بیشتر با نیرو (تنش) و افزایش طول (کرنش) سر و کار دارند، به‌ترتیب زیر هستند:



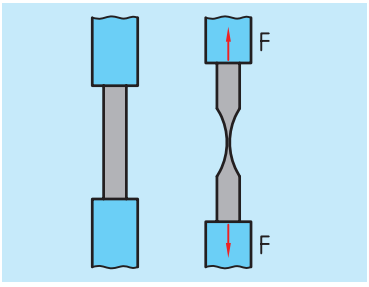
نمودار ۱-۱

استحکام

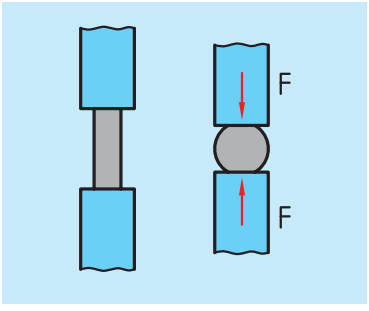
استحکام عبارت است از میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل، بدون آن‌که دچار شکست شود. در این رابطه استحکام فشاری و کششی از مهم‌ترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار می‌گیرند. استحکام کششی به بیان میزان مقاومت یا توانایی جسم در تحمل نیروهای کششی، بدون آن‌که گسستگی رخ دهد، گفته می‌شود. امکان افزایش استحکام کششی از طریق آلیاژسازی و عملیات حرارتی به‌وجود می‌آید. استحکام فشاری نیز به‌طور معکوس به میزان توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری، بدون آن‌که شکسته شود، اطلاق می‌شود. جدول ۲-۱ استحکام کششی تعدادی از مواد را نشان می‌دهد.

ماده	استحکام $\times 10^6$
چوب	۲ تا ۱۲
پلیمرها	۶۰ تا ۱۰۰
آلومینیم و آلیاژهای آن	۱۰۰ تا ۶۰۰
مس و آلیاژهای آن	۸۰ تا ۱۰۰۰
آهن و فولاد کربن	۲۵۰ تا ۱۳۰۰
فولادهای عالی	۵۰۰ تا ۱۸۰۰

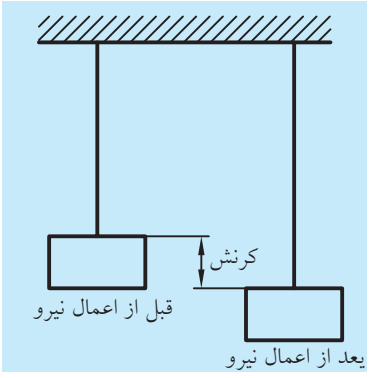
جدول۲-۱: مواد گوناگون و استحکام هر یک از آن‌ها



شکل۳۸-۱: تنش کششی



شکل۳۹-۱ تنش فشاری



شکل۴۰-۱

نکته

از آن‌جا که واحد پاسکال Pa برای اندازه‌گیری‌های استحکام بسیار کوچک است، برای بیان استحکام، بیشتر ازمگا پاسکال(MPa) استفاده می‌شود.

سختی

میزان مقاومت یک ماده در برابر نفوذ اجسام خارجی را سختی آن می‌نامند و هر چقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به نفوذ آن نیز بیشتر خواهد بود. سختی رابطه مستقیمی با استحکام دارد، به‌طوری‌که هر چقدر سختی بیشتر شود، استحکام نیز افزایش خواهد یافت. از طرفی می‌توان انتظار داشت که ماده سخت به‌راحتی در مواد دیگری که دارای سختی کمتری از آن هستند، فرو رود. در میان مواد، الماس به‌دلیل داشتن پیوندهای کووالانسی قوی میان اتم‌های سازنده آن که همان کربن است، سخت‌ترین ماده است (شکل ۴۱-۱ و ۴۲-۱).

شکل ۴۱-۱ الماس سخت‌ترین ماده طبیعی است.

شکل‌پذیری

توانایی یک ماده در تغییرشکل بدون شکسته شدن را شکل‌پذیری می‌گوییم. در حقیقت رابطه مستقیمی میان ازدیاد طول و شکل‌پذیری وجود دارد و هر ماده‌ای که بتواند در برابر نیروهای وارده افزایش طول بیشتری داشته باشد را ماده شکل‌پذیر قوی می‌گوییم. موادی را که در برابر تغییرشکل مقاومت ندارند و به‌سرعت می‌شکنند، ترد می‌نامیم. شیشه از بارزترین مثال‌های مواد ترد است.

شکل ۴۲-۱ به‌دلیل سختی کاربیدها از آن‌ها برای براده‌برداری از فلزات استفاده می‌شود.

در تصادف میان دو خودرو بدنه آن‌ها خرد نمی‌شود، بلکه دچار تغییر شکل می‌شود، چرا که فلزات موادی شکل‌پذیرند. فولادها، تا یک پنجم طول خود قابلیت ازدیاد طول دارند و این درحالی است که چدن تنها یک‌درصد ازدیاد طول را تحمل می‌کند. ترموپلاستیک‌ها که خانواده‌ای از پلیمرها هستند، می‌توانند تا پنج برابر طول خود کشیده شوند، بنابراین مواد بسیار شکل‌پذیری به‌حساب می‌آیند. با توجه به جدول ۳-۱ می‌توان دریافت که چرا برای تولید قطعات ظریف که به استحکام چندانی نیاز ندارند، ترجیح می‌دهند از مس و آلیاژها استفاده شود.

ماده	درصد ازدیاد طول آن
سرامیک	۰
شیشه	۰
فولاد	۱۸-۲۵
روی و آلیاژهای مس	۱۰-۱۰۰
مس	۵۵

جدول ۳-۱: مواد گوناگون و ازدیاد طول آن‌ها

تحقیق کنید

دلیل برش شیشه با تیغه‌های الماس چیست؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تحقیق کنید

تکه‌ای از مفتول مسی و فولادی را در چند نوبت خم و راست کنید. کدام یک زودتر گسیخته می‌شود، چرا؟ همین آزمایش را با تکه‌ای از لاستیک انجام دهید و نتیجه را بررسی کنید.

نمودار۲-۱

شکل۴۳-۱ جیوه فلزی است که در دمای عادی به‌صورت مایع وجود دارد و در ساخت دماسنج‌ها به‌کار می‌رود.

شکل۴۴-۱ گالیم فلزی است که دمای ذوبش کمتر از دمای بدن شماست.

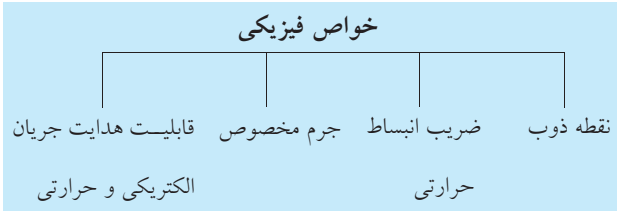
شکل ۴۵-۱ دمای ذوب آهن آن‌قدر زیاد است که برای انجام این مهم از تجهیزات خاصی با نام کوره استفاده می‌شود.

چقرمگی:

ماده چقرمه به ماده‌ای گفته می‌شود که در برابر ایجاد ترک و گسترش آن مقاومت کند. مواد ترد مثل شیشه از چقرمگی بسیار پایینی برخوردار هستند. هرگاه در اثر ضربه یک ترک کوچک ایجاد شود این ترک به‌سرعت در تمام سطح آن گسترش می‌یابد. مثال، چنان‌چه بدنه یک هواپیما در اثر ضربه دچار ترک و شکستگی شود، گسترش ترک با سرعت آن‌چه در سایر مواد رخ می‌دهد، قابل قبول نیست و بنابراین لازم است که این بدنه از مواد چقرمه‌تری تولید شود. چقرمگی را می‌توان از طریق دیگری هم تعریف کرد و آن، توانایی ماده در جذب ضربه و مستهلک کردن آن در خود است. هر چقدر ماده، بیشتر بتواند بدون آن‌که بشکند انرژی ضربه را درون خود مستهلک کند، آن ماده چقرمه‌تر خواهد بود.

خواص فیزیکی:

خواص فیزیکی مواد، به ساختمان اتمی آن‌ها بستگی دارد. نوع پیوند میان اتم‌ها و چگونگی قرارگیری آن‌ها در کنار یکدیگر از مواردی است که بر خاصیت مواد اثر مستقیم دارد. مهم‌ترین این خواص را در نمودار ۲-۱ مشاهده می‌کنید.



نمودار ۲-۱

نقطه‌ذوب:

نقطه ذوب، درجه حرارتی است که ماده جامد در آن حرارت به‌حالت مایع تبدیل می‌شود. برای مثال این درجه حرارت برای یخ، دمای صفر درجه است. مواد و عناصر به‌صورت خالص دمای ذوب ثابتی دارند(شکل‌های۴۳-۱ و ۴۴-۱ و ۴۵-۱).

ضریب انبساط خطی حرارتی:

به جز تعدادی محدود، بیشتر مواد جامد با افزایش درجه‌حرارت، افزایش طول می‌دهند و با کاهش درجه‌حرارت (سرد شدن) طول آن‌ها کاهش می‌یابد. جامدات نه‌تنها از لحاظ طول، بلکه از لحاظ عرض و ضخامت نیز افزایش می‌یابند. در بسیاری از کاربردهای مهندسی، این ضریب از اهمیت خاصی برخوردار است (شکل ۴۶-۱).

جرم مخصوص:

جرم واحد حجم هر ماده را جرم مخصوص می‌گویند که برای هر ماده مقدار معین و ثابتی است که به نوع و ساختمان ماده بستگی دارد.

قابلیت هدایت جریان الکتریکی و حرارت:

میزان سهولت در عبور حرارت یا جریان الکتریکی، از خصوصیات مهم مواد است. چنان‌چه ماده‌ای قابلیت عبور جریان الکتریکی از درون خود را نداشته باشد، آن‌را نارسانا و درصورتی‌که ماده‌ای دارای این قابلیت باشد، آن‌را رسانا می‌گویند. در حقیقت هر چقدر ماده‌ای رساناتر باشد، اتم‌های آن ماده در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت کمتری ایجاد می‌کنند. اثر مقاومت بیشتر اتم‌ها در برابر حرکت الکترون‌ها و جریان الکتریکی به‌صورت گرما در ماده نشان داده می‌شود (یعنی هر چقدر مقاومت در برابر عبور جریان بیشتر باشد، ماده گرمتر خواهد شد). درست به‌همین دلیل است که گرم‌کن‌های برقی با استفاده از چند مفتول فلزی گرمای زیادی تولید می‌کنند (شکل‌های ۴۷-۱ و ۴۸-۱). هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی، رابطه‌ای تنگاتنگ با یکدیگر دارند. در بیشتر موارد هر چقدر ضریب هدایت الکتریکی بیشتر باشد، ضریب هدایت حرارتی بیشتر است و ماده حرارت را راحت‌تر از خود عبور می‌دهد.

قابلیت هدایت حرارتی عبارت است از توانایی یک جسم در انتقال حرارت از نقطه‌ای به نقطه دیگر. حال هر چقدر این قابلیت بیشتر باشد، ماده با اتلاف انرژی کم‌تری حرارت را از خود عبور می‌دهد و به‌جای دیگر می‌برد. برای مثال حتماً تاکنون توجه کرده‌اید که یک قاشق فلزی در داخل ظرف فلزی غذایی که روی اجاق‌گاز قرار دارد، بسیار گرمتر از یک قاشق چوبی است، چرا که ضریب انتقال حرارت در فلزات بسیار بالاتر از چوب است، به‌طوری‌که بیشتر مواد پلیمری عایق حرارتی هستند و حرارت را از خود عبور نمی‌دهند.

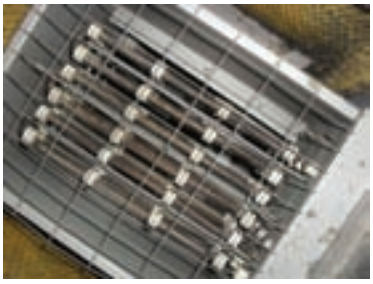
با آزمایشی ساده می‌توان مفهوم انتقال حرارت را دریافت. در این آزمایش میان دو لیوان که یکی حاوی آب جوش و دیگری حاوی آب سرد است با بهره‌گیری از یک مفتول فلزی (مثلاً از جنس مس) پل حرارتی ایجاد می‌کنیم. بدین‌ترتیب حرارت از لیوان گرم به لیوان سرد منتقل شده و آب آن به‌تدریج گرم‌تر می‌شود (شکل ۴۹-۱).

خواص شیمیایی

اغلب موادی که توسط مهندسین برای اهداف گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند،

شکل ۴۶-۱ یک نوع ترموستات را نشان می‌دهد. ورقه‌های فلزی با جنس‌های مختلف و ضریب انبساط حرارتی مختلف اساس کار این وسیله است.

شکل ۴۷-۱



شکل ۴۸-۱ گرمکن برقی. کم بودن قابلیت جریان الکتریکی تنگستن، موجب ایجاد حرارت در اثر عبور جریان در آن می‌شود.

شکل ۴۹-۱

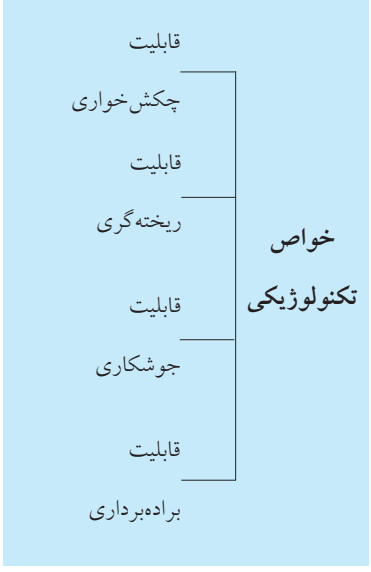
شکل ۵۰-۱ آثار خوردگی بر سطح ابزار فوق نشان‌دهنده حساسیت آهن به آب و هوای مرطوب است.

تحت‌تأثیر محیط و مواد شـیمیایی هستند. حل شدن شیمیایی مواد در محیط‌های شیمیایی یا خوردگی فلزات (اکثراً آهن) از مهم‌ترین مسائلی است که در مهندسی به آن توجه می‌شود. اکسایش مواد در محیط اطراف ما حاکی از اهمیت توجه به این موضوع است. این مهم نشان می‌دهد که حتی هوای اطرافمان نیز اثر بسزایی در خوردگی مواد، به‌ویژه فلزات دارد (شکل ۵۰-۱). از همین رو است که مقاومت به خوردگی مواد از خواص مهم و مورد توجه در علم موادشناسی است.

خواص تکنولوژیکی مواد

قابلیت چکش‌خواری، جوشکاری و براده‌برداری مواد را خواص تکنولوژیکی می‌گویند.

- **قابلیت چکش‌خواری:** توانمندی تغییر شکل مواد را به‌کمک نیروی فشاری و ضربـه، قابلیت چکش‌خواری می‌نامند. به‌عنوان مثال فولاد، مس و برنج را می‌توان تحت‌تأثیر نیروی فشاری تغییر شکل داد و عملیاتی مانند نورد، خم‌کاری و آهنگری را روی آن‌ها انجام داد(شکل ۵۱-۱).
- **قابلیت ریخته‌گری:** این مفهوم رابطه تنگاتنگی با شکل‌پذیری دارد. برخی از مواد را می‌توان به‌خوبی توسط فرایند ریخته‌گری تولید کرد. این مواد به‌دلیل خاصیت سیالیت خوبشان در حالت مذاب، مقاطع نازک را در قالب‌های ریخته‌گری به‌خوبی پر می‌کنند. از این‌جمله می‌توان به چدن و آلومینیم اشاره کرد(شکل ۵۲-۱).
- **قابلیت جوشـکاری:** موادی قابلیت جوشـکاری دارند کـه بتوان آن‌ها را به‌کمک حرارت یا حرارت توأم با فشار، به‌صورت مذاب به یکدیگر متصل کرد. فولادها و بعضی فلزات غیرآهنی قابلیت جوشکاری دارند(شکل ۵۳-۱).
- **د) قابلیت براده‌برداری:** موادی دارای قابلیت براده‌برداری هستند که بتوان آن‌ها را با سرعت زیاد و نیروی کم ماشین‌کاری (براده‌برداری) کرد و سطح آن‌ها پس از براده‌برداری، همچنان صاف و پرداخت‌شده باشد(شکل ۵۴-۱).



نمودار ۳-۱

شکل ۵۱-۱

شکل ۵۲-۱

شکل ۵۳-۱

شکل ۵۴-۱

ارزشیابی پایانی

۱. مواد جامد که در کاربردهای مهندسی به کار گرفته می‌شوند به چند دسته تقسیم می‌شوند، در مورد هر کدام توضیح دهید؟

۲. آلیاژ چیست و چرا فلزات را به‌صورت آلیاژ به‌کار می‌برند؟

۳. مهم‌ترین خواص سرامیک‌ها را نام ببرید؟

۴. کامپوزیت چیست؟ آیا می‌توانید برای کامپوزیت‌ها کاربردهایی جز آن‌چه گفته شد، بگویید؟

۵. انواع پیوندهای موجود میان اتم‌های مختلف را نام ببرید؟

۶. پیوند یونی چگونه ایجاد می‌شود؟

۷. عامل اصلی در رسانایی و هدایت الکتریکی خوب در فلزات چیست؟

۸. مهم‌ترین خواص مکانیکی مواد را نام ببرید؟

۹. تنش را تعریف کنید و آن را ذکر کنید؟

۱۰. سختی یعنی چه؟ و رابطه آن با استحکام و شکل‌پذیری چگونه است؟

۱۱. مهم‌ترین خواص فیزیکی مواد کدام‌ها هستند؟

۱۲. اهمیت خواص شیمیایی در انتخاب مواد چگونه است؟

تحقیق کنید

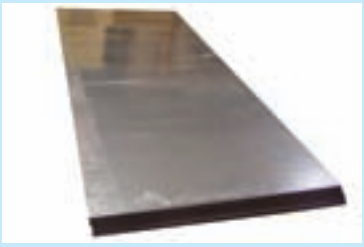
۱. کدام ویژگی الماس باعث می‌شود تا در بریدن شیشه به‌کار رود؟

۲. آیا تاکنون به تکه‌تکه شدن قطعات قند از یک قطعه قندخام توجه کرده‌اید؟ حرکات ساده قیچی قندشکن با برشی ساده، قند را تکه‌تکه می‌کند. کدام خاصیت مکانیکی در قند باعث می‌شود تا چنین راحت بشکند؟

۳. چرا در ماشین‌کاری چدن، براده‌های حاصل بسیار ریز و ناپیوسته است؟

۴. از کدام فلز یا فلزات در تولید سیم‌های برق استفاده می‌شود، و کدام ویژگی باعث می‌شود که این فلزات در چنین کاربردی به‌کار روند؟

۵. اغلب، آهن و آلیاژهای آن‌را در کاربردهای صنعتی با پوشش‌های خاصی از فلزات دیگر پوشش می‌دهند. آهن گالوانیزه از این جمله است. تحقیق کنید، اثر این پوشش‌ها بر آهن، و کاربردهای این‌گونه پوشش‌ها چیست؟ آیا انواع دیگری از چنین پوشش‌هایی وجود دارند؟



تحقیق کنید

۶. می‌خواهیم یک میله آهنی و یک میله آلومینیمی هم‌قطر را تا کنیم. با توجه به خواص مکانیکی آهن و آلومینیم، پاسخ پرسش‌های زیر را بدهید:

الف) فکر می‌کنید، تاکردن کدام میله راحت‌تر است و چرا؟

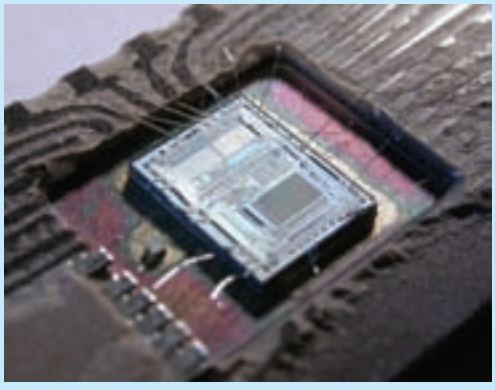
ب) کدام فلز در محل تاشدگی احتمال ترک خوردن دارد و چرا؟

ج) چنان‌چه پس از تا کردن میله‌ها آن‌ها را رها کنید، میله‌ها اندکی باز خواهند شد. تحقیق کنید علت این موضوع چیست و بروز این پدیده در کدام میله شدیدتر است؟

۷. در تراشکاری قطعات از جنس‌های بسیار سخت، مانند سوپرآلیاژها یا برخی از انواع فولادهای آلیاژی، از ابزارهای سرامیکی استفاده می‌شود. فکر می‌کنید دلیل آن چیست؟

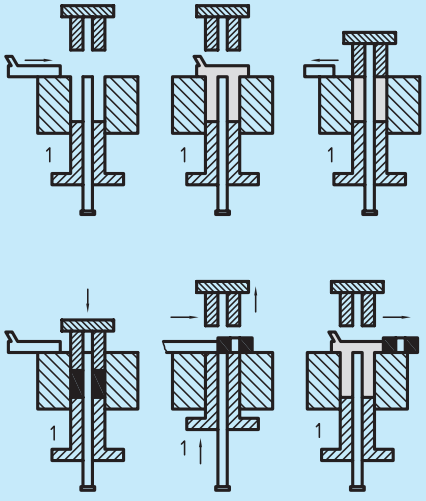
۸. ابزارهای سرامیکی در اثر تراشکاری چدن به‌راحتی دچار شکست می‌شوند و یا نوک آن‌ها می‌پرد. با توجه به پاسخ سؤال ۳، علت را تحقیق کنید.

۹. همان‌طور که بیان شد حسگرها به‌منظور اندازه‌گیری خواص فیزیکی به‌کار گرفته می‌شوند و این خواص را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند تا قابل اندازه‌گیری باشند. سعی کنید از کاربرد حسگرها در اطراف خود مثال‌هایی بیابید.



۱۰. آسفالت، ترکیبی است از ماسه درجه‌بندی شده (خرده‌های سنگ) و قیر که ترکیبی مقاوم به سایش ایجاد می‌کند. این ماده جزء کدام گروه از مواد است؟ از خواص مهم آن چند مثال بزنید.

۱۱. ابزارهای سرسختی از ترکیب پودر تنگستن کارباید و کبالت تولید می‌شود. پودر تحت فشار بسیار زیاد پرس می‌شود، سپس آن‌را در کوره‌های خاصی تا دمای معینی گرم می‌کنند تا به‌صورت یک‌دست، و درقالب ابزار برشی درآید. از این ابزارها برای برش فلزات سخت با موفقیت استفاده می‌شود. این روش تولید را هم با نام متالورژی پودر می‌شناسند. حال به‌نظر شما این ماده جزء کدام دسته از مواد است؟



فصل دوم

◄ هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود:

ـ مراحل تهیه آهن از سنگ آهن را شرح دهد.

ـ انواع سنگ آهن را نام ببرد.

ـ روش‌های تهیه فولاد را نام ببرد.

ـ روش‌های تهیه فولاد را شرح دهد.

ـ ساختار فلز آهن را شرح دهد.

ـ اثر کربن بر آهن را شرح دهد.

ـ ساختار کریستایی آهن را شرح دهد.

ـ طبقه‌بندی فولادها را شرح دهد.

ـ انواع فولاد را شرح دهد.

ـ کاربرد انواع فولادها را توضیح دهد.

ـ عملیات حرارتی را تعریف کند.

ـ انواع عملیات حرارتی را شرح دهد.

ـ سخت کردن فولاد را توضیح دهد.

ـ نرم کردن فولاد را توضیح دهد.

ـ مراحل انجام عملیات سختی سطحی را شرح دهد.

ـ چدن را تعریف کند.

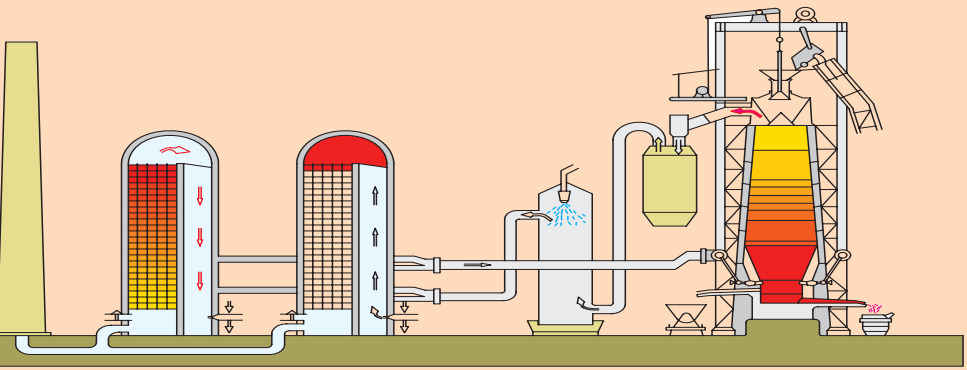
ـ انواع چدن را شرح دهد.

ـ کاربرد انواع چدن‌ها را نام ببرد.

ـ نرم بندی آلیاژ آهن را شرح دهد.

ـ نرم بندی فولادها را شرح دهد.

ـ نرم بندی چدن را شرح دهد.

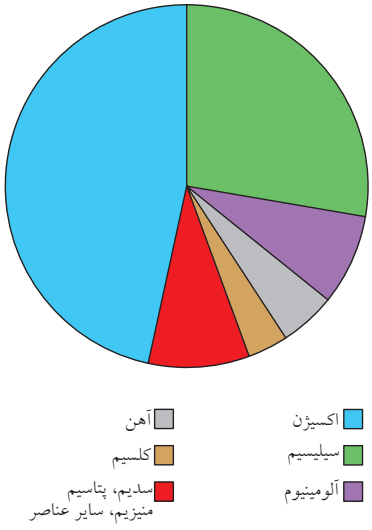


آهن و آلیاژهای آهن

مقدمه

شکل ۱-۲ اثر خوردگی در بدنه فولادی کشتی یونانی در جزیره کیش به وضوح قابل مشاهده است.

با نگاهی به اطراف خود در خواهید یافت که آهن بیشتر از هر فلز دیگری در ساخت تجهیزات به‌کار می‌رود. جالب است بدانید که ۹۵ درصد از فلزات تولید شده در جهان امروز از آهن و آلیاژهای آن است. این بدان دلیل است که هزینه تولید آهن کم است و تولید آن با سادگی بیشتری نسبت به دیگر عناصر فلزی انجام می‌گیرد. استحکام قابل توجه این عنصر فلزی به‌صورت آلیاژی و امکان افزایش استحکام آلیاژی آن با روش‌های گوناگون توسط فرایندهای خاص از مهم‌ترین عوامل استفاده از این عنصر فلزی به‌شمار می‌رود. با این وجود، آهن نقطه‌ضعف‌هایی هم دارد که از آن‌جمله می‌توان به خوردگی یا همان زنگ‌زدگی در محیط‌های مرطوب اشاره کرد، که البته می‌توان با در نظر گرفتن تمهیداتی این مشکل را برطرف ساخت(شکل ۱-۲).



نمودار ۱-۲ درصد آهن در پوسته زمین

همچنین آهن فراوان‌ترین عنصر تشکیل‌دهنده هسته زمین و چهارمین عنصر تشکیل‌دهنده پوسته زمین است. این عنصر از دیرباز مورد توجه بوده و از عوامل اساسی و تعیین‌کننده در جنگ‌ها برای ساخت ابزار جنگی به‌شمار رفته است، تا حدی که وجود و امکان تولید این عنصر توسط یک ملت از نشانه‌های قدرت آن ملت است.

آهن فلزی است خاکستری که به ندرت به‌صورت خالص در طبیعت یافت می‌شود و در پوسته زمین بیشتر به‌صورت ترکیب با عناصر دیگر به‌ویژه اکسیژن موجود است. (جدول ۱-۲)

جدول ۱-۲

نام سنگ آهن	فرمول شیمیایی	درصد آهن
مغناطیسی (ماگنتیت)	Fe_3O_4	۶۰ تا ۷۰
قرمز (هماتیت)	Fe_2O_3	۴۰ تا ۶۰
قهوه‌ای (لیمونیت)	$3H_2O\ 2Fe_2O_3$	۳۰ تا ۵۰
کربنات آهن (سیدریت)	$FeCO_3$	۳۰ تا ۴۰

در حقیقت هر نوع سنگی که آهن در آن به وفور یافت شود، سنگ معدن آهن نامیده می‌شود. آهن خالص، بسیار نرم است و استحکام چندانی ندارد، به‌همین دلیل بیش‌تر به‌صورت آلیاژی با عناصر آلیاژی دیگر به‌کار گرفته می‌شود که در این میان کربن به‌دلیل افزایش استحکام آهن تا حدود ۱۰۰۰برابر، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. آهن دارای دو آلیاژ اساسی است که با توجه به درصد کربن موجود در آن نام‌گذاری شده‌اند. این دو آلیاژ چدن و فولاد هستند(شکل‌های ۲-۲ و ۳-۲). استخراج و تولید آهن به‌دلیل تولید انبوه آن بر محیط زیست اثرات نامطلوب زیادی به‌جا می‌گذارد که لازم است در جهت کاهش این اثرات کوشش کافی به‌عمل آید. از جمله این اثرات نامطلوب، ایجاد شدن حفرهای بزرگ بر سطح زمین، ناشی از حفاری‌های استخراج این سنگ معدن است. گاهی از این حفرها برای دفن زباله‌های صنعتی استفاده می‌شود که اثرات مخرب آن دو چندان خواهد شد (شکل ۴-۲).

از سوی دیگر تولید آهن که در کوره‌های خاصی به نام کوره بلند صورت می‌پذیرد، به‌دلیل تولید مواد زائد و گازهای بسیار سمی، از آلاینده‌های اصلی محیط زیست به‌شمار می‌آید، که لازم است در جهت کاستن میزان آلایندگی آن کوشید (شکل ۵-۲).

از مشکلات زیست‌محیطی دیگر می‌توان به آهن و فولاد قراضه که در ماشین‌آلات و خودروهای فرسوده به وفور یافت می‌شود، اشاره کرد. بیش‌تر این زباله‌ها را می‌توان بازیافت کرد و دوباره برای تولید آهن و فولاد به‌کار گرفت، از همین رو است که قراضه‌های آهن از منابع اصلی تولید آهن و فولاد هستند. آهن در طبیعت و در مجاورت با هوا و رطوبت زنگ می‌زند و در طی سالیان دراز به طبیعت باز می‌گردد.

تولید آهن

تولید آهن از سنگ معدن آن (که بیشتر به‌صورت اکسید است) در فرایندی خاص و در کوره بلند صورت می‌پذیرد. سنگ آهن در ابتدا از معادن سنگ آهن که بیشتر به‌صورت سرباز هستند، استخراج می‌شود و به‌کمک آسیاب‌های بزرگ و سنگ‌شکن‌ها خرد و شکسته می‌شود. بهترین نوع سنگ آهن حداکثر دارای ۶۰ درصد وزنی آهن است. آماده‌سازی صرفاً به خرد کردن و شکستن سنگ‌ها منحصر نیست و پس از آن خرده‌های سنگ با آب شسته می‌شوند تا

شکل۲-۲ سندان از جنس فولاد

شکل ۳-۲ درب چاه‌های شهری از چدن

شکل ۴-۲ یک معدن روباز برای استخراج آهن را مشاهده می‌کنید.

شکل۵-۲ دود حاصل از تولید آهن در کوره بلند به تصفیه نیاز دارد.

شکل۶-۲ مراحل گوناگون تلخیص و استحصال آهن از سنگ آن

ناخالصی‌های آن شسته و رفع شوند. جداسازی به‌کمک روش‌های دیگر از جمله میدان مغناطیسی، روش‌های مرسوم در این زمینه است.

پس از استخراج و شستن سنگ‌ها، آن‌ها را به‌همراه سنگ آهک و کک، درون سازه‌ای برج‌مانند و استوانه‌ای که در داخل آن عایق حرارتی خاصی قرار گرفته است، می‌ریزند. این استوانه همان کوره بلند ذوب آهن است که ارتفاع آن به بیش از ۳۰ متر می‌رسد (شکل ۷-۲). کک نیز همان زغال سنگ است که برای تبدیل شدن به کربن، در غیاب اکسیژن و هوا، گرما داده می‌شود (شکل ۸-۲). سنگ آهک هم ترکیبی است که در آن کربنات کلسیم زیادی وجود دارد.

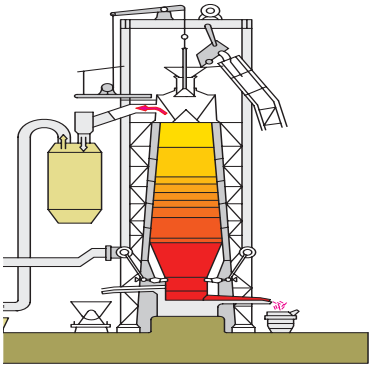
در کوره بلند، کربن موجود در کک با اکسیژن ترکیب می‌شود و گاز منواکسید کربن تولید می‌کند. علاوه‌بر این انرژی درون کوره نیز از سوختن کک، یعنی همین واکنش تأمین می‌شود. منو اکسید کربن نیز به نوبه خود با سنگ معدن آهن واکنش می‌دهد تا اکسیژن موجود در سنگ معدن آهن آزاد، و آهن به‌صورت خالص تولید شود.

مذاب حاصل از حرارت سنگ آهن نسبت به سایر مواد دارای چگالی بیشتری در کف کوره قرار می‌گیرد. آهک هم با دیگر ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن واکنش می‌دهد، به‌صورت سرباره با چگالی کم‌تری بر روی مذاب آهن جای می‌گیرد.در این حالت مذاب آهن خام را که حاوی ۹۰ درصد آهن است، از کف کوره جمع‌آوری(شکل ۹-۲)، و برای مراحل بعدی آلیاژسازی و تولید محصولات گوناگون، حمل می‌کنند. هنگامی‌که حجم مواد در داخل کوره کم شود، شارژ (یعنی همان مواد اولیه) را که می‌تواند علاوه‌بر مواد بیان شده شامل آهن‌قراضه هم باشد، به داخل کوره می‌ریزند. این کار از بالا و توسط تجهیزات خاصی صورت می‌پذیرد.

