فصل پنجم

آهن، آلومینیم، سرب، روی و برنج

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ موارد استفاده‌ی آهن در ساختمان را شرح دهد.

۲ــ انواع آهن را بشناسد و معرفی کند.

۳ــ نحوه‌ی تولید فولاد را توضیح دهد.

۴ــ شکل دادن به فولاد را شرح دهد.

۵ ــ خواص آلومینیم را توضیح دهد.

۶ــ کاربرد آلومینیم را در ساختمان شرح دهد.

۷ــ علت مصرف روزافزون آلومینیم را در ساختمان توضیح دهد.

۸ ــ مورد مصرف سرب را در کارهای ساختمانی معرفی کند.

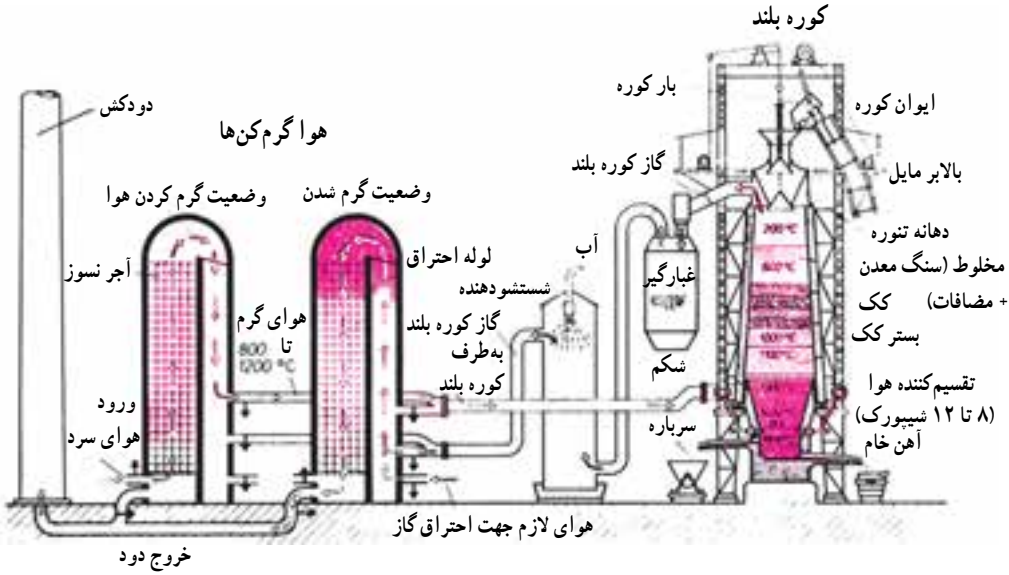
۹ــ مورد مصرف روی را شرح دهد.

۱ــ۵ــ آهن خام

از ذوب و گداختن سنگ آهن در کوره‌های آهن‌گدازی آهن خام حاصل می‌شود. برای تهیه آهن خام در کوره‌ی آهن‌گدازی بلند، به سنگ آهن، سوخت و گدازآور نیاز است.(شکل ۱ــ۵)

علاوه بر کربن، آهن خام دارای سیلیسیم، گوگرد، منگنز و فسفر بوده مقدار آن‌ها به جنس سنگ آهنی بستگی دارد که برای تهیه‌ی آهن خام مصرف شده است.

عناصر موجود در آهن خام در جنس آن تأثیر دارد ؛ برای مثال، وجود فسفر وگوگرد باعث شکنندگی آن می‌گردد. آهن خام جوش نمی‌شود و کاربرد مستقیم در صنعت و در کارهای ساختمانی ندارد و با آن چدن و فولاد می‌سازند. آهن خام هنگام ذوب شدن حالت خمیری پیدا نمی‌کند و مانند



شکل ۱ــ۵ــ کوره‌ی بلند ذوب آهن

یخ آب می‌شود.

۱ــ۱ــ ۵ ــ انواع آهن خام

آهن خام سفید: رنگ این آهن، نقره‌ای با وزن مخصوص ۷/۴، سطح شکسته‌اش ریزدانه و روشن است. منگنز آهن خام سفید زیاد است و خمش آن خیلی سخت و ترد است. گرمای ذوب آن ۱۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد که در فولادسازی از آن استفاده می‌کنند.

آهن خام خاکستری: رنگ این آهن خاکستری با وزن مخصوص ۷/۲ و سطح شکسته‌اش درشت‌دانه و خاکستری رنگ بوده، سیلیسیم آن زیاد است. این آهن ترد نیست، اما از آهن خام سفید نرم‌تر است. گرمای ذوب آن ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده در چدن‌ریزی مصرف می‌شود.

آهن خام نیمه خاکستری: جنس این آهن ترکیبی از دو آهن مذکور (خام سفید و خام خاکستری) است و در تهیه‌ی فولاد و چدن سخت مصرف می‌گردد.

حدود سیلیسیم آهن خام بین ۰/۲ تا ۳/۵٪ و حدود فسفر آن بین ۰/۲ تا ۱٪، هم‌چنین حدود گوگرد آن ۰/۰۶ تا ۰/۱۵٪ و بالاخره حدود منگنز آن بین ۰/۶ تا ۳/۸٪ است.

همان‌گونه که پیش از این گفته شد آهن خام از ذوب سنگ آهن و گداختن آن‌ها در کوره‌های آهن‌گدازی به‌دست می‌آید. در این‌جا لازم است به‌طور خلاصه انواع سنگ‌های آهن معرفی شود :

۱ــ اکسید مغناطیسی آهن (Fe_3O_4) که حدود ۷۰٪ وزنش آهن دارد (ماگنتیت).

۲ــ سنگ آهن سرخ (Fe_2O_3) که حدود ۶۰٪ وزنش آهن دارد (هماتیت قرمز).

۳ــ سنگ آهن قهوه‌ای ــ اکسید آبدار آهن ($2Fe_2O_3$ و $3H_2O$) که حدود ۵۰٪ وزن آن دارای آهن است (لیموتیت).

۴ــ کربنات آهن ($Fe.CO_3$) که حدود ۴۵٪ وزنش آهن دارد (سیدریت).

۵ ــ سولفور آهن (FeS_2) که حدود ۴۲٪ وزن آن دارای آهن است (پریت آهن).

باید توجه داشت که گداختن و ذوب کردن سنگ‌های آهنی که کمتر از ۲۵٪ وزن خود آهن داشته باشند مقرون به‌صرفه نیست.

۲ــ۱ــ ۵ ــ چدن: برای تهیه‌ی چدن آهن خام را مجدداً ذوب نموده، پس از تصفیه و تنظیم نمودن اندازه‌ی عناصر موجود در آن از قبیل : کربن، فسفر، منگنز، سیلیسیم و چدن را به‌دست می‌آورند. این کار معمولاً در کوره‌های برقی، شعله‌ای یا کوپُل صورت می‌گیرد.

نقطه‌ی ذوب چدن حدود ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد مانند یخ آب می‌گردد و هنگام ذوب‌شدن ابتدا به حالت خمیر درنمی‌آید.

