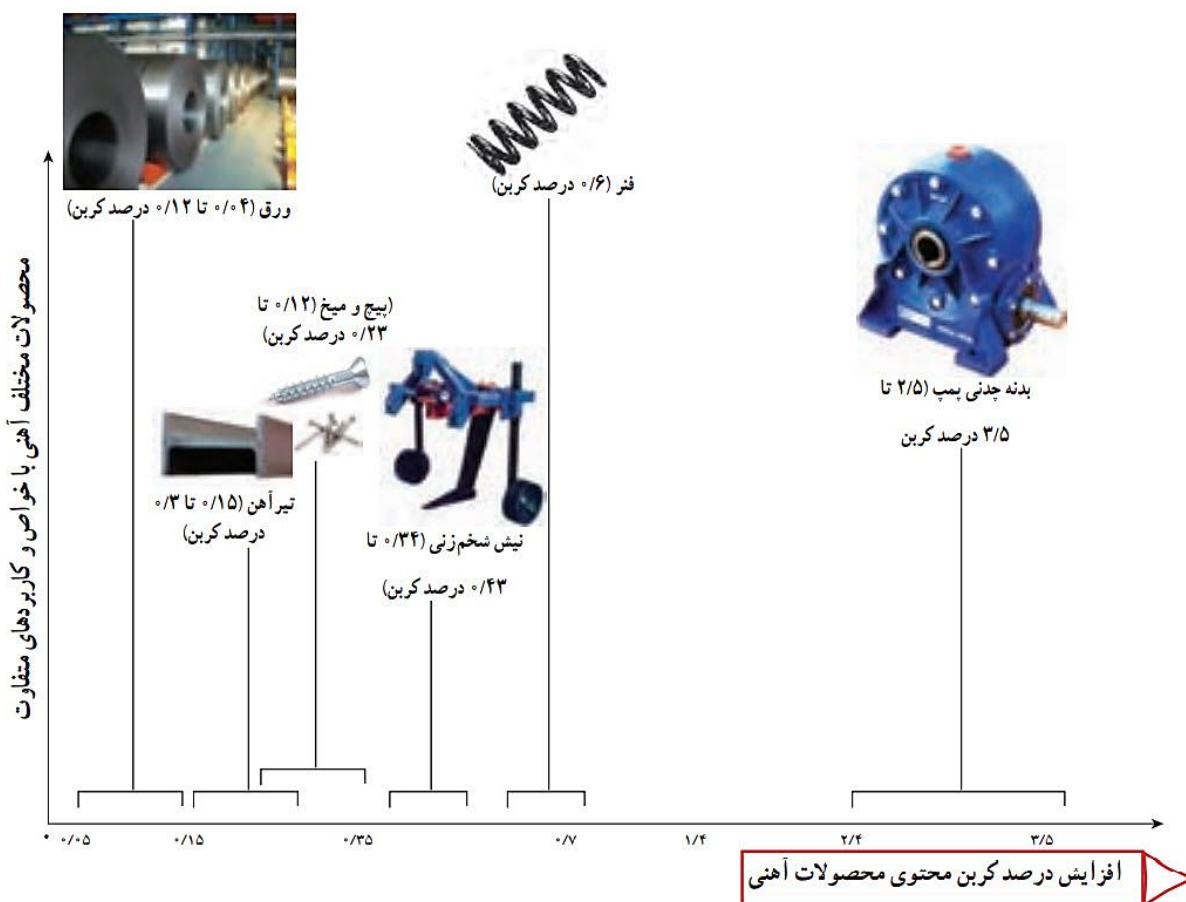


## ۱-۵- مقدمه

پرکاربردترین ماده مورد استفاده در صنعت کدام است؟

پرکاربردترین مواد صنعتی، آلیاژهای آهن می‌باشند که به دلیل پایین بودن خواص مکانیکی مثل: سختی و استحکام، آهن خالص کاربرد چندانی ندارد<sup>۱</sup>. بنابراین آنچه ما در اطراف خود از وسایل آهنی می‌بینیم مثل: میز، صندلی، در و پنجره، دوچرخه، موتورسیکلت، ماشین و غیره در حقیقت از فولاد (آلیاژهای آهن) ساخته شده‌اند. آلیاژهای آهن در صنعت به دو صورت فولادها و چدن‌ها (آلیاژ آهن، کربن و سیلیسیم همراه با عناصر دیگر هستند)، مورد استفاده قرار می‌گیرند که در شکل (۱-۵) چند محصول با درصدهای مختلف کربن نشان داده شده است.



