

جلسه سوم

فولاد های مورد استفاده در ماشین سازی

انتخاب یک فولاد مناسب قطعه ای از ماشین بستگی به درک کامل نحوه تنش و تغییرات آن دارد، داشتن غیرعادی مانند تمرکز تنش، خوردگی، سایش، ضربه و دماهای بالا و پایین لازم است. فولاد انتخاب شده بستگی به این دارد آیا این فولاد حرارت کاری شده یا خیر در زیر خلاصه ای از طبقه بندی عمومی فولاد های مورد استفاده در صنعت ماشین سازی را مشاهده می کنید

۱- حرارت کاری نشده ها

الف) فولادهای ساده کم کربن نبرد گرم و سرد کشیده

ب) فولادهای خوش تراش (یا فولادهای که جهت ماشینکاری راحت دوباره سولفوریزه شده اند)

ج) ورقهای کم کربن برای شکل دهی یا کشیدن یا قالب گیری

د) فولادهای کم آلیاژ پر استحکام (HSLA)

۲- حرارت کاری شده ها

الف) کربوریزه شده؛ این فولادها از نوع کم کربن یا آلیاژی هستند

ب) فولاد هایی که در آب یا روغن سرد و سپس گرم شده اند. این نوع فولادها حاوی مقادیر قابل توجهی از کربن یا عناصر آلیاژی هستند

سیستم های شماره گذاری برای فولادهای کربن و آلیاژی؛

در صنعت ماشین سازی از انواع مختلف فولادهای کربن و فولادهای آلیاژی استفاده می شود.

سیستم شماره گذاری انجمن مهندسی اتومکانیک (SAE) و موسسه فولاد و آهن آمریکا (AISI) براساس ترکیب شیمیایی فولاد است. این سیستم وسایل راحتی را برای شناسایی هر نوع فولاد فراهم می سازد. در حالت کلی این سیستم کاتالوگی از یک عدد چهار رقمی استفاده می کند. دو رقم اول طبقه بندی نوع یا گروه آلیاژی آن را نشان می دهد و با دو رقم بعدی محتوای کربن آن را مشخص می کنند.

عنصر کربن در استحکام و سختی فولاد به قدری اثر دارد که مقدار آن توسط شماره کاتالوگی مشخص می شود به عنوان مثال فولاد کربن ساده توسط عدد پایه ده مشخص میشود.

شماره AISI برای فولاد همانند شمار SAE است با این تفاوت که حروف بزرگ پیشوندی در SAE معرف روش تولید است و داریم:

A فولاد آلیاژی حاصل از کوره باز قلیایی

B فولاد کربن بسمر اسیدی

C فولاد کربن حاصل کوره باز قلیایی

D فولاد کربن حاصل از کوره باز و اسیدی

E فولاد آلیاژی حاصل از کوره الکتریکی

لذا جهت تولید یک محصول با فولاد، باید جهت انتخاب صحیح فولاد به جداول به روز مراجعه نمود. طبق آزمایشات انجام شده رابطه مستقیم بین استحکام کششی و عدد سختی بر نیل (BHN) وجود دارد. بطوری که استحکام کششی در اغلب فولادها بین ۴۵۰ تا ۵۰۰ برابر BHN است. همچنین افزایش سختی موجب کاهش خاصیت نرمی یا داکتیلیته می گردد.

4xxx	فولاد مولبدن	1xxx	فولادهای کربن
40xx	فولاد کربن مولبدن	10xx	فولاد کربن ساده
41xx	فولاد کروم - مولبدن	11xx	فولاد خوش تراش
43xx	فولاد کروم - نیکل - مولبدن	13xx	فولاد منگنز
46xx	فولاد نیکل - مولبدن 1.75% نیکل	2xxx	فولاد نیکل
48xx	فولاد نیکل - مولبدن 3.50% نیکل	23xx	3.50% Ni
5xxx	فولادهای کروم	25xx	5.00% Ni
51xxx	فولاد کم کروم	3xxx	فولادهای نیکل - کروم
52xxx	فولاد کروم متوسطا	31xx	1.25%Ni, 0.60%Cr
51xx	ضد خوردگی و نسوز	32xx	1.75%Ni, 1.00%Cr
6xxx	فولادهای کروم - وانادیوم	33xx	3.50%Ni, 1.50%Cr
61xx	1.00% Cr	30xxx	فولاد ضد خوردگی و مقاوم به گرما
9xxx	فولادهای سیلیسیم - منگنز		
92xx	2.00% Si		
AISI			
86xx	فولادهای کروم - نیکل - مولبدن		
87xx	فولادهای کروم نیکل - مولبدن		