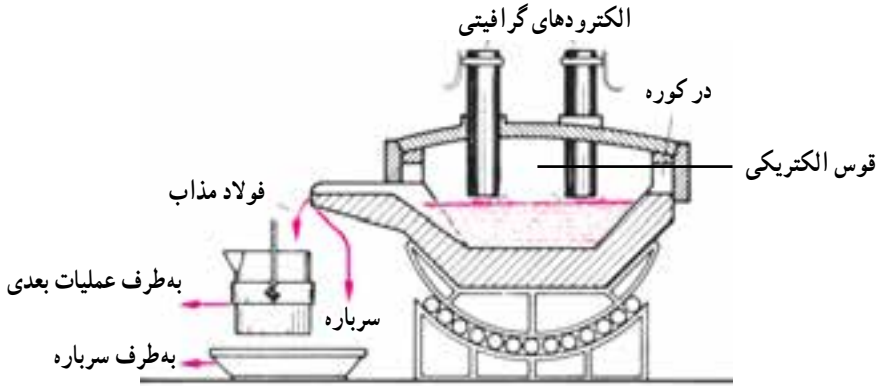
ویژگی‌های چدن عبارت است از : تردی و شکنندگی، دیر زنگ زدن (از فولاد کم‌تر زنگ می‌زند) و برخوردار بودن از مقاومت فشاری نسبتاً خوب (اما مقاومت کششی کم دارد). میزان کربن چدن ۲/۷ تا ۴٪ وزن آن است. جنس چدن، به جنس آهن خامی بستگی دارد که در ساختن آن به‌کار رفته ؛ هم‌چنین به چگونگی سرد شدن و بستن چدن آبکی بستگی دارد. چدن به‌صورت مصالح و باربر در ساختمان کاربرد ندارد، بلکه به شکل لوله‌ها و اتصالات چدنی در فاضلاب‌ها، در پوش‌ها، شبکه چدنی و نظایر آن کاربرد فراوان دارد.

انواع چدن

۱ــ چدن خاکستری، ۲ــ چدن سفید، ۳ــ چدن نیمه خاکستری، ۴ــ چدن سخت و ۵ــ چدن نرم.

۳ــ۱ــ ۵ ــ فولاد: برای تهیه و ساختن فولاد، آهن خام را ذوب کرده کربن آن را سوزانده و مقدار معینی کربن کم‌تر از۱/۲٪ به آن اضافه می‌کنند و عناصر دیگر آن را در حد مجاز تنظیم کرده تا فولاد موردنظر تهیه شود. برای تهیه‌ی فولاد روش‌های صنعتی گوناگونی متداول است که هریک مزایای خاصی دارد و فولاد حاصل از آن‌ها نیز دارای خواص و مورد استعمال ویژه‌ای است. این روش‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ روش بسمر، ۲ــ روش توماس، ۳ــ روش زیمنس مارتینی (کوره‌های باز) و۴ــ روش کوره‌ی الکتریکی (شکل ۲ــ۵) و روشL.D.



شکل ۲ــ۵ــ کوره‌ی الکتریکی

باید توجه داشت که مقدار کربن مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده‌ی خواص مکانیکی فولاد بوده بر روی ساختمان و خواص فولاد تأثیر به‌سزایی دارد و با کم و زیاد نمودن آن، فولاد با مقاومت و شکل‌پذیری متفاوت به‌دست می‌آید با افزایش کربن مقاومت فولاد بالا رفته در مقابل قابلیت شکل‌پذیری آن کاهش می‌یابد.

گوگرد و فسفر ناخالصی‌های مضری هستند و گوگرد زیاد باعث کاهش تاب ضربه‌ای فولاد می‌گردد ؛ به گونه‌ای که فولاد سرخ شده گوگرددار زیر ضربه پتک می‌شکند. گوگرد فولاد از ۰/۰۵ تا ۰/۰۷٪ وزن آن است. وجود فسفر در فولاد آن را ترد و شکننده می‌کند، اما منگنز سختی فولاد را زیاد می‌کند و تاب کششی آن را افزایش می‌دهد. مقدار آن در فولاد بین ۰/۵ تا ۱/۱٪ وزن آن است. سیلیسیم به تاب کششی فولاد می‌افزاید و سختی آن‌را زیاد می‌کند. نورد زدن فولاد سیلیسیمی دشوار است و مقدار سیلیسیم درحدود تا ۰/۳۵ درصد وزن فولاد است.

تقسیم‌بندی فولادها از نظر مقدار کربن

الف) فولاد نرمه معمولی: کربن حدود ۰/۰۹ تا ۰/۲۲ درصد (فولاد با کربن کم).

ب) فولاد با کربن متوسط: کربن حدود ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ درصد (فولاد متوسط).

ج) فولاد با کربن زیاد: کربن حدود ۰/۶۰ تا ۱/۲ درصد (فولاد سخت).

دو نوع «الف» و «ب» دارای مقاومت مناسب و شکل‌پذیر، هم‌چنین دارای خاصیت چقرمگی خوب بوده در کارهای ساختمانی و صنعتی کاربرد زیاد دارند.

نوع «ج» که به «فولاد ابزار» معروف است دارای مقاومت و سختی زیادتر، اما چقرمگی کم بوده در تهیه‌ی ابزار (اره، چاقو، ساچمه و ...) به‌کار می‌رود.

۴ــ۱ــ ۵ ــ آلیاژها یا هم‌بسته‌های فولاد: برای بهتر ساختن خواص مکانیکی فولاد و

دادن کیفیت مخصوص به آن عناصر اضافی وارد می‌کنند و فولادی که بدین ترتیب به‌دست می‌آید «فولاد آلیاژدار» یا «هم‌بسته‌های فولاد» نامیده می‌شود که غالباً از فولادهای کربن‌دارمعمولی دارای مقاومت بیش‌تر هستند. این فولادها از لحاظ شکل‌پذیری و مشخصات شیمیایی و مکانیکی خواص خوبی دارند که در فولادهای معمولی وجود ندارد، اما در عوض، قیمت آن‌ها گران‌تر از فولادهای کربن‌دار معمولی است. فولادهای آلیاژدار در کارهای صنعتی و ساختمانی کاربرد دارد و بیش‌تر در پوشش با دهانه‌های بزرگ و در جایی که احتیاج به مقاومت زیاد مصالح است از آن استفاده می‌شود، زیرا به‌علت داشتن مقاومت زیاد، ابعاد مقطع قطعات باربر کم می‌شود که به نوبه‌ی خود باعث کم‌شدن وزن و کم‌شدن بار مرده‌ی ساختمان می‌گردد. البته این نوع هم‌بسته‌ها ــ با توجه به نوع آن‌هاــ موارد استعمال گوناگون دیگری نیز دارند. عناصری که معمولاً دراین نوع هم‌بسته‌های فولاد به‌کار می‌روند عبارت‌اند از : منگنز، سیلیسیم، کرم، نیکل، تنگستن، مولیبدن، تیتانیم، وانادیم و آلومینیم.

تذکر: افزودن ۲/۰٪ مس به فولاد مقاومت آن را درمقابل زنگ‌زدگی و خوردگی افزایش می‌دهد.

۵ ــ۱ــ ۵ ــ شکل دادن به فولاد: برای شکل‌دادن به فولاد و درآوردن به شکل مورد نظر ازاین روش‌ها استفاده می‌کنند :

الف) فولادریزی، ب) آهنگری، ج) نورد زدن، د)کشیدن و هـ) پرس کردن.

دراین‌جا فقط مختصری درباره‌ی نوردزدن بحث می‌شود.