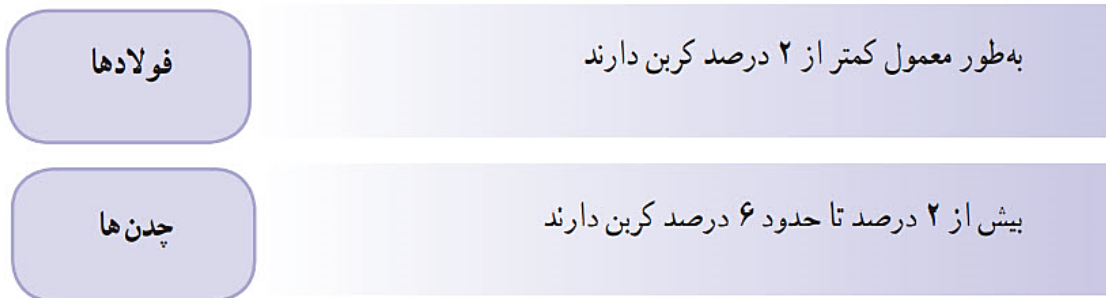
شکل ۱-۵- نیم‌ساخته‌ها و محصولات آهنی با کاربردهای مختلف

۱-آلیاژ فلزی: محلول جامدی است که حداقل یکی از اجزاء آن فلز باشد و ترکیب نهایی خواص فلزی داشته باشد.

## ۲-۵- دسته‌بندی فلزات پایه آهنی

کربن و دیگر عناصر آلیاژی در ترکیب با آهن طیف گسترده‌ای از خواص را در فلزات آهنی ایجاد می‌کنند که می‌توان با شناخت این خواص از آنها در صنایع مختلف استفاده نمود.

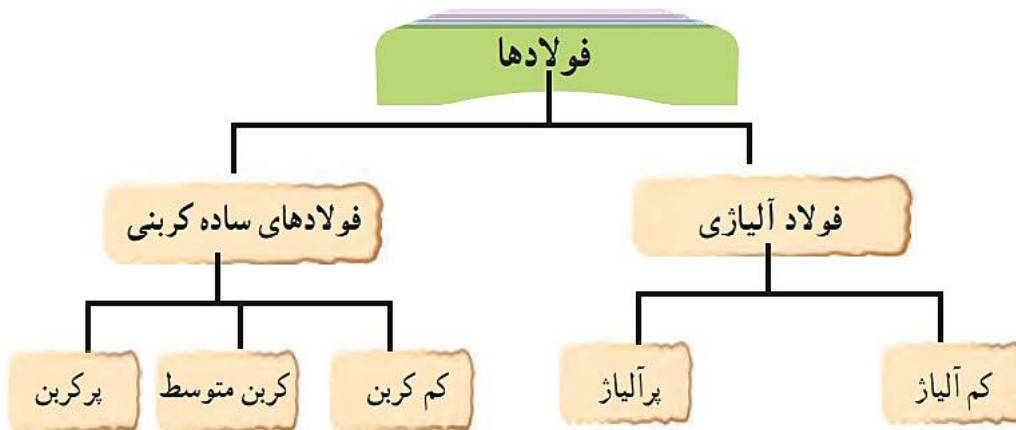
فلزات پایه آهنی بر اساس میزان کربن به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند (نمودار ۱-۵).