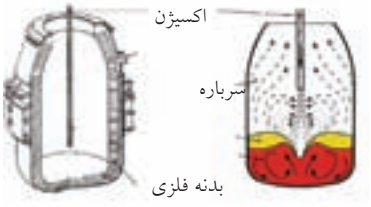
آهن خام تولیدشده در این‌حالت برای تولید چدن مناسب است و جهت تولید فولاد باید با انجام فرایندهای بعدی و حذف کربن اضافی موجود در آهن خام و افزودن عناصر آلیاژی دیگر (در صورت لزوم) فولاد موردنظر را تهیه کرد. در این روش با دمیدن مستقیم اکسیژن از طریق یک لوله به داخل مذاب کربن موجود سوخته و به حد مطلوب می‌رسد و محصول نهایی فولاد نام دارد. این روش به نام L-D[1] معروف است و فولاد تولید شده بسیار با کیفیت است (شکل ۱۰-۲).

شکل ۷-۲ کوره بلند تولید آهن

شکل ۸-۲ محفظه‌های تولید کک



شکل ۹-۲



شکل ۱۰-۲ کوره L-D یکی از روش‌های تولید فولاد.

۱ـ حروف L-D حرف اول اسم دو دانشمند مخترع این روش به نام‌های Liza و Donawitz

کوره القایی:

کوره القایی از مهم‌ترین انواع کوره برای تولید مذاب فلزی اســت. در این کوره از یک ســیم‌پیچ بزرگ و نیروی مغناطیســی برای ذوب فلزات استفاده می‌شود (شکل ۱۱-۲).

شکل ۱۱-۲ کوره القایی

کوره قوس الکتریکی:

بــرای تولید فولادهای مقاوم در مقابل حــرارت و خوردگی، از کوره‌ای به نام قوس الکتریکی اســتفاده می‌کنیم. این کوره با جریان برق سه‌فاز کار می‌کند و به‌کمک ســه الکترود گرافیتی، جریان عبــوری موجب ایجاد قوس الکتریکی می‌شــود و درجه حرارتی تا ۳۵۰۰ درجه سانتی‌گراد را به‌وجود می‌آورد. با این درجه‌حــرارت حتی می‌توان فلزات دیرگدازی همچون ولفرام، تانتال و مولیبدن را نیــز ذوب و بــا فــولاد آلیاژ کرد. امــروزه فولادهای فنر با اســتحکام زیاد و فولادهای ابزارسازی آلیاژ را از این روش تولید می‌کنند (شکل ۱۲ـ۲).

شکل ۱۲-۲ کوره قوس الکتریکی

فولاد:

همان‌طور که گفته شد، آهن خالص در صنعت کاربردی ندارد. تنها با آلیاژسازی و تولید آلیاژهای متنوع می‌توان از این عنصر استفاده کرد. در این خصوص مهم‌ترین عنصر آلیاژی که بر استحکام آن تأثیر عمده‌ای دارد کربن است. در یک بیان کلی می‌توان گفت آلیاژهایی از آهن که دارای درصد کربن وزنی کم‌تر از ۲/۰۳ درصد در محتوی خود هســتند را فولاد می‌نامند. از زمان انقلاب صنعتی تا امروز، یکی از شــاخص‌های توسعه‌یافتگی در کشورها تولید ســرانه فولاد می‌باشد و قدرت اقتصادی و صنعتی یک کشــور را با میــزان تولید و مصرف این آلیاژ مهم برآورد می‌کنند. در کشور ما ایران، با توسعه کارخانه‌های ذوب آهن و افزایش تولید آهن خــام و ایجاد کارخانه‌های فولادســازی و همچنین تولید محصولات فلزی مانند لوله‌سازی، ورق‌ســازی، پروفیل و غیره در چند دهه گذشته پیشرفت‌های زیادی به‌دست آمده است.

شکل ۱۳-۲ کارخانه ذوب آهن

شکل ۱۴-۲ کارخانه فولاد مبارکه

جدول ۲-۲ وضعیت تولید فولاد خام واحدهای فولادسازی کشور از نقطه‌نظر فن‌آوری تولید (میلیون تن)

ردیف	نام مرکز	ظرفیت	نوع فن‌آوری
۱	ذوب آهن اصفهان	۲/۲	کوره بلند
۲	مجتمع فولاد مبارکه	۴/۲	احیاء مستقیم
۳	مجتمع فولاد اهواز	۲/۳	احیاء مستقیم
۴	گروه ملی صنعتی فولاد	۰/۱۱	قوس الکتریک (ذوب)
۵	فولاد خراسان (دردست احداث)	۰/۴۶	احیاء مستقیم (در دست احداث)
۶	طرح‌های استانی (دردست احداث)	۶/۴	احیاء مستقیم (در دست احداث)
۷	فولاد هرمزگان (در دست احداث)	۰/۵	احیاء مستقیم (دردست احداث)
۸	فولاد آلیاژی	٪۱۹	احیای مستقیم
۹	واحدهای بخش خصوصی	حدود ۰/۵	کوره بلند ذوب قراضه

افزودن کربن به فولاد تا اندازه‌ای، باعث افزایش استحکام آهن شده و می‌توان گفت هر چقدر درصد کربن موجود در فولاد بیشتر شود، در حقیقت استحکام فولاد افزایش خواهد یافت.

در این‌جا لازم است، بیان شود که افزایش استحکام همواره با کاهش انعطاف‌پذیری و افزایش تردی همراه است، لذا انتخاب فولادها به نوع کاربرد این مواد بستگی دارد.

با افزودن عناصر آلیاژی دیگر به فولادهای کربنی ساده، می‌توان خواص دیگری همچون نسوز بودن، مقاومت به خوردگی، افزایش سختی و استحکام را در آن‌ها ایجاد کرد. به این‌گونه فولادها، فولادهای آلیاژی گفته می‌شود. در این‌جا لازم است در مورد خواص کریستالی آهن و فولاد توضیحاتی داده شود تا شناخت درستی از تغییرات کریستالی در ساختار این مواد ایجاد شود.

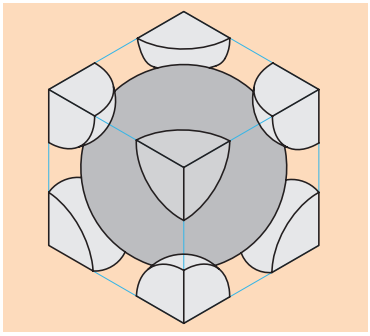
شکل۱۵-۲ فولاد خوزستان

شکل۱۶-۲ فولاد خراسان

ساختار فلز آهن

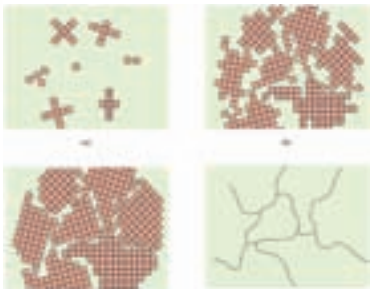
ساختمان کریستالی هر فلزی بیشتر رفتار مکانیکی آن‌را تعیین می‌کند. آهن نیز از این قاعده مستثنی نیست و جالب است، بدانید که ساختمان کریستالی این

فلز تابع درجه حرارت اســت و در دماهای مختلف، ساختار گوناگونی از خود نشان می‌دهد. برای بهتر مشخص شدن این موضوع، شرایطی را در نظر بگیرید که آهن را تا نقطه ذوب آن، گرم کرده‌ایم. در همین حالت به بررسی سرد شدن ایــن فلز تا دمــای محیط می‌پردازیم. هنگامی‌که آهن شــروع به انجماد می‌کند، اتم‌های آن نظم کریســتالی خاصی به خــود می‌گیرند. این نظم خاص که همان ساختار کریستالی است، در شکل نشان داده شده است. برای سهولت بیشتر در نمایش این ســاختارها، به‌جای هر اتم، یک گوی نشان داده می‌شود. همان‌طور که در شــکل ۱۷-۲ مشاهده می‌کنید، اتم‌های آهن، در گوشه‌های این کریستال مکعبی قراردارند و اتم آهن موجود در مرکز این مکعب را احاطه کرده‌اند. این ساختار ویژه را ساختار کریستالی مکعبی مرکزدار می‌نامند.



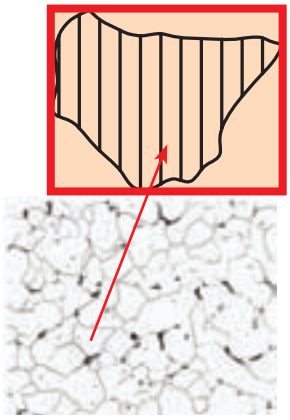
شکل ۱۷-۲ ساختار مکعبی مرکزدار. این ساختار ویژه آهن با دمای بالا و آهن در دمای محیط است.

تشکیل این‌گونه کریستال‌ها در تمامی مذاب فلز در حال انجماد رخ می‌دهد و کریستال‌های جدید با اتصال به کریستال‌هایی که قبلاً تشکیل شده‌اند، گروه‌های کوچکی را تشکیل می‌دهند. رشد این گروه‌های کریستالی تا رسیدن گروه‌ها به یکدیگر و تشکیل نواحی ادامه خواهد یافت.



شکل ۱۸-۲ در این تصویر هر کریستال با یک مربع نشان داده شده است.

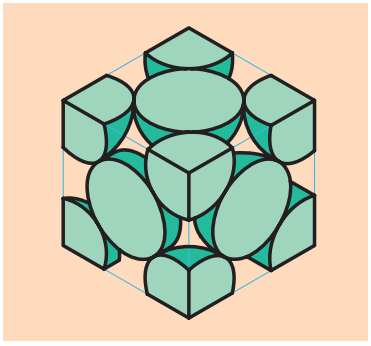
همان‌طور که مشــاهده می‌کنید مربع‌ها یا همان کریســتال‌ها با پیوســتن به یکدیگــر، نواحی خاصی را ایجاد می‌کنند. چنان‌چه در این‌حالت به ســطح فلز نــگاه کنیــم این گروه‌ها را مانند شــکل ۱۸-۲ خواهیم دید. بــه هر یک از این گروه‌ها که با مرز مشــخصی از یکدیگر جدا شده‌اند، یک دانه می‌گوییم (شکل ۱۹-۲).



شکل ۱۹-۲ هر کدام از مرزهای موجود در این تصویر، یک دانه را نشان می‌دهد. به دانه‌های هاشور خورده، توجه کنید.

حال به ســرد کردن فلز ادامه خواهیم داد تا دمای فلز به حدود ۱۴۰۰ برسد. در این‌حالــت، تغییر ســاختاری دیگــری در آهن رخ خواهــد داد. در این دما کریستال‌های آهن، با انجام جابه‌جایی میان اتم‌های خود، شکل جدیدی به‌خود می‌گیرند. این‌بار به‌جای اتم مرکزی، بر روی هر وجه مکعب یک اتم جایگزین خواهد شد. این ساختار را با نام ساختار مکعبی با سطوح مرکزدار می‌شناسند. ســرد شــدن فلز را تا زیر دمای ۹۱۰ ادامه می‌دهیم. در چنین حالتی مشــاهده

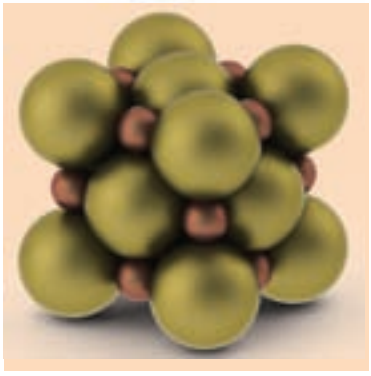
می‌شـــود که در این دما ساختار فلز به همان ساختار اولیه، یعنی مکعبی مرکزدار تبدیل می‌شـــود (شکل ۲۰-۲)و فلز این ساختار را تا دمای محیط حفظ خواهد کرد. مراحل بیان شده، به‌صورت معکوس برای حالتی که آهن جامد را تا ذوب کامل گرم کنیم نیز ادامه دارد.



شکل ۲۰-۲ ساختار فضایی بلور (کریستال) مکعبی با سطوح مرکزدار

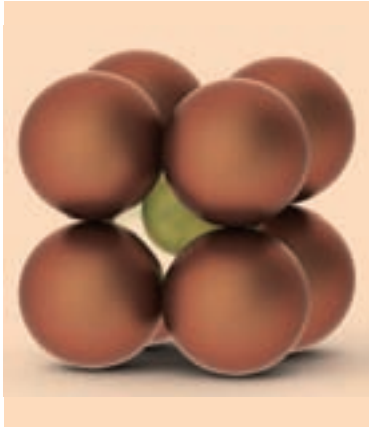
اثر کربن بر آهن

همان‌طـــور که گفته شـــد، کربن بیـــش از هر عنصر آلیـــاژی دیگری بر خواص مکانیکی آهن اثر داشـــته و بیشـــترین اســـتحکام را در آن ایجاد می‌کند. یکی از اولین اثرات حل شدن کربن در آهن، کاهش درجه‌حرارت ذوب این آلیاژ است که آن‌را فولاد می‌نامیم. به‌همین دلیل، دمای تغییرات ســـاختاری که در قســـمت قبل بیان شد نیز ثابت نیست و با افزایش درصد کربن در فولاد، این دما کاهش می‌یابد. ولی پرسش این است که کربن چگونه در آهن حل می‌شود؟ همان‌طور که می‌دانید، اندازه اتم‌های کربن کوچک‌تر از اندازه اتم‌های آهن اســـت (شکل ۲۱-۲) و ایـــن کوچک بودن اندازه به اتم‌های کربن این اجازه را خواهد داد که بین اتم‌های آهن و به‌درون شـــبکه کریســـتالی آن‌ها نفوذ کنند. میزان حل شدن کربن در آهن علاوه‌بر ســـاختار کریســـتالی، به دمای آلیاژ نیز بستگی دارد. حل شـــدن کربن در هر یک از ساختارهای کریستالی بیان شده در قسمت قبل با نام خاصی شناخته می‌شود. برای مثال قرارگیری کربن در ساختار کریستالی مکعبی با سطوح مرکزدار را آســـتنیت می‌نامند. آهن بیش از هر حالت دیگر ساختاری خود، اتم‌های کربن را در خود حل می‌کند.



شکل ۲۱-۲ قرارگیری کربن در ساختار مکعبی با سطوح مرکزدار

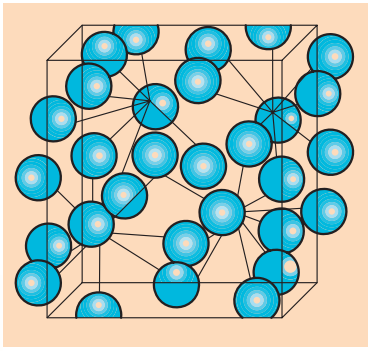
چنان‌چه به ساختار مکعبی مرکزدار عنصر آهن دقت کنیم، درخواهیم یافت کـــه فاصله میان اتم‌های آهـــن در این حالت کم‌تر از حالت مکعبی با ســـطوح مرکزدار اســـت، بنابراین تعجبی ندارد که اتم‌های کربن کم‌تری در این ســـاختار فولاد، در این حالت خاص را ساختار فریتی می‌نامند (شکل ۲۲-۲).



شکل ۲۲-۲ نحوه قرارگیری اتم‌های کربن در ساختار مکعبی مرکزدار

مطالعات نشان می‌دهد کربن‌هایی که امکان حل شدن در فریت را نخواهند یافت، در ترکیب جدیدی با اتم‌های آهن، به ساختار جدیدی با نام کاربید آهن تبدیل خواهند شـــد. این ساختار جدید را سمنتیت می‌نامند. سمنتیت‌ها که هم‌اکنون در گروه‌هایی مجزا در ساختار فولاد قرار گرفته‌اند (درست مانند سنگ در ساختمان سیمان)، ترکیبی

بسیار سخت و شکننده هستند و عامل اصلی در سخت‌شدن و افزایش استحکام فولاد به‌شمار می‌روند (شکل ۲۳-۲).



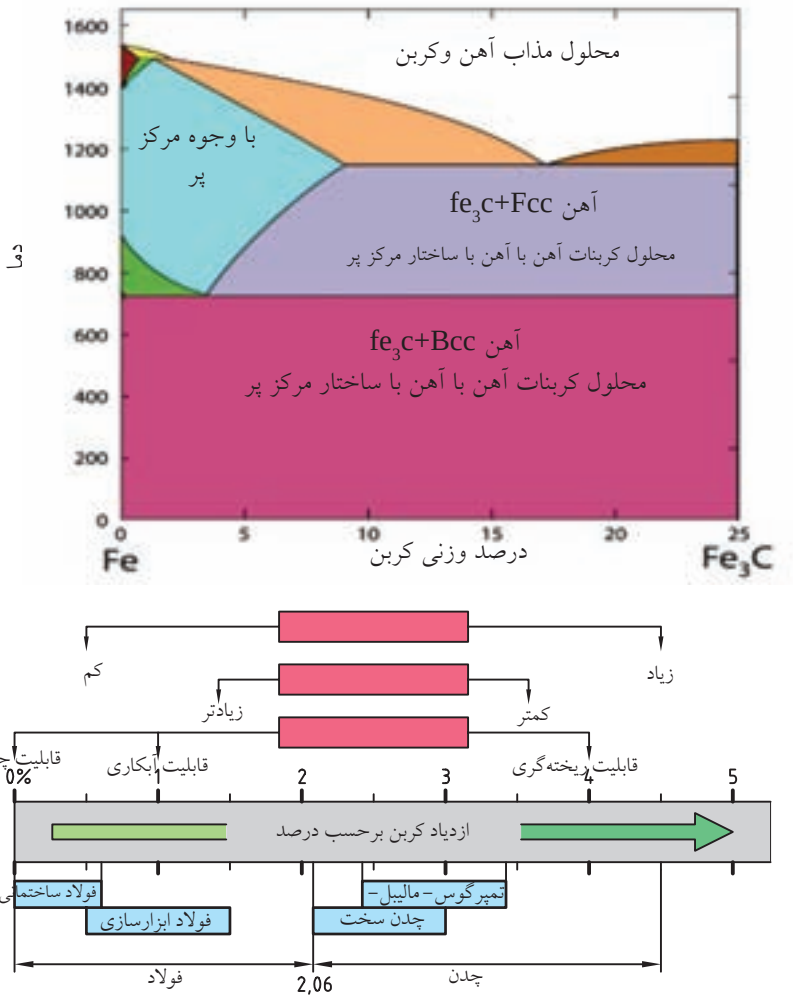
شکل ۲۳-۲ ساختار کریستالی سمنتیت که با فرمول شیمیایی fe_3c شناخته می‌شود.

نمودار آهن کربن

- با نگاهی ساده به تغییرات شرح داده شده، درخواهید یافت که بیان تغییرات در ساختار آلیاژ آهن- کربن، کار چندان ساده‌ای نیست، به‌خصوص که دما و محتوی کربن موجود در آهن (فولاد) تأثیر بسزایی در ساختار فولاد دارد. از این رو مهندسین و متالورژیست‌ها این تغییرات ساختاری را در نمودار آهن- کربن نشان می‌دهند (نمودار ۳-۲) تا بتوانند به‌سادگی از آن استفاده کنند و تغییرات ساختاری و دماهای گوناگون را به‌راحتی بیابند و نشان دهند. محور افقی این نمودار، درصد وزنی کربن موجود در آلیاژ آهن (که می‌تواند چدن یا فولاد باشد) را نشان می‌دهد و در محور عمودی دمای آلیاژ را مشاهده می‌کنید.

همان‌گونه که مشاهده می‌کنید، آلیاژهای آهن که کم‌تر از ۲/۰۶ درصد وزنی کربن در ساختار خود دارند را فولاد می‌نامند و آلیاژهای آهن که میان ۲/۰۶ تا ۶/۶۷ درصد وزنی کربن در ساختار خود دارند را چدن می‌نامند. همان‌طور که در نمودار پیداست، نمی‌توان هر مقدار کربن را در آهن حل کرد و حد حلالیت این عنصر در آهن همان ۶/۶۷ درصد وزنی کربن است. اضافه شدن کربن بیش از این مقدار، باعث می‌شود که کربن به‌صورت خالص و حل نشده در کوره یا محفظه تولید فولاد باقی بماند.

نمودار۳-۲



طبقه‌بندی فولادها

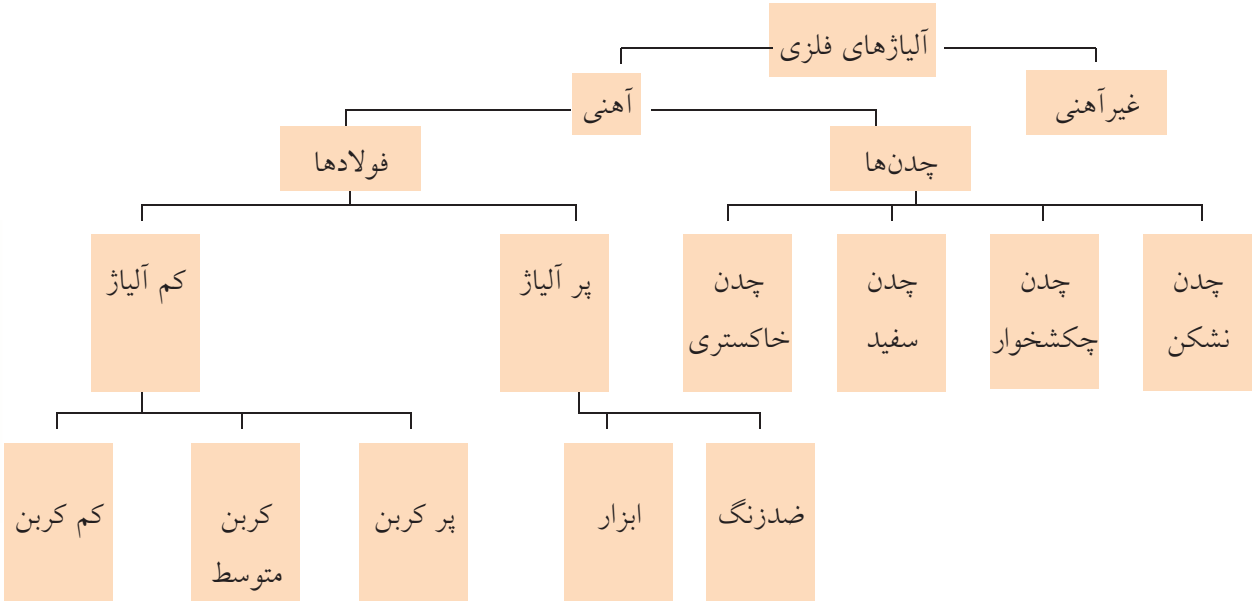
فولادهـــا را می‌تـــوان از نقطه‌نظر کاربرد، ترکیب شـــیمیایی و یا شـــیوه تولید، طبقه‌بندی کرد. ولی همان‌طور که بیان شـــد به‌دلیل آن‌که کربن عمده‌ترین تأثیر را بر فولاد دارد، تقســـیم‌بندی‌ها بیشتر بر اساس میزان کربن موجود در فولادها صورت می‌پذیرد.

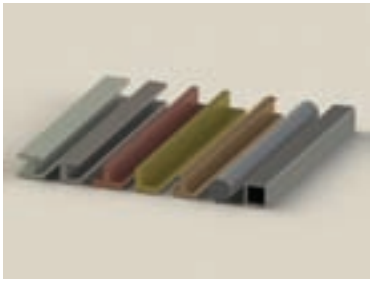
درحقیقت اصطلاح فولاد کربنی ساده به فولادهایی گفته می‌شود که در آن‌ها کربن بیش از هر عنصر دیگری در تعیین خواص آن دخیل است و میزان عناصر آلیاژی دیگر در آن کم است.

در عمـــل، در مـــواردی که به اســـتحکام و خواص مکانیکی نیاز نباشـــد، از فولادهای کربنی ساده استفاده خواهد شد. این نوع از فولادها به‌خوبی در دماهای معمولـــی و در محیط‌های نه‌چندان خورنده، به‌طور مطلوبی به‌کار می‌روند، ولی افزایش اســـتحکام در این نوع فولادها با کاهش شـــدید ضریب انبساطی طولی همراه است. ضمن آن‌که فولادهای کربنی ساده با افزایش دما بسیار نرم می‌شوند و خواص مکانیکی خود را از دســـت می‌دهنـــد. این رفتارها محدودیت‌هایی را در کاربرد این نوع فولادها ایجاد کرده اســـت. بیشـــتر محدودیت‌های این‌گونه فولادها را می‌توان با افزودن عناصر آلیاژی برطرف ســـاخت. فولادهای آلیاژی، فولادهایی هســـتند که خواص مشـــخصه آن‌ها (مثل نســـوز یا ضدزنگ بودن) را عناصـــر دیگری به‌جز کربـــن تعیین می‌کند. فولادهای آلیـــاژی را می‌توان بر اســـاس میزان درصد عناصر آلیاژی آن‌ها، به فولادهای آلیاژی کم‌آلیاژ یا پرآلیاژ تقسیم‌بندی کرد.

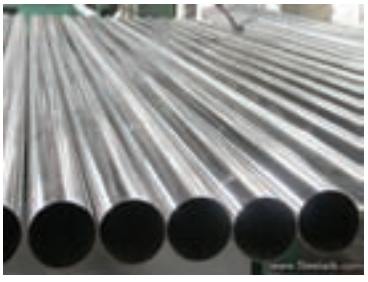
تقســـیم‌بندی ارائه‌شده در نمودار ۴-۲ بر همین مبنی انجام شده است. توجه داشته باشید که در این تقسیم‌بندی، فولادهای کم‌آلیاژ بر اساس مقدار کربنشان به فولادهای کم‌کربن، با کربن متوسط و پرکربن تقسیم‌بندی شده‌اند. هر یک از سه گروه تعریف شـــده، می‌تواند ساده (غیر آلیاژی) یا کم‌آلیاژ باشد. در تقسیم‌بندی دیگر، فولادها به فولادهای غیرآلیاژی و آلیاژی تقســـیم‌بندی می‌شـــوند. در این تقسیم‌بندی فولادهای ساده کربنی را با نام فولادهای غیرآلیاژی می‌شناسند.

نمودار۴-۲: نمودار آلیاژهای فلزی





شکل۲۴-۲



شکل۲۵-۲ ورق لوله

نکته

فولادهای کم‌آلیاژ از ۰/۰۶ تا ۱/۵ درصد کربن دارند. سایر عناصر موجود در فولادهای کم‌آلیاژ، مانند سیلیسیم و گوگرد و منگنز بسیار محدود است. در فولادهای کم‌آلیاژ، کربن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. به‌همین دلیل به این فولادها، فولادهـــای کربنی هم می‌گویند. چنان‌چـــه مجموع درصد وزنی عناصر موجود در فولاد آلیاژی از ۵ درصد کم‌تر باشد، آن‌را فولاد کم‌آلیاژ و چنان‌چه از ۵ درصد بیشتر باشد فولاد پرآلیاژ می‌نامند.

فولادهای کم کربن

این گروه از فولادها حاوی کربن کم‌تر از ۰/۲۵٪ در ســـاختار خود هســـتند و قابلیت عملیات حرارتی را ندارند. برای سخت کردن این فولادها لازم است از فرایندهای سخت‌کنندگی سطحی یا چکش‌کاری استفاده کنیم. این گروه بیشترین میزان تولید فولاد در جهان را به‌خود اختصاص داده‌اند. هرچند این‌گونه فولادها

شکل ۲۶-۲ شاسی خودرو

استحکام چندان زیادی ندارند، ولی مقاومت به ضربه و سختی آن‌ها قابل توجه است، بنابراین همان‌طور که انتظار می‌رود، قابلیت ماشین‌کاری و جوشکاری خوبی دارند. علاوه‌بر این، تولید این فولادها پیچیدگی خاصی ندارد و به‌همین دلیل بسیار مورد توجه هستند. از جمله می‌توان به کاربرد این فولادها در صنایع خودروسازی، سازه‌های فلزی (تیرآهن‌ها، نبشی‌ها و غیره)، ورق‌های تولید لوله در ساختمان‌ها و پل‌ها اشاره کرد. استحکام این فولادها در حدود ۳۰۰MPa است و افزایش طولی در حدود ۱/۴ طول اولیه خود دارند.

گروه دیگر این فولادها با آلیاژسازی، استحکام‌های بیشتری را باعث می‌شوند. این فولادها توانمندی عملیات حرارتی، استحکام زیاد و سختی قابل قبولی دارند. مقاومت به خوردگی نیز در آن‌ها توسط آلیاژسازی بهبود یافته است.

شکل ۲۷-۲ لوله‌های انتقال سیال

فولاد با کربن متوسط

این نوع فولادها حاوی ۰/۲۵ تا۰/۶۵درصد وزنی کربن در ساختار خود هستند. قابلیت عملیات حرارتی کم و استحکام متوسطی دارند. به‌منظور افزایش استحکام و افزایش قابلیت عملیات حرارتی در این فولادها، آلیاژسازی صورت می‌پذیرد. این فولادها در کاربردهایی همچون تولید ریل‌های راه‌آهن، چرخ‌دنده‌ها، میل‌لنگ خودروها و اجزاء ماشین کاربرد دارند(شکل‌های ۲۸-۲ و ۲۹-۲ و ۳۰-۲ و ۳۱-۲).

شکل ۲۸-۲ انواع پیچ‌های اتصال

شکل ۲۹-۲

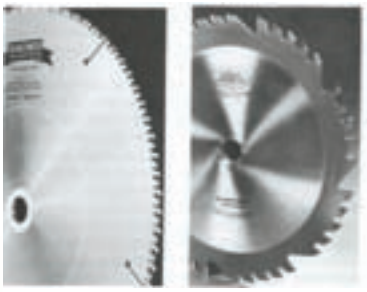
شکل ۳۰-۲

شکل ۳۱-۲

فولادهای پرکربن

چنان‌چه درصد وزنی کربن در ساختار یک فولاد بین ۰/۶ تا ۱/۴ باشد، فولاد را فولاد پرکربن می‌نامیم. این فولادها دارای بیشترین سختی و استحکام در میان فولادهای کربنی غیرآلیاژی هستند. مقاومت به سایش این گروه از فولادها بسیار زیاد است و از آن‌ها برای تولید تیغه‌های برش که در آن‌ها دمای زیادی

تولید نمی‌شود، استفاده می‌شود. عملیات حرارتی در این فولادها بیشترین اثر را دارد، چراکه حاوی بیشترین مقدار کربن در ساختار خود هستند. از کاربردهای فولادهـــای پرکربـــن می‌توان در ایجاد لبه تیز کاردها، تیغ‌هـــا، تیغه‌اره‌ها و فنرها اشاره کرد(شکل ۳۲-۲).



شکل۳۲-۲ کاربردهای فولادهای پرکربن

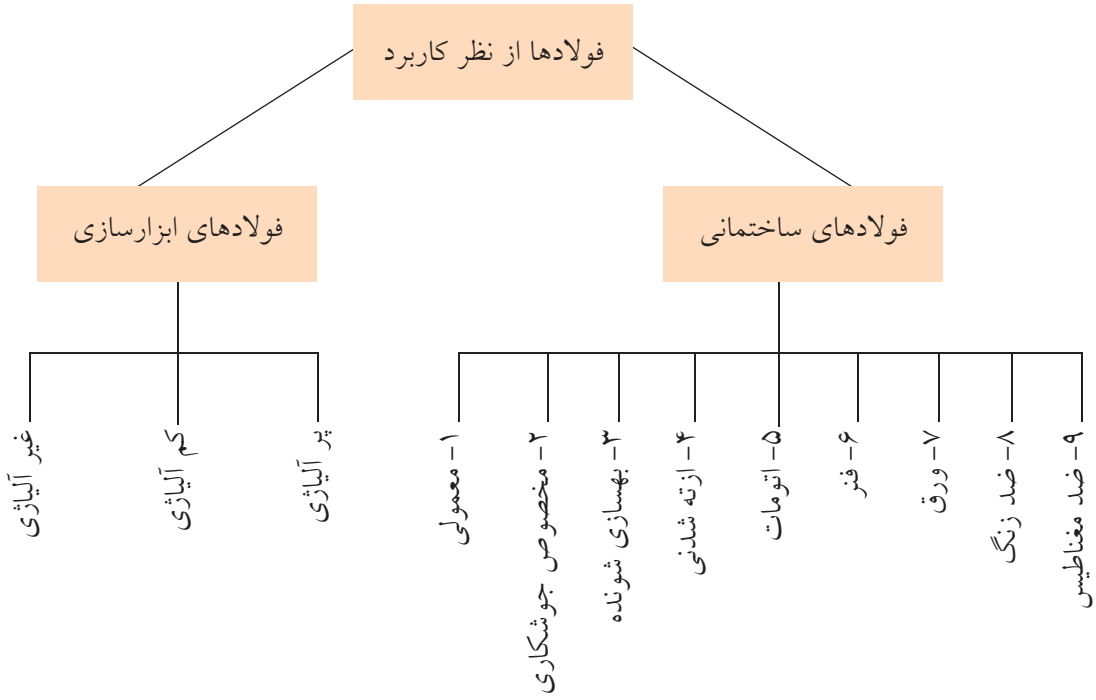
نکته

چنان‌چه نیاز باشـــد از فولادی با خصوصیات ویژه‌ای استفاده شود، نیاز اســـت که فولاد با فلزاتی مانند کـــروم، ولفرام، نیکل، مولیبدن، منگنـــز و غیره آلیاژ شـــود. دراین‌صورت چنان‌چه درصد وزنی این فلزات بیشـــتر از ۵ درصد از کل وزن آلیاژ باشد به آن فولاد پرآلیاژ گفته می‌شود.

تقسیم‌بندی فولادها از نظر کاربرد

فولادها از نظر کاربرد به نوع فولاد ساختمانی و فولاد ابزارسازی تقسیم می‌شوند (نمودار ۵-۲).

نمودار ۵-۲



حدود ۹۰ درصد از محصولات کارخانه‌های فولادسازی به فولادهایی اختصاص دارد که مواد اولیه برای ساختمان اسکلت‌های فلزی، پل‌ها، ساختمان اجزای وسایل نقلیه، دستگاه‌ها، ماشین‌آلات، پیچ و مهره، میله و محور، یاتاقان و از این‌گونه محصولات است که به فولاد ساختمانی معروف هستند.

جرثقیل

فولاد ساختمانی معمولی

این فولاد جزء فولادهای کم‌آلیاژی محسوب می‌شود و در سه گروه با درجه مرغوبیت ۱و۲و۳ تولید و به بازار عرضه می‌شود.

◀ **کاربرد:** نرده‌ها، توری‌ها، فولادهای تسمه، سازه‌های فولادی برخی از اجزاء ماشین، قطعات با تنش بالا، جرثقیل‌ها و پل‌های فولادی.