نورد زدن (نورد دیدن): منظور از عمل نورد این است که شمش‌های داغ و سرخ (درجه‌ی حرارت ۱۰۵۰ تا ۱۱۵۰) فولادی را که دارای حرارت یک نواختی است (با درجه‌ی حرارت ۱۰۵۰ تا ۱۱۵۰) به‌ترتیب خاص از داخل استوانه (قرقره و غلتک) درحال دوران که به شکل خاصی قرار گرفته‌اند می‌گذرانند و هربار که لازم باشد این عمل را تکرار می‌کنند. درنتیجه، قطعات تغییر شکل داده شده به‌تدریج به شکلِ نیم‌رخ‌های موردنظر، مانند ریل، تیرهای ساختمانی I و ... درمی‌آیند. از لحاظ نیم‌رخ‌ها، نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شود :

۱ــ پروفیل‌های فولادی موردمصرف در کارهای ساختمانی و صنعتی.

۲ــ صفحات و ورق فولادی و تسمه فولادی.

۳ــ پروفیل‌های مخصوص از قبیل فولاد گرد آجدار و نیم‌رخ‌های مخصوص پنجره و نظایر آن.

۴ــ لوله‌هایی که به‌صورت بی‌درز، باجوش در کوره و جوش الکتریکی ساخته می‌شوند.

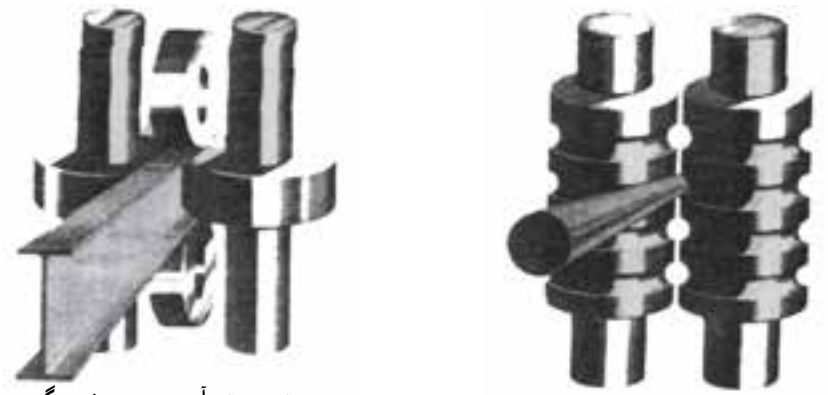
عملیات اصلی در نوردکاری بدین شرح است :

الف) آماده نمودن مصالح برای نورد که بسیار مهم است و در این مرحله، عیوب کلی و سطحی

مصالح قبل از نورد باید کنترل و برطرف شود.

ب) گرم نمودن مصالح قبل از نورد که حایز اهمیّت بوده حرارت شروع و اتمام نورد در خواص مکانیکی مصالح حاصل، تأثیر مهمی خواهد داشت ؛ از این رو حرارت مورد نظر باید به دقّت کنترل شود.

ج) عمل نورد که عبارت است از عبورمصالح از داخل کالیبرهای مختلف و قرقره‌های مختلف، ترتیب و تعداد عبورهای متوالی و مقدار تغییر ابعاد در هر عبور، نحوه‌ی نورد و درجه‌ی حرارت هنگام نورد و وضع قرقره‌ها و سطح وسایل هدایت پروفیل‌ها، همگی در بازده و خواص محصول مؤثرند ؛ هم‌چنین بارگذاری روی غلتک‌ها و طریقه‌ی نورد و سلسله مراتب کشیدن تدریجی و تعداد عبور در بازده کار تأثیر بسزا دارند. شکل ۳ــ۵ تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد دیدن را نمایش می‌دهد.



تهیه‌ی تیرآهن به روش نورد گرم

تهیه‌ی میلگرد

شکل ۳ــ۵ــ تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد زدن

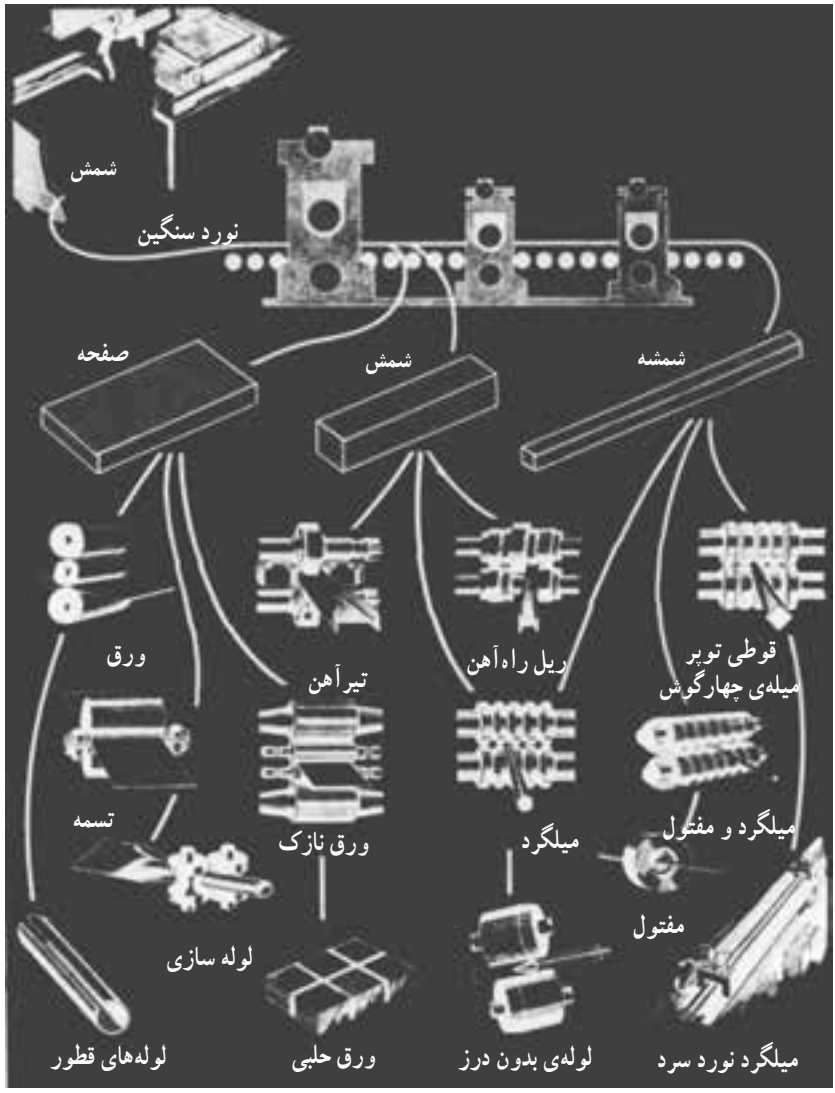
د) صاف‌کاری، برش، تنظیم و اتمام عمل درمرحله‌ی تنظیم و اتمام عمل قطعات نورد شده را به‌اندازه‌های معینی می‌برند و راست می‌کنند ؛ هم‌چنین عیوب مختلف را کنترل و برطرف می‌سازند.

در هنگام نوردکاری از مصالح نمونه‌گیری می‌شود و به روش‌ها و شیوه‌های گوناگون بررسی می‌گردد ؛ هم‌چنین پس از اتمام نوردکاری نمونه‌ها را بررسی و آزمایش می‌کنند، نیز تجزیه‌های شیمیایی و آزمایش‌ها را با خواص مکانیکی و بررسی بافت مولکولی ارزیابی می‌کنند تا مشخصات آن با استاندارد و آیین‌نامه‌های موردنظر تطبیق داده شود.