نمودار ۱-۵- دسته‌بندی فلزات پایه آهنی بر حسب مقدار کربن

## ۳-۵- فولاد

به طور کلی می‌توان فولادها را مطابق نمودار (۲-۵) تقسیم‌بندی کرد.



نمودار ۲-۵- تقسیم‌بندی فولادها

۱-۳-۵- فولادهای ساده کربنی<sup>۱</sup>: فولادهای ساده کربنی به آن دسته از فولادها اطلاق می‌شود که کربن

اصلی‌ترین و مؤثرترین عنصر آلیاژی آن می‌باشد و با افزایش میزان کربن استحکام فولاد افزایش پیدا می‌کند.

فولادهای ساده کربنی مطابق نمودار (۳-۵) به سه گروه تقسیم می‌شوند.



نمودار ۳-۵- تقسیم‌بندی انواع فولادهای ساده کربنی

**الف) فولاد ساده کم کربن:** این نوع فولاد که برای عموم قطعات مهندسی، سازه‌ها و پل‌ها، صنایع کشتی-

سازی و بدنه واگن‌ها و ... بکار می‌روند، از خواص شکل‌پذیری، ماشین‌کاری، جوشکاری و مغناطیسی خوبی برخوردار

می‌باشند (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- کاربرد فولادهای ساده کم کربن

ب) فولادهای ساده کربن متوسط: در صنایع حمل و نقل به خصوص راه آهن (چرخ و محور واگن‌ها)، قطعات خودرو و ماشین آلات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فولادها علاوه بر داشتن خواص ماشین کاری و جوشکاری مناسب از قابلیت سختی‌پذیری بالایی برخوردار هستند (شکل ۳-۵).



ب) سازه‌های مربوط به فرآوری مواد معدنی

الف) اکسل عقب و دیفرانسیل اتومبیل

شکل ۳-۵- کاربرد فولادهای ساده کربن متوسط

ج) فولادهای ساده پرکربن: در مواردی که به سختی بالایی نیاز باشد از فولادهای ساده پرکربن استفاده می‌شود مانند تیغ‌های برش، غلتک نورد و ... که در شکل (۴-۵) دو نمونه از این قطعات صنعتی نشان داده شده است.



شکل ۴-۵- کاربرد فولادهای ساده پرکربن

**تقسیم‌بندی فولادهای ساده کربنی:** قدیمی‌ترین تقسیم‌بندی برای فولادهای ساده کربنی پرکاربرد در صنعت بر اساس استاندارد DIN-۱۷۱۰۰ کشور آلمان انجام شده است و در صنایع کشور ما نیز متداول می‌باشد که در جدول (۱-۵) مشاهده می‌کنید<sup>۱</sup>.

---

۱- ویژگی برخی از فولادهای پرکاربرد در قسمت ضمیمه کتاب آمده است.

جدول ۱-۵- نمونه‌ای از فولادهای ساده کربنی بر اساس استاندارد DIN

مقدار کربن بر حسب %	استحکام (کیلوگرم بر میلی متر مربع)	علامات مشخصه کارخانه				فولاد با درجه کیفیت متفاوت		
		ورق متوسط	ورق ضخیم	آهن فرم‌دار و پرفیل	نیمه‌ساخت	۳ برای خواص مخصوص	۲ برای خواص عالی	۱ برای خواص عادی
تعیین نشده است	۳۳ تا ۵۰	St <sup>۰۰</sup> - ۲۲	St <sup>۰۰</sup> - ۲۱	St <sup>۰۰</sup> - ۱۲	St <sup>۰۰</sup> - ۱۱	-	-	St ۲۳
۰/۱۷	۳۴ تا ۴۲	-	-	St ۳۴ - ۱۲	St ۳۴ - ۱۱	St ۳۴ - ۳	St ۳۴ - ۲	St ۳۴
۰/۲۰	۳۷ تا ۴۵	St ۳۷ - ۲۲	St ۳۷ - ۲۱	St ۳۷ - ۱۲	St ۳۷ - ۱۱	St ۳۷ - ۳	St ۳۷ - ۲	St ۳۷
۰/۲۵	۴۲ تا ۵۰	St ۴۲ - ۲۲	St ۴۲ - ۲۱	St ۴۲ - ۱۲	St ۴۲ - ۱۱	St ۴۲ - ۳	St ۴۲ - ۲	St ۴۲
۰/۳۰	۵۰ تا ۶۰	St ۵۰ - ۲۲	-	-	-	-	St ۵۰ - ۲	St ۵۰
۰/۲۰	۵۲ تا ۶۲	-	-	-	-	St ۵۲ - ۳	-	-
۰/۴۰	۶۰ تا ۷۲	St ۶۰ - ۲۲	-	-	-	-	St ۶۰ - ۲	St ۶۰
۰/۵۰	۷۰ تا ۸۵	St ۷۰ - ۲۲	-	-	-	-	St ۷۰ - ۲	-