شکل ۱-۷: شماره های پایه فولاد بر اساس استاندارد های SAE و AISI

نیکل	23xx, 26x
نیکل - کروم	31xx, 32x, 33xx
کروم - مولیبدن	41xx
مولیبدن نیکل - کروم	43xx
نیکل - مولیبدن	46xx, 48x

شکل ۸-۱: شماره های پایه فولاد های پرمصرف بر اساس استاندارد های SAE و AISI

گروه	منگنز	کربن	AISI		
فولادهای کربن ساده					
0.05 max	0.30-0.60	0.08-0.13	C1010		
0.05 max	0.30-0.60	0.18-0.23	C1020		
0.05 max	0.60-0.90	0.32-0.38	C1035		
0.05 max	0.60-0.90	0.43-0.50	C1045		
0.05 max	0.60-0.90	0.55-0.65	C1060		
0.05 max	0.30-0.50	0.90-1.05	C1095		
فولادهای خوش تراش					
0.16-0.23	0.70-1.00	0.08-0.13	B1112		
0.24-0.33	0.70-1.00	0.08-0.13	B1113		
0.08-0.13	1.00-1.30	0.14-0.20	C1117		
0.08-0.13	1.35-1.65	0.32-0.39	C1137		
0.08-0.13	1.35-1.65	0.37-0.45	C1141		
فولادهای نیکل					
Nickel	0.40-0.60	0.15-0.20	A2317		
			3.25-3.75		
فولاد کم آلیاژی با مقاومت زیاد *					
0.25-0.75 Si	0.20-0.50	0.12 max	Cor-Ten		
0.65 max Ni	0.30-1.25 Cr	0.25-0.55 Cu	T ₁ type A		
0.20-0.35 Si	0.70-1.00	0.12-0.21			
0.03-0.08 V	0.15-0.25 Mo	0.40-0.65 Cr	T ₁ type B		
0.20-0.35 Si	0.95-1.30	0.12-0.21			
0.20-0.30 Mo	0.40-0.65 Cr	0.30-0.70 Ni			
		0.03-0.08V			
مولیدن	کروم	نیکل	منگنز	کربن	AISI
فولادهای نیکل - کروم					
	0.55-0.75	1.10-1.40	0.70-0.90	0.38-0.43	A3140
فولادهای کروم - مولیدن					
0.15-0.25	0.80-1.10		0.75-1.00	0.38-0.43	A4140
فولادهای نیکل - کروم - مولیدن					
0.20-0.30	0.40-0.60	1.65-2.00	0.45-0.65	0.17-0.22	A4320
0.20-0.30	0.70-0.90	1.65-2.00	0.60-0.80	0.38-0.43	A4340

شکل ۹-۱: شماره های پایه فولاد های کربو آلیاژی بر اساس استاندارد های SAE و AISI

AISI	کربن	منگنز	نیکل	کروم	مولیدن
فولادهای نیکل - مولیدن					
A4620	0.17-0.20	0.45-0.65	1.65-2.00		0.20-0.30
A4640	0.38-0.43	0.60-0.80	1.65-2.00		0.20-0.30
A4815	0.13-0.18	0.40-0.60	3.25-3.75		0.20-0.30
فولادهای کروم دار ساده					
E52100	0.98-1.10	0.25-0.45		1.30-1.60	
فولادهای کرم - وانادیوم					
A6150	0.48-0.58	0.70-0.90		0.80-1.10	0.15 min V
فولادهای نیکل - کروم - مولیدن					
A8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25
A8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.52
فولادهای سیلیسیم - منگنز					
A 9260	0.56-0.64	0.70-1.00			1.8-2.2 Si