غلتک‌های دستگاه نورد بسته به شکل فرآورده‌های نوردیده ممکن است به‌شکل تخت، پله‌دار، شیاردار یا به‌شکل مخصوص، مانند خمره‌ای باشد. برای نمونه، از غلتک‌های تخت برای نورد ورق، تسمه و صفحات و از غلتک‌های شیاردار برای تهیه‌ی مقاطع و از غلتک‌های دارای شکل مخصوص برای نورد لوله، دیسک و نظایر آن استفاده می‌شود.

برای تهیه‌ی تیر INP یا INP عمل نورد در هر مرحله به‌وسیله‌ی دو غلتک انجام می‌گیرد و در نتیجه سطوح داخلی بال‌ها شیب‌دار می‌شود، اما برای تهیه‌ی تیر IPA و مشابه از فنّ جدید در مرحله‌ی نهایی نورد و از چهار غلتک استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب، تیر با سطوح موازی بال و عرض نسبتاً پهن به‌دست می‌آید و تهیه‌ی تیر با ضخامت جان و بال باریک مقدور خواهد بود.

تهیه‌ی تیرهای بال پهن نورد با چهار غلتک انجام می‌گیرد تا شکل لازم به‌دست آید. این نورد را «نورد انیورسال» می‌گویند. شکل ۴ــ۵ تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۵ــ دیاگرام تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی

۶ــ۱ــ۵ ــ انواع فولادها

الف) فولادهای استاندارد اروپایی

ــ فولادهای نُرم آلمان که بدین شرح است :

۱ــ فولاد $St_{۳۳}$: (فولاد ساختمان تجارتی)

۲ــ فولاد $St_{۳۴}$: برای تهیه‌ی میخ پرچ برای اتصال فولاد $St_{۳۷}$ به‌کار می‌رود.

۳ــ فولاد $St_{۳۷}$: (فولاد نرمه‌ی معمولی) : در ساختمان‌های فلزی کاربرد بسیار دارد.

۴ــ فولاد $St_{۳۸}$: برای تهیه‌ی پیچ برای اتصال فولاد $St_{۳۷}$ به‌کار می‌رود.

۵ ــ فولاد $St_{۴۲}$: در تهیه‌ی ورق‌های نوع خوب و برای کشتی‌سازی مصرف دارد.

۶ــ فولاد $St_{۴۴}$: در کارهای ساختمانی و در ساختن میخ پرچ برای اتصال فولاد $St_{۵۲-۳}$ به‌کار می‌رود و از نوع فولاد اعلا به شمار می‌آید.

۷ــ فولاد $St_{۵۲}$ یا $St_{۵۲-۳}$: فولاد بسیار اعلا بوده مقاومت زیاد دارد و در ساختمان‌های فلزی بسیار مهم و در پل‌های بزرگ مصرف می‌شود.

فولادهای $St_{۳۳}$ ــ $St_{۳۷}$ و $St_{۵۲}$: بیش از انواع دیگر در کارهای ساختمانی به‌کار می‌رود.

باید توجه داشت که اندیس‌های St نشان‌دهنده‌ی حداقل مقاومت نهایی کششی ــ درآزمایش کشش نمونه‌ی فولاد ــ برحسب $kg/mm^۲$ است ؛ برای نمونه، $St_{۳۷}$ فولادی است که حداقل مقاومت نهایی این فولاد در آزمایش کششی ساده (استاندارد) برابر $۳۷ kg/mm^۲$ است.

ب) فولادهای استاندارد آمریکایی

فولادهای ساختمانی مطابق مشخصات AISC عبارت‌اند از :

۱ــ فولاد $A_۷$ ASTM : برای پل‌سازی و ساختمان.

۲ــ فولاد $A_{۳۷۳}$ ASTM : فولاد ساختمانی برای جوش‌کاری.

۳ــ فولاد $A_{۳۶}$ ASTM : فولاد ساختمانی.

۴ــ فولاد $A_{۴۴۰}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

۵ ــ فولاد $A_{۴۴۱}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد (هم‌بسته منگنز و وانادیم) ساختمانی.

۶ــ فولاد $A_{۲۴۲}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

فولادهای شماره‌ی ۱، ۲ و ۳ از نوع فولاد کربن‌دار معمولی ساختمانی و فولاد ۴ و ۵ از نوع فولاد هم‌بسته با مقاومت زیاد و فولاد ۶ از نوع با مقاومت زیاد است ؛ هم‌چنین فولاد $A_{۳۶}$ یکی از پرمصرف‌ترین فولادها بوده که جای‌گزین فولاد $A_۷$ شده است ؛ نیز فولاد $A_{۳۷۳}$ فولاد کربن‌دار

ساختمانی است که بسیار از قابلیت جوش برخوردار است.

ج) فولادهای روسی: درکشور روسیه فولادها دارای انواع و اقسام متفاوت بوده اما به‌طور کلی به دو دسته‌ی «فولادهای ساختمانی» و «فولادهای ابزار» تقسیم می‌شوند ؛ هم‌چنین فولادها به‌صورت فولاد کربن‌دار معمولی و هم‌بسته‌های فولاد هستند. فولادهای ساختمانی که کم‌تر از ۰/۶٪ کربن دارند به دو نوع «ساده‌ی معمولی» و «مرغوب» تقسیم می‌شوند.

درکشور روسیه فولادهای کربن‌دار معمولی را با حرف CT و عدد ۰ تا ۷ مشخص می‌کنند که عدد، نشان‌دهنده‌ی نمره‌ی فولاد است. هرچه نمره‌ی فولاد زیادتر باشد کربن آن بیش‌تر بوده به همین‌نسبت سخت‌تر و قوی‌تر است. فولادهای ساختمانی مرغوب را با عدد مشخص می‌سازند که نشانگر درصد متوسط کربن (برحسب صدم درصد) است ؛ برای نمونه فولاد نمره‌ی ۱۵، یعنی فولادی که ۰/۱۵٪ کربن‌دارد.

فولادهای هم‌بسته (آلیاژدار) را در روسیه با حروف و ارقام نشان می‌دهند. حروف، نشانگر عناصر اضافی و ارقام، شاخص مقدار کربن و عناصر آلیاژی‌اند. ارقام ماقبل حروف نشان‌دهنده‌ی درصد کربن (برحسب صدم درصد) و ارقام مابعد حروف نشانگر مقدار عناصری است که با این حروف مشخص شده‌اند ؛ مانند : ۴۰XH و ...

فولادهای آلیاژدار را بسته به کاربردشان به نوع «ساختمانی»، «ابزار» و «ویژه» تقسیم‌بندی می‌کنند.

۷ــ۱ــ ۵ ــ انواع نیم‌رخ‌های نورد شده‌ی فولادی

الف) استاندارد اروپایی

۱ــ *نیم‌رخ I باریک یا نرمال پروفیل* ⋈ : یکی از متداول‌ترین نیم‌رخ‌های نوردشده‌ی فولادی است که دارای عرض کم‌بال و شیب‌دار بودن سطوح داخلی بال درحد ۱۴/۰ بوده، علامت اختصاری I یا ⋈ یا I⋈ است. مقطع نیم‌رخ I در شکل ۵ــ۵ نمایش داده شده است.

شکل ۵ــ۵ــ I⋈ یا ⋈ یا I

۲ــ پروفیل IPE: پروفیل IPE که به نام پروفیل نیم‌پهن یا بال متوسط نُرم اروپایی مشهور است ؛ دارای این مشخصات است : ازشماره‌ی ۸ تا ۶۰ که معادل ارتفاع ۸ سانتی‌متر تا ۶۰ سانتی‌متر تهیه می‌شود و سطوح داخلی و خارجی بال‌های این پروفیل با هم موازی است. برای مشخص‌کردن شماره‌ی پروفیل IPE، عدد مشخص کننده شماره‌ی پروفیل را پس از IPE می‌گذارند. برای نمونه «IPE۱۴».