همانطور که در جدول (۱-۵) مشاهده می‌شود با افزایش درصد کربن، استحکام و سختی فولادها افزایش می‌یابد

ولی قابلیت جوشکاری و انعطاف‌پذیری آنها کاهش می‌یابد.

جدول (۲-۵) انواع نیم‌ساخته‌های مهم فلزی به همراه علائم اختصاری آنها را بر اساس استاندارد DIN ۱۳۵۳-

نشان می‌دهد.

## بیشتر بدانیم

### متالوگرافی<sup>۱</sup>

به علم و هنر آماده‌سازی نمونه‌های فلزی و بررسی ریز ساختار میکروسکوپی آنها متالوگرافی گفته می‌شود. با این کار اطلاعات ارزشمندی در زمینه ریز ساختار کریستالی، کار مکانیکی و عملیات حرارتی احتمالی صورت گرفته بر روی فلز و تا حدودی ترکیب شیمیایی آن را می‌توان به دست آورد.

فرآیند متالوگرافی به سه مرحله تقسیم‌بندی می‌شود؛

۱- آماده‌سازی نمونه (شامل برش، بافت و سنباده‌زنی)

۲- پولیش واچ کردن

۳- مطالعه نمونه زیر میکروسکوپ




این اختلاف ساختار فولاد خواص مکانیکی متفاوتی را ایجاد می‌کند که در جدول (۳-۵) این اختلاف در خواص مکانیکی برای سه نوع فولاد ساده کربنی نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش درصد کربن استحکام تنش تسلیم فولاد کربنی افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۳-۵- اختلاف در خواص مکانیکی فولاد ساده کربنی (بر حسب مقدار متفاوت کربن)

فولاد ساده پرکربن (CK۶۰)	فولاد ساده کربن متوسط (CK۴۵)	فولاد ساده کم کربن (CK۱۵)	نوع فولاد خاصیت مکانیکی
۷۸۰-۹۳۰	۶۵۰-۸۰۰	۵۹۰-۷۸۰	استحکام کششی (MPa)
۴۹۰	۳۶۵	۳۵۵	تنش تسلیم (MPa)

اختلاف در خواص فولاد ساده کربنی، علاوه بر مقدار کربن موجود در فولاد به دلیل دیگری نیز می‌تواند ایجاد شود و آن انجام عملیات حرارتی روی فولاد می‌باشد که در فصل چهارم توضیح داده شده است. همان طور که در جدول (۵-۴) مشاهده می‌کنید، چنانچه یک فولاد ساده کربنی (کربن متوسط) با سرعت متفاوت سرد شود منجر به تشکیل سه نوع ساختار با خواص مکانیکی مختلف می‌شود.

