

## چوب

هدف های رفتاری : در پایان فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه ی کاربرد چوب را در ساختمان شرح دهد.
- ۲- ساختمان درخت و قسمت های مختلف آن را، که استفاده ساختمانی دارد،

شرح دهد.

- ۳- انواع چوب ها را براساس سختی و نرمی توضیح دهد.
- ۴- خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی چوب را شرح دهد.
- ۵- تأثیر رطوبت را بر چوب توضیح دهد.
- ۶- اشکال مختلف عرضه ی چوب را به بازار شرح دهد.
- ۷- نحوه ی تهیه و تولید روکش و تخته های چندلایه را توضیح دهد.
- ۸- معایب چوب و نحوه ی حفاظت از آن را نام ببرد.
- ۹- چند نمونه از اتصالات چوبی را نام ببرد.

## مقدمه

چوب بافت سلولزی آلی<sup>۱</sup> است که عمده ترین عناصر تشکیل دهنده ی آن کربن و اکسیژن<sup>۲</sup> است.

۱- غشاء سلول های گیاهی که جسمی جامد، بی بو و بی طعم است.

۲- چوب از حدود ۵۰٪ کربن + ۴۰٪ اکسیژن + ۶٪ هیدروژن + ۱٪ وزنی ازت و بقیه از عناصر دیگر چون فسفر، سدیم، پتاسیم و

آهن تشکیل شده است.

استفاده از چوب (یا درخت) در ساختمان قدمت طولانی دارد و اولین سکونت‌گاه‌های انسانی با کمک آن ساخته شده است.



در گذشته‌های دور بیش‌تر سطح زمین از جنگل پوشیده شده بود و استفاده از چوب به عنوان ستون، تیر، پوشش سقف، در و پنجره در ساختمان، کاربرد زیادی داشت. اما امروزه کاربرد چوب در ساختمان کم‌تر شده است.

شکل ۹-۱- استفاده از چوب برای ساخت خانه‌های چوبی (زیگالی یا لارده‌ای) در شمال ایران

در ایران قدیم ساختمان‌های روستایی، شهری، پل‌ها، کوشک‌ها و ... را با چوب می‌ساختند. پوشش سقف کاخ باستانی مادها در هگمتانه (چوب سدر و سرو)، و تخت جمشید (چوب‌های بلوط، گردو، سدر و سرو)؛ چهل ستون و عالی قاپو در اصفهان و مسجد نواب در حومه مراغه همه از چوب ساخته شده‌اند. در تصویر زیر نمونه‌هایی از به‌کارگیری چوب در بنای عالی قاپو اصفهان دیده می‌شود. (شکل ۹-۲)



شکل ۹-۲- به‌کارگیری چوب در ستون‌های ایوان، درها و پنجره‌های بنای عالی قاپو

مصرف چوب تا ابتدای انقلاب صنعتی به‌صورت سنتی بود ولی انقلاب صنعتی کاربرد چوب را نیز، مانند دیگر بخش‌های صنعتی، متحول ساخت.

## ۹-۱- ساختمان درخت

درخت از ریشه، تنه و اجزای بالایی (شاخه، برگ و ...) تشکیل شده است. ریشه‌ها با فرورفتن در خاک، رطوبت و مواد معدنی موجود در آن را جذب می‌کنند و به تنه می‌رسانند. تنه‌ی درخت شاخه‌ها و قسمت‌های بالایی را تقویت و تغذیه می‌نماید و امکان رساندن آب و شیره‌ی درختی از ریشه به برگ‌ها و بالعکس را فراهم می‌کند. (شکل ۳-۹)

در برش عرضی تنه‌ی درخت سه بخش جدا از هم دیگر دیده می‌شود:

- پوست، که مصرف ساختمانی ندارد و حفاظت تنه یا شاخه‌ی درخت را به عهده دارد و شامل دو قسمت بیرونی (لایه‌ی مرده) و درونی (لایه‌ی زنده) است. لایه‌ی زنده پوست درخت را «کامبیوم» می‌گویند.

- چوب، این قسمت از درخت که امکان بارگذاری روی آن وجود دارد، حجم عمده‌ی تنه درخت را تشکیل می‌دهد و کاربرد زیادی در صنعت ساختمان دارد.

- مغز، در مرکز تنه و در شاخه‌های درخت قرار دارد.

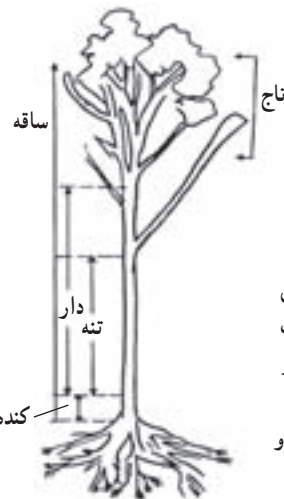
روی برش عرضی تنه‌ی درخت دایره‌های هم‌مرکزی دیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی سن درخت است. رنگ این دایره‌ها از

سوی درون روشن (بهاره) و به سوی

بیرون تیره (پاییزه) می‌شود. بافت

چوب متشکل از لوله (آوند)های

متعدد در کنار هم است.



شکل ۳-۹- فتو(نور) سنتز عمل غذاسازی

برای درخت است که در این فرآیند درخت  $CO_2$  هوا را می‌گیرد و به اکسیژن، قند و مقداری انرژی تبدیل می‌کند.

عمل فتوسنتز نیاز به انرژی مواد معدنی و کلروفیل دارد.



## ۹-۲- چوب

همان‌طور که گفته شد چوب محکم‌ترین و مقاوم‌ترین قسمت درخت است که از تعدادی حلقه‌ی باریک و هم‌مرکز تشکیل شده است. هرچه بافت چوب تخلخل بیشتری داشته باشد سبک‌تر است و مقاومت کم‌تری دارد. با افزایش تراکم، بافت چوب توپر و سنگین‌تر می‌شود و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

هم‌چنین چوب پاییزه توپرتر، سخت‌تر، مقاوم‌تر و دارای وزن حجمی بیش‌تر از چوب بهاره است. در رویش سالیانه، هرچه چوب پاییزه بیش‌تر باشد، تاب و مقاومت آن بیش‌تر است.

## ۹-۳- انواع چوب‌ها از نظر مقاومت

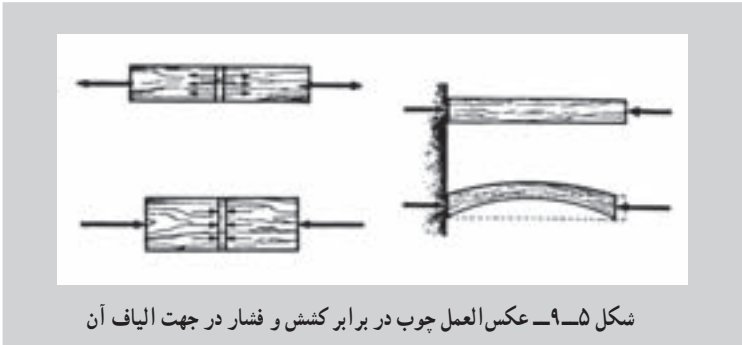
**الف) سخت چوب‌ها:** سخت چوب‌ها شامل چوب درختان پهن برگ مانند گردو، بلوط و چنار است.

نام سخت چوب به لحاظ تراکم بیش‌تر بافت چوب است و دلیل بر سخت بودن کلبه‌ی چوب‌های این دسته نمی‌شود و استثنائاتی وجود دارد. سخت چوب‌ها برای مبلمان، در و پنجره‌ی فضاهای مجاور بیرون بنا و نازک‌کاری (مثلاً کف‌پوش، قرنیز و ...) ساختمان به کار می‌روند. (شکل ۹-۴)



شکل ۹-۴- ارسی نه لنگه‌ای حسینی‌ی امینی در شهر قزوین

**ب) نرم چوب‌ها:** نرم چوب‌ها شامل درختان سوزنی برگ، مانند سرو، کاج و سرخدار هستند. سوزنی‌برگ‌ها دارای مقطع بسیار ساده و منظم‌اند. با توجه به این که مقاومت این چوب‌ها کم‌تر از چوب‌های سخت است بهتر است بارگذاری بر این چوب‌ها در جهت الیاف چوب باشد. (شکل ۹-۵)



به دلیل این که درختان نرم چوب رشد عمودی خوبی دارند برای اجرای ستون، تیر ساختمان؛ در و پنجره فضاهای داخلی بنا، تخته‌ی قالب‌بندی و ... استفاده می‌شود.

#### ۹-۴- خواص چوب

خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی :

مهم‌ترین خواص فیزیکی چوب، که باید مورد توجه قرار گیرد، عبارت‌اند از :

— وزن مخصوص چوب : با افزایش وزن مخصوص چوب، سنگین‌تر می‌شود و مقاومت آن

افزایش می‌یابد.