شاسی خودرو

فولادهای مخصوص جوشکاری

این نوع فولاد قابلیت متالوژیکی خوبی برای جوشکاری دارد.

◀ **کاربرد:** شاسی خودرو، تأسیسات نقاله، اگزوز و مخازن تحت فشار.

فولاد سخت‌کاری شونده سطحی (کربوریزه):

این نوع فولاد برای ساخت قطعاتی که دارای سختی سطحی اما با مغز نرم مورد نیاز است به‌کار می‌رود. برای این منظور مقدار کربن (کم‌تر از ۰/۲درصد) افزایش می‌یابد.

◀ **کاربرد:** توپی‌ها، مفصل‌ها، پین‌ها و انگشتی‌ها، میل بادامک، چرخ‌دنده‌ها و وسایل اندازه‌گیری

میل بادامک

فولاد بهسازی شونده

این نوع فولاد برای ساخت قطعاتی که در معرض ضربه و برخورد قرار دارند، استفاده می‌شود.

◀ **کاربرد: میل**لنگ‌ها، محور لنگ پرس‌های ضربه‌ای و محور وسایل نقلیه، میل گاردان.

فولاد ازته شده (نیتروژنه):

این نوع فولاد آلیاژی در ساخت قطعاتی که در هنگام عملیات نباید پیچیدگی

میل‌لنگ

پیـدا کنند، به‌کار می‌رود و عناصری همچون مولیبـدن، کروم و آلومینیم در آن یافت می‌شود.

◀ **کاربرد:** سـوپاپ خودروهای سـواری، قطعات توربین بخار، شاتون‌ها و محورهای بزرگ.

سوپاپ

فولاد اتومات

در هنگام براده‌برداری از این نوع فولاد به‌علت وجود گوگرد در ترکیب آن، براده‌های کوتاه جدا می‌شـود و سـطح خوبی را به‌وجود می‌آورد. به‌همین دلیل به این‌گونه فولادهـا، فولادهای خوش‌تراش نیز می‌گویند. اسـتفاده از فولادهای اتومات برای جوشکاری و تغییر فرم سرد و قرار دادن در معرض ضربه، توصیه نمی‌شود.

◀ **کاربرد:** مواد خام برای براده‌برداری در دستگاه‌های براده‌بردار خودکار

نکته

افزایـش کم‌تر از ۰/۳درصد سـرب در ترکیـب فولادهای اتومات موجب شکنندگی بیشتر براده و افزایش مرغوبیت سطح براده‌برداری می‌شود.

قطعه در حال تراش بدون براده‌برداری

فولاد فنر

این نوع فولاد، علاوه‌بر اسـتحکام کششی زیاد، باید خاصیت الاستیسیته خوبی هم داشـته باشـد و در برابر سـایش و ارتعاش نیز مقاوم باشد. وجود سیلیسیم در فولاد فنر خاصیت الاستیسـیته، و وجود کروم استحکام و مقاومت در مقابل خوردگی را افزایش می‌دهد.

◀ **کاربرد:** انواع فنر همانند فنزهای تخت، مخروطی، بشـقابی، اسـتوانه‌ای، حلقه‌های فنری و صفحات فنری.

فنر

فولاد ورق

این نوع فولاد در صنعت کاربرد فراوانی دارد و در گروه‌های خیلی ظریف سفید و ظریف متوسط، خشن و ورق دیگ‌سازی تولید می‌شوند.

◀ **کاربرد:** ورق‌های خیلی ظریف و سـفید (ضخامت کمتر از ۰/۵ میلی‌متر)، ساخت حلبی، ورق ظریف، کشش عمیق با ایجاد نقش برجسته

St10	ورق‌هایی با قابلیت کشش معمولی
St12	ورق‌هایی با قابلیت کشش خوب
St13	ورق‌هایی با قابلیت کشش عمیق
St14	ورق‌هایی با قابلیت کشش خیلی خوب

- **کاربرد ورق‌های ظریف:** قطعات جوشکاری نقطه‌ای و درزی
- **کاربرد ورق‌های متوسط و خشن:** تولیدات صفحه شکل، تسمه‌ها
- **کاربرد ورق‌های دیگ‌سازی:** مخازن تحت فشار، تأسیسات دیگ بخار

شکل ۳۳-۲

فولادهای ضدزنگ

دسته‌ای از فولادها هستند که مقاومت بسیار زیادی در برابر خوردگی در شرایط مختلف محیطی، به‌ویژه در هوای مرطوب را دارند، هرچند کاربرد آن‌ها به مقاومت در برابر خوردگی ناشی از مجاورت با رطوبت محدود شده، ولی لازم است اشاره شود که این نوع فولادها در برابر بیشتر محیط‌های خورنده مثل محیط‌های اسیدی، بازی و دیگر محیط‌های فعال خورندگی، مقاوم هستند و دچار خوردگی نمی‌شوند. عناصر اصلی ایجادکننده خاصیت ضدخوردگی در این فولادها کروم، نیکل و مولیبدن هستند.

شکل ۳۴-۲

نکته

در فولادهای ضدزنگ، کروم یا کروم نیکل نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و مقدار کروم موجود در آن‌ها نباید از ۱۳درصد کم‌تر باشد.

در شکل‌های ۳۳-۲ و ۳۴-۲ کاربردهای گوناگون فولادهای زنگ‌نزن را مشاهده می‌کنید.

عده دیگری از فولادهای ضد زنگ، به‌دلیل مقاومت بسیار زیادشان در برابر حرارت‌های بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند، چرا که در چنین درجه‌حرارت‌هایی، به اکسایش مقاوم هستند و خواص مکانیکی خود را تا حد مطلوبی حفظ می‌کنند. این فولادها را با نام فولادهای نسوز هم می‌شناسند. از جمله کاربردهای این فولادها می‌توان به توربین‌های گازی، بویلرها و کوره‌های عملیات حرارتی اشاره کرد (شکل ۳۵-۲).

شکل ۳۵-۲ کاربرد فولادهای نسوز در تولید توربین‌های گازی

فولاد ضد مغناطیس

در ترکیب این نوع فولادها منگنز زیادی وجود دارد. فولادهای ضدمغناطیس را می‌توان در حالت سرد به‌خوبی فرم داد.

◄ **کاربـرد:** سـاختن کارد و چنگال، ظروف تزئینـی، محفظه قطب‌نما، قاب ساعت.

شکل ۲-۳۶

فولادهای ابزار

ایـن عنوان به‌طور عمومی درباره تمام فولادهایی که برای برش و شـکل دادن مـواد به‌کار می‌روند، گفته می‌شـود. در واقع بقیه فولادهای مقاوم به سـایش، سـخت و دارای اسـتحکام، در تولید فولادهای ابزار مورد نظر است. همان‌طور که اشاره شد، فولادهای پرکربن این خواص را به‌خوبی دارند، ولی افزایش دما ایـن خواص را در آن‌ها تضعیف می‌کند. این نـوع فولادها، در کاربردهایی که شکل‌دهی مواد به‌صورت گرم صورت می‌پذیرد، استفاده می‌شود. به‌همین دلیل کارآیی چندانی ندارند.

شکل ۲-۳۷

تولید انواع فولادهای ابزار آلیاژی، به‌ویژه نوع فولاد تندبر (HSS) باعث شد که تمامی معایب فولادهای ابزار کربنی برطرف شوند و پیشرفت روزافزونی در حیطه ساخت ابزارهای آلیاژی رخ دهد. در فولادهای آلیاژی، ابزار عناصر آلیاژی مانند تنگسـتن، کروم، وانادیم و مولیبـدن وجود دارند که ترکیب این عناصر با کربن درون فولاد و تولید کاربایدهای بسیار سخت خواص ویژه‌ای که مهم‌ترین آن افزایـش دوام برش و اسـتحکام اسـت را به این نـوع فولادها می‌دهند. در حقیقت همان‌گونه که بیان شـد فولادهای ابزار در شکل‌دهی فلزات (به‌صورت گرم با عنوان ابزارهای گرم‌کار و به‌صورت سرد به‌عنوان ابزارهای سردکار) و در برش فلزات به‌کار گرفته می‌شوند. لازم به توضیح است که هر چند به‌کارگیری این ابزارها به‌منظور فائق آمدن بر شـکل کاهش استحکام ابزار در دماهای زیاد است، ولی این بدان مفهوم نیست که این ابزارها برای برش یا کار در هر دمایی مناسـب هسـتند و لازم اسـت با توجه به روش براده‌برداری و جنس قطعه‌کار از ابزار و جنس مناسـب و متناسب اسـتفاده شود (شکل‌های ۲-۳۷ تا ۲-۴۰).

شکل ۲-۳۸

شکل ۳۹-۲ یکی از کاربردهای مهم فولادهای گرم‌کار بر فرایند فورج (آهنگری) است.

شکل ۴۰-۲ ابزارهای برش از فولادهای ابزار ساخته می‌شود که بیشتر از فولادهای ابزارهای سردکار هستند.

شکل ۴۱-۲

نکته

وجود ولفرام در فولادهای ابزار پرآلیاژ موجب می‌شود این فولادها سختی خود را تا دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد حفظ کند.

نکته

فولادهای ابزارسازی خاص براده برداری به فولادهای تندبر معروف‌اند.

نکته

به‌دلیل هزینه‌بردار بودن تولید فولادهای ابزار خاص براده‌برداری، برای صرفه‌جویی، آن‌ها را به‌صورت تکه‌های کوچک به بازار عرضه می‌کنند که باید روی بدنه‌ای از فولاد ساختمانی متصل شوند.

عملیات حرارتی

در مراجعه به علم موادشناسی بارها از اصطلاح عملیات حرارتی استفاده می‌شود. در ادامه به شرح مختصری در مورد عملیات حرارتی و ضرورت آن می‌پردازیم. در بیشتر کاربردهای مهندسی لازم است که پس از انجام فرایندهای ماشین‌کاری، شکل‌دهی و یا جوشکاری، خاصیت ویژه‌ای در قطعه‌کار تقویت یا حذف شود. برای این‌که بتوانیم خواص ویژه‌ای را در قطعه موردنظر ایجاد کنیم، لازم است که ساختمان میکروسکوپی آن بهبود یابد. فرایندهای عملیات حرارتی درست همین هدف را دنبال می‌کنند. از عملیات‌های حرارتی برای افزایش استحکام، سختی یا افزایش ضربه‌پذیری (چقرمگی) قطعات فلزی استفاده می‌شود. البته این تنها کاربرد عملیات حرارتی نیست، و بهبود خواص ماشین‌کاری و بهبود شکل‌پذیری قطعه در فرایندهای شکل‌دهی نیز از دیگر کاربردهای عملیات حرارتی است. نوع عملیات حرارتی که بر روی یک نوع

فلز خاص صورت می‌پذیرد و کاملاً به جنس آن فلز وابسته است و اساساً هر نوع عملیات حرارتی را نمی‌توان روی هر نوع فلز آلیاژی انجام داد. در میان فلزات و آلیاژها، خانواده فولادها قابلیت عملیات حرارتی زیادی را از خود نشان می‌دهند و می‌توان خواص مختلف را از طریق عملیات حرارتی در آن‌ها ایجاد کرد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاربرد روزافزون فولادها در صنایع مختلف وجود همین خاصیت در آن‌هاست.

نکته

عملیات حرارتی به فرایندهایی اطلاق می‌شود که درطی آن با گرم و سرد کردن کنترل شده قطعه‌کار، بدون آن‌که در قطعه‌کار تغییر شکلی ایجاد شود، خواص فیزیکی موردنظر را در آن ایجاد کرد.

روش‌های عملیات حرارتی

از مهم‌ترین روش‌های عملیات حرارتی، می‌توان به سخت کردن، نرم کردن و روش‌هایی که در طی آن‌ها خواصی به غیر از خواص بیان شده را بهبود می‌دهند، اشاره کرد.

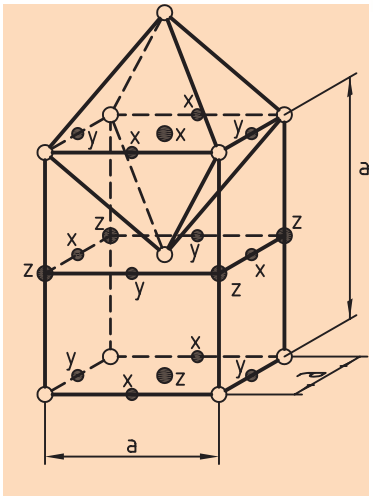
سخت کردن:

از آن‌چه در مورد تغییرات ساختاری در فولاد اشاره شد، به‌یاد دارید که اگر ساختار آستنیتی با سرعتی آهسته سرد شود، اتم‌های کربن در حین تغییر ساختاری آهن، از ساختار آستنیت خارج شده و ساختار جداگانه‌ای را تشکیل می‌دهند (ساختار سمنتیت) و ساختار جدید فریتی نیز به‌همین ترتیب تشکیل خواهد شد. حال شرایطی را در نظر بیاورید که در طی آن فولادی که دارای ساختار آستنیتی است و تا این دما گرم شده را با سرعت زیاد سرد کنیم. سرد کردن با سرعت زیاد بدین مفهوم است که قطعه‌کار گرم شده تا دمای آستنیتی شدن را در آب یا روغن بیندازیم. بدین‌ترتیب گرما به سرعت از قطعه‌کار به محیط اطراف، که همان مایع خنک‌کننده است، منتقل می‌شود. در شرایطی که سرعت خنک‌کردن زیاد باشد، اتم‌های کربن فرصت خروج از میان کریستال‌های آهن را نخواهند یافت و در داخل ساختار آهن که حالا می‌خواهند با کاهش دمایشان دچار تغییر ساختاری شوند، به دام می‌افتند. در این‌صورت ساختار جدیدی در کریستال‌های فلز آهن رخ می‌دهد که به نام مارتنزیت شناخته می‌شود (شکل ۴۳-۲).

شکل ۴۲-۲

شکل ۴۳-۲ برای کارکرد صحیح، بهبود خواص و افزایش دوام قطعات مواد، آن‌ها را عملیات حرارتی می‌کنند.

شکل ۴۴-۲ ساختار سوزنی در حقیقت ساختار مارتنزیت است که در طی آن اتم‌های کربن در کریستال‌های تغییر ساختار داده آهن به دام افتاده‌اند.



شکل ۴۵-۲

نکته

هوا نیز در حقیقت سیالی خنک‌کننده است، اما سرعت خنک‌کنندگی آن کم‌تر از آب و روغن است.

ایجاد ساختار مارتنزیت که بسیار سخت و شکننده است، در فولادها باعث افزایش بسیار زیاد سختی و استحکام می‌شود و در حقیقت هدف اصلی در سخت کردن فولادها تولید چنین ساختاری است. فرایندهای سخت‌کاری در فولادها نه‌تنها بر افزایش سختی اثر دارند، بلکه مقاومت به سایش را نیز افزایش می‌دهند. علاوه‌بر شرایط سرد و گرم کردن قطعه، که باعث ایجاد ساختار مارتنزیت و سختی در آن می‌شود، لازم است قطعه و فولادی که قطعه از آن تولید شده است، حاوی کربن کافی در ساختار خود باشد تا بتوان آن‌را به روش بیان شده، سخت کرد. چنان‌چه فولادی دارای محتوی کربن کافی در ساختار خود نباشد، لازم است با روش‌های سخت‌کاری سطحی فولاد را سخت کرد (شکل‌های ۴۴-۲ و ۴۵-۲).

نکته

ساختار مارتنزیت در فولادها باعث افزایش قابل توجه در سختی و استحکام فولاد می شود.

نرم کردن:

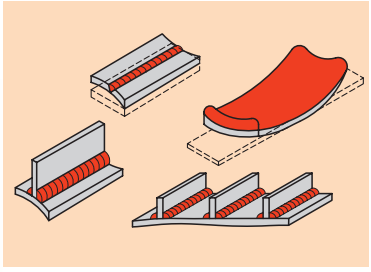
در مقابل فرایند سخت کردن فولادها، در پاره‌ای از کاربردها لازم است، فولاد را نرم کنیم. برای مثال شرایطی را فرض کنید که لازم است ساختار سخت شده در مراحل قبلی، دوباره بازیابی شود و بر روی آن عملیات ماشین‌کاری صورت پذیرد. به‌منظور انجام چنین فرایندی، لازم است فولاد را تا دمای آستنیت گرم کرد. حال باید به اتم‌های کربن که تحت تأثیرساختارهای تغییرشکل‌یافته آهن قرار دارند، اجازه داد تا به مرور زمان و در مدت زمان معینی از این ساختارها خارج شوند و فاز سمنتیت را تشکیل دهند. تشکیل فاز سمنتیت و فریت در کنار

یکدیگر به‌مفهوم نرم شدن فولاد است.

از مهم‌ترین فرایندهای عملیات حرارتی نرم کردن می‌توان به بازپخت (آنیل کردن) اشاره کرد.

بهبود خواص

عملیات حرارتی در پاره‌ای از موارد برای بهبود خواص دیگری غیر از سختی و افزایش استحکام به کار می‌رود. برای مثال فرایند تنش‌زدایی در قطعاتی که با فرایندهایی مثل جوشکاری یا ریخته‌گری تولید شده‌اند از اهمیت زیادی برخوردار است و چنان‌چه قطعات جوشکاری شده پس از فرایند جوش به‌درستی تنش‌زدایی نشوند، دچار اعوجاج خواهند شد که به‌هم خوردن دقت‌های ابعادی و شکل قطعه و ترک‌خوردگی را به‌همراه خواهد داشت (شکل ۴۶-۲).



شکل ۴۶-۲: اعوجاج قطعات پس از فرایند جوشکاری

مراحل انجام عملیات حرارتی

همان‌گونه که بیان شد، عملیات حرارتی عبارت است از فرایندهای متوالی و کنترل‌شده گرم و سرد کردن قطعه. در حقیقت می‌توان گفت که عموماً عملیات حرارتی شامل سه مرحله اساسی است. مرحله اول گرم کردن آرام قطعه است، به‌طوری که تمامی قطعه به‌آرامی به دمای موردنظر اولیه که به نوع عملیات حرارتی و جنبش قطعه بستگی دارد، برسد. در این مرحله لازم است با کنترل سرعت گرمایش، مانع از پیچش قطعه در اثر تفاوت میزان انبساط اجزای مختلف قطعه شد. سرعت گرم شدن قطعه تابعی است از ضخامت و جنس قطعه. در این مرحله، قطعات در کوره‌های خاصی قرار می‌گیرند (شکل‌های ۴۷-۲ و ۴۸-۲) و تا پایان مرحله دوم در همین کوره‌ها، که مخصوص عملیات حرارتی طراحی شده‌اند، حفظ خواهند شد. کوره‌های عملیات حرارتی در حقیقت محفظه‌های عایقی هستند که با صرف انرژی الکتریکی، مغناطیسی و یا سوزاندن سوخت‌های فسیلی، گرمای لازم برای رساندن و حفظ کردن قطعه را به دمای معین تأمین می‌کنند.

شکل ۴۷-۲ کوره عملیات حرارتی کارگاهی

پس از پایان مرحله اول، قطعه در دما و زمان معینی در داخل کوره نگهداری خواهد شد، تا تغییرات ساختاری جابه‌جایی اتم‌های کربن در ساختار فلز کامل شود. پس از این مرحله، لازم است قطعه تا دمای محیط سرد شود و فرایند عملیات حرارتی کامل شود. نحوه و نوع سرد کردن قطعه بر خواص ایجاد شده

شکل ۴۸-۲: کوره عملیات حرارتی آزمایشگاهی

در قطعه تأثیربســزایی دارد. بدین‌منظور لازم اســت قطعه در محیطی سردکننده قرار گیرد. محیط‌های سردکننده می‌توانند، گازی، مایع و یا جامد باشند. سرعت سرمایش نیز به نوع محیط سردکننده بستگی دارد. چنان‌چه فولاد در مایعی مثل آب ســرد شود، از آن‌جا که سرعت ســردکنندگی آب زیاد است، ساختار فولاد پس از این ســرد شدن سخت و شکننده خواهد شد، زیرا مارتنزیت بیشتری در آن شکل می‌گیرد و اتم‌های کم‌تری فرصت خروج از میان کریستال‌های آهن را خواهند داشــت. این در حالی است که سرد کردن همین فولاد در روغن باعث سختی کم‌تر در آن خواهد شد.

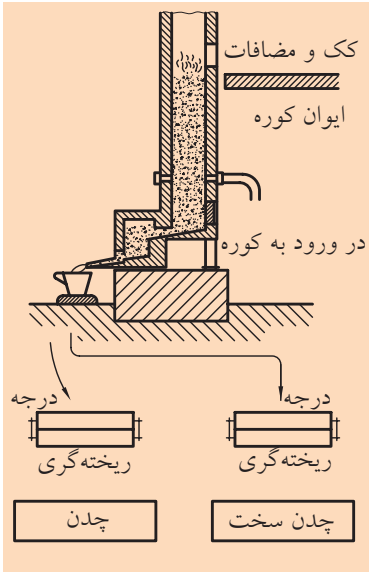
شکل ۴۹-۲ سختی سطح در چرخ‌دنده

سخت‌کردن سطحی فولادها

در بســیاری از قطعات مهندســی لازم اســت صرفاً لایه نازکی از ســطح قطعه سخت شود. بیشــتر این قطعات، قطعاتی هستند که در آن‌ها مقاومت به سایش و در کنار آن ضربه‌پذیری مناسب، از شرایط اصلی کارکرد آن‌هاست. برای مثال چرخ‌دنده‌های جعبه‌دنده خودرو به‌دلیل تداوم کارکرد، همواره تحت‌تأثیربارهای ضربه‌ای و ســایش و اصطکاک مداوم با یکدیگر هســتند. در این شــرایط لازم است لایه‌ای از ســطح خارجی دندانه‌های آن‌ها سخت شود و همچنین قابلیت ضربه‌پذیری در مغز قطعه موجود باشد (شکل ۴۹-۲).

شکل ۵۰-۲ سختی سطحی به روش القایی

برای سخت‌کردن سطحی فولادها روش‌های گوناگونی وجود دارد. در فولادهای با محتوی کربن کافی سخت‌کاری توسط شعله یا جریان القایی صورت می‌پذیرد (شــکل ۵۰-۲). در هر دو این روش‌ها ســطح انتخاب شده از قطعه که توسط طراح تعیین شده است، توسط شعله یا جریان القایی مغناطیسی گرم خواهد شد. مدت‌زمان گرم شــدن، به عمق ســختی و جنس قطعه بستگی دارد. بدین‌منظور قطعه را از فرایند مرحله اول و دوم عملیات حرارتی عبور می‌دهند و سپس آن‌را با سیال سردکننده مناسب سرد می‌کنند. بدین‌ترتیب سختی سطح قطعه در ناحیه خاص مورد نظر، اعمال می‌شــود و دیگر نواحی قطعه به همان‌ترتیب و ساختار حالت قبل از عملیات حرارتی باقی خواهد ماند.



شکل ۵۱-۲

در روش‌های دیگر سخت‌کردن سطوح، که بیشتر برای فولادهای کم‌کربن به‌کار برده می‌شود، قطعه‌کار گرم شده را در مجاورت کربن قرار می‌دهند. کربن در این‌حالت می‌تواند به‌صورت جامد زغال یا گاز منواکسید کربن باشد. بدین‌ترتیب درصد کربن در سطوح خارجی قطعه زیاد خواهد شد، که پس از سرد کردن قطعه با تشکیل لایه مارتنزیت، سختی موردنظر در سطح خارجی قطعه ایجاد خواهد شد. عناصر دیگری همچون نیتروژن نیز اثرات مشابهی بر سطوح قطعه باقی خواهند گذاشت و علاوه‌بر افزایش سختی، مقاومت به خوردگی و سایش جلای ظاهری خوبی هم به قطعه خواهند داد.

چدن‌ها

چدن‌ها خانواده‌ای از آلیاژهای آهنی با خواص کاملاً متنوعی هستند که به روش ریخته‌گری تولید می‌شوند و مهم‌ترین وجه تمایز فولاد و چدن در شکل‌پذیری فولاد توسط فرایندهای شکل‌دهی فلزات است که در مورد چدن‌ها این امکان وجود ندارد. از نقطه‌نظر ترکیب آلیاژی، همان‌طور که بیان شد فولادها از ترکیب آهن با حداکثر ۲ درصد کربن تولید می‌شوند.درصد وزنی کربن موجود در چدن به‌صورت عملی میان ۲ تا ۴/۵ است. یادآوری می‌شود که مرز چدن در نمودار آهن کربن را عدد ۶/۶۷ درصد وزنی مشخص است، ولی چدن‌ها با ترکیب بیش از ۴/۵ درصد وزنی کربن بسیار شکننده هستند:

کربن در چدن‌ها به‌صورت (کاربید) آهن وجود ندارد و در ساختار چدن‌ها کربن را به‌صورت پایدارترین شکل آن، یعنی گرافیت می‌یابیم. شکل و نحوه رسوب گرافیت در چدن‌ها منشأ خواص گوناگون در این آلیاژ آهن است. علاوه‌بر کربن، عناصر آلیاژی دیگری در چدن، بیشتر برای کنترل ترکیب شیمیایی و ساختار میکروسکوپی به آن اضافه می‌کنند تا خواص متنوع مکانیکی موردنظر را ایجاد کنند. چدن‌ها دارای مزایای گوناگونی هستند که برخی از این

آیا می‌دانید

شکل‌دهی فلزات به فرایندهایی اطلاق می‌شود که در طی آن‌ها با اعمال نیرو بر قطعات گداخته یا سرد از فلزات، آن‌ها را به شکل دلخواه درمی‌آورند. برای مثال در طی فرایند فرج، قطعه گداخته میان دو کفه فشرده می‌شود تا قطعه موردنظر (شکل) حاصل آید.

شکل ۵۲-۲ روکش کروم برای بهبود خواص خوردگی و مقاومت گرمایی قطعات فلزی، به‌ویژه فولاد.

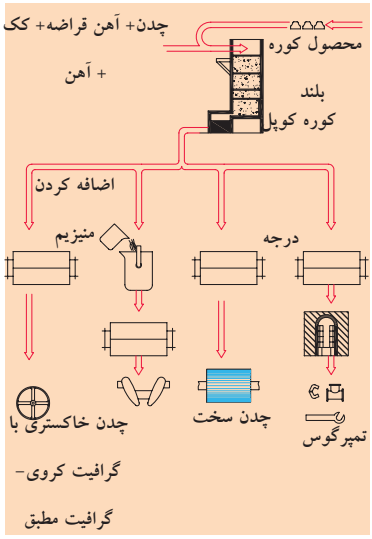
شکل ۵۳-۲

شکل ۵۴-۲ پایه یک ماشین‌ابزار از جنس چدن خاکستری

مزایا عبارت‌اند از:

- **چدن‌ها آلیاژهای بسیار ارزان قیمتی هستند و برای تولید آن‌ها فناوری خاصی لازم نیست، لذا قیمت تمام شده آن‌ها کم است.**
- **مقاومت به سایش و استحکام کششی چدن‌ها چندان زیاد نیست.**
- **چدن‌ها در حالت مذاب دارای سیالیت بالایی هستند، از همین‌رو ریخته‌گری آن‌ها بسیار ساده است و می‌توان مقاطع پیچیده و نازک قطعات را توسط آن‌ها ریخته‌گری کرد.**

اساساً چدن را می‌توان از آهن خام که محصول کوره بلند است به‌دست آورد. بدین‌منظور آهن خام را به همراه قراضه‌های آهنی در کوره‌های خاصی با نام کوره کوپل ریخته و ذوب می‌کنند تا ترکیب چدن مورد نیاز در آن به‌دست آید. مذاب تولید شده در این‌حالت را برای ریخته‌گری قطعات مختلف چدنی، درون قالب‌های ویژه می‌ریزند، تا پس از سرد شدن قالب با شکستن آن، قطعه موردنظر را از درون آن خارج سازند (شکل ۵۵-۲).



شکل ۵۵-۲

ساختمان و خواص چدن‌ها بسیار متنوع است، با این وجود می‌توان آن‌ها را به گروه‌های زیر طبقه‌بندی کرد:

- **چدن خاکستری با گرافیت ورقه‌ای GG**
- **چدن خاکستری با گرافیت کروی GGG**
- **چدن سخت GH**
- **چدن چکش‌خوار GT**

برای تولید چدن‌های فوق، روش تولید آن‌ها در نوع مواد افزودنی و نیز نحوه سرد کردن چدن‌ها مؤثر است.

در ادامه به معرفی و ویژگی‌های هر یک از انواع چدن‌ها اشاره می‌شود.

چدن خاکستری با گرافیت ورقه‌ای

چدن خاکستری در صنعت از تمامی آلیاژها و فلزات ریخته‌گری مصرف بیشتری دارد. در حقیقت منشأ این نام‌گذاری، رنگ سطح مقطع شکست این آلیاژ است، چرا که به‌دلیل وجود کربن زیاد در این آلیاژ سطح مقطع آن به رنگ خاکستری است (شکل ۵۶-۲).

شکل ۵۶-۲ چدن خاکستری

گرافیت‌ها در این چدن به‌صورت ورقه‌ای تشـکیل می‌شوند و نحوه تشکیل گرافیـت در این چدن باعث ایجـاد ویژگی‌های خاصی در این گروه از چدن‌ها شده است که از این جمله می‌توان به مقاومت ارتعاش خوب در این آلیاژ اشاره کرد، به‌طوری‌که بیشـتر از این آلیاژ در مصارفی استفاده می‌شود که به مستهلک کردن ارتعاش نیاز اسـت. وجود گرافیت به شکل ورقه‌ای این آلیاژ را به‌شدت در برابر کشش حساس می‌کند و لازم است در کاربردهایی که چدن خاکستری تحت کشش و ضربه قرار می‌گیرد با احتیاط عمل شود.

شکل ۲-۵۷

شکل ۲-۵۸

نکته

چنان‌چه چدن خاکستری در هنگام تولید با سرعت بالایی سرد شود و مقدار منگنز آن زیاد باشـد، مقدار گرافیت آن کم خواهد بود. برعکس اگر در هنگام تولید چدن خاکسـتری، سـرعت سرد شدن کم باشد و مقدار سیلیسیم افزایش یابد، مقدار گرافیت آن زیاد می‌شود.

شکل ۲-۵۹

وجـود گرافیت در چدن خاکسـتری قابلیـت براده‌بـرداری را افزایش می‌دهد و ضریـب اصطـکاک را کم می‌کنـد. از این آلیاژ برای تولید قطعات سـنگین، مانند بدنه ماشـین‌آلات صنعتی (به‌دلیل سـهولت بیشـتر در ریخته‌گری)، ابزار کشـاورزی، لوازم و اثاثیه منزل و قطعات خودرو اسـتفاده می‌شود (شکل‌های ۲-۵۷ تا ۲-۶۰).

چدن خاکستری با گرافیت کروی

در این نوع چدن، گرافیت به‌صورت ورقه‌ای در چدن وجود ندارد، بلکه به‌شکل کروی اسـت. برای تولید چدن خاکستری با گرافیت کروی باید به چدن مذاب آلیاژ نیکل – منیزیم یا آلیاژ سیلیسـیم– آهن منیزیم اضافه شـود سـبب افزایش قابلیت انبساط، خم‌کاری و استحکام در این چدن که به چدن داکتیل نیز معروف

شکل ۲-۶۰

است خواهد شد. این چدن به‌دلیل ویژگی‌های اشاره شده، در تهیه سیلندر، پوسته پمپ ، چرخ لنگ، توربین‌ها، محفظه جعبه‌دنده‌ها و قرقره‌ها کاربرد دارد (شکل‌های ۶۰-۲ و ۶۱-۲ و ۶۲-۲).

شکل ۶۱-۲ توربین

چدن سخت

کربن در چدن‌های سخت به‌صورت گرافیت وجود ندارد و به‌صورت ترکیب شیمیایی با آهن Fe_3C یافت می‌شود. براده‌برداری از چدن‌های سخت بسیار دشوار است و برای این منظور باید از ابزارهایی با جنس فلزات سخت (الماسه) و سنگ‌های سنباده استفاده کرد.

شکل ۶۲-۲ محفظه جعبه‌دنده

نکته

از ویژگی‌های دیگر چدن سخت، مقاومت در برابر سایش است.

ساخت چرخ‌های واگن، پیستون‌های هیدرولیکی و انواع نوردها از جمله موارد کاربرد چدن سخت است (شکل‌های ۶۳-۲ و ۶۴-۲).

چدن چکش‌خوار

آهن خام سفید را به‌همراه درصد معینی از کربن، سیلیسیم، منگنز، فسفر و گوگرد در کوره کوپل یا کوره الکتریکی ذوب، و پس از ریختن آن در قالب سرد می‌کنند. سپس قطعات ریخته‌شده را در کوره‌های مخصوصی به‌مدت چند روز حرارت می‌دهند تا ویژگی‌هایی همچون افزایش استحکام کششی، افزایش قابلیت کوره‌کاری و انعطاف‌پذیری و کاهش شکنندگی در آن ایجاد شود. چدن‌های چکش‌خوار (مالیبل‌ها) از قابلیت براده‌برداری خوبی برخوردارند و می‌توان آن‌ها را بهسازی و لحیم‌کاری کرد.

شکل ۶۳-۲ چرخ‌های واگن

نکته

چدن چکش‌خوار، به چدن تمپرگوس و مالیبل نیز معروف است.

شکل ۶۴-۲

استانداردهای نرم‌بندی آلیاژهای آهن

همانند تمامی قطعات و فرایندهای مهندسی، مواد نیز دارای استانداردهای خاص خود هستند. هنگامی‌که یک تولیدکننده ماده‌ای را مطابق با یک استاندارد تولید می‌کند، لازم است تمامی بندها و مفاد استاندارد را برای تولید ماده موردنظر رعایت کند. از این‌رو دیگر لازم نیست که مصرف‌کننده برای به‌کارگیری آن ماده، آزمایش‌ها و مراحل خاصی را جهت اطمینان یافتن از کیفیت ماده موردنظر انجام دهد، زیرا موسسه استاندارد تضمین می‌کند که ماده تولید شده، تمامی خواص موردنیاز و تصریح شده در مفاد استاندارد را دارد. شماره‌گذاری مواد، روشی است برای بیان خواص مواد، بدون آن‌که به تحلیل یا دانستن تمام خواص شیمیایی آن ماده خاص نیاز باشد. از همین روست که تمامی استانداردهای مصوب بین‌المللی، فولادها را که مهم‌ترین عنصر تولید در صنعت هستند، طبقه‌بندی و کدگذاری کرده است. چنان‌چه مصرف‌کننده به دانستن ترکیب شیمیایی یا خواص ویژه‌ای از یک فولاد نیاز داشته باشد، می‌تواند با مراجعه به کتاب‌های مرجع که بدین منظور تدوین شده‌اند، آن‌را در جداول آلیاژی فولاد یا مرجع استاندارد کدگذاری کننده آن ماده خاص، جستجو کند. از طرفی همان‌گونه که انتظار می‌رود، فولادهای پرکاربرد و مهم توسط استانداردهای گوناگون کدگذاری شده‌اند و می‌توان برای یافتن معادل یک فولاد، معادل آن‌را در سایر جداول استاندارد یافت.