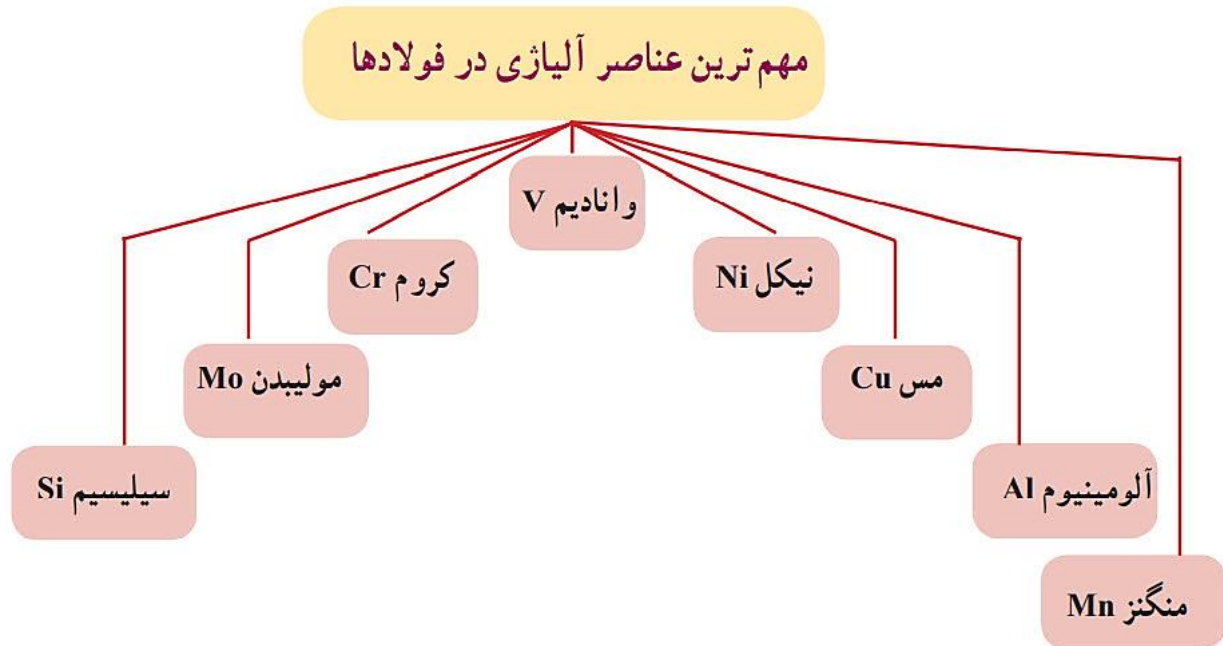
جدول ۵-۴- تأثیر سرعت سرد کردن فولاد ساده کربنی روی ساختار و خواص مکانیکی آن

 سرعت سرد کردن بالا (سرد کردن در آب)	 سرعت سرد کردن متوسط (سرد کردن در هوا)	 سرعت سرد کردن پایین (سرد کردن در کوره)	ریز ساختار فولاد  خواص مکانیکی
۷۴۰	۶۹۰	۶۶۰	استحکام کششی (MPa)
۴۰۳	۳۸۴	۳۶۷	تنش تسلیم (MPa)

۳-۳-۵ - فولادهای آلیاژی: برای بهبود خواص فولادها که در نمودار (۵-۵) به دلایل اصلی آن اشاره شده

است، عناصری آلیاژی به آن افزوده می‌شود که مهم‌ترین عناصر آلیاژی در نمودار (۵-۴) مشاهده می‌شوند.