— رطوبت چوب : مقدار آبی است که در واحد وزن چوب وجود دارد و میزان تری و خشکی

آن را مشخص می‌کند.

— هدایت حرارتی : قابلیت هدایت حرارتی چوب کم است و به این دلیل برای ساختن

عایق‌های حرارتی مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد (مثلاً استفاده از چوب روی دستگیره‌های فلزی

درها یا دسته‌ی سماور و کتری). با افزایش حرارت، هدایت حرارتی چوب افزایش می‌یابد. در تیرهای

چوبی کلفت با وجود این که چوب زود مشتعل می‌شود قسمت درونی آن تا مدت نسبتاً زیادی از خطر

اشتعال در امان می‌ماند.

— انتقال و انتشار و انعکاس صوت : چوب، به سبب قابلیت ارتجاعی، قادر به تقویت

اصوات است. براساس همین خاصیت است که در بسیاری از سازها از آن استفاده می‌شود. انتشار

صوت در جهات مختلف چوب متفاوت است و به سختی و نرمی نوع چوب بستگی دارد. چوب‌های

سخت قابلیت انتشار و انعکاس صوتی بیش‌تری دارند.

— رنگ : رنگ چوب از خواصی است که از نظر زیبایی‌شناختی و حسی می‌تواند گوناگون

باشد و سلیقه‌های متفاوتی را ارضا کند. مانند چوب گردو که به دلیل رنگ مناسب خواهان زیاد دارد. دوام چوب با تیرگی رنگ آن رابطه مستقیم دارد و چوب‌های تیره رنگ معمولاً با دوام‌ترند. هم‌چنین چوب پیر تیره‌تر از چوب جوان است. رنگ چوب براساس گونه‌های مختلف آن متفاوت است.

— **بو و طعم** : این خواص نتیجه‌ی وجود مواد خارجی در چوب است. چوب سالم بوی مطبوعی دارد. چوب‌هایی که تحت تأثیر عوامل بیولوژیکی مانند قارچ و حشرات قرار می‌گیرند بدبو می‌شوند. برخی درختان، چه به صورت طبیعی و چه از طریق سوزاندن (مثل عود هندی)، بوی خوش متصاعد می‌کنند. چوب‌های خوش‌بو، مانند ارس، صندل و سرو خمره‌ای به مصرف کارهای لوکس (مانند مبلمان و صنایع دستی و تزئینی) می‌رسد. دوام این نوع چوب‌ها بیش‌تر از چوب‌های دیگر است.

— **قابلیت سوختن و انرژی زایی** : زوائد چوب در صورت سوختن حرارت مطبوع و شعله‌های زیبا ایجاد می‌کند.

از نظر خواص مکانیکی توجه به ویژگی‌های زیر ضرورت دارد :

— تاب کششی و فشاری

— تاب برشی

— تاب ضربه‌ای

### مطالعه‌ی آزاد

— **تاب کششی و فشاری** : بیش‌ترین تاب کششی و فشاری چوب در جهت موازی با الیاف و آوندهاست و به همین دلیل الوارها را می‌توان به عنوان عناصری که کشش، فشار و خمش را تحمل می‌کنند در جهت آوندها به کار گرفت. استقامت کششی و فشاری چوب در جهت عمود بر الیاف کم‌تر است.

— **تاب برشی** : مقاومت برشی چوب به دلیل ضعف آن در تحمل نیرو در جهت عمود بر الیاف کم است. همین مسئله ناتوانی آن را در تحمل تنش‌های متمرکز، مانند تنش‌هایی که در مجاورت اتصالات پیچ و مهره رخ می‌دهد به دنبال دارد. این ضعف را می‌توان با استفاده از اتصالات چوبی یا اتصالات دیگری، که سطح انتقال بار را در محل اتصال بیش‌تر می‌کند، افزایش داد.

— **تاب ضربه‌ای** : تاب ضربه‌ای چوب به میزان پر و خالی بودن فضاهای درون

آن بستگی دارد. هرچه چوب متخلخل تر باشد تاب ضربه‌ای آن کم تر است.  
معایب چوب مانند گره، ترک، پیچ و آفت‌زدگی خواص مکانیکی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

**خواص شیمیایی:** از نظر خواص شیمیایی قسمت اعظم غشای سلول‌های چوبی را سلولز تشکیل می‌دهد، که از نظر صنایع شیمیایی اهمیت فوق‌العاده دارد (به عنوان مثال جهت تولید کاغذ، پلیمر یا الیاف مصنوعی پارچه از سلولز استفاده می‌شود).

— **هوای خشک:** در حرارت عادی بر سلولز اثر نمی‌کند (به همین دلیل پنبه را که از جنس سلولز است برای لباس استفاده می‌کنند).

— **حرارت:** سلولز در  $150^{\circ}\text{C}$  تغییر رنگ می‌دهد و در  $300^{\circ}\text{C}$  تجزیه می‌شود.

— **اسیدها و بازها:** در صورتی که غلیظ باشند بر آن اثر می‌گذارند و در غیراین صورت اثر چندانی بر آن نمی‌گذارند.

## ۹-۹ بررسی میزان رطوبت در چوب‌ها

میزان رطوبت در چوب درختان مختلف متفاوت است. فصل برش، شرایطی که چوب در آن نگهداری می‌شود و مدت زمانی که از بردن چوب سپری شده در این امر مؤثر است. تغییر میزان رطوبت در چوب بر تغییر حجم و فرم چوب و در نتیجه بر مقاومت مکانیکی آن اثر می‌گذارد. هم‌چنین ازدیاد رطوبت باعث هجوم حشرات و قارچ‌ها به چوب می‌شود.

### مطالعه‌ی آزاد

از نظر میزان رطوبت چوب‌ها را به صورت زیر دسته‌بندی می‌کنند:

۱— **چوب تر یا خیس (چوب دارای آب آزاد):** درختی که به تازگی قطع

شده باشد دارای چوب خیس است. مقدار رطوبت چوب بستگی به جنس درخت، نوع اقلیم، خاک و فصل برش دارد. تبخیر آب آزاد چوب (آبی که در آوندها جریان دارد) موجب هیچ‌گونه تغییر شکلی در حجم چوب نمی‌شود. چوب خیس تا دو برابر وزن چوب خشک ( $200\%$  وزن چوب) آب دارد.

۲— **چوب نم‌دار:** این چوب حاوی آبی است که در جوار سلول‌ها قرار گرفته

است و میزان آن قریب  $30\%$  وزن چوب است. اگر رطوبت از این مقدار اضافه نشود برای برخی کارهای ساختمانی که در مجاورت رطوبت قرار دارند مناسب است. زمانی

که رطوبت پوسته‌ی سلول‌ها شروع به تبخیر می‌کند سلول‌ها به یک‌دیگر نزدیک می‌شوند و در نتیجه حجم چوب کاهش می‌یابد.

۳- چوب خشک : این چوب‌ها حدود ۱۸٪-۱۴٪ وزن چوب رطوبت به همراه دارند و اگر این مقدار افزایش نیابد می‌توان از آن‌ها برای برخی کارها در قسمت‌های داخلی یا بیرونی ساختمان استفاده نمود.

۴- چوب خشک مطلق : میزان رطوبت در این چوب‌ها ۴٪ است.  
چوب خشک بیش‌ترین میزان مصرف در ساختمان را دارا می‌باشد.

## ۹-۶ اشکال گوناگون چوب از نظر مصرف

چوب‌ها از نظر مصرف به اشکال چوب‌های گرد، بریده شده، روکش‌دار و گلولام تشبیه می‌شوند :

الف) چوب‌های گرد : چوب‌های گرد قطری بین ۷۰-۱۴ cm و طولی بین ۱۸ m - ۲/۵ دارند. چوب گرد باید هرس، تمیز و تراز شود. چوب‌های گرد به دو دسته گرده و تیر تقسیم می‌شوند. تفاوت تیر و گرده در این است که در تیرها قطر دوسر تیر باهم یکی نیست، مثلاً قطر یک سر ۲۰ cm و سر دیگر ۵ cm است.

ب) چوب‌های بریده شده : چوب‌ها براساس نوع بریدن و عرضه به بازار به صورت‌های مختلف نام‌گذاری می‌شوند، از جمله گرده‌بند، نیم‌بند، تیرگرد، چهارتراش، الوار، تخته، خرده چوب و خاک‌اره.

### مطالعه‌ی آزاد

— گرده بند (بینه) : چنان چه تنه گرد درخت را برحسب نیاز به قطعاتی با طول مورد نظر ببرند، گرده بینه به‌دست می‌آید.

— نیم‌بند (بینه) : چوبی است که از تقسیم چوب گرده به دو نیم به‌دست می‌آید.