باید به این نکته اشاره کرد که استانداردهای به‌کار گرفته شده در کدگذاری فولادها، همواره به‌صورت بین‌المللی تعریف نشده‌اند. استانداردهای ملی یا استانداردهایی که توسط یک تولیدکننده خاص وضع می‌شود، به‌دلیل نفوذ تولیدکننده در بازار مصرف و یا کیفیت تولید آن ممکن است در موارد خاصی بر استانداردهای ملی و بین‌المللی غالب باشند. هرچند هم‌اکنون با همه‌گیر شدن استانداردهای مرجعی مثل ISO، این نوع استانداردها در حال فراموشی هستند، ولی به‌دلیل گستردگی تولیدکنندگان و عدم دسترسی به تمام آن‌ها، استانداردهای ملی در کشورهای گوناگون برای دست‌یابی به‌گونه‌ای هماهنگ اقدام به کدگذاری فولادها کرده‌اند، که به‌دلیل کامل و جامع بودن و همین‌طور سادگی کاربردشان، عده‌ای از آن‌ها پا را از مرزهای ISO فراتر گذاشته و همه‌گیر شده‌اند. از مهم‌ترین این استانداردهای ملی می‌توان به استاندارد آلمان اشاره کرد که مخفف این استاندارد، DIN است.

کدگذاری آلیاژهای آهن بر اساس استاندارد آلمان DIN

استاندارد آلمان به‌منظور کدگذاری مواد دو رویه اساسی را دنبال می‌کند. در رویه اول که مربوط به DIN 17006 است و به آن اشاره می‌شود با توجه به کاربرد فولاد، خواص فیزیکی و یا مکانیکی آن کدگذاری کوتاهی روی فولاد صورت می‌پذیرد.

در روش دوم که در DIN 17007 به آن اشاره شده است، به هر یک از مواد کد خاصی نسبت داده می‌شود که در جهت خلاصه‌نویسی است و هیچ‌گونه توضیحی در مورد ترکیب شیمیایی و خواص فولاد از کد اختصاصی داده شده، قابل استخراج نیست و برای بیان خواص، نوع کاربرد و ترکیب شیمیایی لازم است به کتب مرجع مراجعه شود.

اشاره به این نکته لازم است که کدگذاری بیان شده در این بخش، به آلیاژهای آهن محدود و از بیان آلیاژهای عناصر دیگر خودداری شده است و برای اطلاع از آن‌ها لازم است به بندهای دیگر استاندارد DIN17007 مراجعه شود.

نکته

در روش کدگذاری آلیاژهای آهن بر اساس DIN17006، کاربرد فولاد، خواص فیزیکی و یا مکانیکی لحاظ می‌شود. در روش کدگذاری آلیاژهای آهن بر اساس DIN17007، به هر یک از مواد کد خاصی نسبت داده می‌شود که هیچ‌گونه توضیحی در مورد ترکیب شیمیایی و خواص فولاد و به صورت مستقیم از آن قابل استخراج نیست.

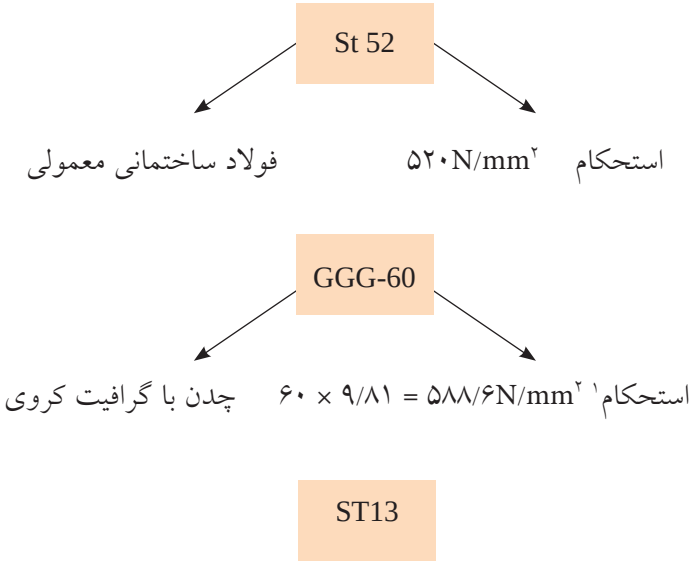
نام‌گذاری کوتاه بر اساس DIN 17007

در این اســتاندارد فولادها را بر اساس نوع کاربرد، درصد کربن و دیگر عناصر آلیاژی آن تقســیم‌بندی کرده‌اند. بر همین مبنا ســه نوع شــماره‌گذاری در این اســتاندارد مرسوم است. در روش اول کدگذاری با توجه به کاربرد و نوع مواد صورت می‌پذیرد. به‌طور نمونه جدول زیر را مشاهده می‌کنید.

کد	مفهوم	کد	مفهوم
St	فولاد ساختمانی	GGG	با گرافیت کروی
GG	چدن خاکستری	GS	فولاد ریختگی

برای مثال فولاد با کدگذاری St- 37 به‌مفهوم فولاد ساختمانی با استحکام نهایی ۳۷۰N/mm^2 است که در حدود ۳۷۰MPa خواهد بود. برای تسمه و ورق‌هایی که جنس آن‌ها از فولاد غیرآلیاژی نرم است و برای کشش عمیق مناسب هستند، از حروف St استفاده می‌شود و پس از آن اعداد ۱۲ تا ۱۴ آید.

مثال‌ها:



۱ـ در بسیار موارد بجای ضریب ۹/۸۱ عدد ۱۰ در نظر می‌گیرند.

در روش دوم که بر آنالیز شیمیایی متکی است و برای فولادهای غیرآلیاژی و کربنی ساده به‌کار می‌رود، ابتدا حرف C می‌آید و حروف بعدی فرایندهای اضافی انجام شده بر روی فولاد را نشان می‌دهد. برای مثال حرف k به‌مفهوم فولاد فسفر و گوگردگیری شده است. در ادامه و در سومین جایگاه، درصد کربن مشخص می‌شود که لازم است عدد منظور شده بر عدد ۱۰۰ تقسیم شود. برای مثال فولاد با کدگذاری Ck45، به‌واسطه داشتن حرف C به‌مفهوم فولاد غیرآلیاژی، k نشان‌دهنده فولاد گوگرد و فسفرگیری شده و عدد ۴۵ نشان‌دهنده ۰/۴۵ درصد وزنی کربن در ساختار این فولاد است.

Cf53

Cf 53

فولاد غیرآلیاژی سخت‌شونده با شعله ← درصد کربن $\frac{۱}{۱۰۰} \times ۵۳$

Cm35

Cm 35

فولاد غیرآلیاژی با گوگرد کم ← درصد کربن $\frac{۱}{۱۰۰} \times ۳۵$

در روش سوم که برای نام‌گذاری فولادهای آلیاژی به‌کار می‌رود در ابتدا عددی است که با تقسیم آن بر صد مقدار درصد کربن را نشان می‌دهد و در ادامه عناصر آلیاژی و درصد آن‌ها آورده می‌شود. مثال فولاد 16Mhcrs، دارای ۰/۱۶ درصد وزنی کربن، و عناصر منگنز و کروم است که در ادامه عدد ۵ نشان دهنده درصد عنصر منگنز (با ضریب خاص) در این فولاد است.

25CrMo4

25	Cr	Mo	4
۰/۲۵٪ کربن	کروم	مولیبدن	۱ درصد کروم (با اعمال ضریب خاص)

جدول۳-۲: حروف مشخصه‌های چدن‌ها

حروف مشخصه	نوع چدن
GG	چدن خاکستری با گرافیت ورقه‌ای
GGG	چدن خاکستری با گرافیت کروی
GTS	چدن چکش‌خوار سیاه
GTW	چدن چکش‌خوار سفید
GH	چدن سخت

F: فولاد غیرآلیاژی سخت شده با شعله القایی

k: فولاد غیرآلیاژی با گوگرد و فسفر کم

m: فولاد غیرآلیاژی با گوگرد کم

جدول۴-۲: ضرایب خاص برای فولادهای غیرآلیاژی

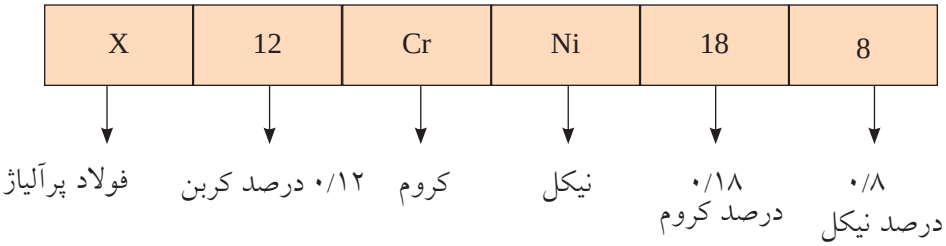
1000	100	10	4
بُر B	کربن C گوگرد S نیتروژن N سزیم Cs	تانتالیم Ta آلومینیم Al تیتانیم Ti بریلیم Be وانادیم V مس Cu زیرکونیم Zr مولیبدن Mo نیوبیم (کلسیم) Nb سرب Pb	کروم Cr کبالت Co منگنز Mn نیکل Ni سیلیسیم Si تنگستن W

نکته

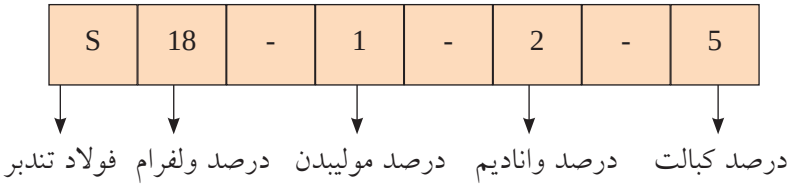
توجه داشته باشید که به‌دلیل کم بودن میزان عنصر مولیبدن در آلیاژ فوق، درصد آن اشاره نمی‌شود.

در فولادهـــای پرآلیـــاژ، حـــرف X قبل از درصـــد کربن می‌آید. بـــرای مثالی از فولادهای پرآلیاژ فولاد X12Cr13 به‌واسطه وجود حرف X از فولادهای پرآلیاژ به‌حساب می‌آید که حاوی ۰/۱۲ درصد وزنی کربن است و عنصر کروم در آن با درصد ذکر شده ۰/۱۳درصد وجود دارد.

X12CrNi188

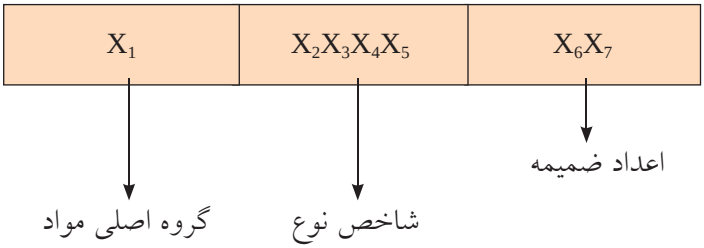


حرف‌شناسی فولادهای تندبر حرف S است. پس از حرف S مقدار درصد وزنی به‌ترتیب برای ولفرام، مولیبدن، وانادیم و کبالت است.



شماره‌گذاری آلیاژهای آهن بر اساس DIN17007:

استاندارد آلمان برای سهولت در درج نام مواد کدگذاری هفت رقمی زیر را پیشنهاد کرده است:



در جایگاه اول سمت چپ که گروه اصلی مواد را نشان می‌دهد، درج عدد ۰ (صفر)، به مفهوم آهن خام یا چدن است و عدد ۱ نشان‌دهنده فولاد است (جدول ۵-۲). در دو جایگاه بعدی (خانه‌های ۲ و ۳)، فولادها بر اساس کاربردهای خود کدهای دو رقمی خاصی را احراز می‌کنند که در جدول ۶-۲ به بعضی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

نکته

در فولادهای پرآلیاژ و تند بر ضریب کربن $\frac{1}{100}$ و بقیه فلزات یک است.

جدول۵-۲ مفاهیم عددی اتم اول (گروه اصلی مواد)

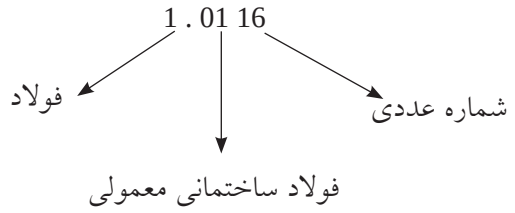
0	آهن خام، آلیاژهای آهن‌دار، چدن
1	فولاد، فولاد ریختگی
2	فلزات غیرآهنی سنگین
3	فلزات سبک
4-8	مواد غیر فلزی
9	آزاد برای سایر مصارف یا کاربرد داخلی

جدول۶-۲ اعداد در خانه‌های دوم و سوم (X_2 , X_3)

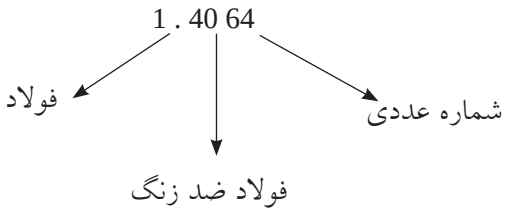
کد	توضیح
01-11 02-12	فولادهای ساختمانی
40-45	فولادهای ضدزنگ
15-18 20-28	فولادهای ابزار
32-33	فولادهای تند بر

اعـداد ضمیمه بـه ترتیب رقم‌های چهارم و پنجم نشـان‌دهنده شـماره عددی هسـتند. شماره عددی هیچ مطلبی را درباره ترکیب شـیمیایی بیان نمی‌کند. به ترکیب شیمیایی، فرایند تولید و عملیات حرارتی مربوط است که بر روی فولاد انجام می‌پذیرند. توجه کنید که از این ارقام هیچ نتیجه مسـتقیمی در خصوص ترکیب شیمیایی نمی‌توان گرفت و لازم است برای دست‌یابی به این منظور، به جداول فولاد مراجعه کنید. برای مثال ماده با شماره 1.2344، به‌واسطه 1 از نوع فولادهاست و به‌دلیل وجود عدد 23 از نوع فولادهای ابزار است.

مثال ۱:



مثال ۲:



ارزشیابی پایانی

۱. مراحل تهیه آهن از سنگ آهن را نام ببرید.

۲. تغییرات ساختاری فولاد را هنگامی‌که از دمای ۱۶۰۰ تا دمای محیط سرد می‌شود، بیان کنید.

۳. تفاوت فولادها و چدن‌ها در چیست؟ شرح دهید.

۴. سمنتیت چیست؟

۵. عملیات حرارتی چیست و مراحل آن کدام است؟

۶. سخت کردن سطحی فولادها یعنی چه؟ اهداف آن چیست؟ انواع آن‌را نام ببرید.

۷. انواع فولادها را شرح دهید.

۸. انواع فولادهای ابزار کدام‌ها هستند؟ در مورد هر کدام توضیح دهید و مثالی بیاورید.

۹. انواع چدن را نام ببرید و علت نام‌گذاری و کاربرد آن‌ها را ذکر کنید.

۱۰. اطلاعات فولادهای زیر را با توجه به کدگذاری آن‌ها استخراج کنید:

الف) St52

ب) CK60

ج) 1,2774

د) 90MnV8

تحقیق کنید

۱. در تولید قطعات زیر کدام نوع آلیاژهای آهن را مناسب‌تر می‌دانید:

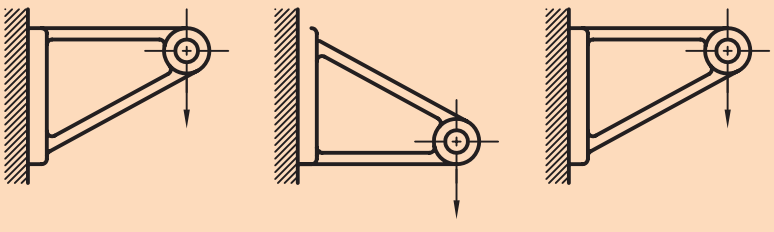
آلیاژ:	کاربرد:
الف)فولادهای ضد زنگ	۱. سنبه و ماتریس در قالب‌های برش
ب) فولادهای نسوز	۲. تیرهای فلزی برای اسکلت ساختمان‌ها
ج) فولادهای ابزار	۳. ظروف کنسرو
د) فولادهای کم کربن	۴. سینک ظرفشویی
ه) چدن	۵. بدنه توربین‌ها
	۶. بدنه خودرو
	۷. کفشک‌های قالب

۲. اغلب فولادهای پرکربن را جهت افزایش سختی تا زمان رسیدن به دمای آستنیت گرما می‌دهند و سپس به‌سرعت در آب سرد می‌کنند. اولاً تحقیق کنید که ساختار میکروسکوپی آن‌ها بعد از این عملیات به چه شکلی خواهد شد؟ ثانیاً شرح دهید برای بازیابی (برگشت) ساختار این فولاد به شرایط اولیه، لازم است چه عملیات حرارتی انجام شود؟

۳. کربن در ساختار چدن‌ها به چه شکلی است و تفاوت آن با ساختار کربن در فولادها در چیست؟ علت این تفاوت در کجاست؟

۴. چرا در تولید اسکلت‌های ساختمان‌ها به‌جای فولاد از چدن استفاده نمی‌شود؟

۵. در شکل زیر ترجیح می‌دهیم دیوارکوبی از جنس چدن با طرح (ب) تولید شود. دلیل برتری طرح (ب) بر طرح (الف) در چیست؟



۶. چرا در بیشتر کارگاه‌های اندازه‌گیری، میزهای اندازه‌گیری را از چدن یا گرافیت تهیه می‌کنند؟

تحقیق کنید

۷. چرا بیشتر پایه‌ها و بسته‌های ماشین‌های ابزار را از جنس چدن خاکستری تولید می‌کنند؟

۹ . تحقیق کنید که چرا نباید در کاربردهای با دمای بیش از $400^{\circ}C$ از چدن استفاده کرد؟

فصل سوم: فلزات غیر آهنی

◄ هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود:

ـ فلزات غیرآهنی را شرح دهد.

ـ فلزات غیرآهنی را دسته‌بندی کند.

ـ فلزات غیرآهنی سنگین را نام ببرد.

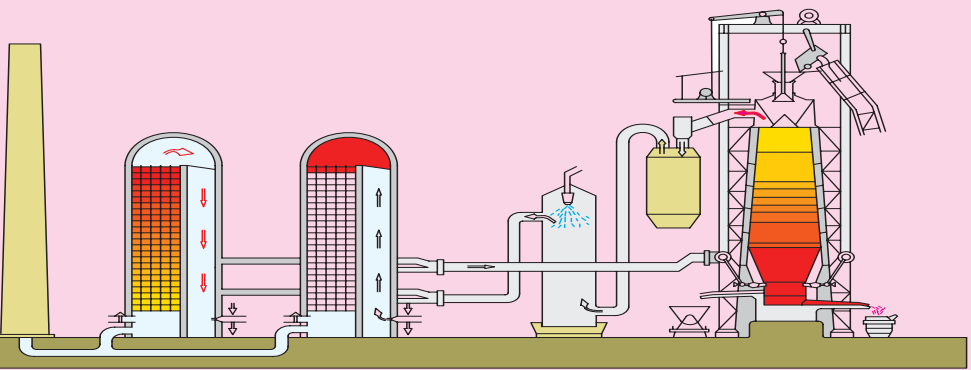
ـ خصوصیات فلزات غیرآهنی سنگین را شرح دهد.

ـ کاربرد فلزات غیرآهنی سنگین را شرح دهد.

ـ فلزات غیرآهنی سبک را نام ببرد.

ـ خصوصیات فلزات آهنی سبک را شرح دهد.

ـ کاربرد فلزات غیرآهنی سبک را شرح دهد.



فلزات غیرآهنی

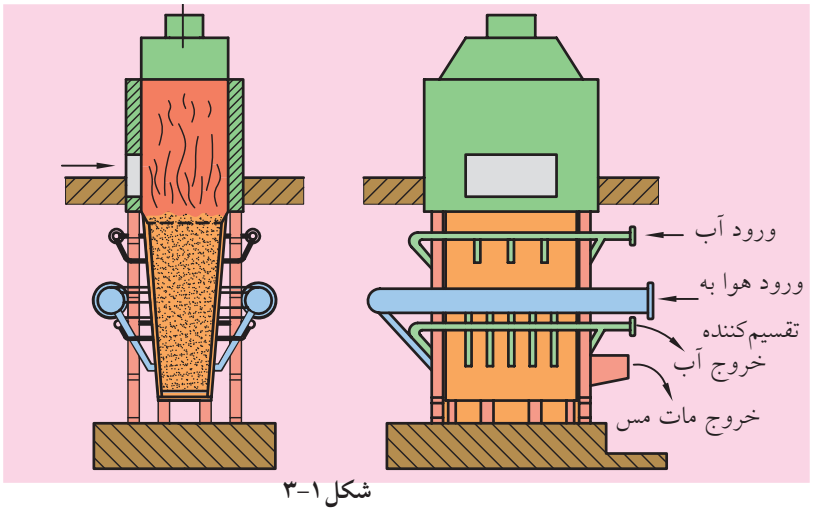
استفاده گسترده فلزات غیرآهنی در صنایع به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن‌هاست. فلزات غیرآهنی به‌صورت مجزا در کاربردهای خاص و یا به‌صورت آلیاژ با سایر عناصر به‌کار می‌روند. به‌طور کلی فلزات غیرآهنی در دو دسته اصلی فلزات غیرآهنی سنگین و فلزات غیرآهنی سبک قرار دارند.

فلزات غیرآهنی سنگین

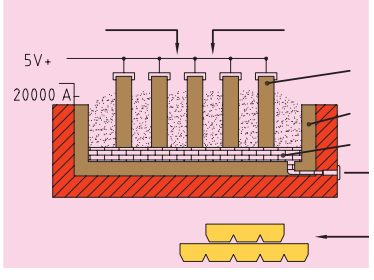
فلزاتی که جرم مخصوص آن‌ها بیشتر از $۵ \frac{Kg}{dm^3}$ باشد فلزات سنگین نامیده می‌شوند. مس، روی، قلع، کروم، ولفرام، مولیبدن، کبالت، منگنز، آنتیموان، کادمیم، بیسموت، جیوه و فلزات قیمتی مانند نقره، طلا و پلاتین از مهم‌ترین فلزات غیرآهنی سنگین هستند. در ادامه به معرفی تعدادی از فلزات غیرآهنی سنگین و ویژگی‌های آن می‌پردازیم.

مس

مس و آلیاژهای آن در مقایسه با سایر فلزات برای ساخت‌وساز مهندسی کاربرد زیادی دارد. انتخاب آلیاژهای مس به‌منظور مصارف گوناگون، اغلب به خواص مکانیکی یا فیزیکی ویژه این آلیاژها بستگی دارد. نیاز به ضریب‌هدایت الکتریکی و حرارتی بالا، برای برخی از قطعات در به‌کارگیری این فلز و آلیاژهای آن در ساخت قطعات بسیار مورد توجه است. خواص دیگری همچون مقاومت به خوردگی، شکل‌پذیری عالی، قابلیت ریخته‌گری و خواص مکانیکی مطلوب، از دیگر ویژگی‌های موردتوجه مس برای ساخت و تولید در صنعت است(شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳).



شکل ۱-۳



شکل ۲-۳

سنگ معدن مس

↓

استخراج و تغلیظ

↓

فلز خام

↓

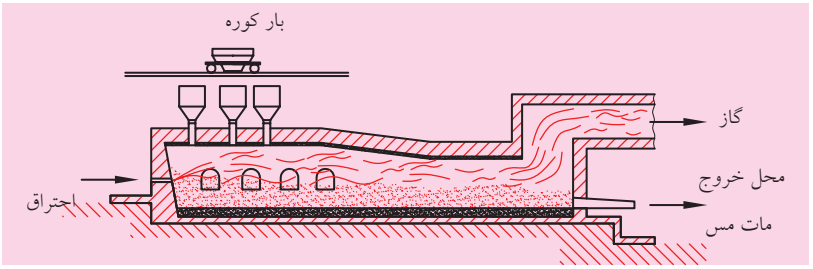
افزایش خلوص

↓

مس خالص

مراحل تهیه مس خالص

سنگ‌معدن مس، اغلب به‌صورت سولفید یافت می‌شود. مس به دو صورت اساسی تولید مات مس و روش هیدرومتالورژی تهیه می‌شود. در روش تهیه مات مس، سنگ‌های معدنی گوگرددار مس در کوره‌های ذوب به مخلوطی از مس و آهن که مات مس نامیده می‌شود، تبدیل می‌شوند سپس این ماده توسط یک مبدل به مس خام تبدیل می‌شود که بعد از تصفیه کاتدی فلز مس به‌دست می‌آید (شکل ۳-۳).



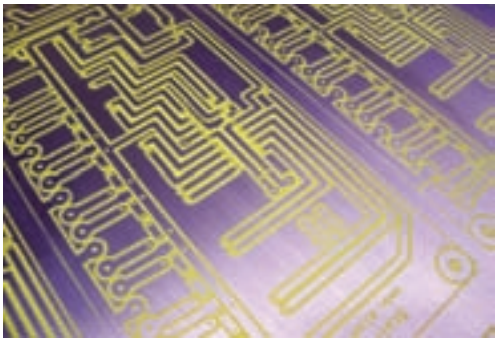
شکل ۳-۳ کوره احیای شعله‌ای مسطح

در روش دیگر که هیدرومتالوژی نام دارد، برای سنگ‌های اکسیدی و به‌ویژه سنگ‌های کربنات‌دار مس مورداستفاده قرار می‌گیرد. پس از حذف گوگرد، سنگ معدن مس را در حلال مناسبی مثل اسیدسولفوریک یا اسید هیدروکلریک حل کرده و مس را با روش‌های جداسازی، تفکیک می‌کنند. این روش آلودگی کم‌تری دارد و از این‌جهت بر روش تولید مات مس برتری دارد.

◄ خواص مس:

از مهم‌ترین خواص مس می‌توان به ضریب هدایت الکتریکی بالای مس اشاره کرد. مس پس از نقره، بهترین ضریب هدایت الکتریکی را دارد و به‌همین دلیل بیشترین مصرف مس در صنایع برق و الکترونیک است (شکل‌های ۴-۳ و ۵-۳).

شکل ۴-۳: کاربردهای مس در الکترونیک



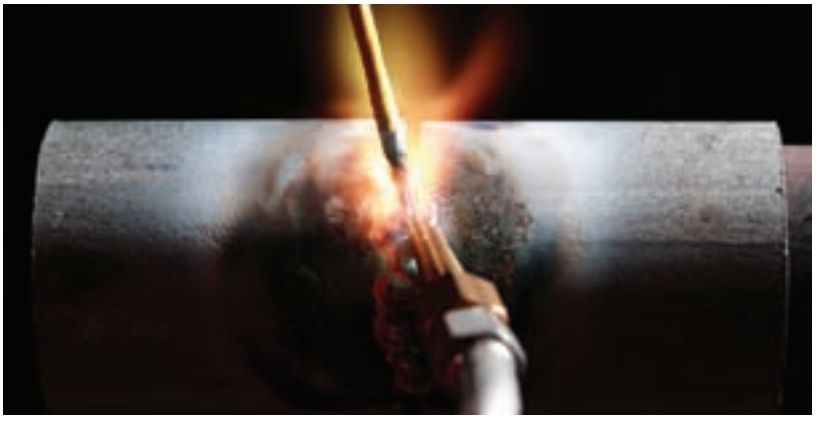
شکل ۵-۳

جالب اســت بدانید مس یکی از عناصر فلزی اســت که بیشــتر به‌صورت خالــص به‌کار می‌رود و آلیاژهــای آن تولید و مصرف کمتــری دارند. مس در حالت خالص ضریب هدایت الکتریکی بیشــتری نســبت بــه حالت آلیاژی آن دارد، هرچند حالت آلیاژی مس خواص مکانیکی بهتری از خود نشــان می‌دهد. در حال‌حاضــر ۶۰ درصد تجهیزات الکتریکی، از مس بــرای انتقال جریان در کاربردهای مختلف استفاده می‌کنند.

شکل۶-۳: یک دیگ بخار قدیمی که در تولید آن از مس و آلیاژهای آن به‌وفور استفاده شده است.

رابطــه تنگاتنگی میان ضریب هدایــت الکتریکی و ضریب هدایت حرارتی برقرار است و از این‌رو انتظار داریم همان‌طور که ضریب هدایت الکتریکی مس زیاد است، ضریب هدایت حرارتی آن هم زیاد باشد. علاوه‌براین مس مقاومت به خوردگی خوبی نیز دارد. این دو خاصیت باعث شده است تا از آن در تولید تجهیزات سرمایشی و گرمایشی به‌وفور استفاده شود (شکل ۶-۳).

قابلیت جوشــکاری مــس و آلیاژهای آن بســیار موردتوجه اســت، زیرا برای جوشکاری آلیاژهای مس با روش‌های مختلف هیچ‌گونه محدودیتی وجود ندارد. از آلیاژهای مس برای جوشــکاری مقاطع با ضخامت کم اســتفاده‌های وسیعی می‌شود. به دلیل ضریب هدایت حرارتی خوبی که دارند مانع از تمرکز حرارت در منطقه جوش و ذوب شــدن فلز پایه در این ناحیه می‌شــوند (شــکل ۷-۳).



شکل۷-۳ جوشکاری با برنج یا همان زردجوش

خواص ماشین‌کاری، شکل پذیری و ریخته‌گری مس و آلیاژهای آن فریتی است که اغلب در تولید انبوه و ســری‌کاری از آلیاژهای مس اســتفاده می‌شود. قابلیت

شکل پذیری و چکش‌خواری مس نیز بسیار مطلوب است، به طوری که قطعات تولید شـده از این عنصر به روش‌های آهنگری و کشـش عمیق را با هیچ عنصر دیگری نمی‌توان مقایسه کرد. به همین دلیل اغلب اتصالات، شیرها را با روش‌های گوناگون شکل‌دهی از مس و آلیاژهای آن بالاخص برنج تولید می‌کنند.

شکل ۸-۳

آلیاژهای مس:

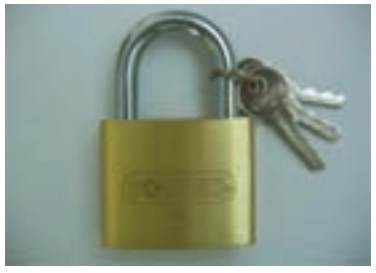
همان‌طور که انتظار می‌رود مس به‌صورت خالص استحکام کمی دارد در بهترین حالت مس کار شـده را می‌توان تا اسـتحکام ۳۵۷MPa مستحکم کرد که این اسـتحکام در اغلب کاربردهای مهندسـی، اسـتحکام کمی محسوب می‌شود و لازم اسـت با آلیاژسازی استحکام این فلز را افزایش داد. آلیاژهای مس به دلیل قیمت زیاد و کمیاب بودن آن‌ها و دلایل دیگری مثل جایگزین شـدن با فلزات و آلیاژهای دیگر که ارزانتر هسـتند. کمتر مـورد توجه‌اند ولی همچنان مس و آلیاژهای آن در مهندسی، بالاخص در مهندسی برق و مکانیک کاربردهای وسیع و غیر قابل انکاری دارند. از جمله مطرح‌ترین آلیاژهای مس می‌توان به برنج و برنز اشاره کرد که در زیر به اختصار به آن‌ها می‌پردازیم (شکل‌های ۸-۳ و ۹-۳).

شکل ۹-۳ لوله ها و شیرآلات تولیدی از آلیاژ مس

برنج‌ها:

آلیاژهای مس و روی را با نام برنج می‌شناسند. برنج به آلیاژهایی از مس اطلاق می‌شـود که حداکثر ۴٪ روی دارند بـا تغییر میزان روی خواص آلیاژ مس روی (برنج) هم تغییر می‌کند. برنج‌هایی که حاوی عناصر دیگری مثل قلع، آلومینیم، منگنز، سرب و دیگرعناصر آلیاژی پرکاربرد می‌توان به برنج قرمز، برنج زرد و برنج‌های زرد ویژه اشاره کرد (شکل ۱۰-۳).

برنج قرمز در کاربردهایی که شـکل‌پذیری زیـاد و مقاومت به خوردگی نیاز باشـد استفاده می‌شود. مثل لوله‌ها، و شـیرها و اتصالات. برنج‌های زرد به‌خوبی شـکل می‌پذیرند و اغلب از آن‌ها در تولید ورق‌ها، میله‌ها، سـیم و بالاخص در تولید پوکه فشنگ استفاده می‌کنند. با اضافه کردن سایر عناصر آلیاژی به برنج مثل قلع و آلومینیم می‌توان گروه برنج‌های ویژه را تولید کرد. مفرغ از جمله برنج‌های



شکل ۱۰-۳ چندوسیله ساخته شده از برنج

زرد ویژه اســت که با اضافه شــدن قلع به برنج تولید می‌شود. مفرغ فلزی است باستانی و قدمتی دیرینه دارد.

آیا می‌دانید

قلع ســختی مس را زیاد می‌کند و مقاومت به سایش آن را بیشتر از روی افزایش می‌دهد.

برنزها:

اصطلاح برنز در ابتدا برای تشــریح آلیاژهای مس قلع به‌کار گرفته شــده است ولی در حقیقت این اصطلاح برای هر آلیاژ مس (به اســتثنای مس – روی) که دارای حداکثر ۲۵ درصد از عناصر آلیاژی اصلی باشد اطلاق می‌شود. برنزها از نقطه نظر استحکام، مستحکم‌تر از برنج‌ها هستند. برنز قلع یکی از قدیمی‌ترین آلیاژهایی اســت که توسط انسان به کار گرفته شده است، امروزه استفاده از آن محدود شده است چرا که هم مس و هم قلع از قیمت زیادی برخوردار هستند و از این آلیاژها در کاربردهای خاصی استفاده می‌شود.