مزایای IPE نسبت به NP

۱ــ پهنای بال IPE نسبت به NP بیش‌تر بوده بنابراین، مقاومت آن زیادتر است و در جایی به‌کار می‌رود که به پهنای بال بیش‌تر نیاز باشد.

۲ــ موازی بودن سطوح داخلی و خارجی بال‌های این پروفیل یکی دیگر از مزایای آن نسبت به NP I است که ازنظر اتصال باعث سهولت می‌شود.

۳ــ عرض بال IPE معمولاً اعداد رُند بوده برخلاف NP I که اعداد غیررُند برحسب سانتی‌متر است.

۴ــ نسبت به NP I دارای وزن کم‌تر و راندمان مقاومتی $\left(\frac{\text{مقاومت}}{\text{وزن}}\right)$ بیش‌تر است.

۳ــ پروفیل بال پهن: این‌گونه پروفیل‌ها دارای مقطع I شکل هستند که عرض بال‌ها پهن بوده بنابراین مقاومت آن‌ها در هر دو جهت نزدیک به‌هم است (نسبت به NP). ضمناً سطوح داخلی و خارجی بال‌ها موازی یک‌دیگر هستند. انواع پروفیل بال‌پهن عبارت است از :

الف) پروفیل بال‌پهن با وزن متوسط، طبیعی یا معمولی که علامت اختصاری آن IPB است. معادل نُرم اروپایی HEB و سابقاً به این پروفیل DIN یا DIP نیز گفته می‌شد.

ارتفاع و عرض بال این پروفیل تا شماره‌ی ۳۰ یک‌سان و برابر هم است. مثلاً IPB۲۰ یعنی بال پهن شماره‌ی ۲۰ دارای ارتفاع مقطع ۲۰ سانتی‌متر و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر است و از شماره‌ی ۳۰ به بالا عرض بال ۳۰ سانتی‌متر ثابت مانده ارتفاع مقطع زیاد می‌شود.

ب) پروفیل بال‌پهن با وزن سبک که علامت اختصاری آن IPBI بوده معادل نُرم اروپایی HE-A است. در گذشته به این پروفیل IDIE یا DIMEL می‌گفتند.

ارتفاع واقعی این پروفیل مقدار کمی از ارتفاع اسمی آن (ارتفاع مقطع IPB هم‌نمره) کم‌تر است ؛ بنابراین وزن آن از وزن پروفیل IPB هم شماره‌اش کم‌تر است. این پروفیل همانند IPB تا شماره‌ی ۳۰ عرض بال تغییر می‌کند و از شماره‌ی ۳۰ به بالا عرض بال ۳۰ سانتی‌متر باقی می‌ماند.

برای نمونه : IPBI۲۰ دارای ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن

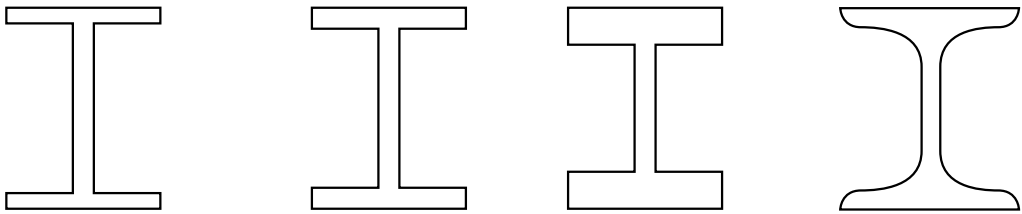
$IPBI_{۲۰}$ که دارای ارتفاع ۲۰ و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر و وزن ۴۲/۳kg است ؛ در صورتی یک‌متر آن ۶۱/۳kg است.

ج) پروفیل بال پهن سنگینی که علامت اختصاری آن IPBV بوده، معادل نُرم اروپایی HE-M است. این پروفیل را پیش از این IDIV یا DIR یا DIMAX می‌گفتند. ارتفاع واقعی این پروفیل مقدار کمی از ارتفاع اسمی آن (ارتفاع IPB هم‌شماره) بیش‌تر است و وزن آن از وزن پروفیل IPB هم‌شماره‌اش بیش‌تر است.

برای نمونه : $IPBV_{۲۰}$ دارای ارتفاع مقطع ۲۲ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن ۱۰۳ کیلوگرم است ؛ در صورتی‌که $IPB_{۲۰}$ دارای ارتفاع مقطع ۲۰ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن ۶۱/۳ کیلوگرم است.

نوع دیگری از پروفیل بال‌پهن باعلامت اختصاری IB نیز تهیه می‌شود که از شماره‌ی ۱۰ تا ۱۸ آن ساخته می‌شود و بال‌های عریض دارد که سطوح داخلی آن دارای شیب است. (۹٪) و ارتفاع مقطع و عرض بال آن در هر شماره یکسان است.

نوعی پروفیل بال‌پهن استاندارد نشده نیز تهیه می‌شود که با علامت IPBS نشان داده می‌شود. درشکل ۶ــ۵ انواع نیم‌رخ‌های IPB مشخص شده است.

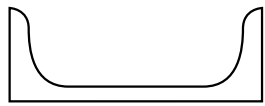


شکل ۶ــ۵ــ مقاطع انواع نیم‌رخ‌های IPB

۴ــ پروفیل U یا ناودانی: سطوح داخلی بال‌های این پروفیل دارای شیب است که این شیب برای پروفیل‌های تا شماره‌ی ۳۰ برابر ۸٪ و برای پروفیل‌های بزرگ‌تر از شماره‌ی ۳۰ برابر ۵٪ است.

علامت اختصاری این پروفیل NP] یا NP U یا] یا U است.

برای نمونه : $U_{۲۰}$. باید توجه داشت که پروفیل ناودانی تا شماره‌ی ۴۰ ساخته می‌شود. (شکل ۷ــ۵)



شکل ۷ــ۵ــ نیم‌رخ ناودانی

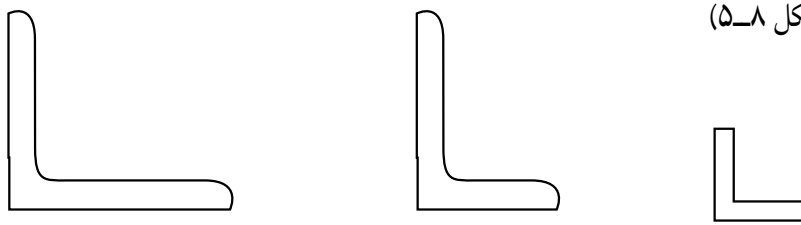
۵ــ پروفیل نبشی: پروفیل نبشی که دارای دو بال عمود بر هم و با ضخامت یکسان است در دو نوع با بال‌های مساوی و بال‌های نامساوی ــ با لبه‌ی گرد ــ تهیه می‌شود.

علامت اختصاری نبشی به‌صورت L یا ⌊ است. برای نمایش پروفیل نبشی به‌این‌صورت عمل می‌شود :

الف) برای نبشی با بال مساوی بعد از نوشتن علامت اختصاری اندازه‌ی بال برحسب میلی‌متر، سپس ضخامت آن برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای مثال : L۵۰×۵۰×۵ یا L۵۰×۵ که نشانگر نبشی با بال مساوی به‌طول بال ۵۰ میلی‌متر و به ضخامت بال ۵ میلی‌متر است.