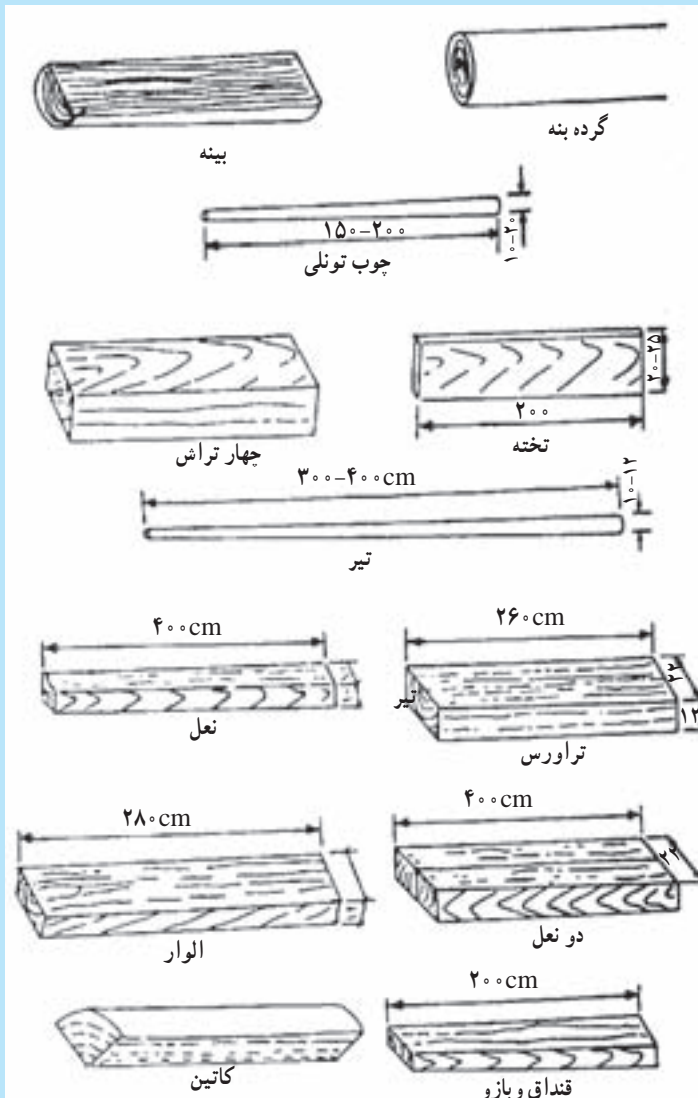
— تیرگرد یا شمع : چنان چه قطر ساقه‌ی درخت در دوسر آن متفاوت باشد به آن تیرگرد می‌گویند. در صورتی که قطر آن‌ها کم باشد از آن به عنوان شمع یا موارد مشابه استفاده می‌شود.

— چهارتراش : چوبی که مقطع آن مربع یا مستطیل است و اندازه‌ی ابعاد سطح مقطع آن معمولاً از ۱۵ سانتی‌متر بیش‌تر است.



— الوار : چوبی که معمولاً مقطع آن مستطیل شکل و ابعاد آن از ۱۵ سانتی متر بیش تر است. الوار ممکن است چهار گوش یا سه گوش باشد.

— تخته : چوبی با مقطع مستطیل، به طول ۶-۲ m، عرض ۲۵-۸ cm و به ضخامت ۷ تا ۲ سانتی متر است. ضخامت تخته از همه انواع دیگر چوب کم تر است.



اسامی چوب‌ها بر اساس نحوه‌ی بریدن آن‌ها

۱- اندازه ابعاد سطح مقطع ۲۵×۴۰؛ ۲۰×۳۰؛ ۱۵×۲۰ سانتی متر می‌باشد.

— خرده چوب: سرشاخ‌های درخت یا قطعات کوچک و غیرقابل استفاده چوب است که معمولاً برای ساخت انواع نئوپان از آن استفاده می‌کنند.

— خاک اره: هنگام برش چوب؛ بخشی از آن که توسط اره بریده می‌شود به صورت خاکه‌های ریز به جای می‌ماند که به آن خاک اره می‌گویند. از خاک اره نیز در تولید نئوپان و انواع چوب‌های مصنوعی استفاده می‌شود.



دستگاه‌های پنج کاره و اره فلکه و دستگاه پرس در انتهای تصویر مربوط به کارگاه نجاری

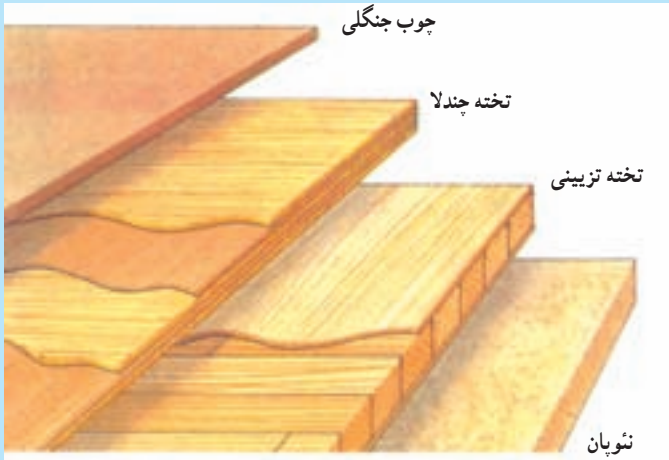
پ) چوب‌های روکش دار (سه لایه و هفت لایه): برخی از چوب‌ها خصوصاً انواع زیبای آن معمولاً کم یاب و گران‌اند. گرده‌ی این چوب‌ها را به صورت لایه‌های نازک ورقه‌ای (روکش) آماده می‌کنند و از آن در تولید تخته‌های سه لایه، هفت لایه و انواع تخته‌های روکش دار استفاده می‌نمایند.

از زائادات چوب می‌توان تخته‌های نئوپان، تخته فیبر و صفحات چوب سیمان<sup>۱</sup> را تولید کرد و در معماری داخلی و طراحی دکوراسیون مورد استفاده قرار داد.

---

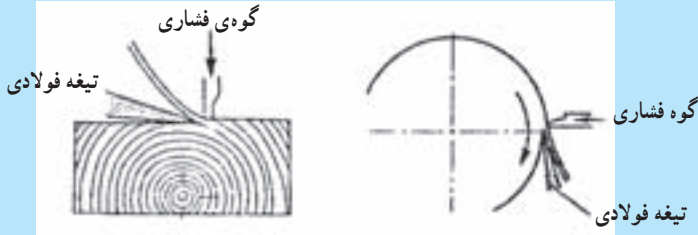
۱- نوعی نئوپان است که به مواد اولیه‌ی آن سیمان اضافه می‌شود.

تهیه چوب‌های روکش‌دار: برای این منظور معمولاً سطح چوب‌های نامرغوب و ساده یا سطح تخته‌های مصنوعی، مانند نئوپان و فیبر را با روکشی (ورقه‌هایی) از چوب مرغوب و زیبا می‌پوشانند و در کارهای درودگری و نجاری از آن استفاده می‌کنند. ضخامت روکش‌ها تا ۳/۰ mm نیز می‌رسد.



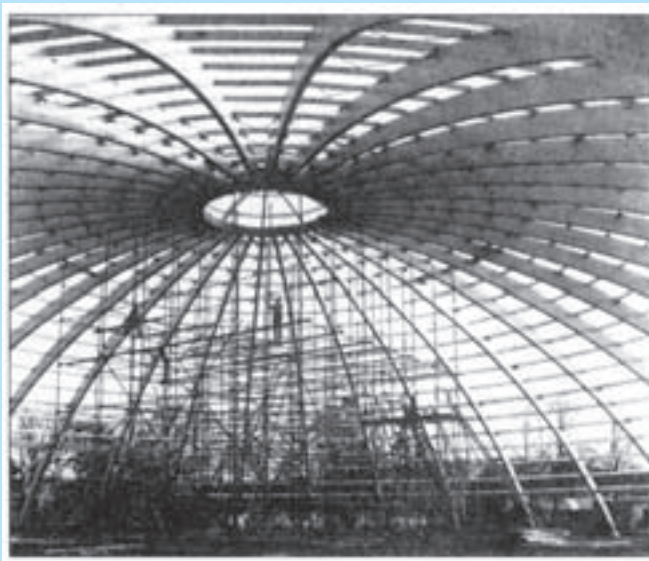
مقاطع‌ی از تخته‌های نئوپان، چندلای، چوب جنگلی و تخته‌های تزئینی

برای ساخت این چوب‌ها لایه‌های نازک روکش را به ضخامت ۱ تا ۲ میلی‌متر در جهت مخالف الیاف روی یک‌دیگر قرار می‌دهند و بین آن‌ها چسب زده می‌شود. سپس این لایه‌ها با پرس گرم و تحت فشار به یک‌دیگر می‌چسبند. روی لایه‌ی نهایی این تخته‌ها، می‌توانند انواع روکش‌های تزئینی از چوب‌های مرغوب و زیبا مثل گردو، آکاژور، ساج و ... بچسبانند. تخته‌های چندلای (هفت‌لای) مزایای ویژه‌ای در مقایسه با چوب دارند. وجود لایه‌های چسب بین ورقه‌های نازک (روکش) خاصیت جذب رطوبت آن را کاهش و تاب مکانیکی آن را بهتر می‌کند.