آلیاژهــای مــس ـ قلع همان‌طور که بیان شــد از آلیاژهای مــس ـ روی گرانتر هستند ولی بسیار مستحکم‌تر و مقاومت به خوردگی بالاتری هم دارند دو نوع از برنزهای مس ـ قلع که بسیار مورد توجه هستند، فسفر برنز و برنز سرب‌دار اســت این دو آلیاژ مصــرف زیادی در یاتاقان‌ها دارنــد و اغلب بوش‌ها از این آلیاژها تهیه می‌شوند (شکل‌های ۱۱–۳ و ۱۲–۳).

شکل ۱۱–۳ بوش برنزی

شکل ۱۲–۳ یاتاقان و بوش از جنس برنز

فسفر برنز برای یاتاقان‌هایی با بار کم بسیار کارآمد هستند و افزودن فسفر به این آلیاژ باعث ســیالیت ریخته‌گری این آلیاژها خواهد شد، به‌علاوه این عنصر بر خواص ماشــین‌کاری این آلیاژ هم اثرات مطلوبی دارد.برنزهای سرب عمدتاً برای یاتاقان‌ها و بوش‌هایی که تحت بار ســنگین هســتند استفاده می‌شود. تنها ضعف این آلیاژ در این اســت که هیچ‌گونه ظرفیت حرکتی نداشــته و در برابر انحراف محوری بسیار حساس هستند.

سایر فلزات غیر آهنی سنگین

روی Zn

مشخصات ظاهری : روی فلزی است به رنگ خاکستری روشن

ویژگی‌ها

روی شکننده است و در بین فلزات بیشترین قابلیت انبساط حرارتی را دارد. در مقابل خوردگی و در مجاورت هوا به‌خوبی مقاوم است ولی در مقابل اسیدها و نمک‌ها مقاومت کمی دارد.

کاربردها

از روی در گالوانیزه کردن، آب‌کاری تهیه برنج و مفرغ و ریخته‌گری تحت فشار استفاده می‌شود. ورق روی در ساختن قوطی، باتری‌های الکتریکی، پلاک نشانی به کار می‌رود. روی به عنوان پوشش در ورق‌های آج را رو بدون آج‌دار، مخازن زنجیرها، حصارکشی‌ها، لوله‌ها و پیچ‌ها به کار می‌رود. اکسید روی در ساختن سمنت دندان‌سازی، رنگ، کف‌سازی، کبریت، لوازم لاستیکی به کار می‌رود. در شکل‌های ۳-۱۳ تا ۳-۱۷ نمونه‌ای از کاربردهای سرب را ملاحظه می‌کنید.

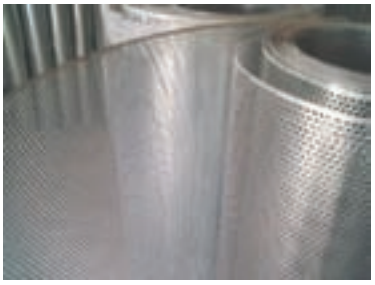
آیا می‌دانید

از آلیاژهای روی برای تهیه انواع یاتاقان چرخ دنده‌های حلزونی ساخت چرخ‌دنده‌ها قطعات موتورهای، ترازوها، بدنه کاری،دستگیره و قفل، تیغه و دسته برف پاک کن استفاده می شود.

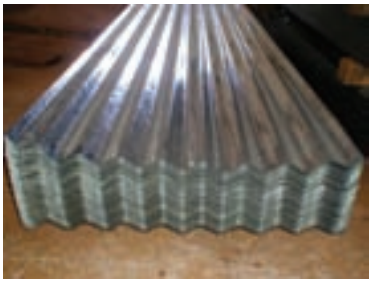
شکل ۳-۱۳

شکل ۳-۱۴

شکل ۳-۱۵



شکل ۳-۱۶



شکل ۳-۱۷

سرب Pb

آیا می‌دانید

به دلیل سمی بودن ترکیبات سربی، باید در هنگام کار دستورالعمل‌های بهداشتی را با نهایت دقت انجام داد.

آیا می‌دانید

در هنگام خم‌کاری لوله‌های سربی باید از فنر استفاده شود.

◄ **مشخصات ظاهری** : سرب فلزی است نرم و به رنگ خاکستری مایل به آبی است.

ویژگی‌ها

سرب در مقابل خوردگی و اسیدها مقاومت خوبی دارد. ترکیبات سرب بسیار سمی است. قابلیت چکش‌کاری و خم‌کاری خوبی دارد.

کاربردها

سرب در فولادهای خوش‌تراش به عنوان مواد روانکار عمل می‌کند و اصطکاک میان لبه برنده ابزار بوش و براده را کاهش می‌دهد و سطح صافی را ایجاد می‌کند. از ورقه‌های سربی به عنوان سپر تشعشعی استفاده می‌شود. در شکل‌های ۱۸-۳ تا ۲۰-۳ نمونه‌ای از کاربرد سرب را نمایش می‌دهد.

شکل ۱۸-۳

شکل ۱۹-۳

شکل ۲۰-۳

نیکل Ni

مشـــخصات ظاهری : نیکل رنگ سفید نقره‌ای براق دارد و فلزی است شکننده که از قابلیت پولیش خوبی برخوردار است.

شکل ۲۱-۳

ویژگی‌ها

نیـــکل در مقابل بیشـــتر اســـیدها به جز اســـیدنیتریک مقاوم اســـت. ریخته‌گری نیکل خالص دشوار است.

شکل ۲۲-۳

کاربردها

نیکل در برنج‌ها و مفرغ‌ها برای افزایش چقرمگی و استحکام کردن آلیاژها بـــه کار می‌رود. آلیاژهای نیکل در تهیه ســـیم‌های مقاومت الکتریکی و در ســـاخت حدیده‌هـــا، قالب‌ها،پروانه‌هـــای ریخته‌گری، پایه شـــیر و فنرهای مارپیچی به کار می‌رود (شکل‌های ۲۱-۳ تا ۲۴-۳).

شکل ۲۳-۳

شکل ۲۴-۳

آیا می‌دانید

مس و کروم دارای استحکام ضربه‌ای زیادی است و هدایت الکتریکی آن از مس بیشتر است.

شکل ۲۵-۳

شکل ۲۶-۳

کروم

◄ **مشخصات ظاهری** : کروم رنگ خاکستری مایل به سفید دارد و مقطع شکسته آن به رنگ نقره‌ای براق است.

ویژگی‌ها

در مقابل خوردگی مقاومت زیادی دارد.

کاربردها

از کروم برای آبکاری سطح قطعاتی که ساختی فوق‌العاده و مقاومت زیاد مورد نظر باشد، استفاده می‌شود. همچنین فلزاتی که سطح آن‌ها به خوبی پرداخت شده باشد با آبکاری روی سطحی بسیار صاف خواهند داشت. کروم در تهیه فولادهای ضد زنگ، آلیاژهای مقاوم حرارتی و تهیه مواد نسوز کاربرد وسیعی دارد (شکل‌های ۲۵-۳ تا ۲۶-۳).

شکل ۲۷-۳

ولفرام W

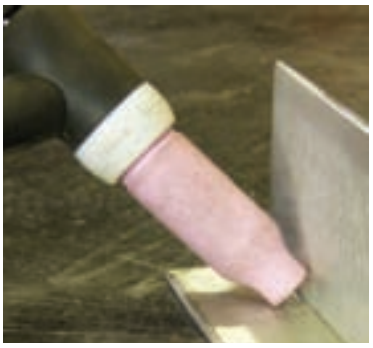
◄ **مشخصات ظاهری** : دارای رنگ خاکستری متمایل به سفید است.

ویژگی‌ها

بیشترین نقطه ذوب در بین فلزات متعلق به ولفرام است.

کاربردها

تهیه سیم‌های نازک برقی مانند فلمان لامپ‌ها به کار می‌رود. از ولفرام به عنوان الکترود غیر مصرفی جوش آرگون استفاده می‌شود. همچنین از ولفرام در تهیه فولادهای ابزارسازی است (شکل‌های ۲۷-۳ تا ۲۹-۳).



شکل ۲۷-۳

شکل ۲۸-۳

شکل ۲۹-۳

وانادیم V

◄ **مشخصات ظاهری** : وانادیم فلزی است سخت و شکننده و به رنگ خاکستری مایل به سفید که خاصیت مغناطیسی ندارد.

کاربردها

وجود مقدار کمی از وانادیم در فولادهای آلیاژی باعث افزایش استحکام کششی و سماجت زیاد می‌شود و در فولادهای ابزار سازی و فنر کاربرد فراوان دارد (شکل ۳۰-۳).

شکل ۳۰-۳

عنوان فلز غیر آهنی (سنگین)	مشخصات ظاهری	ویژگی و کاربرد
مولیبدن Mo	سفید نقره‌ای	خاصیت مغناطیسی ندارد و در تهیه فولادهای نجیب آلیاژی و الکترود لامپ‌های اشعه × کاربرد دارد.
کبالتCo	سفید مایل به قرمز تا سفید مایل به آبی	بسیار سمج است وتأثیر سخت‌کننده‌ای دارد. در فولادهای ابزارسازی تندبر و تولید آهن‌رباهای دائمی کاربرد دارد.
منگنز Mn	دارای رنگ سفید مایل به خاکستری	به عنوان فلز آلیاژی در فولادها و آلیاژها مس و آلیاژهای فلزی سبک کاربرد دارد.
جیوه Hg	دارای رنگ نقره‌ای براق و تنها فلزی است که در درجه حرارت محیط به صورت مایع است.	درساخت دماسنج‌ها، کلید جیوه‌ای کاربرد دارد. جیوه دارای بخارهای فوق‌العاده سمی است.
نقره Ag	دارای رنگ سفید است	نرم و بسیار انعطاف پذیر است. نقره خالص در بین کلیه فلزات از بالاترین قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی برخوردار است. نقره در وسایل الکتریکی، عکاسی، منعکس کننده‌ها کاربرد دارد.
پلاتین Pt	نقره ای مات	پلاتین فلزی است بسیار سنگین و در بین فلزات پایین‌ترین مقاومت الکتریکی را دارد. در مقابل اکسیداسیون اسیدها مقاوم است و در تهیه وسایل آزمایشگاهی سمی استفاده می‌شود. ازپلاتین به عنوان پوشش در الکتروژن الیاف شیشه‌ای مذاب و وسایل کنترل رطوبت استفاده می‌شود.

فلزات غیر آهنی سبک

فلزاتی که جرم مخصوص آن‌ها کمتر از $\frac{5kg}{dm^3}$ باشد فلزات سبک نامیده می‌شود. فلزات سبکی که بیشترین کاربرد را در صنعت دارند عبارت‌اند از:آلومینیم، منیزیم، بریلیم و تیتانیم.

در سالهای اخیر فلزات سبک وزن، کاربردهای زیادی در تمامی زمینه‌های مهندسی یافته‌اند. دلیل این امر همان‌طور که از نام این فلزات مشخص است، وزن کم آن‌ها در برابر فلزات سنگین مثل آهن است. امکان ماشین‌کاری آسان، شکل‌دهی به صورت سرد و گرم، جوشکاری، لحیم‌کاری، چسباندن، پرچ‌کاری و خم‌کاری ساده از جمله خواص مورد توجه به این فلزات است. فلزات سبک وزن، دارای سختی کمی هستند، لذا از به‌کارگیری آن‌ها در شرایطی که ضربه و یا صدمات سطحی حادث می‌شود، باید اجتناب کرد. باید از صدماتی مثل بریدگی، خراش به‌دلیل حساسیت به شکاف این فلزات جلوگیری شود. برای ماشین‌کاری این فلزات لازم است ضربه به صورت گسترده، یکنواخت و تدریجی بر قطعه وارد آید. از مهمترین فلزات سبک وزن می‌توان به منیزیم، برلیم، آلومینیم و تیتانیم اشاره کرد.

آلومینیم

آلومینیم از جمله فلزات سبک است که به دلیل قیمت نسبتاً ارزان و خواص ویژه‌اش بسیار مورد توجه است .تقریباً ۸ درصد از کل پوسته زمین را آلومینیم تشکیل می‌دهد که پس از اکسیژن و سیلیسیم فراوان‌ترین عنصر در پوسته زمین است (شکل ۳۱-۳. هر چند این عنصر به وفور در طبیعت یافته می‌شود ولی نمی‌توان آن‌را به‌صورت خالص پیدا کرد و اغلب به‌صورت ترکیب با سایر عناصر به ویژه اکسیژن وجود دارد. در واقع دانشمندان تا اواسط قرن هفدهم میلادی به‌وجود این عنصر فلزی پی نبرده بودند. البته سال‌ها بود که سولفات آلومینیم در تولید رنگ به کار می‌رفت.

کشف آلومینیم توسط محقق دانمارکی هانس کریستن اورسته صورت پذیرفته است، که توانست این عنصر را در مقیاس آزمایشگاهی و به مقدار کم تولید کند. دو سال پس از او، همکارش، وهلر آلمانی توانست به همان روش آلومینیم را به مقدار کافی تولید کند. او در مورد خواص این فلز تحقیقات گسترده‌ای انجام داد.

آلومینیم در آن سال‌ها از ارزش زیادی برخوردار شد، به طوری که از طلا و نقره با ارزش‌تر گردید و کار به‌جایی رسید که پادشاه فرانسه دستور داد تا تعدادی ظروف تزئینی از آلومینیوم را برای او بسازند. بعد از آن تحقیق توانستند با روش الکترولیز آلومینیوم را از کانی آن استخراج کنند.

تحقیق کنید

چند کاربرد را برای فلزات سبک که می‌شناسید نام ببرید.

.....

.....

.....

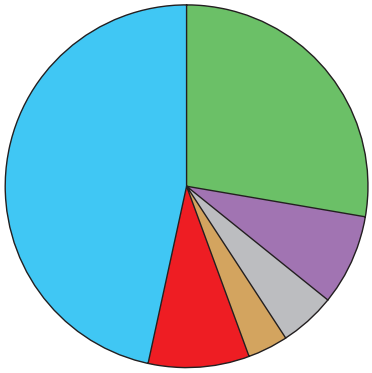
.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۳۱-۳

در این روش که در شـــکل ۳۲-۳ آن‌را مشـــاهده می‌کنید، در یک الکترود آلومینیم مذاب و در الکترود دیگر کربن‌دیوکســـید تولید می‌شود. الکترودی که آلومینیم درآن تولید می‌شود همان بدنه ظرف است. آلومینیم تولید شده کم‌کم در کف ظرف جمع‌شده و از سوراخ کنار ظرف خارج می‌شود. و از هر ۲تن کانی آلومینیم، نیم‌تن آلومینیم اســـتخراج می‌شـــود.آلومینیم تا اواسط دهه ۵۰ میلادی پس از مس، پرمصرف‌ترین تولید در بین فلزات ســـبک بوده است و در سالهای بعـــد پس از فولاد بالاترین میزان تولید در جهان داشـــته اســـت قیمت آلومینیم همان‌طور که بیان شد، در ابتدا بسیار گزاف بوده است ولی هم اکنون قیمت آن از عناصر مشابه مثل مس کمتر است. به طوری که در اغلب موارد این کم بودن قیمت باعث می‌شود که آلومینیم به‌جای مس به‌کار گرفته شود.

هم اکنون یکی از مهمترین منابع تولید آلومینیم، بازیافت اشیاء تولید شده از این فلز است، بازیافت این فلز از آن جهت حایز اهمیت است که انرژی مصرفی بـــرای تولید آلومینیم از این روش، فقـــط ۵ درصد انرژی لازم برای تولید آن از کانی این فلز اســـت. جالب است بدانید که یکی از مهمترین منابع بازیافت این فلز قوطی‌های خالی نوشیدنی‌هاست (شکل ۳۳-۲).

شکل ۳۳-۳

خواص آلومینیم

همان‌طور که بیان شـــد، آلومینیم فلزی است، بسیار سبک و چگالی آلومینیم در حدود یک ســـوم فولاد اســـت. کم بودن وزن این فلز مزایای زیادی دربر دارد. حمل و نقل راحت‌تر و سریعتر، صرفه‌جویی حمل‌ونقل از جمله این مزایاست. ولی آن‌چه در این میان از اهمیت بیشـــتری برخوردار است، استحکام آلیاژهای این فلز است.

هر چند آلومینیم به صورت خالص از اســـتحکام چندانی برخوردار نیســـت (در حـــدود ۱۱mpa) ولی برخی از آلیاژهای این عنصر فلزی از لحاظ اســـتحکام بـــا فولادهـــای معمولی برابری می‌کننـــد. این خاصیت باعث می‌شـــود تا اغلب تولیدکنندگان هر جا که بتوانند از آلومینیم به جای فولادهای با اســـتحکام کم تا متوسط استفاده کنند.خاصیت جالب در آلومینیم این است که، آلومینیم استحکام خود را در درجه حرارت‌های پایین به‌خوبی حفظ می‌کند، این در حالی اســـت

کــه اغلب آلیاژهای فلزی دیگر در اثر کم شــدن درجه حــرارت محیط، دچار شکنندگی و کم شدن در استحکام می‌شوند.

خواص گفته شده بالا باعث می‌شود تا آلومینیم را بتوان در صنایع حساس مثل هــوا فضا به‌کار گرفت. طراحان هواپیماها به مــوادی نیاز دارند که امکان تولید اســکلت‌های ســبک وزن با هزینه‌های معقول که با دوام مورد نظر و در دمای محیــط و کمتــر از آن بتوانند مقاومت کنند را فراهم ســازد، از این رو آلومینیم گزینه مناســبی اســت. کاربرد این فلز در هواپیماهای نظامی و تجاری بســیار زیاد اســت، به طوری که در یک هواپیمای مسافربری پهن پیکر ۷۰٪ قطعات و تجهیزات از این فلز و آلیاژهای آن ساخته می‌شوند (شکل‌های ۳۴-۳ و ۳۵-۳).

در زمینه صنعت خودروســازی و همزمان با افزایش روز افزون قیمت سوخت، لزوم توجه به کم کردن وزن در تولید خودروها بیش از پیش احساس می‌شود. وضعیــت آب و هوایی کره زمین نیز که اغلب به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای توســط وسایل نقلیه دچار اختلال شده است، نیز به اهمیت این موضوع افزوده اســت. جایگزین کردن قطعات چدنی و فولادی با آلیاژهای آلومینیمی موجب کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی وزن خودرو می‌شــود. استفاده از صفحات آلومینیمی در بدنه خودروها علاوه بر کم‌کردن وزن، باعث می‌شــود که تولید این قطعات (به دلیل فرم پذیری خوب آلومینیم) آسان‌تر شود. ضمن آن‌که ظاهری خوبی هم داشته باشد. آلومینیم میل ترکیبی شدیدی با اکسیژن دارد، از این رو ممکن است فکر کنید که این فلز به ســرعت اکســید شده و غیر قابل مصرف می‌شود. ولی، ســطح آلومینیم به محض قرار گرفتن در معرض اکسیژن هوا، لایه‌ای چسبنده و مقاوم از اکسید آلومینیم بر سطح خود تشکیل می‌دهد. این لایه اکسیدی مانع از رسیدن اکسیژن و یا هر ماده خورنده دیگری به قسمت‌های زیرین لایه اکسیدی شده و بدین ترتیب از خوردگی آلومینیم جلوگیری می‌شود. اگر این لایه به هر دلیلی (فرسایش یا خراشیدگی) پاک شود، بار دیگر به سرعت تشکیل می‌شود.

شکل ۳۴-۳

شکل ۳۵-۳

استفاده از آلومینیم در صنعت خودروسازی

↓

کاهش وزن خودرو

↓

مصرف کمتر سوخت

شکل ۳۶-۳

وجود این لایه‌ها را از ایجاد لایه‌های محافظتی دیگر بر سطح این فلز و تحمیل هزینه‌های بیشتر بی‌نیاز می‌سازد.

شکل ۳-۳۷ قابلیت بالای شکل‌پذیری آلومینیوم موجب شده است که محصولات به صورت یک‌پارچه ساخته شوند.

آلومینیم خواص شکل‌پذیری بسیار خوبی، هم به صورت سرد و هم به صورت گرم دارد (شکل ۳-۳۷). این قابلیت به دلیل، کشسانی بسیار خوبی آلومینیم است. خواص گفته شده یعنی مقاومت به خوردگی، شکل‌پذیری خوب به همراه غیر سمی بودن این فلز امکان تولید فویل‌ها با ضخامت بسیار کم از آلومینیم برای مصارف بسته‌بندی را فراهم کرده است (شکل ۳-۳۸). این فویل‌ها علاوه بر استفاده برای بسته‌بندی خوراکی گزینه مناسبی برای تولید ظروف نوشیدنی‌ها هستند و ضخامت آن‌ها از یک صدم تا چند دهم میلی‌متر قابل تغییر است.

شکل ۳-۳۸

از دیگر خواص آلومینیم هدایت الکتریکی بسیار خوب آن است، در حقیقت آلومینیم پس از نقره، مس و طلا، بیشترین ضریب هدایت الکتریکی را دارد. فلزات نقره و طلا به دلیل گران‌قیمت بودن اغلب در مصارف تجاری بجز در موارد خاص استفاده نمی‌شوند و این مس و آلومینیم هستند که در مصارف تجاری بدین منظور در تجهیزات الکتریکی و برق استفاده می‌شوند. خاصیت هدایت الکتریکی آلومینیم در حدود نصف مس است ولی اغلب از فلز آلومینیم در تجهیزات انتقال قدرت استفاده می‌شود زیرا آلومینیم وزنی در حدود یک‌سوم مس دارد و این وزن کم، استفاده از تجهیزات جانبی کمتری را سبب می‌شود.

شکل ۳-۳۹

تحقیق کنید

ممکن اســت تصور کنید، اســتفاده از کابل‌های آلومینیمی به دلیل ضریب کم هدایت الکتریکی آن نسبت به مس، مقــرون به صرفه نیســت دوقطعه هم طــول و هم وزن از دو عنصر مذکور برای انتقــال جریان الکتریکی در نظر بگیرید، از آن‌جا که آلومینیم ســبک‌تر از مس اســت، لذا سطح مقطع ان به طور مثال سیم آلومینیمی بیشتر خواهد شــد و لذا توان عبور جریان بیشــتری از خود را خواهد داشت، لذا استفاده از سیم آلومینیمی مزیتی را هم موجب می‌شود. آیا می‌توانید با روابط ریاضی و اندکی از فیزیک دلیل آن‌را بگویید؟

آلومینیم خاصیت جالب دیگری هم دارد و آن ضریب بالای هدایت حرارت آن اســت در نتیجه کاربرد این عنصر در تولید تجهیزات انتقال حرارت اهمیت خاصی برخوردار اســت. به همین دلیل اســت که از آلومینیم در تولید ظروف خانگی و تزئینی استفاده می‌شود. از این فلز در تولید رادیاتورهای سرمایشی و گرمایشــی هم استفاده می‌شــود که البته با توجه به شکل‌پذیری خوب آلومینیم، رادیاتورهای تولیدی از این جنس، شــکیل‌تر و با دوام‌تر هســتند (شــکل‌های ۴۰-۳ و ۴۱-۳).

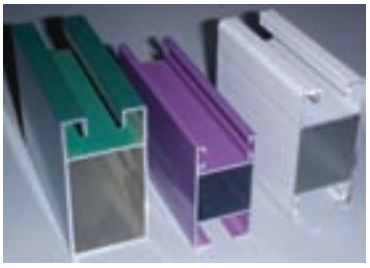
شکل ۴۰-۳

شکل ۴۱-۳

آلیاژهای آلومینیم

در فصول قبل شــرح داده شــد که فلزات به صورت خالص، فاقد استحکام کافی هســتند. آلومینیم نیز از این قاعده مستثنی نیست و همان‌طور که بیان شد، اســتحکام آن در حالت خالص بســیار کم اســت. ولی با اضافه کردن برخی از عناصــر فلــزی مثل مس، روی و منگنز به این عنصر می‌توان اســتحکام آن‌را تا ۵۵Mpa افزایــش داد. به ایــن ترتیب آلیاژهای تولیدی این فلز توانســته‌اند در ساخت و ساز مهندســی کاربردهای وسیعی داشته باشند. در سال‌های نخستین که آلومینیم توسط شرکت‌های خاصی به صورت آلیاژ تولید می‌شد، هر شرکت ســازنده آن‌را بــا نامی کــه خود مبدع آن بــود، کدگذاری می‌کــرد و هیچ‌گونه

کدگذاری بین‌المللی وجود نداشـــت. با گذشت زمان اهمیت وجود یک شماره گذاری واحد آشکار شـــد و بعدها کدگذاری AA برای آلومینیم و آلیاژهای آن به عنوان مرجع پذیرفته شد.

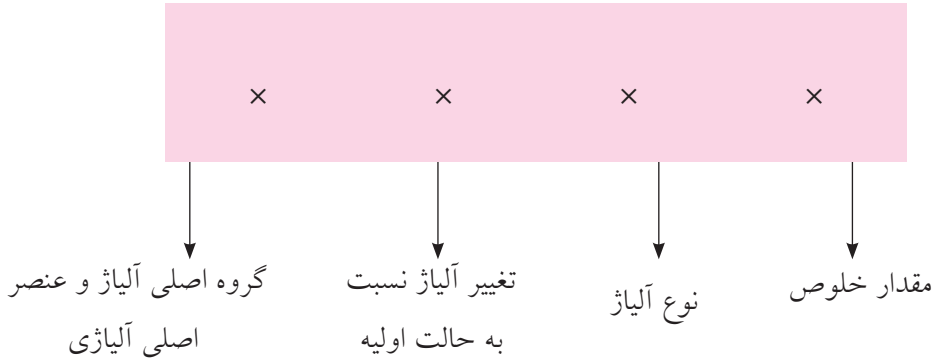


بـــه طور کلی آلومینیم و آلیاژهای آن بـــا دو روش ریختگی و کار مکانیکی تولید می‌شـــوند. آلیاژهای کار شـــده آلومینیم اغلب به روش‌هـــای مکانیکی به شـــکل مورد نظر در می‌آیند، (روش‌های مثل اکستروژن، نورد سرد و گرم و...) و آلیاژهای ریختگی که از نامشـــان مشـــخص است، قابلیت ریخته‌گری دارند و توســـط روش‌های ریخته‌گری به شـــکل دلخواه در می‌آیند. هر کدام از این دو گـــروه از آلیاژهای آلومینیم دارای کدگذاری خاصی هســـتند. در هر دو روش، ایـــن کد گذاری‌هـــا، از چهار عدد و یـــک حرف که نشـــان‌دهنده نوع عملیات سخت‌کاری است، بر روی آلیاژ حک می‌شود، استفاده می‌شود. برای مثال عدد 2024-O نشـــان می‌دهد که این آلیاژ از نوع کار شـــده دارای ترکیب آلیاژی از آلومینیم اســـت که حاوی عنصر اصلی آلیاژی مس است و عملیات سخت‌کاری O بر روی آن انجام شـــده اســـت. حروف مربوط به سخت‌کاری می‌تواند یکی از حروف (F,O,H,T) باشـــد که هر کدام مفهوم خاصی دارند برای مثال حرف F نشـــان می‌دهد که آلیاژ همان‌طور که تولید شـــده عرضه شده و هیچ عملیات خاصی روی آن صورت نگرفته اســـت.در ادامه به بررســـی آلیاژهای کار شده و ریخته‌گری به تفکیک می‌پردازیم.

آلیاژهای کارشده آلومینیم

این آلیاژها با توجه به عناصر آلیاژی که در ســـاختار خود دارند به هشـــت گروه طبقه‌بندی می‌شـــوند، در هر گروه مشـــخصات کامل آلیاژ به‌وسیله چهار عدد از هم تفکیک می‌شوند، رقم اول سمت چپ نشان‌دهنده گروه اصلی آلیاژ و عنصر اصلی آلیاژی به‌کار رفته در آن اســـت، دومین رقم تغییر آلیاژ نســـبت به حالت اولیه و پیشـــرفت‌هایی است که در ترکیب و در نتیجه خواص آلیاژ رخ می‌دهد، و به این مفهوم اســـت که آلیاژ فاقد تغییر بوده و به همان صورتی که ابداع شده

استفاده می‌شـــود. سومین و چهارمین رقم مقدارخلوص و یا نوع آلیاژ را معلوم می‌کند. در ادامه به شرح گروه‌ها می‌پردازیم. البته شایان ذکر است مطالبی که در ادامه به آنها اشاره می‌شود بسیار خلاصه و مختصر بوده و برای اطلاعات بیشتر نیاز به مطالعه مراجع است.



جدول ۱-۳ گروه اصلی آلیاژ و عناصر اصلی در آلیاژهای آلومینیم

عناصر آلیاژی	نماد
آلومینیم خالص تجاری با خلوص ۹۹٪	۱××××
آلومینیم + مس	۲××××
آلومینیم + منگنز	۳××××
آلومینیم + سیلیسیم	۴××××
آلومینیم + منیزیم	۵××××
آلومینیم + منیزیم+ سیلیسیم	۶××××
آلومینیم + روی	۷××××
آلومینیم + دیگر عناصر	۸××××

آلیاژهای گروه ۱۰۰۰ (کد گذاری ۱×××)

این آلیاژها دارای خلوص ۹۹ درصدی آلومینیم بوده و به اصطلاح به آن‌ها آلومینیم خالص تجاری می‌گویند. این گروه از آلیاژها دارای مقاومت به خوردگی زیاد و فرم‌پذیری بالایی هستند. در تولید فویل‌های بسته‌بندی، تجهیزات حمل و نقل مواد شیمیایی و تجهیزات الکتریکی کاربرد فراوانی دارند (شکل ۴۲-۳).

شکل ۴۲-۳

آلیاژهای گروه ۲۰۰۰ (کد گذاری ۲×××)

این گروه آلیاژی دارای عنصرمس در ترکیب خود هستند و دارای استحکام بالا و مقاومت به خوردگی هستند. از جمله کاربردهای آن‌ها در بدنه هواپیما و بدنه محل حمل بار در کامیون‌هاست (شکل ۴۳-۳).

شکل ۴۳-۳

آلیاژهای گروه ۳۰۰۰ (کد گذاری ۳×××)

منگنز عنصر آلیاژی اساسی در این گروه از آلیاژهای آلومینیم است. اضافه شدن این عنصر به آلومینیم مقاومت به خوردگی و استحکام را در این آلیاژها بالا می‌برد. از این سری ازآلیاژهای آلومینیم برای تولید ظروف آشپزخانه قوطی‌های مواد نوشیدنی و تجهیزات سرمایش و گرمایش استفاده می‌شود (شکل ۴۴-۳).

شکل ۴۴-۳

آلیاژهای گروه ۴۰۰۰ (کدگذاری ۴×××)

در این گروه از آلیاژها با اضافه کردن سیلسیم به آلومینیم دمای ذوب آن را کم کرده و امکان سیلان فلز را در فرایندهای شکل‌دهی مثل افزایش می‌دهند. این آلیاژها در صنایع خودروسازی و تولید سازه‌های فلزی کاربرد دارند (شکل ۴۵-۳).

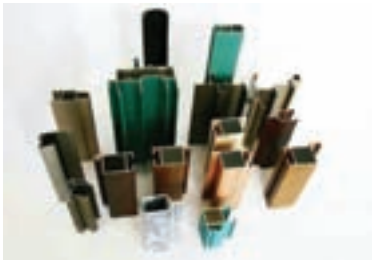
آلیاژهای گروه ۵۰۰۰ (کدگذاری ۵×××)

با افزودن منیزیم به آلومینیم آلیاژهایی تولید می‌شود که مقاومت زیادی نسبت به خوردگی دارند، بالاخص در برابر آب شور دریا مقاومت عالی دارند. به همین دلیل است که این سری از آلیاژهای آلومینیم را با نام آلیاژهای دریایی آلومینیم می‌شناسند.

شکل ۴۵-۳

آلیاژهای گروه ۶۰۰۰ (کدگذاری ۶×××)

در این آلیاژها برای دست یافتن به خواص واسطه‌ای میان استحکام سیلان فلزی مناسب و مقاومت به خوردگی از عناصر آلیاژی سیلیسیم و منیزیم در این گروه از آلیاژها استفاده می‌شود. از این گروه از آلیاژهای آلومینیم برای تولید مقاطع اکستروژن شده برای مصارف ساختمانی استفاده می‌شود چراکه استحکام این آلیاژها با فولاد قابل رقابت است (شکل ۴۶-۳).



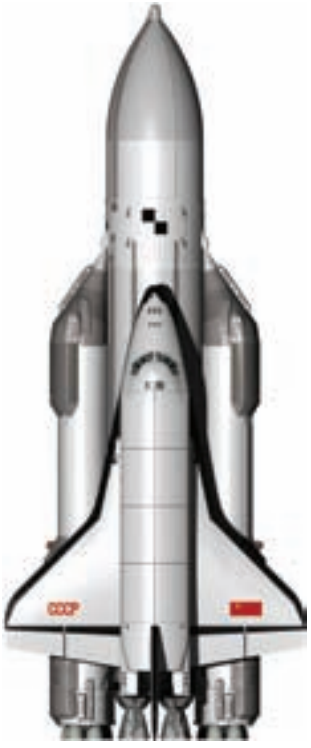
شکل ۴۶-۳

آلیاژهای گروه ۷۰۰۰ (کد گذاری ۷×××)

این آلیاژها از اهمیت خاصی در صنایع هوافضا برخوردار است. با افزودن اندکی روی به آلومینیم استحکام آلیاژ به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. به‌طوری که استحکام این آلیاژها در حدود ۵۰۰ MPa خواهد بود. این آلیاژها قابلیت جوشکاری ندارند و به صورت مکانیکی مثل پرچ‌کاری امکان کاربرد دارند (شکل ۴۷-۳).

شکل ۴۷-۳ پرچکاری بال هواپیما

گروه هشتم از آلیاژهای کار شده آلومینیم گروهی است، بسیار تخصصی که اغلب در کاربردهای خارج جو از آن‌ها استفاده می‌شود. این آلیاژها دارای استحکام فوق‌العاده زیادی هستند. و برای بالا رفتن استحکام آن‌ها از دیگر عناصر برای تولید آلیاژ استفاده می‌کند (شکل ۴۸-۳).