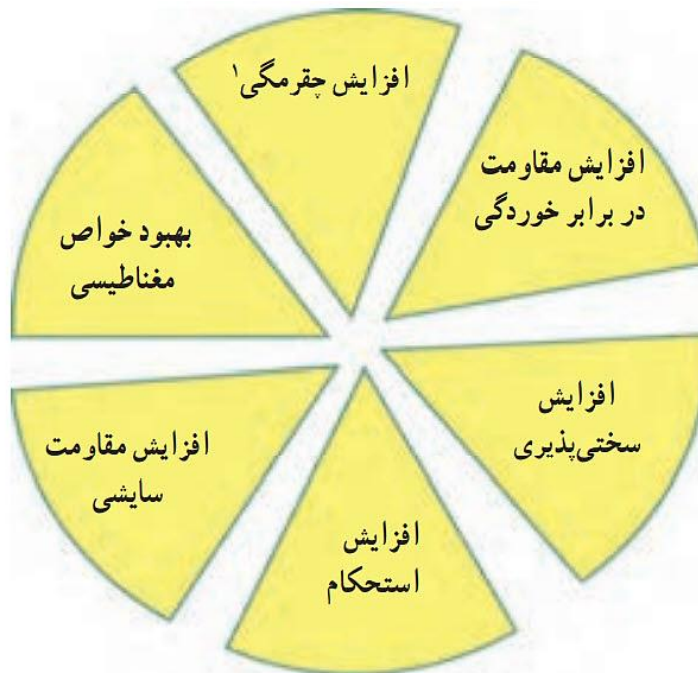




نمودار ۴-۵- مهم ترین عناصر آلیاژی در فولادها

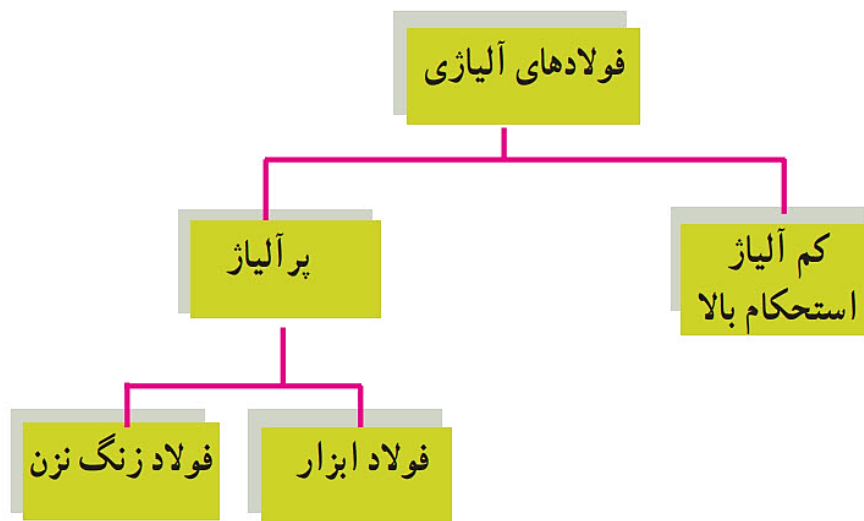


شکل ۶-۵- افزودن عناصر آلیاژی به مذاب فولاد در کارخانه فولادسازی



نمودار ۵-۵- دلایل افزودن عناصر آلیاژی به فولاد

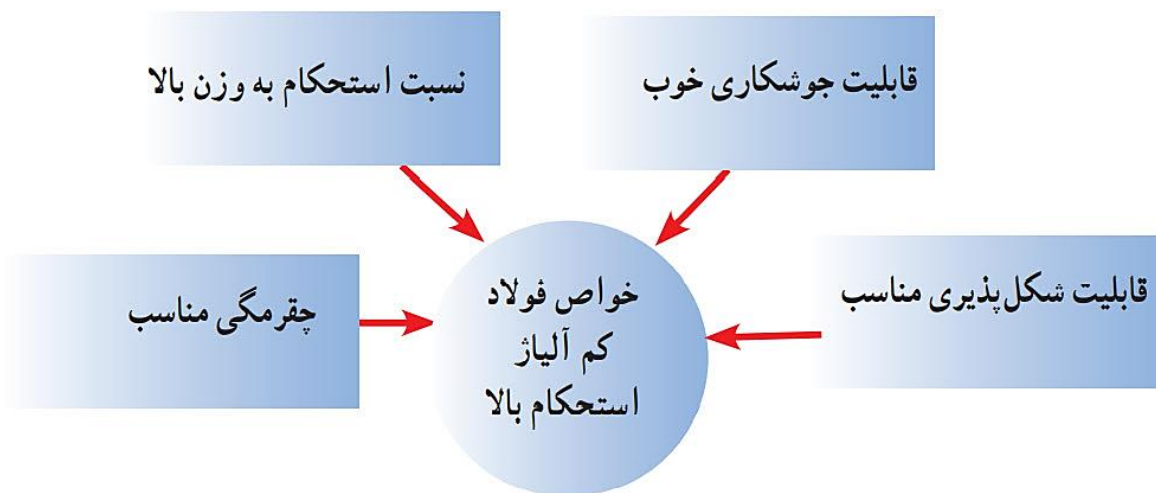
فولادهای آلیاژی را می توان مطابق نمودار (۵-۶) تقسیم بندی کرد.