نحوه‌ی تهیه روکش برای ساخت تخته‌ی هفت لایه‌ی

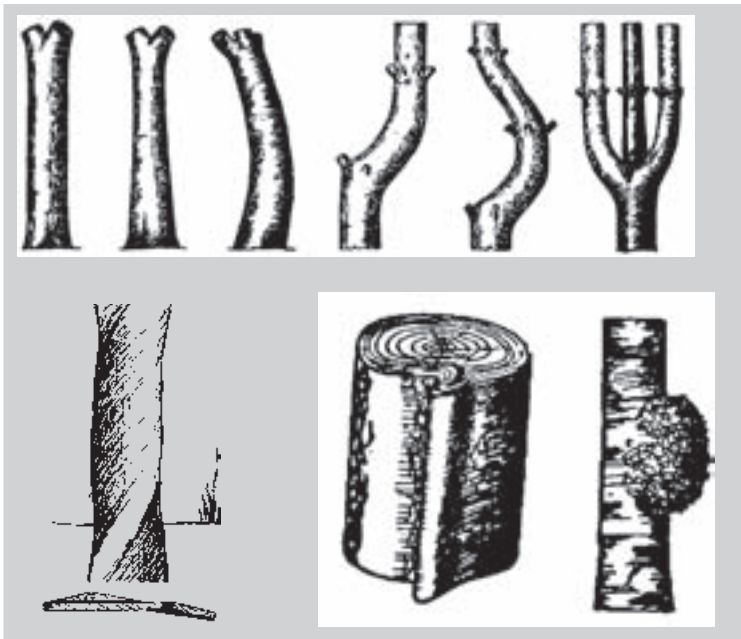
ت – تخته‌های گلولام<sup>۱</sup>: گلولام شیوه‌ای است که در آن قطعات چوب کوچک، که به لحاظ شکل و فرم و اندازه محدودیت استفاده از آنها وجود دارد، از طریق چسباندن لایه‌ها روی هم به اندازه‌های بزرگ یک پارچه و فرم‌داری مبدل می‌شوند. با استفاده از قطعات و تیرهای گلولام می‌توان نیاز به تیرها و چوب‌های خم شده (انحنادار) و قوس‌دار چوبی و قاب‌هایی با دهانه وسیع را تأمین کرد.



مقاطع چوبی چندلایه می‌توانند به اشکال مختلف تهیه شوند. قوس‌های چوبی چندلایه گلولام که برای ایجاد اسکلت گنبدی سالن ورزش به کار رفته‌اند.

## ۹-۷- معایب چوب و چگونگی حفاظت از آن

ارزش‌های هنری، مهندسی، کارکردی و تجاری چوب به واسطه‌ی معایب آن پایین می‌آید. عیوب چوب باعث می‌شود که عمر، مقاومت و زیبایی آن لطمه ببیند. به همین دلیل شناخت معایب چوب و تلاش برای رفع این معایب در صنعت چوب اهمیت فراوانی دارد. عیوب چوب ممکن است گره، ترک، پیچ‌خوردگی، یک طرفه روئیدن، پرشاخ و برگ بودن باشد که اغلب به هنگام روئیدن درخت به وجود آید. (شکل ۹-۶)



شکل ۹-۶- تصاویر معایب طبیعی موجود در چوب

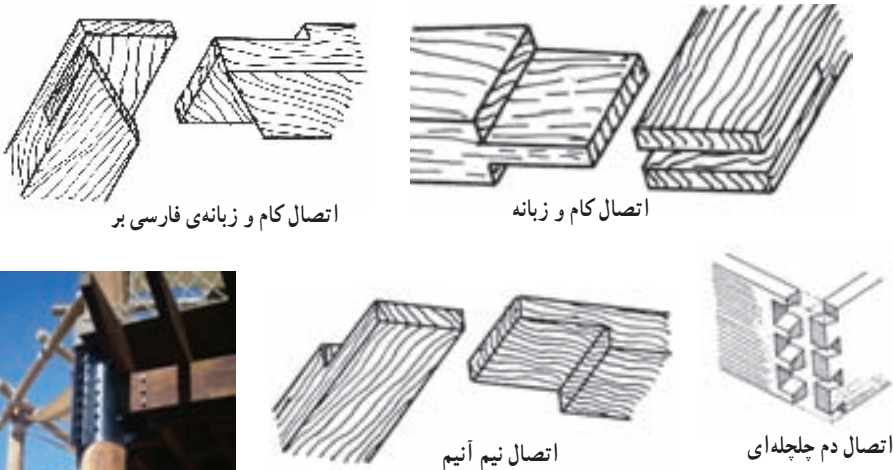
معایب بعد از قطع درخت و تهیه‌ی الوار نیز شامل ترک معمولی (شکاف و گسیختگی)، ترک یخ‌زدگی، آفات و جذب رطوبت است. چوب را می‌توان از طریق اشباع کردن با مواد شیمیایی، رنگ، ترکیب لاک و الکل، کیلر، پلی‌استر، سوزاندن سطح چوب، قیراندود کردن در برابر آفات، حشرات، تغییرات شرایط آب و هوایی، اسیدها و قارچ‌ها محافظت نمود.

## ۹-۸- حفاظت چوب در برابر آتش سوزی

یکی از مهم ترین عیوب چوب خطر آتش سوزی آن است. روش های مختلفی برای محافظت چوب در برابر آتش سوزی وجود دارد. اندود کردن توسط پوشش های گچی؛ استفاده از آب شیشه ها و رنگ های ضد اشتعال و ضد آتش (سیلیکونی) از این روش ها محسوب می شوند. این رنگ ها ویژگی ضد آتش فوق العاده ای دارند. مواد قابل احتراق این رنگ ها از مواد قابل احتراق چوب کم تر است به همین دلیل خاصیت ضد اشتعال دارند. این رنگ ها در هنگام بروز آتش یا مواجه شدن با حرارت دود های شعله خفه کن تولید می کنند، یا به ماده اسفنجی عایق حرارت تبدیل می شوند و از بروز آتش سوزی یا گسترش آن جلوگیری می کنند. (شکل ۹-۷)

## ۹-۹- اتصالات چوبی

اتصال قطعات چوب به یک دیگر با استفاده از میخ، پیچ، چسب و انواع برش هایی که در چوب ایجاد می شود صورت می گیرد. در اشکال زیر برخی اتصالات چوبی نشان داده شده است.



اتصال کام و زبانه‌ی فارسی بر

اتصال کام و زبانه



اتصال نیم آنیم

اتصال دم چلچله‌ای

شکل ۹-۷- انواع اتصالات چوبی

۱- نوعی شیشه که به دلیل ترکیبات شیمیایی در آب حل می شود. برای توضیح بیشتر به مطالعه آزاد صفحه ۱۳۰ مراجعه شود.

- ۱- ساختمان درخت را تشریح کنید؟ کدام قسمت درخت قابلیت استفاده‌ی بهتری در ساختمان دارد؟
- ۲- سخت چوب‌ها و نرم چوب‌ها چه نوع چوبی هستند و چه تفاوتی با یک‌دیگر دارند؟
- ۳- پنج مورد از خواص فیزیکی و مکانیکی چوب را نام ببرید.
- ۴- چهار مورد از عیوب چوب را، به هنگام رویش یا بعد از آن، نام ببرید.
- ۵- دو مورد از اقداماتی را که برای حفاظت و مراقبت چوب در برابر آتش‌سوزی می‌توان انجام داد نام ببرید و توضیح دهید.
- ۶- دو مورد از اقداماتی را که برای حفاظت و مراقبت چوب در برابر نفوذ آفات و حشرات می‌توان انجام داد نام ببرید.

## فلزات

هدف های رفتاری : در پایان فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- کاربرد فلزات آهنی را در ساختمان شرح دهد.
- ۲- کاربرد فلزات غیرآهنی را در ساختمان توضیح دهد.
- ۳- روش های مختلف تولید فولاد را شرح دهد.
- ۴- مقاطع مختلف فولاد ساختمانی را توضیح دهد.
- ۵- نقش عناصر اصلی تشکیل دهنده ی فولاد را در کیفیت فولاد تولیدی شرح

دهد.

- ۶- مهم ترین کاربردهای فلز آلومینیوم را نام ببرد.
- ۷- مهم ترین کاربردهای فلز مس را نام ببرد.