ب) برای نبشی با بال نامساوی بعد از علامت اختصاری اندازه‌ی بال بزرگ‌تر و بعد اندازه‌ی بال کوچک‌تر، سپس ضخامت بال برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای مثال : L۱۲۰×۸۰×۱۲ یعنی عرض یک بال ۱۲ سانتی‌متر و عرض بال دیگر ۸ سانتی‌متر و ضخامت بال‌ها ۱۲ میلی‌متر است.

نوع نبشی به‌صورت بال مساوی و لبه‌ی بال تیز ساخته می‌شود که علامت اختصاری آن LS است.(شکل ۸ــ۵)

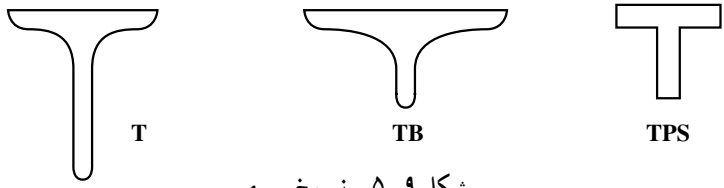


شکل ۸ــ۵ــ نیم‌رخ نبشی

۶ــ پروفیل سپری یا T: این نوع نیم‌رخ که به شکل T است، به دو نوع تهیه می‌شود. یکی آن‌که ارتفاع آن‌ها برابر قاعده‌شان است و باعلامت T مشخص می‌شود و از نمره‌ی ۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر ساخته می‌شود ؛ هم‌چنین برای نشان‌دادن آن بعد از علامت T نمره‌ی سپری را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ مانند : $T_{۸۰}$. نوع دیگر، سپری با قاعده‌ی دوبرابر ارتفاع، یعنی عرض بال دو برابر ارتفاع مقطع ساخته می‌شود. این نوع سپری با علامت TB مشخص می‌گردد و از نمره‌ی ۶۰×۳۰ تا ۶۰×۱۲۰ میلی‌متر ساخته می‌شود ؛ مانند : $TB_{۵۰}$. سطوح بال و جان این‌گونه سپری‌ها دارای شیب بوده لبه‌ی آن‌ها به‌صورت گرد ساخته می‌شود. هم‌چنین نوعی سپری نیز با ارتفاع و بال مساوی و لبه‌ی بال و جان تیز تهیه می‌شود که از شماره‌ی ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر است و با TPS مشخص می‌شود. سطوح داخلی و خارجی بال آن موازی هستند ؛ مانند : $TPS_{۳۰}$.

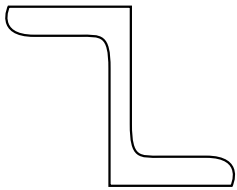
گاهی سپری را از نصف کردن پروفیل‌های I و IPE وIPBI و IPB و یا IPBV تهیه می‌کنند.

البته می‌توان برحسب ضرورت مقداری بالاتر برش داد تا دو نوع سپری با ساق کوتاه و ساق بلند به‌دست آید. (شکل ۹ــ۵)



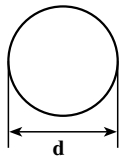
شکل ۹ــ۵ــ نیم‌رخ سپری

۷ــ پروفیل Z: این پروفیل که به دونبشی نیز معروف است با علامت اختصاری Z نشان داده می‌شود. این پروفیل از نمره‌ی ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر تهیه می‌شود و برای نشان‌دادن آن بعد از علامت Z ارتفاع مقطع را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ مانند : $Z_{۱۲۰}$. (شکل ۱۰ــ۵)



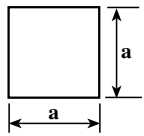
شکل ۱۰ــ۵ــ نیم‌رخ Z

۸ ــ میل‌گرد (آرماتور): مقاطع میل‌گرد به‌قطر ۵ تا ۲۲ میلی‌متر تهیه می‌شود و علامت اختصاری آن ∅ یا Rd است که برای نشان دادن مقطع میل‌گرد، پس از علامت اختصاری قطر مقطع میل‌گرد را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ برای مثال : $Rd_{۲۰}\times ۱۶۰۰$ یا $\varnothing_{۲۰}\times ۱۶۰۰$. مورد مصرف در کارهای بتنی مسلح به‌طور وسیع، در آویزها و در مهارها به‌کار می‌رود. (شکل ۱۱ــ۵)



شکل ۱۱ــ۵ــ نیم‌رخ میلگرد

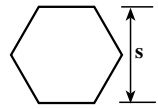
۹ــ مقطع چهار تراش یا چهارسو: مقطع چهار تراش یا چهارسو با مقطع مربع به ابعاد ۶×۶ میلی‌متر تا ۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر ساخته می‌شود و علامت اختصاری آن □ یا 4kt است. برای نشان‌دادن آن پس از نوشتن علامت اختصاری ابعاد آن برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای نمونه : ۱۸۰×۳۰ □ یا ۱۸۰×۳۰ 4kt . (شکل ۱۲ــ۵)



شکل ۱۲ــ۵ــ نیم‌رخ چهارتراش

۱۰ــ مقطع شش‌ضلعی: مقطع شش‌ضلعی منظم با ارتفاع مقطع ۱۳ تا ۱۰۳ میلی‌متر ساخته می‌شود و علامت اختصاری آن ⬡ یا 6kt است. مقطع شش‌ضلعی منظم را این‌گونه نشان

می‌دهند :(شکل ۱۳ــ۵)



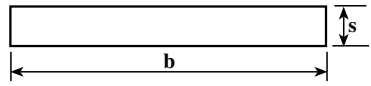
۶kt۴۰×۲۲۰ یا ۴۰×۲۲۰

شکل ۱۳ــ۵ــ مقطع شش‌ضلعی

۱۱ــ تسمه: تسمه‌های فولادی به مقطع مربع مستطیل بوده نسبت عرض به ضخامت آن زیاد است. تسمه‌هایی که عرض مقطع آنها کم‌تر از ۱۶۰ میلی‌متر است «تسمه» و آن‌هایی که عرض بیش‌تر از ۱۶۰ میلی‌متر دارند «تسمه‌ی پهن» می‌نامند. حداقل ضخامت تسمه ۵ میلی‌متر است. تسمه‌ها را به‌ابعاد مقطع متفاوت از ۵×۱۰ میلی‌متر تا ۶۰×۱۵۰ میلی‌متر می‌سازند. علامت اختصاری تسمه به‌صورت ▭ یا Fl ؛ برای نمونه : ۴۰×۱۲×۱۸۶ ▭ Fl.۸۰×۱۰×۴۰۰

۱۲ــ صفحه یا تسمه‌ی پهن: صفحات فولادی دارای عرض نسبتاً زیاد است و با ضخامت‌های مختلف ساخته می‌شود. معمولاً صفحه دارای عرض بیش از ۲۰ سانتی‌متر است.

علامت اختصاری تسمه‌ی پهن به‌صورت : ▭ یا BtF1 است ؛ برای نمونه : به‌صورت ۳۵۰×۳۰×۶۸۰ ▭ یا ۳۵۰×۳۰×۶۸۰ BtF1 .



ب) نیم‌رخ‌های فولادی استاندارد آمریکایی: به دلیل طولانی شدن بحث فقط به‌آن‌ها اشاره می‌کنیم :

۱ــ نیم‌رخ I استاندارد با ارتفاع مقطع از ۳ تا ۲۴ اینچ متغیر است.