شکل ۴۸-۳ شاتل

آلیاژهای ریختگی آلومینیم:

تولید قطعات به روش‌های مختلف ریخته‌گری یکی از مهمترین روش‌های تولید است. آلومینیم امکان ریخته‌گری به روش‌های ثقلی در قالب‌های ماسه‌ای و فلزی و همین‌طور قالب‌گیری در قالب‌های تحت فشار را داراست. این قابلیت‌ها به ما امکان می‌دهد که قطعات با کیفیت بالا را از آن تولید کرد. آلیاژهای ریختگی آلومینیم حاوی سیلیسیم (۵-۱۵٪) زیادی در ترکیب آلیاژی خود هستند تا این امکان را به آلیاژ بدهند که به خوبی در قالب سیلان کرده و تمامی حفره‌های آن را به خوبی پر کند. باید توجه داشت اضافه کردن سیلیسیم زیاد، آلیاژ تولید شده را شکننده می‌کند.

کدگذاری آلیاژهای آلومینیم همانند آلیاژهای کار شده به صورت عددی انجام می‌شود، با این تفاوت که یک نقطه میان عدد سوم و چهارم آن قرار می‌گیرد. اولین عدد سمت چپ نشان‌دهنده عنصر آلیاژی غالب، رقم دوم و سوم نشان دهنده نوع آلیاژ و عدد بعد از نقطه نشان دهنده نوع تولید است که

می‌تواند ۰ (صفر) به مفهوم حالت ریخته‌گری شـده و یک برای حالت شـمش باشد. برای مثال آلیاژ 0.204، آلیاژی از آلومینیم که حاوی مس در ترکیب خود اسـت و به صورت ریخته‌گری تهیه می‌شـود. جدول زیـر کدگذاری و عناصر آلیاژی غالب را در آلیاژهای ریختگی آلومینیم را نشان می‌دهد.

جدول آلیاژهای ریخته‌گری آلومینیم

آلومینیم با خلوص ۹۹٪ و بالاتر	۱××.×
مس	۲××.×
سیلیسیم با مس یا منیزیم یا هر دو	۳××.×
سیلیسیم	۴××.×
منیزیم	۵××.×
روی	۷××.×
قلع	۸××.×
سایر عناصر	۹××.×
گروه‌های استفاده نشده	۶××.×

شکل ۴۹-۳ کاربردهای آلیاژهای آلومینیم

نکته

آلومینیم دارای خواص جالب توجهی است، که شاید پیر سختی از جالب‌ترین آن‌ها باشد. در طی پیر سختی که یکی از عملیات‌های سخت‌کاری آلومینیم اسـت، آلیاژهای آلومینیم در دمای محیط و با گذشـت زمان که می‌تواند از چند سـاعت تا چند ماه به طول بینجامد، دچار افزایش در استحکام خواهد شد. درست به همین دلیل است، که پرچ‌های بدنه هواپیما را از آلیاژهای پیر سخت‌شونده آلومینیم می‌سازند.

شکل ۵۰-۳

شکل ۵۱-۳

تیتانیم

تیتانیم فلز نسبتاً جدیدی است که به خانواده فلزات مهندسی سبک وزن اضافه شده است نیاز صنایع هوایی به مواد جدید دارای خصوصیاتی همچون استحکام بالا در مقابل ضربه، وزن سبک و دمای ذوب بالا عامل اصلی استفاده از تیتانیم و آلیاژهای آن شد. دمای ذوب این فلز که در حدود 1700^0C است، توانایی‌های خاصی به این فلز در دماهای بالا می‌دهد. هم اکنون این فلز به دلیل مقاومت به خوردگی بالایی که دارد در صنایع شیمیایی و مهندسی پزشکی هم بکار گرفته می‌شود (شکل‌های ۵۲-۳ و ۵۳-۳).

شکل ۵۲-۳

شکل ۵۳-۳

خواص تیتانیم

تیتانیم دارای استحکام بالایی نسبت و در دماهای بسیار بالا این مقاومت را به خوبی حفظ می‌کند. درست به همین دلیل است که این عنصر به شدت مورد توجه صنایع هوافضاست. این آلیاژ در حدود ۳۵-۲۵٪ وزن موتورهای جدید هواپیماها را تشکیل می‌دهد. به‌کارگیری تیتانیم در بدنه و اسکلت هواپیما و سفینه‌های فضایی نیز به همین دلیل به شدت مورد توجه است. برای مثال در ساخت یک هواپیمای جنگنده با وزنی در حدود ۷۰۰۰ کیلوگرم از این فلز استفاده می‌شود که ۳۴٪ وزن آن‌را تشکیل می‌دهد. مخزن سوخت موشک‌ها نیز از همین عنصر تهیه می‌شود. تیتانیم فلز بسیار فعالی است و مانند آلومینیم یک لایه اکسید بسیار چسبنده در سطح خود تولید می‌کند، که باعث می‌شود در محیط‌های خورنده مقاومت بسیار خوبی از خود نشان دهد. این فلز در محیط‌هایی که شرایط بسیار سخت حاکم است از نقطه نظر خوردگی در مقایسه با مس و فولادهای زنگ نزن مقاومت بسیار بیشتری دارد. از همین روست که از آن در صنایع شیمیایی و مهندسی عمومی استفاده‌های وسیعی می‌شود. از جمله کاربردهای جدید این فلز در پزشکی است. تیتانیم و آلیاژهای آن در مقایسه با فولاد زنگ‌نزن مقاومت بسیار خوبی از خود در برابر مایعات بدن نشان می‌دهد. این فلز به دلیل بی اثر بودنش با بافت بدن سازگاری زیادی دارد و دفع نمی‌شود. از این رو اغلب اعضا و پروتزهای خارجی از این فلز ساخته می‌شوند.

از کاربردهای پزشکی تیتانیم پروتزهای دندانی است، که شامل یک قطعه تیتانیمی که به صورت پیچ در داخل استخوان فک جاسازی می‌شود و یک دندان از جنس نوعی سرامیک خاص است به آن پیچ می‌شود (شکل ۵۴-۳). علاوه برکاربردهایی که بیان شده در ماشین‌کاری از اهمیت خاصی برخوردار است. تیتانیم به صورت تیتانیم کارباید و تیتانیم نیتراید به منظور افزایش مقاومت به سایش ابزارهای برشی برای افزایش عمر ابزارها، بر روی آن‌ها پوشش می‌شوند. تیتانیم نیتراید همان پوشش طلایی رنگی است که بر روی اغلب ابزارهای برش مشاهده می‌کنید.

عنصر اصلی در تشکیل رنگ سفید در صنایع رنگ، اکسید تیتانیم است که همان ماده خام و اولیه برای تولید و استحصال این عنصر محسوب می‌شود. ماده اصلی سفید رنگی که در کاغذهای تحریر به به چشم می‌خورد و رنگ‌های سفیدی که برای دیوار مورد استفاده قرار می‌گیرد اکسید تیتانیم است.

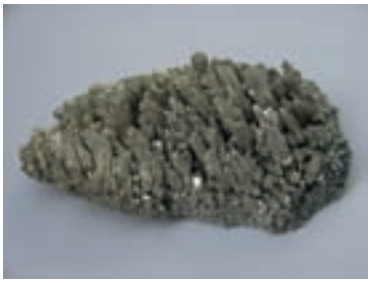
شکل ۵۴-۳: کاشت دندان مصنوعی روی لثه

شکل ۵۵-۳ ابزارهای روکش شده با تیتانیم

سایر فلزات غیر آهنی سبک

منیزیم Mg

◄ **مشـــخصات ظاهری:** منیزیم فلزی است نرم، به رنگ سفید نقره‌ای که از سبک‌ترین فلزات است.



شکل ۳-۵۶

ویژگی‌ها

در مقابل اکسیدشـــدن و خوردگی مقاومت کمی دارد و استحکام آن نیز کم اســـت. منیزیم به صورت پودر و براده و در حالت مذاب، به سرعت می‌سوزد و ذوب و ریخته‌گری مذاب منیزیم و آلیاژها کربن باید تماس مذاب را با اکســـیژن قطع کرد. منیزیم در هنگام سوختن نور زیادی تولید می‌کند.

شکل ۳-۵۷

کاربردها

از منیزیـــم به عنوان یک ماده گوگردگیر و جاذب اکســـیژن در ریخته‌گری فلزات اســـتفاده می‌شود. همچنین در ساخت وســـایل آتش‌سازی به خاطر ســـوختن ســـریع و تولید نور زیاد کاربرد دارد. آلیاژهای منیزیم دارای وزن سبک است و براده برداری از آن بهتر از فلزات دیگر است.

◄ **توجـــه:** برای براده برداری از آلیاژهای منیزیم دار، از مایع خنک کننده غیر از آب مانند روغن مته و روغن چغندر اســـتفاده شـــود چون براده‌های ظریف این آلیاژ به راحتی آتش می‌گیرند.

بریلیم Be

◄ **مشخصات ظاهری:** بریلیم فلزی است سخت و شکننده به رنگ سفید نقره‌ای

شکل ۳-۵۸

ویژگی‌ها

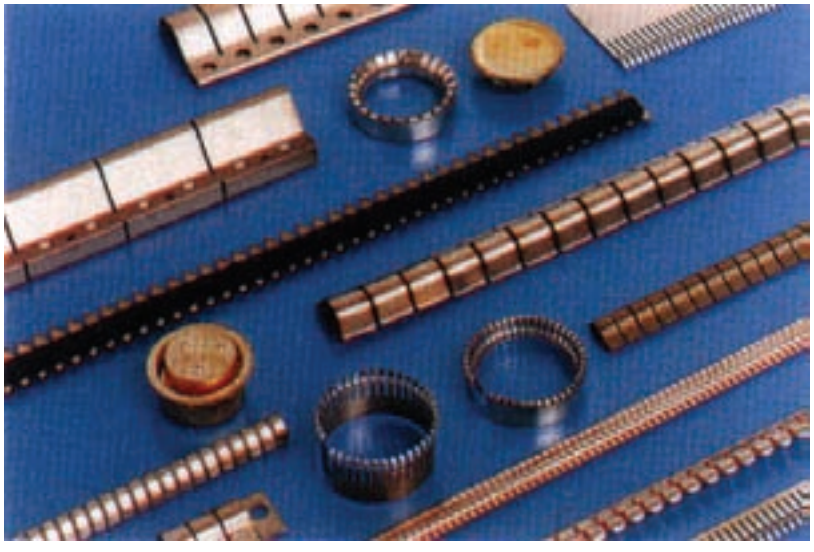
قابلیت حرارتی فوق‌العاده زیاد و دارای قابلیت الکتریکی خوب است.

شکل ۳-۵۹

کاربردها

کاربرد عمده بریلیم در سخت کردن مس و نیکل در مفرغ‌های بریلیم است. بریلیم کاربرد وسیعی درصنایع نظامی الکترونیکی و اتمی دارد. مانند ساخت مخروط دماغه موشک، شمع، موتور هواپیما، بوته‌های ذوب آلیاژهای مس به همراه برلیم در یاتاقان لوکوموتیو، فنر، ابزارهای ضد جرقه و قالب‌های پلاستیک کاربرد دارند. آلیاژهای بریلیم – نیکل برای ساخت فنرها به دلیل دوام بالا در مقابل پیچش مورد توجه است.

شکل ۳-۶۰



شکل ۳-۶۱

ارزشیابی پایانی

۱. مهمترین فلزات سبک که در صنعت کاربرد دارند کدام‌ها هستند؟

۲. مهمترین خاصیتی که فلزات سبک دارند چیست؟ در مورد آن توضیح دهید.

۳. دلیل مقاومت به خوردگی در آلومینیم چیست؟

۴. از مهمترین خواص آلومینیم به چند عدد اشاره کنید و کاربردهای مرتبط با آن‌ها را بیان دارید.

۵. مفهوم آلیاژ کارشده و آلیاژ ریختگی چیست؟

۶. مفهوم هر یک از کد گذاری‌های زیر را بیان کنید.

2074-O 7075-T6 606-H S0S2-F

۷. از مهمترین خواص مس که آن‌را از دیگر فلزات متمایز کرده را نام ببرید و کاربرد هر کدام را بگویید.

۸. مهمترین آلیاژهای مس کدام‌ها هستند و در تولید آن‌ها چه عناصر آلیاژی به‌کار رفته است؟ از کاربردهای هر آلیاژ مس مثالهایی بیاورید.

۹. روکش‌های ابزارهای برش اغلب از چه ترکیب شیمیایی هستند؟

تحقیق کنید

پرسش:

۱. شکل زیر نشان دهنده کاربرد مس در تولید رادیاتورها در خودروهاست کدام خاصیت مس باعث شده است تا این عنصر در این کاربرد به‌کار گرفته شود؟

۲. شاتون‌ها در خودروها وظیفه انتقال حرکت و نیرو را از پیستون به میل‌لنگ به عهده دارند. در تصویر زیر شاتون مشاهده می‌شود که در انتهای آن بوش برنزی در داخل آن جا زده شده است. فکر می‌کنید چرا از این آلیاژ در این ناحیه استفاده شده است؟ دلیل وجود شیارهای ضربدری درون این بوش را تحقیق کنید.

۳. پروانه قایق‌ها و کشتی‌های کوچک را اغلب از جنس آلیاژهای مس تولید می‌کند فکر می‌کنید چرا از این آلیاژها در این کاربردها استفاده می‌شود؟

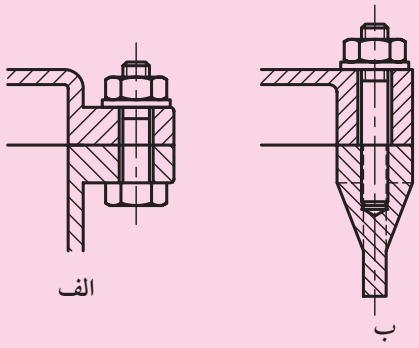
۴. هنر مسگری از هنرهای قدیمی ایرانیان است و دیگ‌ها و قابلمه‌های مسی را کمتر کسی است، که ندیده باشد. فکر می‌کنید چرا از مس در زمان‌های قدیم به وفور برای ساخت این وسایل منزل استفاده می‌شده؟ سفید کردن ظروف مسی از مهمترین مراحل در تولید این ظروف است، می‌دانید چرا لازم است، این ظروف را سفیدگری کرد؟

۵. اغلب شیرآلات منازل از برنج و آلیاژهای آن تولید می‌شوند، چرا این آلیاژها تا به این حد در این کاربردها به‌کار گرفته می‌شوند؟

۶. اسبک قطعه‌ای در موتور خودرو است که حرکات میله بادامک را به سوپاپ منتقل می‌کند. این وسیله از آلومینیم ساخته می‌شود و سری از جنس تنگستن کارباید دارد. توضیح دهید این طراحی به کدام دلیل است؟ در مورد روش تولید این قطعه تحقیق کنید.

۷. قابلمه‌های آلومینیمی در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه بوده‌اند و کاربردهای زیادی یافته‌اند. با توجه به سئوال ۴ بیان کنید که چرا این نوع از وسایل منزل جای وسایل مسی را گرفته‌اند؟

۸. در طراحـی اتصـالات پیچی برای آلیاژهای آلومینیم ترجیح می‌دهیم از طرح (ب) به جای طرح (الف) اسـتفاده کنیم، دلیل آن چیست؟



۹. در لامپ‌های معمولی از یک رشته سیم تنگستنی برای تبدیل جریان الکتریکی به نور مرئی استفاده می‌شود. فکر می‌کنید چرا از این عنصر بدین‌منظور استفاده می‌شود؟اگر در داخل این لامپ‌ها هوا وجود داشته باشد، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۱۰. پلاتین فلزی است گرانبها، از این فلز به عنوان کاتالیست، در انباره خودروها استفاده می‌شود. با توجه به شکل زیر نحوه عمل‌کرد این عنصر به عنوان کاتالیست را بیان کنید.

۱۱. اغلب برای فلزات مثل مس و فولاد روکش‌هایی از جنس نیکل، کروم و دیگر فلزات با روش الکتروشـیمیایی ایجاد می‌کنند. این پوشـش‌ها علاوه بر ایجاد ظاهری دلچسب برای وسیله خواص دیگری هم در آن ایجاد می‌کند، مهمترین دلایل استفاده از این روکش‌ها را بیان کنید.

تحقیق کنید

۱۲. چرا در ماشین‌کاری آلومینیم، برعکس فولادها به‌ندرت از مایع خنک کننده استفاده می‌شود؟

۱۳. مزایای به‌کارگیری آلومینیم در قوطی‌های اسپری و قوطی‌های نوشیدنی‌ها را بیان کنید.

۱۴. تحقیق کنید در تولید بدنه سازه‌های فضایی از کدام سری از آلیاژهای آلومینیم استفاده می‌شود؟

۱۵. براده‌های حاصل از ماشین‌کاری برنج به چه صورت است، علت این نوع براده را با توجه به خواص مکانیکی این آلیاژ بیان کنید.

۱۶. تحقیق کنید پوکه فشنگ به چه روشی تولید می‌شود.

۱۷. چرا در تراشـــکاری آلیاژهای تیتانیم با ســـرعت براده برداری بالا، بدون ماده خنک کننده احتمال ایجاد جرقه در محل تماس قطعه و ابزار وجود دارد؟

۱۸. برای ماشین‌کاری یک قطعه از جنس سوپر آلیاژها کدام ابزار مناسب است و چرا؟

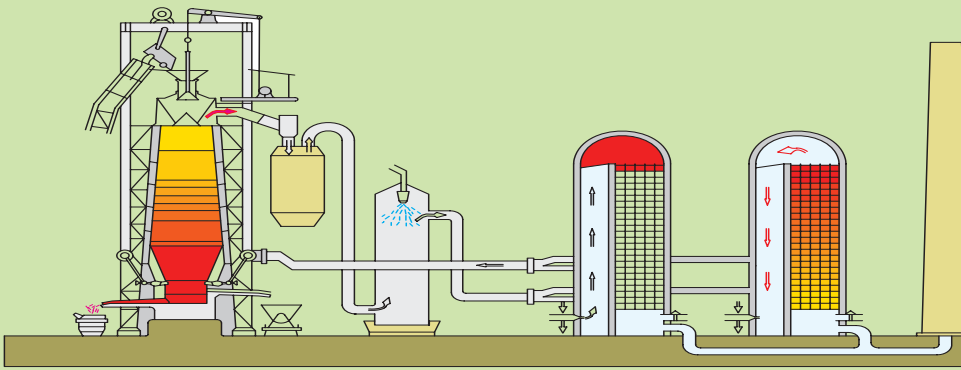
الف) ابزارهای فولاد تندبر ب) ابزارهای تنگستن کارباید ج) ابزارهای سرامیکی

فصل چهارم: مواد غیرفلزی

اهداف رفتاری

پس از آموزش این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:

- سرامیک را تعریف کند.
- انواع سرامیک‌ها را نام ببرد.
- خصوصیات انواع سرامیک‌ها را شرح دهد.
- خصوصیات شیشه را شرح دهد.
- پلاستیک را تعریف کند.
- انواع پلاستیک‌ها را نام ببرد.
- خصوصیات پلاستیک‌ها را شرح دهد.
- ترموپلاست را شرح دهد.
- کابرد ترموپلاست را شرح دهد.
- ترموست‌ها را شرح دهد.
- کابرد ترموست را بیان کند.
- الاستومر را شرح دهد.
- کاربردهای الاستومر را بیان کند.



مواد غیر فلزی

شکل ۱-۴

سرامیک‌ها:

مقدمه

سرامیک‌ها موادی هستند که هرسه نوع پیوند کووالانسی، یونی و گاهی اوقات پیوندهـای فلزی را دارنـد. این مواد ترکیبی از فلزات و غیرفلزات هسـتند که اغلب از اکسـیدها، نیترات‌ها و کاربیدها تشکیل شـده‌اند. از آن جمله می‌توان به گرانیت و الماس اشـاره کرد، در کل می‌توان گفت سـرامیک‌ها مواد جامد مصنوعی هستند که جزو فلزات و پلاستیک‌ها نیستند واژه سرامیک از یک واژه یونانی به مفهوم کوزه سفالی گرفته شده است، از این رو آشکار است که کاربرد سـرامیک‌ها دارای قدمت طولانی اسـت. امروزه طیف وسیعی از مواد را به این نام می‌شناسند که چندان به خاک رس پخته شده که آن را سفال می‌نامند ربطی ندارند، سـرامیک‌ها موادی بسیار سـخت و ترد هستند که از مواد معدنی تولید شـده مقاومت به حرارت بسیار زیادی دارند. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان سرامیک‌ها را به:

- **سرامیک‌ها با مصارف عمومی**
- **سرامیک‌های مهندسی**
- **شیشه‌ها.**

تقسیم‌بندی کرد.

خواص سرامیک‌ها:

شکل ۲-۴

شـاید اولین خاصیتی که شما از سرامیک‌ها به خاطر دارید، شکسته شدن ظرف شیشـه‌ای یا چینی اسـت، که بارها تکرار شده است دلیل شکنندگی، نوع پیوند میان اتم‌های تشکیل دهند سرامیک است، حالت کووالانسی، یونی دارد و اتم‌ها را به سـختی در کنار هم قرار داده اسـت. این در حالی است که سرامیک‌ها در دماهای بالا مانند یک سـیال روان می‌شـوند. در این شرایط می‌توان آن‌ها را به خوبی شکل داد و به شکل دلخواه در آورد (شکل ۲-۴).

سـرامیک‌ها در دمای بالا اسـتحکام خود را حفظ کـرده و به همین دلیل در صنعت کاربردهای زیادی را دارند در مقابل سرامیک‌ها از استحکام کششی بسیار

کمی برخوردارند و شکننده و به ضربه و ترک حساس هستند.

سختی بالای این مواد باعث شده تا استفاده از سرامیک‌ها در تولید ابزارهای برش و مواد ساینده افزایش یابد. ابزارهای سرامیکی هم‌اکنون در صنعت به منظور برش فلزاتی که استحکام بالایی دارند کاربردهای وسیعی پیدا کرده و بسیار مورد توجه است (شکل ۳-۴).

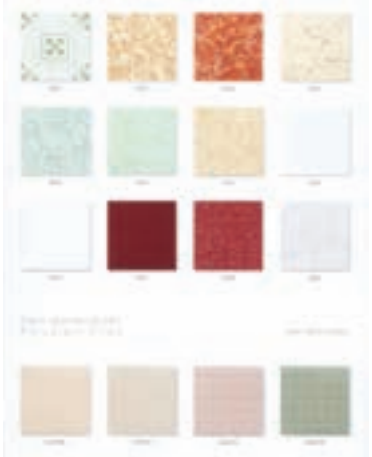
شکل ۳-۴ ابزار برش تولید شده از سرامیک برای ترانسکاری فلزات با سختی بسیار زیاد استفاده می‌شود.

پایداری شیمیایی و حرارتی این مواد و مقاومت فشاری خوب آن‌ها در دماهای زیاد، موجب شده تا از سرامیک‌ها در تولید پوششهای مقاوم به حرارت نیز استفاده شود. هم‌اکنون تولید سرامیک‌هایی با دمای سیلان $3900^{0}C$ که خواص مکانیکی خوبی از خود در این دما نشان می‌دهند، به عنوان مواد نسوز در صنعت استفاده می‌شود.

سرامیک با مصارف عمومی

این گروه از سرامیک‌ها را همه می‌شناسیم و کاربرد زیادی در وسایل خانگی و ساختمان سازی دارند. کاشی‌ها، سرامیک‌های ساختمانی و حتی سنگ‌ها (که سرامیک‌های طبیعی هستند)برای تزئین وساخت ساختمان‌ها به کار می‌روند این مواد به دلیل مقاومت به سایش، زیبایی و پایداری در شرایط محیطی بسیار مورد توجه هستند. سهولت در تولید این سرامیک‌ها به دلیل وجود خاک رس (که اساسی‌ترین قسمت آن‌هاست) تولید آن‌ها را مقرون به صرفه کرده است. خاک رس به وفور در طبیعت یافت می‌شود نیاز به تخلیص هم نداشته و به راحتی قابل استخراج است. چینی هم که به عنوان ماده اصلی در تولید ظروف آشپزخانه مورد توجه است از جمله همین سرامیک‌هاست (شکل‌های ۴-۴ تا ۶-۴).

شکل ۴-۴ به‌کار گیری سرامیک در وسایل حرارتی



شکل ۵-۴ کاربرد سرامیک در تزئینات ساختمانی

شکل ۶-۴

سیمان‌ها جزء خانواده سرامیک‌ها هستند که از استحکام فشاری خوبی برخوردارند.

ولی سایرخواص مکانیکی سیمان‌ها چندان مطلوب نیست، بالاخص در برابر خمش و کشش بسیار ضعیف بوده و چنان‌چه ضربه به آن‌ها وارد آید به آسانی می‌شکنند. لذا به منظور حل این مشکل در تولید بتن که ترکیبی خاص شامل سیمان است، آن‌را به اصطلاح سطح می‌کنند یعنی به کمک میلگردهای فولادی آج‌دار که در میان لایه‌های بتن قرار می‌گیرد، استحکام کششی آن‌را افزایش می‌دهند.

در خانواده سیمان‌ها، سیمان پرتلند از اهمیت خاصی برخوردار است و در حجم وسیع تولید می‌شوند. برای تولید این سیمان آهک و خاک رسی خاصی را در آسیاب‌های بزرگ ریخته که علاوه بر خرد شدن مواد، واکنش شیمیایی هم رخ می‌دهد با هم مخلوط کرده و آسیاب می‌کنند (شکل ۷-۴).

شکل۷-۴ کارخانه تولید سیمان

سرامیک‌های مهندسی

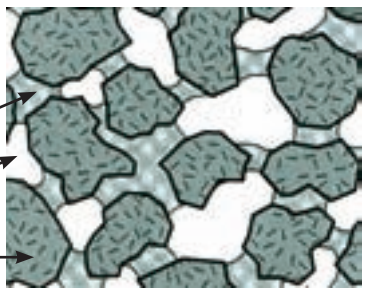
مواد نسوز از جنس سرامیک اغلب به صورت بلوک یا همان آجر نسوز در صنعت ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. از کاربردهای این گونه نسوزها می‌توان به عایق‌کاری دیواره کوره‌های پخت آجر، کوره تولید فلزات و تولید شیشه‌ها و کوره‌های عملیات حرارتی اشاره کرد (شکل ۸-۴).

شکل۸-۴ دیواره کوره از جنس سرامیک

ترکیب شیمیایی نسوزها، تعیین کننده میزان حرارتی است که توسط این مواد تحمل می‌شود، اندازه به‌کارگرفته شده هم حایز اهمیت است زیرا اندازه تخلخل‌ها را در آجر تولیدی مشخص می‌کند. از سرامیک‌ها برای برش، سنگ‌زنی و پرداخت مواد نرم‌تر استفاده می‌شود (شکل ۹-۴). بنابراین اولین خاصیتی که از این مواد در براده‌برداری از قطعات انتظار داریم مقاومت به سایش است. البته از سوی دیگر لازم است، از سختی کافی برخوردار باشند تا بتوانند در ماده در حال برش نفوذ کنند. از سوی دیگر حرارت بسیار زیاد تولید شده حین فرایند برش توسط ابزار برش را تحمل کنند و ابزار مذکور مقاومت به حرارت مناسبی هم داشته باشند که تمامی این خواص در سرامیک‌ها موجود است.

شکل۹-۴

الماس چه به صورت طبیعی و یا مصنوعی، به عنوان ماده‌ای ساینده جزء خانواده سرامیک‌ها شناخته می‌شود. با این وجود الماس‌ها بسیار گران‌قیمت بوده و کاربردهای خاصی دارند. از جمله دیگر سرامیک‌ها که در صنعت به عنوان مواد ساینده و ابزارهای برشی مطرح است اکسید آلومینیم است. در صنعت از مواد ساینده در اشکال مختلف استفاده می‌شود که می‌توان به صورت چسبیده به یکدیگر، یا حالت پوشش تنها باشد. در حالت اول مانند سنگ‌های سنگ‌زنی بلورهای سرامیک به کمک چسب‌ها و رزین‌های خاص به یکدیگر چسبانیده می‌شوند تا یک دیسک یا همان سنگ، سنگ زنی را تشکیل دهند. فضای تو خالی ایجاد شده میان ذرات باعث می‌شود تا سنگ به راحتی توسط هوا و مایع خنک‌کننده، خنک‌شده و عملیات براده‌برداری به سهولت رخ دهد (شکل ۱۰-۴).



شکل۱۰-۴

در حالت دوم مواد به صورت پوشش بر روی ورق‌های ضخیم به عنوان کاغذ سنباده مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای کاربردهای سبک مثل براده برداری از روی چوب، پلاستیک و پرداخت فلزات استفاده می‌شوند (شکل ۱۱-۴).

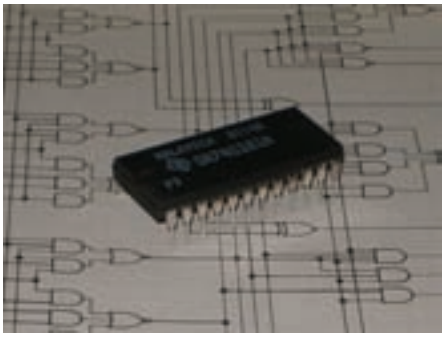
شکل ۱۱-۴

از کاربردهای دیگر مهندسی سرامیک‌ها می‌توان به نیمه هادی‌ها اشاره کرد.

این مواد در صنعت الکترونیک کاربردهای فراوانی دارند. در فلزات الکترون‌ها به صورتی به اتم‌ها متصل‌اند که به راحتی قادر هستند میان اتم‌ها حرکت کرده و جریان الکتریکی را از خود عبور دهند این خاصیت همان‌رسانش است. ولی مواد نارسانا به شدت الکترون‌های خود را مقید می‌سازند و اجازه رد و بدل شدن آن‌ها را میان اتم‌ها نمی‌دهند، به همین دلیل هیچ گونه جریانی میان این مواد وجود ندارد. در حالی که نیمه‌رساناها خواص میان این دو گروه از مواد را دارند. این عناصر در دمای صفر مطلق خواص نارسانایی داشته ولی چنان‌چه دما بالا رود به اتم‌ها انرژی کافی برسد، رسانش در آن‌ها رخ خواهد داد. این دما اغلب در دمای محیط است و این مواد در این دما رسانا هستند.

شکل ۱۲-۴

شکل ۱۳-۴



شکل ۱۴-۴

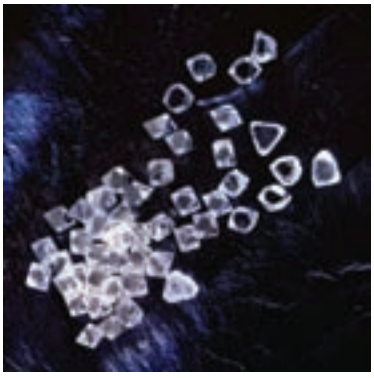
درجه خلوص عناصری که در نیمه‌رساناها به‌کار گرفته می‌شوند در میزان رسانش آن‌ها بسیار مهم است، این موضوع تا آن‌جا اهمیت می‌یابد که گاهی برای گریز از اثرات گرانشی که مواد در حال تخلیص را متأثر می‌سازد، برای تخلیص این مواد آن‌ها را از جو زمین خارج ساخته و در آن‌جا فرایند استحصال را انجام می‌دهند.

نکته

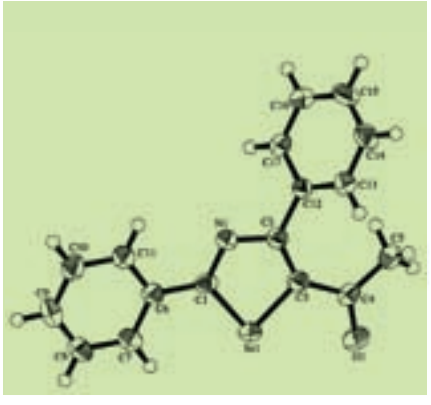
در میان ابزارهای برشی، الماس از بیشترین سختی برخوردار است. دلیل این استحکام وجود پیوندهای کووالانسی قوی میان اتم‌های این ماده است، در حقیقت الماس ساختاری کاملاً متشکل از اتم‌های کربن دارد. در سال ۱۹۵۰ الماس مصنوعی از گرافیت در فشاری بالغ بر ۱۰۰۰ MPa و دمای ۳۰۰۰ ^{0}C تولید شد. ماده تولید شده اصلاً شفاف نبوده و تیره است و از آن برای تولید ابزارهای برش و مواد پرداخت کننده استفاده می‌شود.

شیشه‌ها

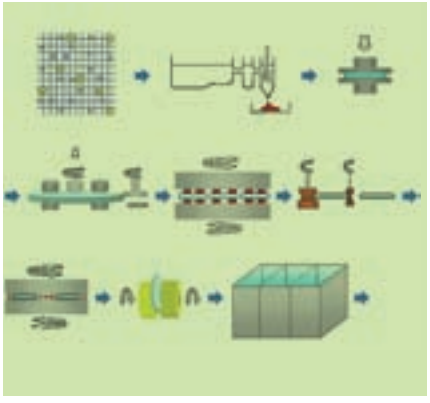
شیشه‌ها را از پنجره‌ها و بطری‌ها به‌خاطر می‌آوریم. ممکن است تجربه شکسته شدن لیوان شیشه‌ای را در اثر شوک حرارتی ناشی از آب جوش را داشته باشید. قدمت شیشه به حدود ۷۰۰۰ سال پیش باز می‌گردد، در آن دوران شیشه را از ذوب کردن سنگ سودا و شن ساحل می‌ساختند. در حدود ۳۰۰ سال پیش از



شکل ۱۵-۴ الماس صنعتی به صورت بلورهای ریز



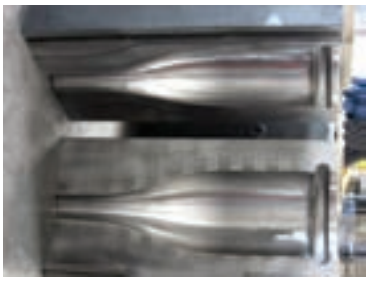
شکل ۱۶-۴ ساختار الماس



شکل ۱۷-۴

میلاد اولین پنجره شیشه‌ای با ریختن مذاب شیشه بر روی یک تخته سنگ تولید شده است.

امروزه شیشه با همان اصول قبلی تولید می‌شود بدین ترتیب، از ترکیب شن ساحل که ماده اصلی آن Sio_2 است و نمک‌ها با حرارت دادن تا $1720^0 C$ ترکیب بـه حالت روان در می‌آید و با مذاب آن شیشـه تولید می‌کنند (شـکل ۱۸-۴).