### مقدمه

هنگامی که انسان آتش را کشف کرد و به کار گرفت با فلزات روبه‌رو شد و اندکی بعد ریخته‌گری و ذوب فلزات تولد یافت. مس اولین فلزی بود که در کارگاه ریخته‌گری شکل گرفت و بعد از مدتی عناصر و مواد دیگری در مخلوط سنگ مس پیدا شد که استحکام آن را بالا برد و بدین ترتیب دوره ی برنز در حدود پنج هزار سال قبل از میلاد آغاز گردید. *بر اساس شواهد تاریخی اولین انسان‌هایی که از فلز استفاده کردند مردمان سرزمین‌های بین‌النهرین<sup>۱</sup> (بخش‌هایی از ایران قدیم، عراق و ترکیه) بودند.*

۱- ناحیه‌ای در آسیای غربی در امتداد رودهای دجله و فرات و بین آن‌هاست که قسمت جنوبی آن مهد تمدن بشری بوده است.



آثار باستانی به دست آمده از تپه حسنلو در آذربایجان غربی نشان می‌دهد که سال‌ها قبل از میلاد، ذوب فلز در ایران رواج داشته است، اما تولید صنعتی فلز در ایران را می‌توان به تأسیس کارخانه‌ی توپ‌سازی در زمان صفویه نسبت داد.

مواد فلزی در صنعت به دو گروه فلزات آهنی (شامل مجموعه‌ی آلیاژهای آهن)؛ و فلزات غیرآهنی (شامل کبلیه‌ی آلیاژهای غیرآهنی) تقسیم‌بندی می‌شوند. فلزات آهنی و آلیاژهای آن شامل انواع فولادها و چدن‌ها و فلزات غیرآهنی شامل آلومینیوم، مس، نیکل، روی، سرب، قلع، کرم، تیتانیوم، ... و آلیاژهای آن‌هاست.

## ۱-۱۰- فلزات آهنی

آهن ماده‌ی جدیدی نیست و انسان از زمان‌های بسیار دور با آن آشنا بوده است. هرچند استفاده از آن بسیار محدود بوده و خصوصاً در ساختمان به ندرت به کار می‌رفته است. آهن ارزان‌ترین و بعد از آلومینیوم فراوان‌ترین فلز دنیاست. در حدود ۹۰ درصد تولیدات فلزات دنیا را آهن و آلیاژهای آن تشکیل می‌دهد. آهن خالص بیش‌تر به صورت فولادهای ساده‌ی کربنی و چدن استفاده می‌شود.

مصرف این فلز از ابتدای قرن ۱۸ و با انقلاب صنعتی روبه‌فزونی گذاشت و از زمانی که تهیه‌ی آهن به نحو صنعتی مقدور گردید، اهمیتی کاملاً تازه یافت. افزایش ناگهانی عرضه‌ی آهن که به

دلیل تولید کارخانه‌ای صورت گرفت سیمای جهان را تغییر داد و این ماده‌را، که ابتدا فقط برای ساخت ماشین‌آلات به کار می‌رفت، وارد عرصه‌ی ساختمان نمود. (شکل‌های ۱-۱۰ و ۱-۲)



شکل ۱-۱۰- کریستال پالاس - ژوزف پاکستون - لندن ۱۸۵۱

استفاده از آهن، به عنوان یک مصالح ساختمانی، ابتدا در ساختن شیروانی‌ها در کشورهای اروپایی معمول شد، زیرا بام‌های چوبی مرتباً طعمه‌ی حریق می‌شد. پس از آن روش‌های صنعتی جدید امکان تهیه‌ی ستون

۱- ورود آهن به صنعت ساختمان مرهون Sir Henry Bessemer است که در سال ۱۸۵۵ امکان تولید انبوه اقتصادی آن را از طریق دمیدن اکسیژن در فلز مذاب به وجود آورد.

چدنی را برای استفاده در ساختمان میسر کرد.



شکل ۲-۱۰- برج ایفل در حال ساخت - پاریس ۱۸۸۹ میلادی

### مطالعه‌ی آزاد

نخستین بنای بزرگی که در آن از چدن (و شیشه) به مقدار زیاد استفاده شد کریستال پالاس<sup>۱</sup> (قصر بلوری، لندن ۱۸۵۱) بود که توسط ژوزف پاکستون<sup>۲</sup> ساخته شد. برج ۳۰۰ متری ایفل (بدون در نظر گرفتن آنتن تلویزیونی آن) که برای نمایشگاه ۱۸۸۹ پاریس ساخته شده بود اوج کاربرد فلزات آهنی در ساختمان‌های مهندسی آن زمان محسوب می‌شود.

### آهن خام

برای تهیه‌ی آهن ابتدا از طریق گداختن سنگ آهن در کوره‌های آهن‌گدازی؛ آهن خام اسفنجی<sup>۳</sup> به دست می‌آورند و سپس با استفاده از آن چدن و فولاد می‌سازند. آهن در هوای مرطوب زنگ می‌زند و به هیدرواکسید آهن تبدیل می‌شود. آهن خالص مصرف ساختمانی ندارد. سنگ‌های آهن معمولاً خالص نیستند و دارای ناخالصی‌های سیلیسی، رسی یا آهکی اند.<sup>۴</sup> لازمی تولید آهن خام فراهم نمودن موارد اساسی زیر است:

الف) سنگ آهن، که ممکن است به صورت سنگ آهن مغناطیسی (مگنتیت) یا

۱- Cristal Palace

۲- Joseph Paxton

۳- آهنی است که به تنهایی استفاده‌ی ساختمانی ندارد و ماده‌ی اولیه‌ی تهیه چدن و فولاد و دیگر آلیاژهای

آهنی است.

۴- اگر سنگ آهن سیلیسی باشد از گدازآورهای آهکی و اگر جنس آن آهکی باشد از گدازآورهای سیلیسی

استفاده می‌شود.

هیدرواکسید آهن، کربنات آهن و یا سولفور آهن باشد. استحصال آهن از سنگ‌های آهنی که کم‌تر از ۲۵٪ وزنشان آهن داشته باشند مقرون به صرفه نیست. سنگ آهن از اجزای مهم تهیه فولاد است که از معادن روباز استخراج و توسط بلدوزر یا بیل جابه‌جا می‌شود و با کامیون به محل مورد نظر انتقال می‌یابد.

ب) کک، که برای سوخت کوره و ترکیب شدن با آهن به منظور ایجاد کربور آهن استفاده می‌شود.

ج) کوره آهن‌گدازی، که برای جدا کردن آهن از سنگ‌های آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آهن خام در مواجهه با حرارت بالا بدون آن که خمیری شود ذوب می‌شود (مانند یخ) و خاصیت چکش‌خواری ندارد. هم‌چنین ضربه‌پذیر نیست و زیر ضربه می‌شکند. این آهن برای آهن‌گری مناسب نیست و چون خمیری نمی‌شود نمی‌توان آن را نورد داد. بنابراین باید ترکیب و میزان عناصر تشکیل‌دهنده آن را به گونه‌ای تنظیم نمایند تا قابلیت کاربرد ساختمانی پیدا نماید. (به عنوان مثال چنانچه مقداری از کربن آن را بسوزانند و سیلیس آن را بگیرند تبدیل به چدن می‌شود.)

## ۲-۱۰- انواع کوره‌های آهن‌گدازی

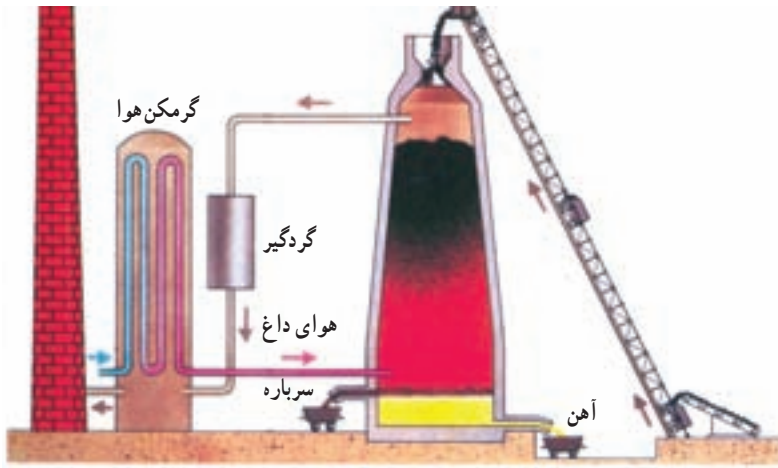
۱- کوره آهن‌گدازی بلند: این کوره از سه قسمت تنوره، آتش‌خانه و بوته تشکیل شده و سوخت آن کک است. (شکل ۳-۱۰) تنوره در بالا، آتشخانه در میانه و بوته در پایین کوره جا دارند. در بالای تنوره درپوشی است که از بیرون رفتن گاز کوره و حرارت آن جلوگیری می‌کند. دور این درپوش سکوی بزرگی وجود دارد که کوره از آن جا بارگیری می‌شود.

سوخت کوره‌های آهن‌گدازی بلند باید سخت باشد تا در اثر سنگینی بار کوره خرد نشود. در صورت خرد شدن، سوخت هوا به راحتی در کوره جریان پیدا نمی‌کند و کوره اصطلاحاً خفه می‌کند و خاموش می‌شود.