نمودار ۵-۶- دسته بندی فولادهای آلیاژی

۱- چقرمگی یا تافنس (Toughness): در علم متالوژی و مواد به مقاومت ماده در برابر شکست در اثر اعمال تنش گفته می شود و به صورت میزان انرژی جذب شده قبل از شکست در واحد حجم تعریف می شود. این کمیت را می توان از طریق محاسبه سطح زیر منحنی تنش - کرنش محاسبه کرد. بنابراین هرچه چقرمگی ماده ای بیشتر باشد انرژی لازم برای شکست آن بیشتر است.

**الف) فولاد کم آلیاژ استحکام بالا (HSLA):**<sup>۱</sup> این نوع فولاد که فولاد میکرو آلیاژی نیز نامیده می‌شود، نوعی فولاد آلیاژی است که با افزودن مقدار اندکی از عناصر آلیاژی نظیر مولیبدن، وانادیوم و تیتانیوم تهیه می‌شود (مجموع عناصر آلیاژی در این دسته از فولادها کمتر از ۵ درصد است). فولادهای میکروآلیاژی نسبت به دیگر فولادها دارای خواص منحصر بفردی می‌باشند، که در نمودار (۵-۷) نمایش داده می‌شود.



نمودار ۵-۷- خواص منحصر به فرد فولاد کم آلیاژ استحکام بالا

مهم‌ترین ویژگی این فولادها بالا بودن نسبت استحکام به وزن و چقرمگی مناسب می‌باشد. بنابراین در صنایعی که کاهش وزن مورد توجه است، استفاده از میکرو آلیاژها مرسوم می‌باشد. به عنوان مثال در صنایع خودروسازی برای انتخاب ورق بدنه خودرو معیار اصلی دارا بودن استحکام بالا به همراه وزن کم می‌باشد که از ورق‌های HSLA با ضخامت کم استفاده می‌شود.

فولادهای میکرو آلیاژی بدون شک یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های متالورژیکی نیم قرن اخیر بوده است. این فولادها یک ترکیب عالی از خواص مختلف از جمله استحکام، انعطاف پذیری، چقرمگی، شکل پذیری و جوش پذیری را دارا می‌باشد.

**ب) فولادهای ابزار<sup>۱</sup>:** فولادهای ابزار گروهی از فولادها هستند که در ساخت ابزار مانند تیغه اره، تیغه قیچی، سوهان، شکل (۷-۵) قلم تراش، سوزن خط‌کشی و قالبهای نورد و پرس مورد استفاده قرار می‌گیرند. سختی‌پذیری بالا، مقاومت سایشی مناسب، پایداری ابعادی خوب (انقباض و انبساط کم) و قابلیت عملیات حرارتی از جمله خواص مهم فولاد ابزار می‌باشد.

میزان کربن این نوع فولادها از حدود ۰/۳۵ درصد تا حدود ۱/۲۵ درصد متغیر است و بسته به نوع فولاد ابزار ممکن است دارای عناصر آلیاژی خاص مثل: تنگستن، کروم، وانادیوم و مولیبدن نیز باشند.



شکل ۷-۵- کاربردهای فولاد ابزار

در جدول (۵-۵) نمونه‌ای از دسته‌بندی فولادهای ابزار بر اساس استاندارد<sup>۲</sup> AISI آمده است.

۱- Tools Steel

۲- American Iron and Steel Institute