شکل ۱۷-۴

شیشـه‌ها را می‌توان به راحتی بازیافت کرد. مواد خام تا دمای زیادی گرم شده سپس از میان غلتک عبور داده می‌شود تا تفتال‌های شیشه‌ای تولید شوند. برای تولید بطری‌های شیشه‌ای از روش دمش استفاده می‌شود. فشار هوا شیشه را آن‌قدر منبسط می‌کند تا با فشرده شدن آن به بدنه داخلی قالب شکل داخل قالب را بخود بگیرد. قالب، در اثر گردش آب به سرعت سرد شده و شکل قالب را به خود می‌گیرد.

شکل ۱۸-۴

ضریب انبساط حرارتی شیشه بسیار بالاست و این در حالی است که ضریب انتقال حرارت آن پایین اسـت. لذا از آن می‌توان به خوبی درکاربردهای خانگی اسـتفاده کرد. یکی از انواع شیشـه، پیرکس است در این نوع خاص از شیشه با اضافه شـدن اکسیدبور به شیشه معمولی انبساط حرارتی آن پایین آمده و مقاوم به شکست در اثر شوک حرارتی می‌شود. از همین روست که این نوع از شیشه کاربردهای وسـیعی در وسایل آشپزخانه و لابراتوارها دارد و مقاومت زیادی به خوردگی و مواد شـیمیایی از خود نشان می‌دهد. در شکل‌های ۱۸-۴ تا ۲۳-۴ نمونه‌هایی از کاربردهای شیشه را نشان می‌دهند.

شکل ۱۹-۴

شکل ۲۰-۴ نمونه‌ای از کاربردهای شیشه

شکل ۲۱-۴

شکل ۲۲-۴ کاربردهای خانگی شیشه

شکل ۲۳-۴

پلاستیک‌ها

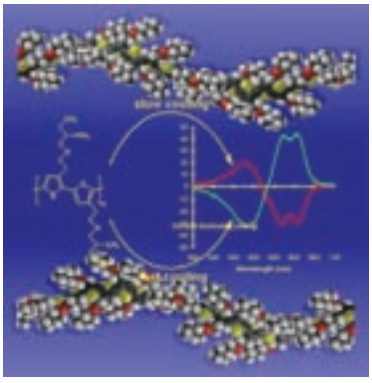
مقدمه

پلاســتیک‌ها اغلب به‌دلیل خواص منحصر به‌فردی که دارند مورد توجه هستند. نایلون که از مهمترین الیاف ســاخته دست بشر است، بعد از جنگ جهانی اول کشف شد ولی تا اوایل دهه ۴۰ که در جوراب به کار گرفته شد، کاربرد عمومی نداشــت. پلی‌اتیلن نیز به عنوان یکی از مواد پلاســتیکی مهم در چند دهه اخیر کشــف شده اســت و اســتفاده از آن برای تولید انواع پاکت‌های پلاستیکی در صنعت بسته‌بندی استفاده شده است. به طور مثال به خودرویی که در آن سوار می‌شوید به مواد به کار رفته در ساخت قطعات آن دقت کنید که چند درصد آن از پلاستیک تولید شده است.

پلاستیک‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- **ترموپلاست‌ها**
- **ترموست‌ها**
- **الاستومرها**

پلاستیک‌ها از منابعی مانند گیاهان، نفت خام و ضایعات حیوانی استحصال می‌شــوند. پلاستیک‌ها از نقطه نظر ساختاری از دســته پلیمرها هستند. پلیمرها مولکول‌هــای بزرگــی از مواد آلی هســتند که پایــه کربنی داشــته و از اتصال مولکول‌هــای کوچــک (مونومر) به یکدیگر ایجاد می‌شــوند (شــکل ۲۴-۴). اصطــلاح آلــی همان‌گونه که از نــام آن برمی‌آید بدان مفهوم اســت که ماده از موجودی زنده و یا موجوداتی که زمانی زنده بوده‌اند تولید می‌شــوند. این ماده آلی می‌تواند از اجزای یک گیاه و یا نفت که خود منشأ جانوری دارد، باشد. در مجموع عنصر کربن در تمامی مواد آلی وجود داشــته و در ترکیب با عناصری همچون هیدروژن، نیتروژن و کلر و فلوئور مواد آلی تولید می‌شود.



شکل ۲۴-۴ شکل پلیمر

خواص پلاستیک‌ها

با نگاهی کوتاه به اطراف خود، به مناظر طبیعی شهرها، روستاها، حاشیه جاده‌ها و رودخانه‌ها درخواهید یافت که زباله‌های پلاستیکی که نشانه بی‌توجهی ما در حفظ محیط زیست اطرافمان است، چه مناظر نامطبوعی ایجاد کرده‌اند. خوب است بدانید زمان لازم برای تجزیه طبیعی این مواد بسیار طولانی‌تر از مواد فلزی است و پایداری آن‌ها در محیط بسیار زیاد است (شکل ۲۵-۴).

شکل ۲۵-۴ شرایط نامطلوب محیط ناشی از انباشته شدن زباله‌های پلاستیکی.

با این وجود این مضرات، خواص ویژه‌ای از پلاستیک‌ها وجود دارد، که مصرف آن‌ها را بسیار مورد توجه قرار داده است و این خواص عبارت‌اند از:

۱. این مواد مقاومت زیادی نسبت به خوردگی در محیط و یا محیط‌های خورنده دارند (شکل ۲۶-۴).

شکل ۲۶-۴ گالن‌های پلاستیکی نگهدارنده اسید

۲. این مواد دارای چگالی کمتر از آب هستند و اغلب بر روی آب شناورند.

۳. این مواد هر چند تغییر شکل‌های زیادی را تحمل می‌کنند ولی استحکام کمتر از فلزات دارند ولی به‌خاطر وزن کمی که دارند نسبت استحکام به وزن آن‌ها قابل توجه است.

۴. اغلب مواد ترموپلاست مقاومت کمی نسبت به دمای بالای 100^0C دارند و در دماهایی نه‌چندان زیاد سیالیت خوبی از خود نشان می‌دهند استحکام آن‌ها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۵. پلاستیک‌ها بسیار شفاف هستند و امکان تولید در رنگ‌های مختلف را دارند. و عده‌ای خاص از آن‌ها را می‌توان آب‌کاری کرد.

ترموپلاست‌ها

شکل ۲۷-۴

این گروه از پلاستیک‌ها در اثر اعمال حرارت تغییر شکل می‌دهند، با اعمال نیرو تغییر شکل مورد نظر را می‌گیرند و با سرد شدن شکل جدید خود را حفظ می‌کنند. ۹۰٪ پلاستیک‌ها در حال حاضر از این گروه مواد هستند. این گروه از پلاستیک‌ها به راحتی قابلیت بازیافت دارند و استفاده مجدد از آن‌ها بدون آن‌که خواص آن‌ها تغییر کند، امکان‌پذیر است. از مهمترین پلاستیک‌های این گروه می‌توان به پلی‌اتیلن اشاره کرد. تولید این ماده به دلیل فرایند تولید نه‌چندان پیچیده در اغلب مصارف مورد توجه است. تولید لوله از این ماده هم اکنون رایج شده است (شکل ۲۷-۴)، چرا که وزن کمتر و عمر بیشتری دارند. مزیت این نوع لوله‌ها نسبت به لوله‌هایی که از پلیمرهای دیگر ساخته می‌شوند مقاومت در برابر شکسته نشدن در مقابل زلزله و فشارهای زیاد است. این ماده با چگالی زیاد (HDPE) و چگالی کم (LDPE) تولید می‌شود (شکل ۲۸-۴).

شکل ۲۸-۴ پمپ از جنس PE

پلی‌پروپیلن که شباهت زیادی به پلی اتیلن دارد، دارای وزن مخصوص کم است و مقاومت به خوردگی زیادی از خود نشان می‌دهد. این پلیمر نسبت به محیط‌های اکسنده و نور ماوراء بنفش بسیار حساس بوده و تجزیه می‌شود ولی در برابر اسیدها و بازها مقاومت زیادی دارد. رنگ این ماده، سفید شیری و رنگ خود را به‌خوبی حفظ می‌کند. برای تولید لوازم و تجهیزات مواد شیمیایی و آزمایشگاهی اغلب از این ماده استفاده می‌کند (شکل ۲۹-۴).

شکل ۲۹-۴

PVC نیز با کاربردهای وسیع در صنعت از همین خانواده است. از این ماده برای تولید لوله، دست‌کش و پنجره‌ها استفاده می‌شود. این ماده مقاومت زیادی به آب و مواد شیمیایی دارد ولی مقاومت چندانی به حرارت ندارد، از خاصیت‌های مهم این ماده امکان تولید آن به روش‌های گوناگون است. آکریلیک که برای تولید شیشه‌های پلاستیکی از آن استفاده می‌شود از گروه ترموپلاست‌هاست. این ماده در ابتدا برای تولید شیشه‌های هواپیما استفاده شد. شفافیت بسیار خوب و مقاومت به حرارت و ضربه عالی از ویژگی‌ها آن است (شکل ۳۰-۴).

شکل ۳۰-۴

ترموست‌ها

در حین فرایند قالب‌گیری ترموپلاســت‌ها، مواد تشــکیل دهنده دچار واکنش شیمیایی شده و نیروهای قوی بین مولکولی مواد آن تشکیل می‌شود. این نیروها که از جنس نیروهای پیوندی کووالانســی اســت، از نیروهــای واندروالس در مولکول‌های ترموپلاستیک‌ها بسیار قوی‌تر است. این پیوند باعث می‌شود جسم تشکیل شده از این مواد دارای یک ساختار جامد بسیار قوی شود و بسیار پایدار باشد. از مهمترین ترموست‌ها می‌توان فتول‌فرمالدهید که با نام تجاری باکالایت شــناخته می‌شود نام برد. این پلیمر بسیار سخت، شکننده ولی مقاوم به حرارت و جریان الکتریکی است و در صنایع برق و الکترونیک کاربرد وسیعی دارد. این ماده در ساخت و تولید کلیدها و پریزهای برق مصرف زیاد دارد. شکل:

شکل ۳۱-۴

نکته

ترموست‌ها بر خلاف ترموپلاست‌ها قابلیت بازیافت ندارند.

شکل ۳۲-۴ مقاومت حرارتی و الکتریکی بالای باکالایت‌ها از عوامل استفاده آن‌ها در تجهیزات برقی است.

شکل ۳۳-۴

ملامین فرمالدهید هم که از دیگر پلیمرهای این گروه اســت، مقاومت حرارت زیــادی داشــته و به‌دلیل مقاومت در برابر آب در تولیــد ظروف خانگی کاربرد دارد (شکل ۳۳-۴).

الاستومرها

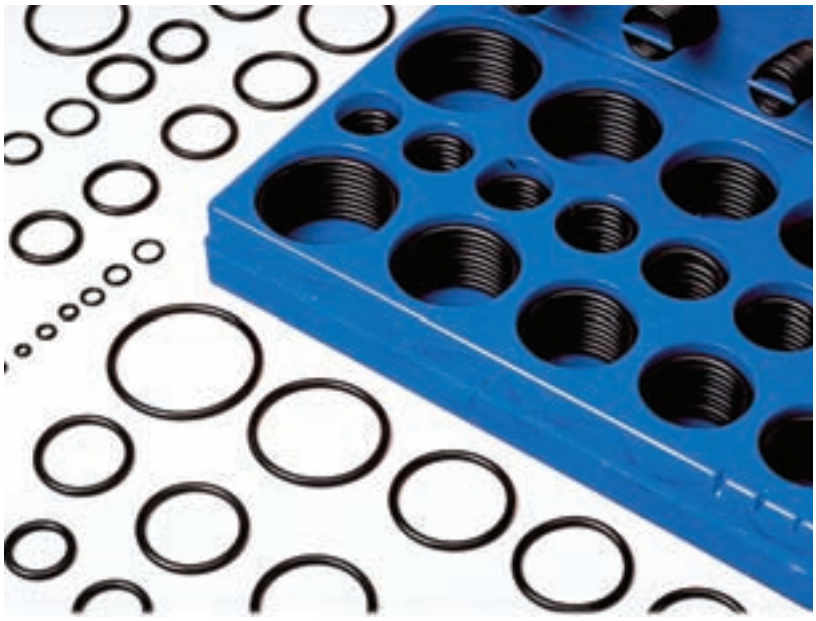
شکل ۴-۳۴

کریستوف کلمب و همراهانش اولین کسانی بودند که لاستیک طبیعی را در آمریکای جنوبی جایی که ساکنان آن توپ‌های پلاستیکی برای بازی می‌ساختند، کشف کردند.

لاستیک طبیعی دارای ساختار زنجیره‌ای بسیار بلند و پیچیده است ولی لاستیک‌های مصنوعی دارای ساختارهای بسیار کوتاه هستند از همین روست که این ماده می‌تواند تا چند برابر طول خود کش بیاید و نیروهای بسیار زیادی را هم تحمل کند و با برداشتن نیروی اولیه از روی این مواد آن شکل اولیه خود را حفظ کند.

کاربردهای مهم الاستومرها در صنعت برای ساخت دو نوع لاستیک طبیعی (NR) و NBR است. لاستیک NR در کاربردهای صنعتی، مثل تولید لاستیک خودرو، ضربه‌گیرها و قطعات ارتعاش‌گیر استفاده می‌شود (شکل ۳۵-۴). ولی لاستیک NBR به دلیل مقاومت بسیار خوب نسبت به روغن در دماهای بالا، از آن برای تولید قطعات آببندی استفاده می‌شود، مثل کاسه نمدها و اورینگ‌ها.

شکل ۴-۳۵



شکل ۴-۳۶

ارزشیابی پایانی

۱. سرامیک چیست؟ به چند دسته تقسیم می‌شوند؟

۲. خواص سرامیک‌ها را که باعث شده در کاربردهای خاصی به‌کار گرفته شوند را با ذکر کاربرد نام ببرید.

۳. نیمه‌رساناها از کدام گروه مواد هستند؟

۴. انواع پلاستیک‌ها را نام ببرید و تفاوت میان آن‌ها را بیان کنید.

۵. کاربردهای اصلی لاستیک طبیعی چیست؟

تحقیق کنید

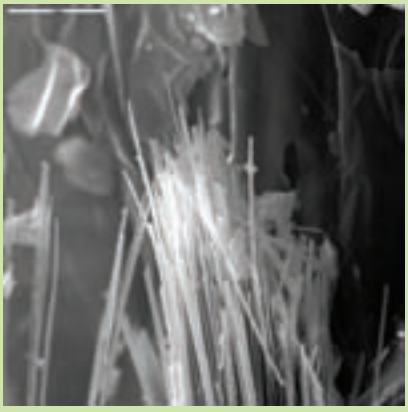
۱. سطح فضاپیما مملو از پوشش‌هایی از جنس سرامیک است . خرابی هر جزء از این پوشش‌ها که در اثر برخورد اشـیاء موجود در جو زمین یا به دلیل عدم نصب صحیح آن‌هاسـت، عواقب مصیبت باری به دنبال خواهد داشـت. مثل اتفاقی که در سـال ۱۹۸۶ برای یکی از فضاپیماها رخ داد و ۵ فضانورد در آن حادثه کشـته شدند. فکر می‌کنید این پوشش‌ها به چه دلیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

۲. چرخ‌های سنگ، همان طور که می‌دانید برای افزایش صافی سطح و برداشتن لایه‌های بسیار نازک از سطح فلزات به‌کار می‌آید. این چرخ‌ها همان طور که گفته شـد، از ذرات سـاینده از جنس سـرامیک که کنار یکدیگر چسبانده شده‌اند، استفاده می‌کنند. در اثر کار زیاد فضای میان دانه‌ها پر شده و سنگ عملیات براده برداری را دیگر به درستی انجام نمی‌دهد. به منظور حل این مشـکل لازم اسـت لایه‌ای نازک از سطح سنگ برداشته شود، تحقیق کنید، بدین منظور از چه ابزار و با چه جنس‌هایی استفاده می‌شود؟

۳. تحقیق کنید بتن از چه عناصر اصلی تشکیل شده است و جزء کدام گروه از مواد است؟

۴. بدنه شـمع خودروها از سـرامیک با پایه اکسـید آلومینیم ساخته می‌شود، چرا از سـرامیک بدین منظور استفاده می‌شود؟

۵. یکی از سرامیک‌هایی که سالیان دراز کاربرد مقاومت به حرارت (نسوز) داشته است، آزبست است، در تصویر زیر ساختار این سرامیک را مشاهده می‌کنید. این ماده در حال حاضر منع قانونی جهت استفاده و به‌کارگیری دارد، تحقیق کنید، دلیل آن چیست؟



۶. در تولید سیم‌ها و کابل‌ها از پلیمرها (پلاستیک‌ها) به عنوان روکش استفاده می‌شود، دلیل اصلی این کاربرد چیست؟

۷. دسته‌های قابلمه‌ها و تابه‌ها از چه نوع پلیمری ساخته شده است؟

۸. تحقیق کنید که چرا پلیمرها (بالاخص PE) در مجاورت نور آفتاب به سرعت دچار شکنندگی شدید می‌شوند؟

۹. وجود علامت زیر نشانگر قابلیت بازیابی مواد و یا وسیله‌ای است، که این علامت بر آن حک شده است. فکر

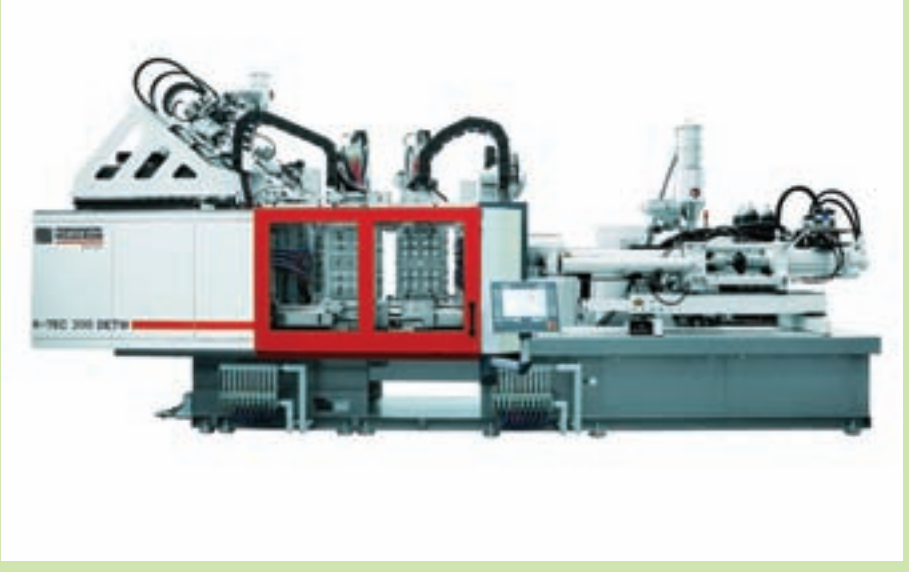
می‌کنید چنان‌چه این علامت بر روی یک شیئی پلاستیکی باشد، پلیمر سازنده آن از چه گروهی است؟

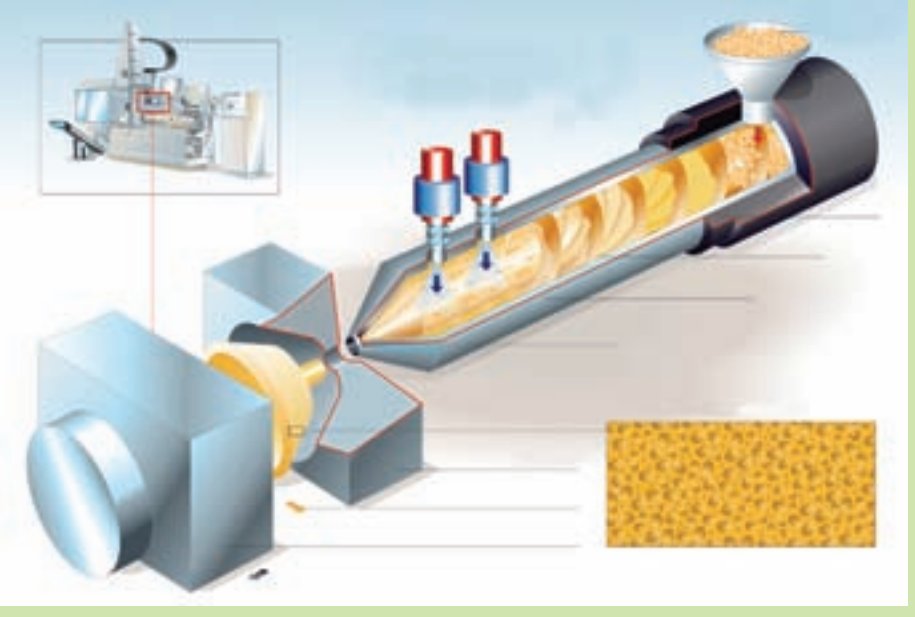
۱۰. تحقیق کنید موارد زیر اغلب از چه پلیمرهایی ساخته می‌شوند:

وسیله	نوع پلیمر
لباس‌ها	
بطری‌ها	
چرخ‌دنده‌های کوچک	
تزئینات داخل خودرو	
ظروف آشپزخانه	
پاکت‌های پلاستیکی	
ظروف پلاستیکی	

تحقیق کنید

۱۱. روش‌های تولید قطعات از پلیمرها اغلب به گونه‌ای هستند که قطعه بی‌نیاز ازمراحل تکمیلی تولید است. تصویر زیر روش تولید قطعات پلیمری را به روش تزریقی نشان می‌دهد. این روش تولید را توضیح دهید.



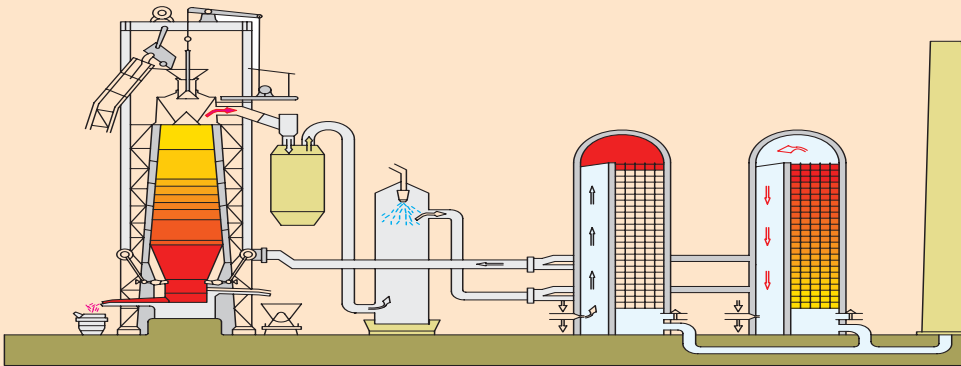


فصل پنجم: مواد غیرفلزی

◄ اهداف رفتاری

پس از آموزش این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:

- روانکاری را تعریف کند.
- نقش روانکاری در صنعت را بیان کند
- ویسکوزیته را تعریف کند.
- انواع روانکارها را نام ببرد.
- خصوصیات روانکارها را شرح دهد.
- انواع روانکارهای مایع را نام ببرد.
- خصوصیات روانکارهای مایع را شرح دهد.
- گریس‌ها را شرح دهد.
- خصوصیات گریس‌ها را شرح دهد.
- روغن‌های برش را شرح دهد.
- وظایف روغن‌های برش را شرح دهد.
- ویژگی‌های روغن‌های برش را شرح دهد.



روانکاری

امـروزه تولید قطعاتی مثل چرخ‌دنده‌ها، بادامک‌ها ویاتاقان‌ها با دقت زیاد تولید می‌شـود، تا بتوان آن‌ها را در کارهایی که سـرعت‌های زیادی مورد نیاز اسـت اسـتفاده کرد ولی این قطعـات را بدون روانکاری درسـت هرگز نمی‌توان در سـرعت‌های بالا به‌کار گرفت و چنانچه فرایند روانکاری با روانکار مناسـب و به طرز صحیحی انجام نگیرد، این اجزا مسـتهلک خواهد شد. لذا روانکاری از اهمیت زیادی برخوردار است.

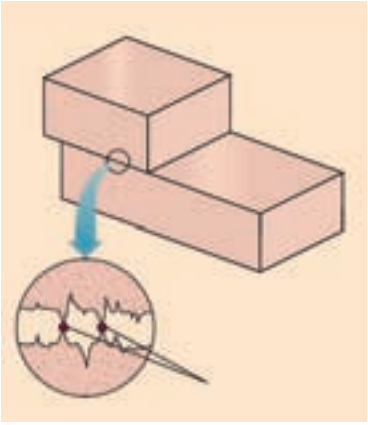
در حقیقـت روانکاری به منظور کم کردن اصطکاک میان دو جزء در تماس با یکدیگر به کار گرفته می‌شوند. ولی منشأ اصطکاک در کجاست؟

در حقیقت سـطح واقعاً صاف وجود ندارد، و سطوح ماشین‌کاری شده، دارای پسـتی و بلندی‌هـای به انـدازه میکرون هسـتند (شـکل ۱-۵)، آنچه در حین تماس دو سـطح با یکدیگر رخ می‌دهد، عبارت اسـت از تماس نقاط بلند در سطح‌هاست، نیروی فشاری باعث می‌شود تا این بلندی‌ها تغییر شکل پلاستیک پیدا کرده و به اصطلاح به یکدیگر جوش سرد بخورد. باافزایش نیروی فشاری، تعداد این نقاط زیادتر شـده و نیروی لازم برای شکسـت این جوش‌ها زیادتر خواهد شد. در حقیقت می‌توان گفت که:

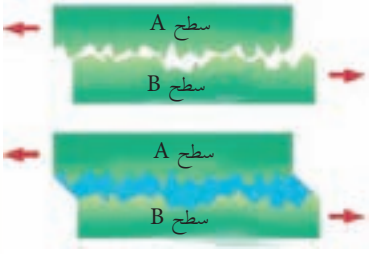
"نیروی اصطکاک مقاومت سطوح در برابر حرکت و تماس با یکدیگر است."

همان‌طور که می‌دانید، وجود اصطکاک در اغلب ماشـین‌آلات نامطلوب بوده و همواره در پی کم کردن و یا حذف آن هسـتیم چرا که باعث فرسـایش، ایجاد حرارت و در نهایت کم شدن عمر تجهیزات خواهد بود. همان‌طور که بیان شد روانکاری از مهمترین روش‌های حل این مشکل است (شکل ۲-۵).

توجه داشـته باشـید هیچ‌گاه نمی‌توان اصطکاک را به طـور کامل حذف نمود یعنی در حالت روانکاری هم اصطکاک وجود دارد. اصطکاک به وجود آمده در حات روانکاری را اصطکاک‌تر و اصطکاک به وجود آمده در حالت معمولی را اصطکاک خشک می‌نامند.



شکل ۱-۵ صافی سطح در سطوح هیچ گاه کاملاً ایده‌آل نیست، همواره بین سطوح پستی و بلندی هست.



شکل ۲-۵ روانکار میان دو سطح فاصله می اندازد و مانع از تماس دو سطح می‌شود.

همواره در تلاش هستیم تا اصطکاک خشک را با اصطکاک تر جایگزین کنیم.

جداسازی سطوح در تماس با یکدیگر، توسط مقدار کافی از روانکار(روغن، گریس، ...) در سطوح فلزی صورت می‌پذیرد، میزان و نوع روانکار تابعی است از میزان بار اعمالی و سرعت دورانی آن.

از مهمترین خواصی که قابلیت یک روانکار مایع یا نیمه جامد را تعیین می‌کند ویسکوزیته یا گرانروی است.در واقع ***مقاومت لایه‌های روانکار در برابر حرکت را ویسکوزیته می‌گویند***. وجود ویسکوزیته بالابر روانکارها باعث می‌شود تا آن‌ها یک قشر نازک برروی سطوح در حال تماس تشکیل دهند و مانع از تماس مستقیم سطوح با یکدیگر شوند. هر چقدر نیروی میان سطوح بیشتر باشد و سرعت محیطی قطعات کمتر، لازم است از روانکارهایی با ویسکوزیته بالاتر استفاده شود.

برای آنکه درک بهتری از ویسکوزیته حاصل شود می‌توانید به نحوه سیلان عسل و آب توجه کنید. عسل به سختی شروع به جریان می‌کند زیرا این مایع دارای ویسکوزیته بالایی است. در مقابل آب ویسکوزیته کم به راحتی به سیلان در می‌آید و مقاومت چندانی در برابرجریان از خود نشان نمی‌دهد (شکل ۳-۵).

روانکار باید دارای خواصی همچون قابلیت کنترل اصطکاک ، فرسایش و دمای محیط کاری خود باشد تا بتواند به‌خوبی فرایند روانکاری را انجام دهد.

براساس میزان گرانروی روانکارها به سه دسته زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

شکل۳-۵ مقایسه ویسکوزیته چند مایع

- **روانکارهای مایع**

الف) روغن‌های خالص

ب) روغن‌های معدنی و مواد افزودنی

ج) روانکارهای سنتتیک

- **روانکارهای نیمه جامد**
- **روانکارهای جامد.**

روانکارهای مایع

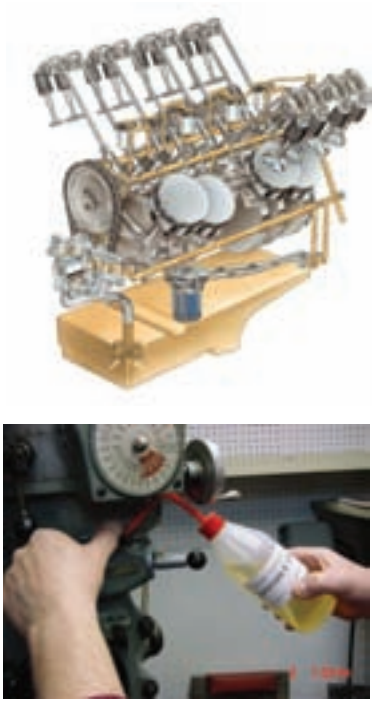
این نوع روانکارها، اغلب مایعاتی هستند که می‌توانند به خوبی با اعمال فشار هیدرولیکی به فضای میان دو سطح در حال روانکاری نفوذ می‌کنند و سطوح مورد نظر را روانکاری می‌کنند. علاوه بر روانکاری، این نوع از روانکارها گرمای میان سطوح در حال تماس را جذب کرده و آن‌را از محیط خارج می‌سازند، این نوع از روغن‌ها از موادمعدنی مثل نفت خام و یا قطران زغال سنگ و یا از منابع طبیعی مثل گیاهان و بعضاً حیوانات ساخته می‌شوند.

اغلب روغن‌ها به‌صورت مستقیم و خالص قابل استفاده نیستند، بنابراین، روغن‌ها را با مواد افزودنی خاصی ترکیب می‌کنند تا بتوانند ویسکوزیته کافی و خواص مورد نظر را در آن‌ها ایجاد کنند.

در حقیقت بیشتر از ۳۰۰ نوع روغن مایع وجود دارد که کاربردهای متنوعی را در برمی‌گیرند. در این میان کاربردهای زیر که دسته بندی نیز حساب می‌شوند از اهمیت بیشتری برخوردار هستند:

- روغن‌های خوددرو
- روغن‌های چرخ‌دنده
- روغن‌های یاتاقان
- روغن‌های موتورهای الکتریکی
- روغن‌های کمپرسورهای یخچال
- روغن‌های کمپرسورهای هوا
- روغن‌های توربین
- روغن‌های هیدرولیک
- روغن‌های برشکاری(ماشین‌کاری)

هر کدام از روانکارها و روغن‌های گفته شده دارای استاندارد خاصی هستند که شرح آن‌ها و خواص مربوط به آن در استاندارد اشاره شده‌است. از مهمترین انواع روغن‌های صنعتی روغن موتور خودروهاست که در وسعت زیادی به‌کار گرفته می‌شود (شکل ۴-۵). استاندارد این نوع از روغن‌ها توسط SAE انجام شده است و از آنجا که این استاندارد از جامعیت کافی برخوردار است، در اغلب نقاط جهان به عنوان شماره‌گذاری رایج شناخته می‌شود. در این روش از عدد دورقمی به عنوان ویسکوزیته در دمای پایین که با حرف W همراه است و عدد دورقمی دوم (بدون حرف W) به مفهوم ویسکوزیته در دمای بالا است. برای هر کدام از این اعداد در جداول خاص میزان ویسکوزیته و دماهای قابل تحمل اشاره شده است. برای مثال (SAE 70W-40) به مفهوم روغن با



شکل ۴-۵

ویسکوزیته ۷۰ در دمای پایین و ویسکوزیته ۴۰ در دمای بالا است . ممکن است در ادامه صرفاً یک عدد گزارش شود، و این بدان مفهوم است که این روغن شرایط محیطی سرد و گرم را تحمل می‌کند. هرچقدر عدد به‌کارگرفته شده بزرگتر باشد، لزجت(گرانروی) بیشتر است.

آیا می‌دانید

ترکیب یک اسید چرب و باز را صابون می‌نامیم،کیفیت یک صابون متأثر از کیفیت اسید چرب آن است.

روانکاری‌های نیمه جامد(گریس‌ها)

گریس‌ها از انواع نیمه جامد روانکارها هستند که بسیار مورد توجه هستند. ترکیب شیمیایی این نوع روانکارها شامل روغن‌های معدنی و صابون، مواد افزودنی دیگر نیز به گریس‌ها اضافه می‌شوند تا خواص خاصی را در آن‌ها ایجاد کنند. این مواد حین فرایند روانکاری تحت تأثیر فشار به حالت مایع در می‌آیند و با تمام شدن فرایند حالت جامد خود را باز می‌یابند. از جمله خواص گریس‌ها می‌توان به :

الف) آببندی اجزاء که مانع ورود گرد و غبار به داخل اجزاء می‌شوند.

ب) نیاز به بررسی و وارسی زیاد نداشته و اغلب تا مدت‌ها دوام دارند.

ج) اغلب میزان کمی از آن‌ها ، روانکاری خوبی را باعث می‌شوند.

د) پایداری خوبی در محیط‌های گوناگون دارند.