۲- کوره‌های آهن‌گدازی برقی که برای ذوب سنگ آهن از برق استفاده می‌شود.

۳- کوره‌های تنوره‌ای یا خفته، که با استفاده از گاز کربن یا هیدروژنی که از گاز نفت می‌گیرند آهن خام اسفنجی تولید می‌کنند.

۱- نورد دستگاهی شبیه به وردنه‌ی نانوایی است که خمیر را با آن پهن می‌کنند. در صنایع فولاد دستگاه نورد برای شکل دادن به



شکل ۳-۱- تصویر شماتیک کوره‌ی بلند آهن‌گذاری

### ۳-۱- مشتقات آهن

مهم‌ترین مشتقات آهن شامل چدن و انواع فولاد است، که با توجه به اهمیت و گسترش کاربرد آن در ساختمان، ابتدا نحوه‌ی تولید، خواص و انواع محصولات ساختمانی آن شرح داده می‌شود.

**فولاد<sup>۱</sup>:** فولاد یا پولاد از آلیاژهای آهن است که از زمان‌های گذشته شناخته شده بود و برای تولید جنگ افزار از آن استفاده می‌کردند. اصطلاحاً زمانی که درصد کربن در آلیاژ آهن-کربن کم‌تر از دو درصد باشد به آن فولاد می‌گویند. برای این منظور کربن موجود در آهن خام سفید را می‌سوزانند تا میزان آن کاهش یابد.<sup>۲</sup> معمولاً نسبت کربن در اکثر فولادها کم‌تر از یک درصد است. (جدول ۱-۱)

۱- Steel

۲- میزان کربن به ۱/۵ - ۰/۲٪ برسد.

## جدول ۱-۱- تأثیر عناصر آلیاژی بر خاصیت فولاد

عناصر آلیاژی	تأثیری که بر خاصیت فولاد به جای می‌گذارد
کربن و سیلیسیم	تردی - تاب کششی
منگنز و سیلیسیم	سختی
گوگرد	روانی و تاب ضربه‌ای
فسفر	شکندگی
کرم و مس	پیش‌گیری از زنگ‌زدگی

**فولاد ساختمانی زنگ نزن:** برای این منظور حداقل ۱۲٪ وزنی فولاد به آن کرم اضافه می‌شود. علاوه بر این آلیاژهای فولادی دیگری که در برابر زنگ‌زدگی مقاوم‌اند نیز وجود دارد. حلیبی ورق‌ی فولادی و نازک با پوشش قلع است و آهن سفید ورق‌نازک فولادی با ضخامت کم و پوشش روی است و هر دو در برابر زنگ‌زدن مقاوم‌اند.

### مطالعه‌ی آزاد

#### روش‌های ساخت فولاد

در گذشته از طریق خمیری کردن آهن خام و سوزاندن کربن آن اقدام به تهیه‌ی فولاد می‌کردند. در حال حاضر این روش استفاده چندانی ندارد و منسوخ شده است. در این روش آهن خام را در تغار کوچک فولادی می‌ریختند و به آن شعله می‌دادند تا ذوب شود. این آهن را هم می‌زدند تا کربن آن بسوزد و درجه‌ی ذوب آن بالا برود و خمیری شود. خمیر فولاد را تکه تکه با گازانبر از کوره بیرون می‌آوردند و با پتک به آن می‌کوبیدند تا سرباره‌ی آن بریزد و به شمش تبدیل شود. چند شمش را به همین ترتیب با یک‌دیگر دسته می‌کردند و مجدداً در کوره گرما می‌دادند تا سرخ شود و با پتک سنگین آن‌ها را یک‌پارچه می‌کردند. کوره‌های آهنگری قدیمی با همین روش فولاد تهیه می‌کردند.

روش دیگر که امروزه برای تولید فولاد استفاده می‌شود اکسیژن‌دهی یا شعله‌دادن به آهن مذاب است. در این روش ابتدا آهن خام تولید شده را با تغارهای فولادی به تانک مخلوط‌کن گهواره‌ای بسیار بزرگ با ظرفیت ۱۰۰۰ تن و بیش‌تر منتقل می‌کنند، تا سرباره‌ها را از آن جدا نمایند. پس از آن آهن خامی که سرباره‌ی آن گرفته شده است در

تغارهای فولادی ریخته می‌شود و این تغارها را در پاتیل‌های فولادسازی تخلیه می‌کنند و به آن اکسیژن وارد می‌کنند تا کربن مازاد آن گرفته شود. فولاد برای مقاصد و مصارف گوناگون آماده می‌شود و بر این اساس عناصر

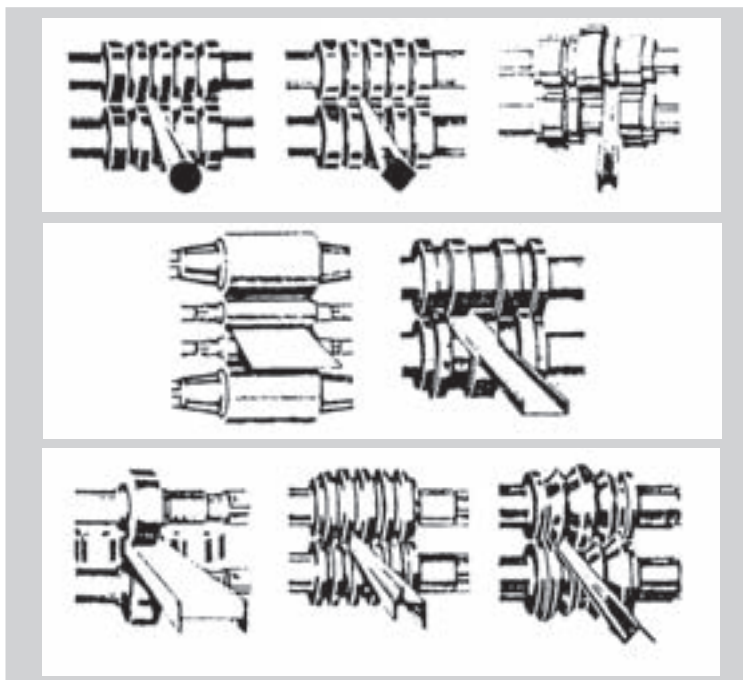


تصویری از پاتیل تهیه‌ی فولاد به روش اکسیژن‌دهی

تشکیل‌دهنده‌ی آن را تنظیم می‌کنند. مثلاً برای تهیه‌ی فولاد خشکه، که در صنایع نظامی و ساخت مته و ... کاربرد دارد، فولاد به‌دست آمده از کوره‌های فولادسازی را در بوت‌های نسوزی به ظرفیت ۳۰-۴۰ kg ذوب می‌کنند و ناخالصی‌های آن را با درست کردن سرباره از آن جدا می‌نمایند. پس از آن میزان سیلیسیم، منگنز، نیکل و ... را تنظیم می‌کنند تا خشکه‌ی موردنظر درست شود.

— **شکل دادن به فولاد:** فولاد با استفاده از روش‌های نورد زدن، ریختن، آهنگری، کشیدن و پرس کردن شکل داده می‌شود.

— **نورد زدن:** امروزه بیش‌تر فرآورده‌های فولادی را از طریق نورد زدن به تولید می‌رسانند و به بازار عرضه می‌شوند. برای این منظور فولاد را در گرمای  $114^{\circ}\text{C}$  -  $105^{\circ}\text{C}$  سرخ می‌کنند تا به خمیر سفت تبدیل شود. سپس این خمیر را نورد می‌زنند. قطعه‌ی فولاد موردنظر باید از فرقه‌های چنددستگاه نورد بگذرد تا به شکل مورد نظر درآید. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱۰- نورد فولاد در مقاطع با اشکال مختلف

— **فولادریزی:** در این روش، قالب موردنظر را تهیه می‌کنیم و فولاد مذاب درون قالب ریخته می‌شود. چون فولاد هنگام سرد شدن اندکی جمع می‌شود قالب را از هر طرف ۲-۱/۵٪ بزرگ‌تر می‌سازند تا پس از سرد شدن فولاد ریخته شده اندازه موردنظر را پیدا کند.

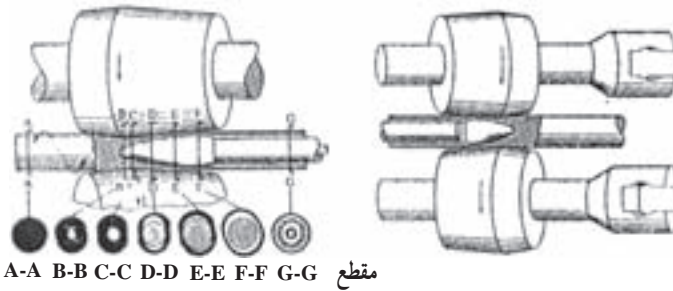
— **آهنگری:** آهنگری و چکش کاری قدیمی‌ترین روش شکل دادن به فلزات است. در قدیم چون روش چکش کاری بیش‌تر برای شکل دادن قطعات آهنی نظیر نیزه، شمشیر، سپر و قطعات کشاورزی به کار برده می‌شد به آن آهنگری می‌گفتند. برای این منظور ابتدا به فولاد حرارت می‌دهند تا به صورت خمیری سفت درآید، سپس آن را با پتک می‌کوبند یا چکش کاری می‌کنند تا به شکل موردنظر درآید.