طرز نمایش این نیم‌رخ به این‌صورت است که از سمت چپ ابتدا ارتفاع مقطع پروفیل برحسب اینچ، سپس علامت I و درپی آن وزن یک فوت تیر برحسب پوند نوشته می‌شود ؛ مانند : ۱۲I۳۱/۸ این تیر تقریباً دارای همان مشخصات M^{P} است.

۲ــ نیم‌رخ پهن W^{F} این نیم‌رخ که دارای مقطع I شکل است دارای عرض بال بیش‌تر بوده برای عمل خمش از مناسب‌ترین نیم‌رخ‌های موجود است ؛ مانند : $12W^{F}_{27}$ که عدد ۱۲ ارتفاع برحسب اینچ و ۲۷ وزن یک فوت آن به پوند است.

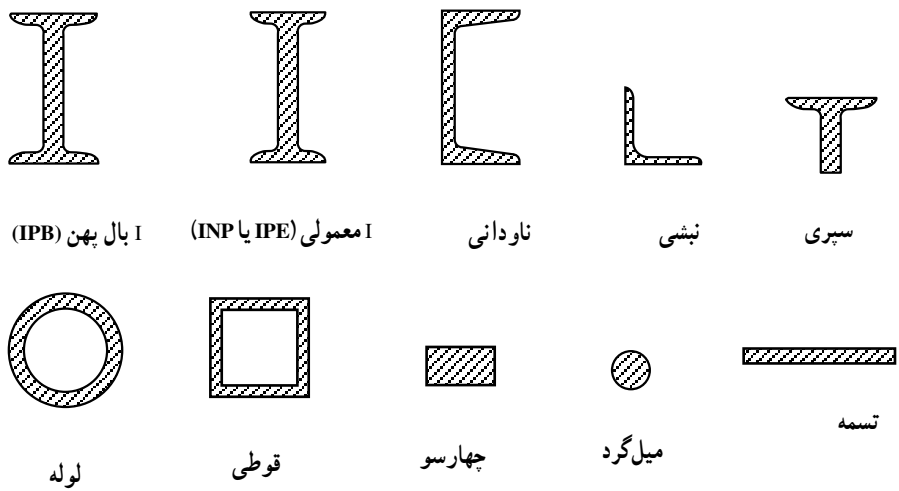
۳ــ تیر سبک با مقطع I شکل که نسبت به پروفیل W^{F} هم ارتفاع و هم‌عرض کم‌تر دارد و با حرف B مشخص می‌شود ؛ مانند : ۱۴B۱۷/۲. در علامت‌گذاری جدید این پروفیل با حرف W مشخص می‌شود ؛ مانند : W۱۴×۲۶ که در گذشته آن را با ۱۴B۲۶ نشان می‌دادند.

۴ــ ناودانی استاندارد که با ارتفاع مقطع ۳ تا ۱۸ اینچ تهیه می‌شود. علامت] نشان‌دهنده‌ی ناودانی است ؛ مانند :۱۵/۳] ۱۰ ؛ یعنی، پروفیل ناودانی به ارتفاع مقطع ۱۰ اینچ که وزن هر فوت آن ۱۵/۳ پوند است.

باید توجه داشت که در علامت‌گذاری جدید به‌جای I استاندارد علامت S و ناودانی استاندارد علامت C به‌کار می‌رود.

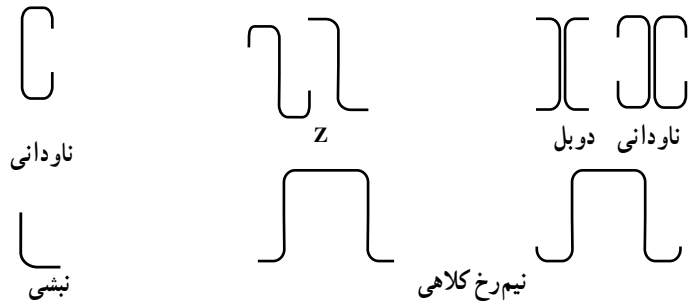
۵ ــ مقطع I گوناگون، ناودانی گوناگون، تیر I ظریف، ناودانی ظریف، مقطع پروفیل H، نبشی، سپری یا مقطع tee، پروفیل با مقطع مربع توپر (چهارسو) پروفیل با مقطع مستطیل توپر (تسمه)، میل‌گرد و مقطع Z یا Zee. جملگی از فرآورده‌های استاندارد آمریکایی هستند.

ج) نیم‌رخ‌های ساختمانی متداول در ایران: برای استفاده از فولاد برای عضو ساختمانی، باید آن را به شکل مناسب درآورد. نیم‌رخ‌های متداول ساختمانی ایران که مبتنی بر آیین‌نامه‌ی «دین آلمان» است در شکل ۱۴ــ۵ نشان داده شده است :



شکل ۱۴ــ۵ــ انواع نیم‌رخ‌های ساختمانی متداول در ایران

نوع دیگری از نیم‌رخ‌های ساختمانی به روش پرس کردن ورق‌های فولادی و تبدیل آن‌ها به شکل مناسب تولید می‌شوند. این نیم‌رخ‌ها که در شکل ۱۵ــ۵ نشان داده شده‌اند معمولاً در اعضای خمش سبک استفاده می‌شوند :



شکل ۱۵ــ۵ــ انواع نیم‌رخ‌های پرسی

سایر فلزات غیرآهنی ساختمانی عبارت‌اند از :

۲ــ ۵ ــ آلومینیم (Al)

آلومینیم فلزی است نقره‌ای رنگ، جلاپذیر، نرم، سبک و به‌آسانی شکل‌پذیر.

این فلز در طبیعت به‌صورت آزاد و خالص یافت نمی‌شود، اما در حدود ۸٪ وزن پوسته‌ی زمین را ترکیبات این فلز تشکیل می‌دهد و بعد از فولاد در کارهای ساختمانی اهمیت خاصی دارد. از این فلز در تهیه‌ی وسایل خانگی، مانند : ورق‌های نازک (فویل)، قوطی، ورق و پروفیل‌های ساختمانی، ابزارهای برقی، بدنه‌ی کشتی، هواپیما و واگن قطار استفاده می‌شود.

برای تهیه‌ی آلومینیم از پودر سفید آلومینا استفاده می‌کنند که از بوکسیت (سنگ معدن) به‌دست می‌آید.

مهم‌ترین خواص آلومینیم که باعث استفاده‌ی گسترده از آن در صنایع و ساختمان می‌شود عبارت‌اند از : وزن مخصوص کم، مقاومت در مقابل اکسید شدن و خوردگی، هم‌چنین قابلیت ریخته‌گری.

به‌منظور اصلاح و یا تغییر خواص آلومینیم، آن را با مس، سیلیسیم، روی، نیکل و آهن به نسبت‌های معینی مخلوط نموده، «آلیاژ آلومینیمی» می‌سازند. آلیاژ آلومینیم با حدود ۱۲ درصد سیلیسیم ازنظر خواص ریخته‌گری بسیار مناسب است. این آلیاژ در برابر پدیده‌های جوی پایدار است، زنگ نمی‌زند و قابل جوش است و از آن برای ساختن قطعات صنعتی نظیر سرسیلندر موتور اتومبیل و گیربکس، هم‌چنین ساختن در و پنجره استفاده می‌شود.