گریس‌ها براساس نوع صابونی که در تولید آن‌ها به‌کارمی‌رود طبقه بندی می‌شوند، چرا که اغلب کاربرد آن‌ها با نوع صابونی که در آن‌ها وجود دارد مربوط است. چهار نوع گریس در کاربردهای عمومی وجود دارند:

- **گریس با پایه کلسیم**
- **گریس با پایه سدیم**
- **گریس با پایه لیتیم**
- **گریس با پایه باریم**

شکل ۵-۵

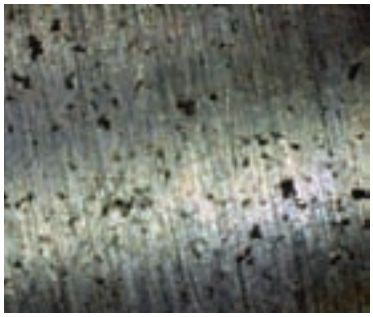
گریس‌هـــا با پایه کلســـیم مقاومت خوبـــی در برابرآب دارند ولـــی دمای بالا را تحمل نمی‌کند. نوع ســـدیم‌دار آنها هرچند مقاومت به حرارت خوبی دارد و در بلبرینگ‌ها و رولبرینگ‌ها به‌کار می‌رود ولی مقاومت به آب کمی دارد.

کاربرد گریس‌ها در همین کاربردهایی که در بالا به آن اشـــاره شده، خلاصه نمی‌شـــوند. گریس‌ها بااهداف خاص از اضافه‌کردن مواد دیگر در ساختار خود بهـــره می‌گیرند، به‌طوری‌که اضافه کردن مـــواد افزودنی خواص،خاص در آن‌ها ایجاد می‌کند. این نوع ازگریس‌ها در ســـاختار خود فاقد صابون هستند و گاهاً از مواد سنتز شدن به‌جای روغن‌ها در ساختارآن‌ها استفاده می‌شود.

روانکارهای جامد

شکل ۵-۶

روانکارهـــای جامـــد لایه نازکی از گریس برروی ســـطوح در تماس با یکدیگر قـــرار می‌دهند تا این ســـطوح به راحتی بـــرروی یکدیگر بلغزنـــد. به‌کارگیری این نوع از روانکارها با پیشـــرفت تکنولوژیکی بســـیار مـــورد توجه قرارگرفته اســـت. این روانکارها دارای مقاومت بسیار کم، سختی کم، پیوستگی، پایداری حرارتی و خنثی بودن از لحاظ شـــیمیایی هســـتند. مـــواد غیرآلی مثل گرافیت، دی‌ســـولفیدمولیبدن، دی‌ســـولفید تنگســـتن و ازجمله مواد آلـــی موم‌ها از انواع روانکارهای جامد هســـتند. این نوع روانکارها را در کاربردهایی به‌کارمی‌گیرند که از انواع دیگر روانکارها نتوان اســـتفاده کرد. برای مثال در فلزات از گرافیت به همراه آب به عنوان حمل کننده پودر گرافیت به وفور استفاده می‌شود چرا که دمای زیاد و شرایط سخت مانع از به‌کارگیری دیگر انواع روانکارهاست.



شکل ۵-۷ ذرات گرافیت، نقش روانساز را بین سطوح بر عهده دارند.

روغن‌های برش (ماشین‌کاری)

روغن‌های برش در ماشین‌کاری‌ها به منظور کم کردن هزینه‌ها و افزایش سرعت تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حدود ۲۰۰ سال قدمت دارند. در ابتدا با به‌کارگیری آب نشان داده شد که ۳۰ تا ۴۰ درصد سرعت برش را افزایش داد.

اما موجب خوردگی فلزی شد. امروزه روغن‌های مورد استفاده در براده‌برداری علاوه بر خنک‌کاری، عمل روانکاری و محافظت قطعه در مقابل خوردگی را نیز برعهده دارند.

۱۰ درصد انرژی مصرف شده حین فرایندهای ماشین‌کاری به‌صورت گرما تلف می‌شود. افزایش دمای ناحیه برش هرچند باعث می‌شود تا مقاومت قطعه در ناحیه برشکاری کاهش یابد و فلزات راحت‌تر بریده شود ولی معایبی همچون افزایش فرسایش ابزار و کم‌شدن عمر آن، کم شدن صافی سطح را باعث می‌شود. اغلب به دلیل زیاد بودن ظرفیت حرارتی آب، از آب به عنوان مایع کمکی در روغن‌های برش استفاده می‌شود.

همان‌طور که گفته شد روغن‌های مایع برشکاری اهمیت دیگری نیز دارد و آن کاربری آنها به عنوان روانکار است. در حقیقت عده‌ای از مواد افزودنی که به این روغن‌هااضافه می‌شود، در ناحیه برش با فلز در حال برشکاری واکنش شیمیایی می‌دهند و علاوه بر تسهیل درامر برشکاری، لایه‌ای خاص برروی سطح براده و قطعه تشکیل می‌دهند که باعث می‌شود که براده و قطعه‌کار اصطکاک کمتری با ابزار داشته باشند. این موضوع باعث خواهد شد که علاوه بر افزایش عمر ابزار، نیروی ماشین‌کاری نیز کاهش یابد و صافی سطح قطعه‌کار افزایش پیدا کند.

در شکل اثر وجود روغن برشکاری در شرایط مختلف (سرعت دورانی متفاوت و ابزار متفاوت) بر عمر ابزار نشان داده شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید عمر ابزار در اثر وجود روغن برشکاری به شدت افزایش می‌یابد.

روغن برش اثرات دیگری هم دارد که از آن جمله می‌توان به جذب ذرات و غبار ناشی از برشکاری را اشاره کرد. در پاره‌ای از موارد، بخارها و این ذرات از درجات سمیّت برخوردارند که این سیال مانع از پراکنده شدن آن در محیط اطراف خواهد شد.

نکته

عمر ابزار در اثر استفاده از روغن برشکاری به شدت افزایش می‌یابد.

نگهداری و شـرایط بهداشـتی نگهداری روغن‌های برشـکاری از اهمیت خاصی اسـت. همواره لازم اسـت ترکیب شـیمیایی ، PH محیط و میزان رشد باکتری‌هـا و قارچ‌هـا را به دقت کنترل کرد. عدم مقابله درسـت با باکتری‌ها و قارچ‌ها علاوه بر آسیب به ماشین‌آلات می‌تواند باعث ایجاد بیماری‌های خاص در پوسـت بدن شـود. چنانچه PH نیز به درسـتی کنترل نشود، می‌تواند باعث خوردگی اجزاء و یا آسـیب جدی به قطعات شود. تصفیه و جداسازی براده از روغن برشکاری از اهمیت خاصی برخورداراست و لازم است تمهیدات بدین منظور اندیشیده شود.

در یک تقسـیم بنـدی می‌توان روغن‌های برای عملیات برشـکاری را به چهار دسته زیر تقسیم کرد:

۱. **روغن‌های خالص:** در این دسـته از روغن‌ها به‌صورت خالص و بدون هیچ ماده اضافه‌شدنی استفاده می‌شوند.

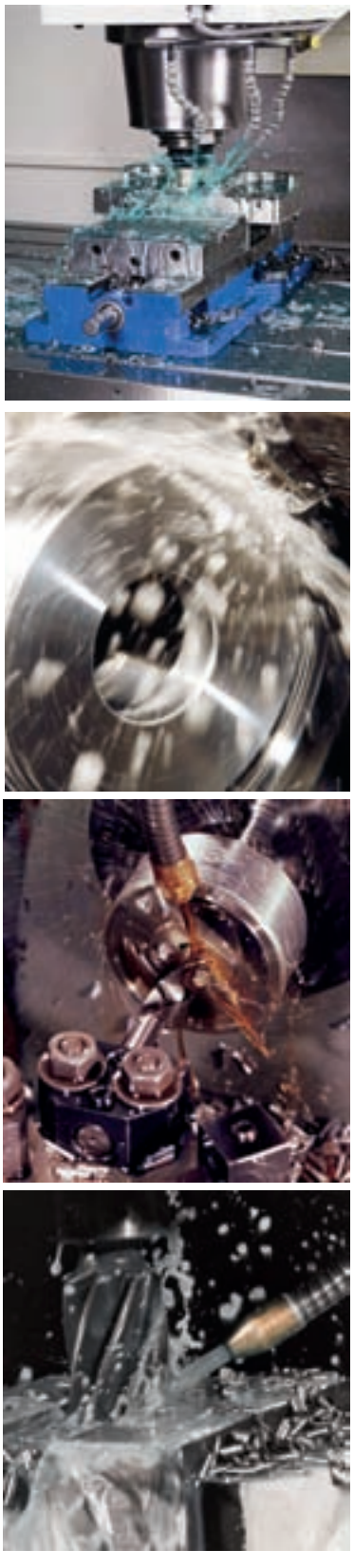
۲. **روغن‌هـای قابل حل در آب:** که اغلب روغن‌های فرآوری شـده با درصد زیاد در آب ترکیب می‌شوند و به عنوان روغن برش استفاده می‌شوند.

۳. **روغن‌های نیمه سنتتیک:** که حاوی میزان متوسطی از روغن‌های محلول آب و موادی که به فرایند تعیین شدن یکنواخت روغن و آب کمک می‌کنند.

۴. **روغن‌های سنتتیک:** این سیالات حاوی آب و مواد اضافه شدنی دیگر که از روغن‌های معدنی نیستند (شکل ۸-۵).

شکل۸-۵ انواع روغن برش

در شکل ۹-۵ انواع روانکاری برای عملیات مختلف را مشاهده می‌کنید.



شکل۹-۵: روغن‌های برش در انواع مختلف

سه گروه آخر روغن‌های برای عملیات برشکاری به‌صورت خالص از بازار خریداری شده و با مقدار مناسب از آب ترکیب شده و بکار می‌روند. لازم به ذکر است که هیچ یک از تقسیم بندی‌های بالا ربطی به کاربرد مایع خنک‌کاری ندارد. جدول ۱-۵ مزایا و معایب هر یک از سیالات را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۵

نوع سیال برش	روغن‌های خالص	روغن‌های قابل حل در آب	نیمه سنتتیک	سنتتیک
مزایا	- روانکاری عالی - کنترل زنگ‌زدگی سطح - راحتی در کنترل جریان - طول عمر زیاد	- روانکاری خوب - کم کردن حرارت - کنترل راحت جریان	- کاهش عالی دما - تمیز بودن - کنترل خوب زنگ زدگی	- خیلی تمیز - کاهش عالی دما - عدم حساسیت به سختی آب - کف کم - مایع شفاف
معایب	- گران بودن - تولید گرمای زیاد - خطر آتشگیری - وجود بخار روغن در محیط	- حساس به ناخالصی آب - بخارهای زیاد و دود	- ایجاد کف - حساس به ناخالصی آب	- روانکاری کم - بدون لایه محافظ روغن

ارزشیابی پایانی

۱. روانکاری را تعریف کنید.
۲. اهیمت روانکاری در صنعت را شرح دهید.
۳. ویسکوزیته را شرح دهید.
۴. انواع روانکارها را نام ببرید.
۵. تفاوت گریس‌ها با روغن‌ها را بنویسید.
۶. وظایف روغن‌ها برای عملیات برشکاری چیست؟
۷. انواع روغن برای برشکاری را نام ببرید.
۸. ویژگی‌های انواع روغن‌ها برای برشکاری رابنویسید.

تحقیق کنید

تحقیق کنید برای روانکاری قسمت‌های مختلف دوچرخه کدام روانکار مناسب است.

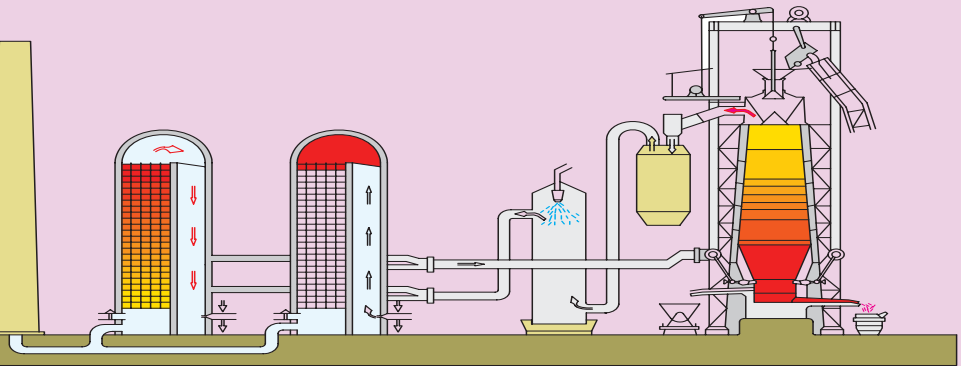
تحقیق کنید برای روانکاری قسمت‌های مختلف ماشین ابزار کدام روانکار مناسب است.

فصل ششم: فن‌آوری نانو

◄ هدف‌های رفتاری

پس از آموزش این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:

- فن‌آوری نانو را تعریف کند.
- خصوصیات فن‌آوری نانو را شرح دهد.
- دلایل استفاده از فن‌آوری نانو را شرح دهد.
- اصطلاح MEMS را شرح دهد.

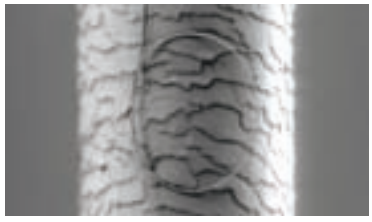


نانومواد و فن‌آوری نانو

شکل ۱-۶ مقایسه در ابعاد نانو

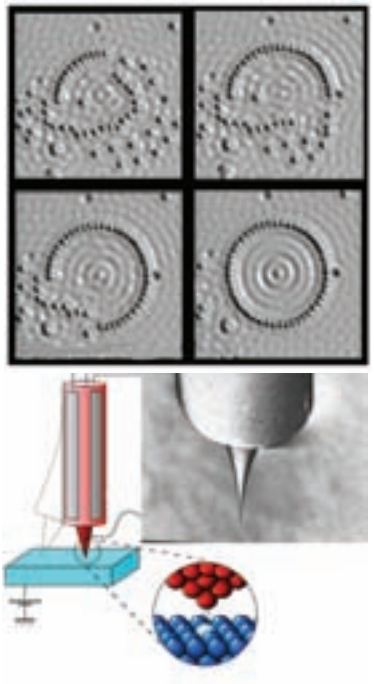
نانوتکنولوژی علم کوچک و کوچک‌ترین‌هاست.این علم به بررسی مواد در اندازه‌های بسیار کوچک می‌پردازد، در چنین اندازه‌هایی اتم‌ها و مولکول‌ها رفتارهای متفاوتی از آن‌چه در طبیعت می‌بینیم، دارند و همین رفتارهای متفاوت باعث می‌شود تا خواص منحصربه‌فردی در مواد تولید شده مشاهده شود.

نام نانو از واژه یونانی به معنی کوتوله گرفته شده است. در حقیقت یک نانومتر، یک بیلیونیم متر و چیزی در حدود $\frac{۱}{۸۰۰۰۰}$ قطر تار موی یک انسان است. ولی همان‌طور که انتظار می‌رود، اندازه نانو در برابر مقیاس اندازه‌های اتمی بسیار بزرگ است. یک اتم اندازه‌ای در حدود یک‌دهم یک نانومتر دارد و هسته آن در حدود یکصدهزارم نانومتر است (شکل ۱-۶).



شکل ۲-۶ موی سر

بدن انسان از میلیون‌ها سلول تشکیل شده است و باید بدانیم که هر سلول بدن ما در حقیقت یک نانو ماشین طبیعی است (شکل ۲-۶). در مقیاس نانو، قادر هستیم اتم‌ها را برای ساختن محصولات مختلف به‌گونه‌ای دلخواه چیدمان کنیم و در کنار همدیگر قرار دهیم (شکل ۳-۶). اندازه نانو و ذراتی که در این علم از آن‌ها با نام نانومواد نام برده می‌شوند، اندازه‌هایی میان یک تا صد نانومتر دارند. اندازه‌های بزرگ‌تر را با میکرون و اندازه کوچک‌تر را هم با اندازه‌های اتمی می‌شناسند.



شکل ۳-۶ میکروسکوپ الکترونی برای جابه‌جایی اتم‌ها

فن‌آوری نانو به‌سرعت جای خود را در علوم مختلفی مثل بیولوژی، شیمی و فیزیک و به‌ویژه مهندسی بازکرده و انقلاب تازه‌ای در این عرصه‌ها آغاز کرده است.

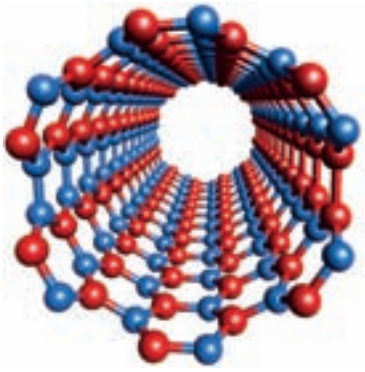
از جمله مشکلات در زمینه فن‌آوری نانو مشاهده ذرات و تجهیزات ساخته شده در این علم است. دیدن اشیاء در این اندازه‌ها نه‌تنها با چشم غیرمسلح امکان ندارد، بلکه جالب است بدانید که با میکروسکوپ‌های الکترونی و تجهیزات خاص این امر میسر است.

همان‌طور که بیان شد، در مقیاس نانو قوانین حاکم بر رفتار ماده با قوانین فعلی معمول متفاوت است. در جهان نانو، مکانیک نیوتنی بی‌مفهوم است و قوانین مکانیک کوانتمی حاکم است، از همین‌روست که تولید مواد و تجهیزات با این فن‌آوری مشکل و پیچیده است. فن‌آوری نانو در بسیاری از عرصه‌های زندگی ما اثرات مهمی گذاشته است که در این‌جا به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

سلامت و دارو

در حیطه سلامت و دارو ابداع تجهیزاتی که به‌راحتی فشار خون را به‌صورت مداوم و با تجهیزات سبک و ارزان اندازه‌گیری می‌کنند از پیشرفت‌های جالب است. البته این اندازه‌گیری‌های حیاتی صرفاً به فشارخون محدود نیستند و در دستگاه‌های اندازه‌گیری دیگری همچون قندخون نیز کاربرد فراوانی دارند.

از دیگر کاربردهای فن‌آوری نانو در سلامت و دارو، به‌کارگیری پوشش‌های نانوذرات نقره است که باعث پاکیزگی محیط از جمله هوا می‌شود.



شکل۴-۶ نانو تیوب کربن

جامعه و محیط زیست

شاید تاکنون نام انرژی‌های تجدیدپذیر را شنیده باشید. از جمله مهم‌ترین این انرژی‌ها نور خورشید است. هم‌اکنون به کمک فن‌آوری نانو سلول‌های خورشیدی تولید شده است که تا ۸۵ درصد بازدهی دارند و نور خورشید را به برق تبدیل می‌کنند.

شیشه‌های ضدلکه که با فن‌آوری شبیه به آن‌چه در برگ نیلوفر آبی رخ می‌دهد، ساخته شده‌اند، هرگز خیس نمی‌شوند و آب و مواد دیگر از جمله رنگ و گرد و غبار هیچ‌گاه روی سطح آن‌ها نمی‌نشیند و آن‌ها را کثیف نمی‌کند. پارچه‌های خاصی نیز توسط دانشمندان تولید شده‌اند که با دارا بودن یک پوشش از نانومواد، همین ویژگی را دارند و هرگز آلوده نمی‌شوند.

مواد و روش‌های تولید

این زمینه بیشتر زمینه‌های مهندسی را متأثر کرده است و کاربردهای موجود در مهندسی را شامل می‌شود. از مهم‌ترین این کاربردها بر روی مواد می‌توان به نانوذرات کربن اشاره کرد. نانوذرات کربن به اشکال مختلف تولید می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها لوله‌های کربنی است. این لوله‌ها از قرارگیری اتم‌های کربن در کنار یکدیگر تولید می‌شوند (فرض کنید یک صفحه از اتم‌های کربن را لوله کرده‌ایم).

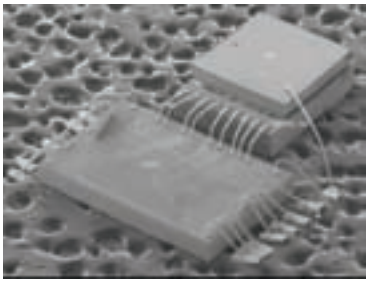
ایــن لوله‌ها کاربردهای وســیعی در الکترونیک و مکانیک یافته‌اند (شــکل ۵-۶)، به‌طوری‌که اســتحکام قطعات تولید شده از این لوله‌ها گاهاً با فولادهای با استحکام بالا قابل مقایسه است.

فــن‌آوری نانــو در عرصه تولید تجهیــزات نیز انقلابی برپا کرده اســت. از مهم‌ترین شاخه‌های علم نانو در روش‌های تولید، MEMS[1] است. تولید گوشی تلفــن قابل‌حمــل از دهه ۵۰ به‌عنوان یک ایده مطرح بود، ولی هرگز تا شــروع انقلاب نانوتکنولوژی و ساخت اولین مدارهای مجتمع (IC) امکان‌پذیر نشد، تا جایی‌که هم‌اکنون هر روز پیشرفت جدیدی را در این عرصه شاهد هستیم.

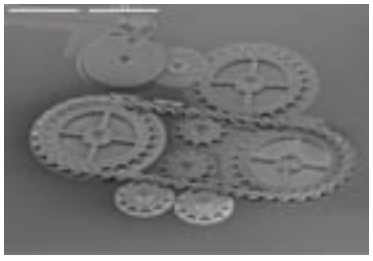
در زمینــه MEMS که در حقیقت فصل مشــترک میــان دو علم مکانیک و الکترونیک اســت باید بیان داشــت که این علم در عرصه تولید حسگرها بسیار موفق بوده اســت. تولید حســگرها با اندازه‌های بســیار کوچک رویای کنترل همه‌جانبه تجهیزات مکانیکی را به حقیقت تبدیل کرده است.

نخســتین حضور MEMS در حســگرهای شتاب بر روی کیسه‌های هوا در خودروها بود که توانست به‌خوبی جای روش‌های قدیمی اندازه‌گیری شتاب را گرفته و مزایای زیادی همچون اندازه و وزن کم را باعث شود. در زمینه MEMS آینده‌ای بسیار درخشان بر روی این فن‌آوری در علوم مختلف متصور هستیم. شاید تصویر زیر بتواند یکی از کاربردهای این فن‌آوری در علوم پزشکی را نشان دهد.

شکل ۵-۶ یک موتور نانو تکنولوژی



شکل ۶-۶ قالب MEMS



شکل ۷-۶ یک مکانیزم MEMS

1.Micro- Electro- Mechanical Systems

ارزشیابی پایانی

۱- فن‌آوری نانو را تعریف کنید.

۲- کاربرد فن‌آوری نانو در صنعت را بنویسید.

۳- نقش استفاده از فن‌آوری نانو در علم مکانیک را شرح دهید.

تحقیق کنید

تحقیق کنید اثر فن‌آوری نانو بر مقاومت فلزات چگونه است؟

FEDERAL REPUBUC OF GERMANY استاندارد آلمان BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Heat-treatabls فولادهای بهسازی Vergutungsstahle

Stoff-Nr Standard No	Kurzname Symbol DIN	Bezeichnug Designation Euronorm 83	Analyse ترکیب								Composition
			C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	Somstioge Others %
1,0402	C 22	-	0,17-0,24	0,40	0,30-0,60	0,045		-	-	-	-
1,0501	C 35	1C35	0,32-0,39	0,40	0,50-0,80			-	-	-	-
1,0503	C 45	1C45	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80			-	-	-	-
1,0535	C 55	1C55	0,52-0,60	0,40	0,60-0,90			-	-	-	-
1,0601	C 60	1C60	0,57-0,65	0,40	0,60-0,90			-	-	-	-
1,1133	20mn5	-	0,17-0,23	30-	1,00-1,30			-	-	-	-
1,1151	C k22	-	0,17-0,24	0,60	0,30-0,60			-	-	-	-
1,1157	40mn4	-	0,36-0,44	0,40	0,80-1,10			0.30-	-	-	-
1,1165	30mn5	-	0,27-0,34		1,20-1,50		0,020-	-	-	-	-
1,1167	36mn5	-	0,32-0,40		1,20-1,50		0,035	<0.30-	-	-	-
1,1170	28mn6	26Mn	0,25-0,32	0,40	1,30-1,65			-	-	-	-
1,1180	Cm35	3C35	0,32-0,39	0,40	0,50-0,80		0,020-	-	-	-	-
1,1181	Ck35	2C35	0,32-0,39	0,40	0,50-0,80		0,035	-	-	-	-
1,1191	Ck45	2C45	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80			-	-	-	-
1,1201	Cm45	3C45	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80		0,020-	-	-	-	-
1,1203	Ck55	2C55	0,52-0,60	0,40	0,60-0,90		0,035	-	-	-	-
1,1209	Cm55	3C55	0,52-0,60	0,40	0,60-0,90			-	-	-	-
1,1221	Ck60	2C60	0,57-0,65	0,40	0,60-0,90		0,020-	-	-	-	-
1,1223	Cm60	3C60	0,57-0,65	0,40	0,60-0,90		0,035	-	-	-	-
1,1273	90mn4	-	0,85-0,95		0,90-1,10			1,50	-	-	-
1,3401	X120mn12	-	1,10-1,30		12,00-13,00			0,40-	-	-	
1,3561	44cr2	-	0,42-0,48	0,40	0,50-0,80			0,60	-	-	-
1,3563	43crmn4	-	0,40-0,46	0,40	0,60-0,90			0,90-	-	-	Cu<0.30
								-1,20	0.15-0.30	-	Cu<0.30

استاندارد آلمان												
فولادهای بهسازی												
خواص مکانیکی، بهسازی شده												
A Bruchdehnung ازدیاد طول شکست Elongation after fracture - 5				Z Einschnrung کاهش سطح‌مقطع Reduction of area				Kerbschlagarbeit کار ضربه Impact valve (DVM)				
-16 mm	17-40 mm	41-100 mm	100-160 mm	-16 mm	17-40 mm	41-100 mm	100-160 mm	-16 mm	17-40 mm	41-100 mm	100-160 mm	
								J				
-	-	40	45	-	-	-	-	-	-	-		
20	-	35	40	45	-	-	-	-	-	-		
17	-	30	35	40	-	-	-	-	-	-		
15	-	25	30	35	-	-	-	-	-	-		
14	-	20	25	30	-	-	-	-	-	-		
18	-	50	55	60	-	69	69	76	-			
-	-	50	50	-	-	55	55	-	-			
15	-	40	45	50	-	34	41	41	-			
15	16	45	50	50	55	41	48	48	55			
12	15	35	40	45	50	41	41	48	55			
16	-	40	45	50	-	40	45	45	-			
20	-	40	45	50	-	40	40	40	-			
20	-	40	45	50	-	40	40	40	-			
17	-	35	40	45	-	30	30	30	-			
17	-	35	40	45	-	30	30	30	-			
15	-	30	35	40	-	-	-	-	-			
15	-	30	35	40	-	-	-	-	-			
14	-	25	30	35	-	-	-	-	-			
14	-	25	30	35	-	-	-	-	-			
~5	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
45	-	40	40	45	-	124	124	137	-			
15	-	40	45	50	-	35	42	42	-			
12	13	40	45	50	55	35	42	42	42			
12	13	40	45	50	50	35	35	35	35			

استاندارد آلمان

فولادهای بهسازی

Stroff-Nr. شماره مواد	خواص مکانیکی، بهسازی شده													
	Re Streckgrenze تنش تسلیم Yield stress						Rm Zunfestigkeit استحکام کششی Tensite strength							
Standard-No. شماره مواد	-16 mm		17-40 mm		41-100 mm	100-160 mm	-16 mm	17-40 mm	41-100 mm	100-160 mm				
1.0402	350	300	-	-	550-700	500-650	-	-	20	22				
1.0501	430	370	320	-	630-780	600-750	550-700	-	17	19				
1.0503	500	430	370	-	700-850	650-800	630-700	-	14	16				
1.0535	550	500	430	-	800-950	750-900	630-780	-	12	14				
1.0601	580	520	450	-	850-1000	800-950	700-850	-	11	13				
1.1133	390	345	295	-	540-690	490-640	750-900	-	22	20				
1.1151	350	300	-	-	550-700	500-650	490-590	-	20	22				
1.1157	635	540	440	-	880-1080	780-930	-	-	12	14				
1.1165	540	440	440	440	780-930	690-830	690-830	640-780	14	15				
1.1170	685	590	540	440	930-1080	830-980	740-880	640-780	9	10				
1.1180	590	490	440	-	780-930	690-840	640-790	-	13	15				
1.1181	430	370	320	-	630-780	600-750	550-700	-	17	19				
1.1191	430	370	320	-	630-780	600-750	550-700	-	17	19				
1.1201	500	430	370	-	700-850	650-800	630-780	-	14	16				
1.1203	500	430	370	-	700-850	650-800	700-850	-	14	16				
1.1209	550	500	430	-	800-950	750-900	700-850	-	12	14				
1.1221	550	500	430	-	800-950	750-900	750-900	-	12	14				
1.1223	580	520	450	-	850-1000	800-950	750-900	-	11	13				
1.1273	580	520	450	-	850-1000	800-950	~1670	-	11	13				
1.3401	1375	1325	1275	-	~1670	~1670	780-1080	-	~5	~5				
1.3561	410	390	345	-	880-1130	830-1080	690-830	-	40	42				
1.3561	640	540	440	-	880-1080	780-930	880-1080	780-930	12	14				
1.3563	880	760	640	560	1080-1270	980-1180	880-1080	830-980	10	11				
1.3565	880	780	690	640	1080-1270	980-1180	880-1080	830-980	9	10				

استاندارد آلمان									
فولاد بهسازی									
Stoff-nr شماره مواد Standard No.	عملیات حرارتی								
	Warmformgebung شکل دادن کرم 0C	Weichgluhen باز بخت نرم Soft annealing 0C	Briwll-Harte سختی برینل Har - ness Brinell HB 30 Weichgegluht باز پخت نرم Sift anneaied	Normal-gluhen بازپخت نرمال Normalizing 0C	Spannungsfrei-gluhen بازپخت تنش زدایی Stress-free Annealing 0C	Wasser آب Water 0C	Oi روغن Oil 0C	Warmbad کونچ گرم Hot quenc-ning 0C	Anlassen برگشت Temper 0C

540-680	-								
540-680	-	870-900	860-890		880-910	156	650-700	1100-900	1,0402
540-680	-	850-880	840-870	-	860-890	183	650-700	1100-850	1,0501
540-680	-	830-860	820-850	-	840-870	207	650-700	1100-850	1,0503
540-680	-	815-845	805-835	-	830-860	229	650-700	1050-850	1,0535
550-660	-	810-840	800-830	-	820-850	241	650-700	1050-850	1,0601
540-680	-	830-860	820-850	-	850-880	-	650-700	1100-850	1,1133
550-660	-	870-900	860-890	-	880-910	156	650-700	1100-900	1,1151
480-650	-	830-860	820-850	-	850-880	217	650-700	1100-850	1,1157
480-650	-	830-860	820-850	-	850-880	217	650-700	1100-850	1,1165
540-680	-	-	820-850	-	850-880	217	650-700	1100-850	1,1167
550-660	-	830-860	820-850		850-880	223	650-700	1100-850	1,1170
540-680	-	850-880	840-870	-	860-890	183	650-700	1100-850	1,1180
540-680	-	850-880	840-870	-	860-890	183	650-700	1100-850	1,1181
550-660	-	830-860	820-850	-	840-870	207	650-700	1100-850	1,1191
540-680	-	830-860	820-850	-	840-870	207	650-700	1100-850	1,1201
550-660	-	815-845	805-835	-	830-860	229	650-700	1050-850	1,1203
540-680	-	815-845	805-835	-	830-860	229	650-700	1050-850	1,1209
550-660	-	810-840	800-830	-	820-850	241	650-700	1050-850	1,1221
480-650	-	810-840	800-830	-	820-850	241	650-700	1050-850	1,1223
-	-	790-860	-	-	860-890	350	640-680	1100-850	1,1273
550-660	-	-	1000-1050	-	-	-	-	1100-850	1,3401
	-	830-860	820-850		840-870	255	650-700	1100-850	1,3561

مشخصه فولاد	Bundesrepublik آلمان Germany W.-Nr. DIN	Frankreich فرانسه France AFNOR	GroBbritannien انگلستان Great Britain B.S.	Italien ایتالیا Italy UNI	Japan ژاپن Japan JIS	Schweden سوئد Sweden SS	Sowjetunion شوروی سابق U.S.S.R GOST	U.S.A امریکا U.S.A AISI/SAE/ ASTM	Gruppe گروه Groh
1.1213	1.1213 Ct53	XC 48H 1 TS	060A 52:070 M55	C 53	S 50 C	1674	50	1050	30
1.1221	1.1221 CK50	XC 60	080 A 62	C 60	S 58 C	1678	60:60G	1060	2
1.1231	1.1231 CK67	XC 68	-	C 70	-	1770	-	1070	3
1.1248	1.1248 CK75	XC 75	-	-	-	1774:1778	-	1080	3

منابع

الف) فارسی:

۱.کتاب درسی شناخت و خواص مواد شاخه فنی و حرفه‌ای رشته ساخت و تولید وزارت آموزش و پرورش. شرکت چاپ و نشر. مؤلف: محسن اکبری، صمد خادمی اقدم، بهروز نصیری زنوزی۱۳۷۱.

ب)انگلیسی:

1. Handbook of Materials Selection, MYER KUTZ, 2002, John Wiley & Sons
2. Engineering Materials 1 an Introduction to their Properties and Applications, Michael F. Ashby, 1980, 1996, Butterworth-Heinemann
3. Steel Metallurgy for the Non-Metallurgist, ASM, John D. Verhoeven, 1997
4. Materials for Engineers and Technicians, Raymond A. Higgins, Fourth Edition, 2006, R. A. Higgins and W. Bolton
5. Fundamentals of materials science and Engineering, W.D.CALLISTER, John Wiley & Sons, 2001
6.The Materials SELECTOR, Second edition, VOL1, 2, 3 Norman A. Waterman, CHAPMAN & HALL, 1997
7.Werkstoffkunde, Hans-Jürgen Bargel · Günter Schulze,Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
8.Die Metallurgie des Schweißens, Günter Schulze, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
9.ASM Handbook, Volume 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys, 1993
10. Introduction to Aluminum Alloys and Tempers, J. Gilbert Kaufman, 2000
11.MEMS Introduction and Fundamentals, Mohamed Gad-el-Hak, 2006 by Taylor & Francis Group,
12.Introduction to nanotechnology, Henrik Bruus, Lyngby, spring 2004
13.Aluminum Alloy Castings, Properties, Processes, and Applications. Gilbert Kaufman,Elwin L. Rooy, 2004 ASM International.