— **کشیدن:** میله‌های فولادی و فولادهای گرد ضخیم‌تر از ۵ mm را با نورد و کم‌تر از آن را با کشیدن به دست می‌آورند. برای ساختن میله یا سیم فولادی کم‌تر از ۵ mm آن را می‌کشند. چون کشیدن فولاد سرد بر سختی آن تأثیر می‌گذارد و خطر پاره شدن را به همراه دارد، گاهی اوقات ابتدا به آن گرما می‌دهند تا سرخ شود و سپس کشیده می‌شود.

— **پرس کردن:** در این روش ورق‌های فولاد توسط پرس‌های چند تنی به شکل موردنظر

درمی آید. در صنایع اتومبیل سازی قسمت های مختلف بدنه ی اتومبیل را از طریق پرس کردن تهیه می کنند.

— **لوله سازی:** فولاد از طریق نورد زدن، یا جوش دادن درز تسمه یا ورق فولادی به شکل لوله درمی آید. در روش دیگر از طریق مغزی گذاری و نورد زدن لوله بدون درز ساخته می شود. (شکل ۱۰-۵)



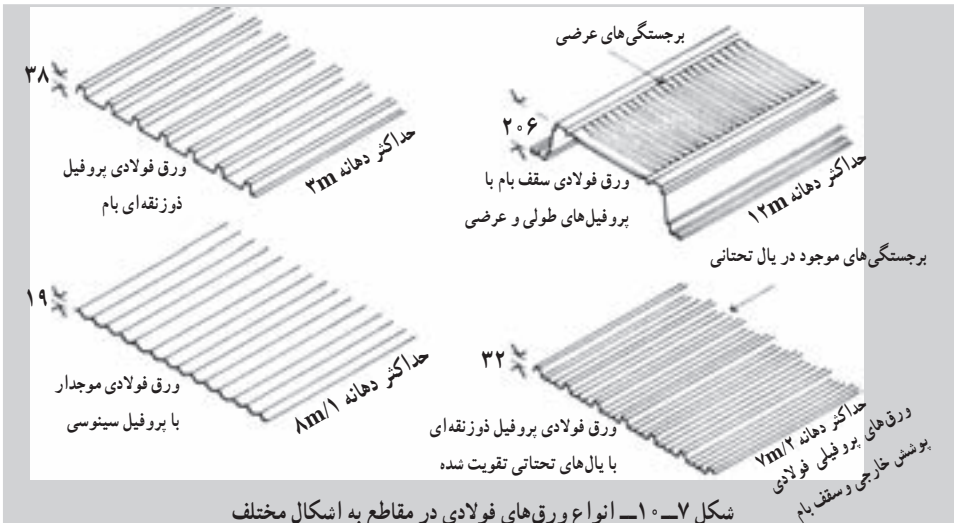
شکل ۱۰-۵- تولید لوله بدون درز توسط مغزی گذاری

#### ۱۰-۴- اشکال و مقاطع مختلف فولادهای ساختمانی

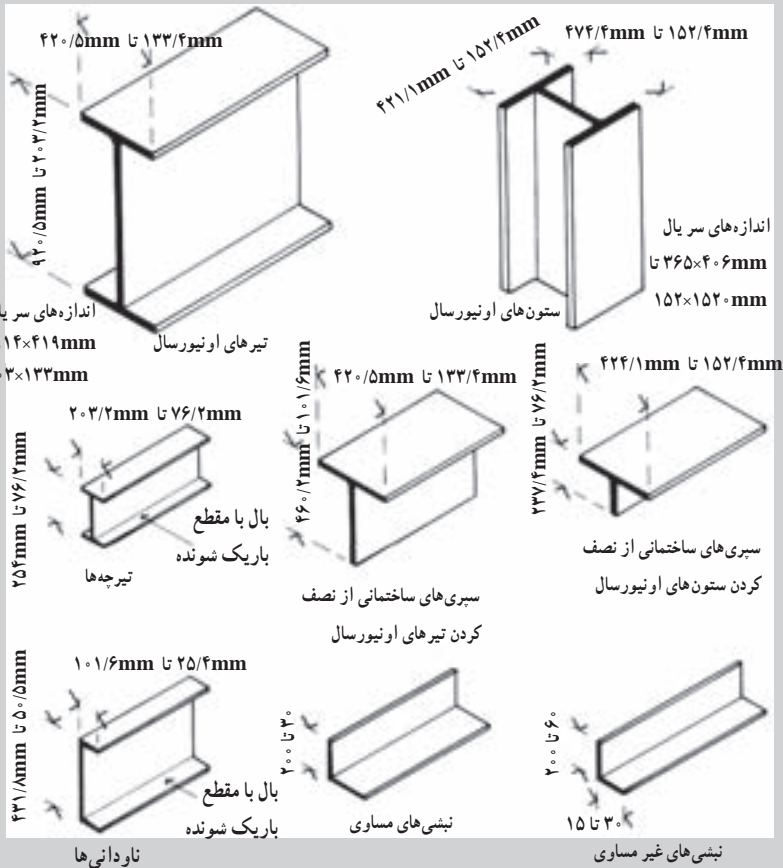
فولاد ساختمانی را در اشکال و مقاطع مختلف، مانند تیر آهن های معمولی و بال پهن، میل گرد، ورق، تسمه، سپری، نبشی و انواع پروفیل های در و پنجره تولید می کنند، آن گاه به بازار عرضه می شود. (شکل های ۱۰-۶ تا ۱۰-۹)