۳ــ ۵ ــ سرب (Pb)

فلزی بسیار سنگین است که از نام لاتین «پلومبوم» گرفته شده است و در ساختمان کاربرد درخور توجهی دارد ؛ مثلاً برای آب‌بندی کردن لوله‌های چدنی فاضلاب، محل اتصالات را سرب‌ریزی یا به‌عبارت دیگر سرب‌کوبی می‌کنند ؛ هم‌چنین برای جلوگیری از عبور اشعه‌های مضّر همچون اشعه‌ی ایکس (x) کف اتاق‌های رادیولوژی و نظایر آن‌را با ورقه‌ای از سرب می‌پوشانند. از سرب در رنگ‌سازی، روپوش سیم‌ها، تهیه و ساخت باطری، گلوله و ساچمه و نظایر آن استفاده می‌شود. نکته‌ی قابل توجه این است که سرب به‌صورت محلول، سمی است. به همین دلیل استفاده از رنگ‌هایی که پایه‌ی سربی دارد به‌صورت پاشیدن (اسپری) و یا تراشیدن آن و همچنین استفاده از آن‌ها در جاهایی که در دسترس کودکان و جانداران است، مجاز نمی‌باشد.

۴ــ ۵ ــ روی (Zn) ــ مس (Cu)

روی و مس در صنعت کاربرد بسیار دارد. از روی به‌عنوان روکش محافظتی بر روی فولاد (آهن گالوانیزه) استفاده می‌شود. از ترکیب این دو فلز آلیاژی به نام «برنز» به‌دست می‌آید که در ساخت یراق‌آلات ساختمانی مصرف زیاد دارد.

از مس و روی با قلع، آلیاژ دیگری به نام «برنج» ساخته می‌شود که آن نیز کاربرد فراوان دارد.

مدارک باستانی و نظرات باستان‌شناسی چنان می‌گوید که شمال و بخش میانی ایران یکی از باستانی‌ترین مراکز صنعت فلز در جهان است. طبیعی است که صنعت فلزات در جاهایی که در آن معادن مختلف یافت می‌شده پیشرفت می‌کرده است، و از این روی ایران سرزمینی بسیار غنی بوده و مردمان این سرزمین از نخستین صنعت‌کاران فلز به‌شمار آمده‌اند. از ایران زمین دانش فلزکاری و صنعت فلزات به مرز و بوم‌های دیگر از جمله آسیا، آفریقا و اروپا رفته است. به‌نظر می‌رسد که نخست ساکنان این بخش با چکش‌کاری مس از آن ابزارهای گونه‌گون را می‌ساختند. در هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد مس هنوز هم برای ساختن جنگ‌افزار، ابزارهای آرایشی و دیگر ابزارها به‌کار می‌رفت. در نیمه‌ی دوم آن هزاره، دگرگونی‌هایی در تکنولوژی فلزات پدید آمد و در این دوره مس از سنگ معدن با ذوب کردن جدا گردید. در قدیم نواحی کرمان و بلوچستان از جمله معادن عمده‌ی مس به‌شمار

می‌آمده‌اند و اخیراً در این نواحی کوره‌های ذوب مس نیز یافت شده‌اند. ابزارهای مسی هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد مقادیری زر، سیم، سرب، آرسنیک، آنتی‌مون، آهن، نیکل و قلع همراه داشته‌اند. آمیختن فلزها و تشکیل آلیاژهای گوناگون این توفیق را داد که آلیاژهایی چون مفرغ یا برنز با مقاومت و سختی زیادتر از مواد متشکله‌شان ساخته شود. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که از ۲۵۰۰ پیش از میلاد به بعد در آمیختن فلزات و به‌دست آمدن آلیاژها از طرف فلزکاران کنترل‌هایی اعمال گردیده باشد.

گمان می‌رود که ایرانیان در دوره‌ی هخامنشیان در صنعت فولادسازی و کاربست آهن و فولاد مهارت داشته‌اند. نیز گفته شده است که آنان از ویژگی‌های فولاد آگاهی داشته‌اند و می‌دانسته‌اند که آهن در مجاورت هوا و رطوبت زنگ می‌زند. گویا برای حفاظت اجسام آهنین با قیر روی آن‌ها را اندود می‌کرده‌اند. برخی برداشت‌های باستان‌شناسی نیز گویای آن است که شهر نیریز در فارس یکی از مراکز تولید اسلحه در زمان هخامنشیان بوده است. سیاحان و جغرافی‌دانان اعصار بعد نیز از صنعت فولادسازی در حوالی شمالی نیریز یادها کرده‌اند.

نشانه‌های تاریخی که تا کنون به‌دست آمده و بررسی شده است مؤید آن است فولادسازی در هزاره‌ی دوم پیش از میلاد از سرزمین ارمنستان و آذربایجان ریشه گرفته و از آن‌جا در اواخر هزاره‌ی دوم به بخش‌های دیگر ایران رفته است.

صنعت فولاد ایرانی و به‌ویژه فولاد ایرانی در زمان اشکانیان شهرت جهانی داشته و از آن در نوشته‌های ملل دیگر نیز یاد شده است. برابر محاسباتی که شده کوره‌های باستانی ذوب فولاد در بخش قره‌داغ دارای گنجایش تولیدی سالیانه ۲۰۰ تن بوده است. نویسندگان رومی از شهرت پولاد پارتی سخن گفته‌اند و گفته شده است که پولاد ساسانی با نام پین‌تیه (اسم فارسی اسپینا) به چین صادر می‌شده است. واژه‌ی فارسی پولاد که در زبان رومی، مغولی، ارمنی، ترکی و تبتی به‌گونه‌ی بولوت ظاهر می‌شود نشان‌دهنده‌ی تأثیر صنعت فولاد ایرانی در سرزمین‌های دیگر جهان باستان به‌شمار می‌رود.

در دوران اسلامی نیز پولاد ایران و صنعت فولادسازی و کان‌های آهن در ایران شهرت خود را نگه داشت و از کان‌های آهن و مهارت آهن‌کاران ایرانی بهره‌گیری‌های فراوانی انجام گرفت. از جمله بخش‌های ایران که در دوران اسلامی از کان‌های آهن آن بهره‌وری فراوان شده کان‌های آهن کرمان بود. الکندی شیمی‌دان اسلامی کتابی در خواص شمشیرها نوشته و در آن بین دو نوع آهن که آن‌را آهن ماده، (آهن نرم و یا آهنی که نمی‌توان آن را سخت کرد و کلمه فارسی آن نرم آهن و یا به‌گفته‌ی او نرمهانی است) و آهن نر، که به آسانی قابل سخت شدن است (و به گفته‌ی او سابورکانی) تفاوت قائل شده است. آهن سابورکانی یا آهن شابورگانی، یا یاشابرانی یا شاپورگانی احتمالاً در شابران (دربند قفقاز) بوده که بهره‌برداری از آن در دوران ساسانیان آغاز شده است.

ارزش‌یابی فصل پنجم

۱ــ نحوه‌ی تولید فولاد را شرح دهید.

۲ــ موارد استفاده‌ی آهن را در ساختمان شرح دهید.

۳ــ فولادهای نُرم آلمانی را نام ببرید.

۴ــ نیم‌رخ‌های حاصل از نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شوند. آن‌ها را شرح دهید.

۵ ــ موارد استفاده از آلومینیم در ساختمان را توضیح دهید.

۶ــ مهم‌ترین آلومینیمی که به‌طور گسترده در صنایع ساختمان استفاده می‌شود کدام است؟

۷ــ از سرب در چه مواردی استفاده می‌شود؟