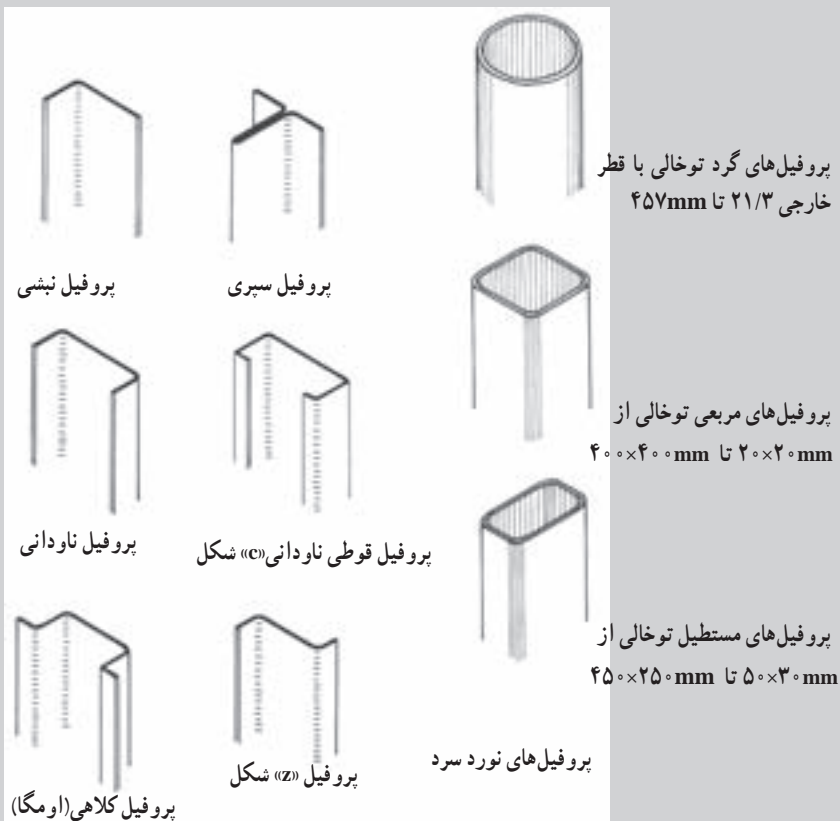




شکل ۷-۱۰. انواع ورق‌های فولادی در مقاطع به اشکال مختلف



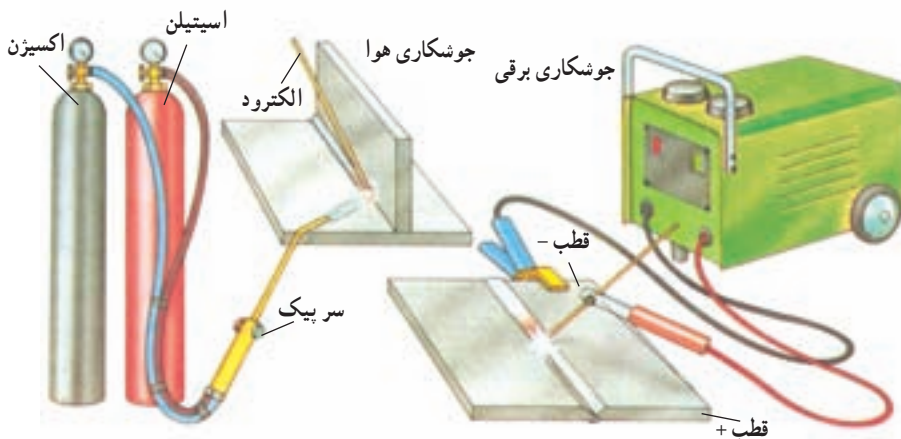
شکل ۸-۱۰. پروفیل‌های فولادی نورد گرم



شکل ۹-۱۰- انواع پروفیل‌های فولادی توخالی و خمیده اشکال مختلف

## ۵-۱- روش‌های اتصال قطعات فلزی

اتصال قطعات فلزی به یک‌دیگر از طریق پرچ، پیچ و مهره، بست و جوشکاری انجام می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از جوشکاری برای اتصال قطعات فلزی رواج بیش‌تری یافته است. جوشکاری با استفاده از تجهیزات مختلف انجام می‌شود و برای هر قسمت از ساختمان با توجه به بارهای وارد شده، از جوش برق (شکل ۱۰-۱) یا جوش کاربیت (هوا) (شکل ۱۱-۱) استفاده می‌شود. مثلاً برای اتصال قطعات اسکلت فلزی، پروفیل‌های در و پنجره و ... از جوش برق و برای اتصال قطعات فلزی که ضخامت آن‌ها از ۲mm کم‌تر است از جوش کاربیت استفاده می‌شود.



شکل ۱۱-۱- دستگاه جوش هوا

شکل ۱۰-۱- دستگاه جوش برق

## ۶-۱۰- چدن

چدن‌ها مهم‌ترین گروه از آلیاژهای آهنی بعد از فولادهای ساده کربنی (ورق، تیرآهن، نبشی و...) هستند. میزان کربن چدن‌ها حداکثر چهار درصد و میزان سیلیسیم موجود در آن‌ها بین ۰/۵ الی ۳/۵ درصد است. چدن کربور آهنی است که از آهن خام ساخته می‌شود. برای ساختن چدن، آهن خام را در کوره‌ی شعله‌ای یا برقی مجدداً ذوب می‌کنند و با تنظیم میزان عناصر کربن، فسفر، منگنز، سیلیسیم در آن و اضافه کردن کمی هم آهن قراضه به آن ناخالصی‌ها به شکل سرباره در بالا قرار می‌گیرند و آن‌چه به جای می‌ماند چدن است.

چدن نیز مانند آهن خام، بدون این که خمیری شود در گرمای  $1300^{\circ}\text{C}$  -  $1150^{\circ}\text{C}$  ذوب می‌شود (مانند یخ). جنس چدن سخت و ترد است و اگر فسفر آن زیاد باشد شکننده می‌شود. چدن خاصیت چکش‌خواری خوبی ندارد و در برابر آتش و رطوبت پایدارتر از فولاد است. نمونه‌هایی از قطعات چدنی که در ساختمان‌ها با آن‌ها مواجهیم لوله‌های آب‌رسانی؛ لوله و اتصالات فاضلابی، پره و دیگ‌های شوفاژ، دریچه‌های آب، فاضلاب، مخابرات و آتش‌نشانی موجود در کوچه‌ها و خیابان‌ها هستند.

## ۷-۱۰- آلومینیوم

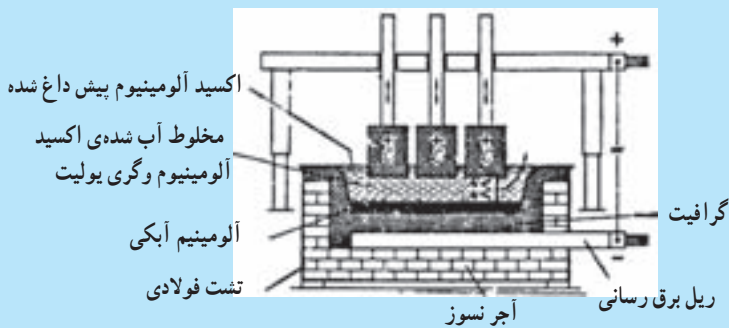
تمام فلزات به جز آهن و فولاد در گروه فلزات غیرآهنی قرار دارند. آلومینیوم فلزی با ظاهری نقره‌ای، خاکستری مات، جلاپذیر، نرم، سبک و چکش‌خوار است و به آسانی شکل داده می‌شود. این

فلز، پس از آهن، پرمصرف‌ترین فلز محسوب می‌شود و مصرف آن روز به روز بیش‌تر می‌شود. آلومینیوم مهم‌ترین فلز غیرآهنی است که در گرمای  $658^{\circ}\text{C}$  ذوب می‌شود و در مقایسه با آهن وزن مخصوص کم‌تر است. ولی با وجود این، استحکام بعضی از آلیاژهای آن از فولاد ساختمانی نیز بیش‌تر است. آلومینیوم دارای کاربردهای مختلف از جمله استفاده در ساخت ظروف، قطعات صنعتی، ساختمان و معماری است. امروزه از آلومینیوم و آلیاژهای آن در سطح وسیعی در مصارف ساختمانی (درب، ورق، پنجره، دست‌گیره)، مصارف شهرسازی (لوله و اتصالات)، مصارف خانگی (کتری - قابلمه)، مصارف تجاری و بسته‌بندی (پاکت‌های شیر و آب میوه، قوطی نوشابه، فویل)، مصارف الکتریکی (کابل‌ها) و مصارف هواپیمایی، اتومبیل و کشتی‌سازی استفاده می‌شود.

### مطالعه‌ی آزاد

#### فرآوری آلومینیوم

برای تهیه‌ی آلومینیوم سنگ معدن بوکسیت را پس از استخراج در سنگ شکن‌ها خرد می‌کنند و آن را با سود سوزآور ترکیب می‌نمایند.



کوره‌ی ذوب سنگ آلومینیوم

سپس این ترکیب در کوره با دمای  $2000^{\circ}\text{F}$  یا  $1100^{\circ}\text{C}$  پخته و تبدیل به آلومینیوم اکسید (آلمینا) می‌شود و با عبور جریان الکتریکی  $250,000$  آمپر از آلمینا آن را به مولکول‌های تشکیل‌دهنده‌اش، یعنی آلومینیوم و اکسیژن تجزیه می‌کنند. آلومینیوم در ته مخزن قرار می‌گیرد و به بیرون از آن منتقل می‌شود.



کاربرد ورق‌های کمپوزیت آلومینیومی در نمای بیرونی فرودگاه کیش

پروفیل‌های آلومینیوم در مقاطع مختلف برای تولید در، پنجره، ورق، میل‌گرد، چهارچوب، تسمه و شمش ساخته می‌شود. به منظور افزایش مقاومت سطوح آلومینیومی در برابر عوامل جوی و خوردگی سطوح آن‌ها پوشش آنودایز می‌شود. «آنودایز» فرآیندی الکتروشیمیایی است که طی آن لایه‌ی جدیدی سخت‌تر از فلز اصلی به وجود می‌آید. این پوشش امکان رنگ‌آمیزی را نیز ممکن می‌سازد.



انواع مختلف مقاطع آلومینیومی برای پنجره

مس یکی دیگر از فلزات غیر آهنی پرمصرف و قدیمی‌ترین فلز صنعتی است. مس، بعد از نقره، هادی‌ترین فلز است. مس در صنعت ساختمان، در مصارف الکتریکی (سیم و کابل)، مصارف خانگی (دیگ، سماور، کتری)، وسایل صوتی، کشتی‌سازی، مجسمه‌سازی، صنایع دستی و تزئینات ساختمان کاربرد وسیعی دارد. آلیاژهای مس بسیار متنوع‌اند و از میان آن‌ها می‌توان به برنز یا مفرغ (که آلیاژی از مس و اندکی قلع، سرب و نیکل است) برنج‌ها (آلیاژ مس و روی) و آلومینیوم برنز (ترکیبی از برنز و آلومینیوم) اشاره کرد.

## پرسش‌های پایان فصل

- ۱- فلزات ساختمانی به چند گروه تقسیم می‌شوند؟ از هر گروه مثال‌هایی ذکر کنید.
- ۲- آهن و فولاد چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
- ۳- دو روش شناخته شده‌ی تولید فولاد را نام ببرید و توضیح دهید.
- ۴- انواع روش‌های شکل دادن به مقاطع فولادی را نام ببرید.
- ۵- چدن چیست و چه کاربردی در ساختمان دارد؟
- ۶- آلومینیوم چه خواصی دارد؟