شکل ۱-۹: ادامه

فولاد کربن ساده:

اگر تنها عنصر آلیاژی در یک فولاد کربن باشد آن را فولاد کربن ساده می نامیم. کربن یک عنصر آلیاژی بسیار قوی و با تغییر مقدار آن تغییرات وسیعی در استحکام و سختی فولاد ایجاد می شود. محدوده ی خواص مطلوب فولاد با انجام عملیات حرارتی به روی آن باز هم وسیع تر می گردد. اغلب مصارف فولاد کربن ساده در جدول آمده است. ماشینکاری و باز پخت این فولادها (فولاد کربن ساده) راحت تر از فولادهای آلیاژی است. فولاد کربن ساده ارزان ترین فولاد است و معمولاً طراح سعی می کند از این فولاد استفاده کند مگر اینکه سختی شرایط کار یا مشکل بودن عملیات حرارتی باعث شود از فولاد آلیاژی گران قیمت استفاده کند. فولاد کربن ساده بیش از همه انواع فولادها تولید می شود.

درصد کربن	موارد استفاده فولاد کربن
۰/۰۵ - ۰/۱۰	سنگ زنی، ورقها، سیم، پرچها، مواد قابل جوشکاری، قطعات سرد کشیده
۰/۱۰ - ۰/۲۰	پروفیل‌های ساختمانی، اجزاء ماشین، قطعات کربوریزه شده، پیچها
۰/۲۰ - ۰/۳۰	چرخنده ها، شفت سازی، اهرمها، لوله های جوش داده شده، قطعات کربوریزه شده
۰/۳۰ - ۰/۴۰	لوله های بدون درز، شفت ها، شاتونها، فلاپ، چرخیل، محورها، این فولاد قابل حرارت کاری است.
۰/۴۰ - ۰/۵۰	محصولات آهنگری، شفتها، چرخنده ها، پیچهای بدون سر
۰/۶۰ - ۰/۷۰	قالب‌های آهنگری، پیچهای خامن، تیرهای لوکوموتیو، واشر فیل، سیم قتری سخت- کشیده،
۰/۷۰ - ۰/۸۰	تیرهای گاو آهن، دیسکهای ماشین ضخیم زنی، سلاوح ستانه‌ها آرد نواری، جکشیها، آچارها
۰/۸۰ - ۰/۹۰	فیچهای کشاورزی، بیلها، تیغهای کلوخ شکن، پانچها یا سوراخ کن ها، مته سنگ تراش، فلمهای
	سرد، ابزارهای دستی، سیم موسیقی، قترهای بزرگ
۰/۹۰ - ۱/۰۰	قترها، چاقوها، محورها، حدیده ها، دندانها های جمع کن یونجه خشک
۱/۰۰ - ۱/۱۰	مته ها، کلاویزها، تیغ فرزا، چاقوها
۱/۱۰ - ۱/۲۰	مته ها، ابزار ماشین تراش
۱/۲۰ - ۱/۳۰	سوهانها، برقوها، چاقوها، ابزارهای فلزبر
۱/۳۵ - ۱/۴۰	تینهای ریش تراش، آره ها، حدیده های سورد استفاده در سیم سازی، آره های فلزبر،

شکل ۱-۱۰: کاربرد های فولاد کربن ساده

ضخامت استاندارد انواع ورق های فولاد کربن ساده در جدول زیر آمده است:

شماره	ضخامت	شماره	ضخامت	شماره	ضخامت	شماره	ضخامت
7	0.1793	13	0.0897	19	0.0418	25	0.0209
8	0.1644	14	0.0747	20	0.0359	26	0.0179
9	0.1494	15	0.0673	21	0.0329	27	0.0164
10	0.1345	16	0.0598	22	0.0299	28	0.0149
11	0.1196	17	0.0538	23	0.0269	29	0.0135
12	0.1046	18	0.0478	24	0.0239	30	0.0120

شکل ۱-۱۱: ضخامت برخی فولاد های کربن ساده بر حسب in

فولاد کربن ساده ای که کربن آن حدوداً 0.3% یا بیشتر باشد را می توان توسط عملیات حرارتی سخت و مقاوم کرد. در عملیات حرارتی عموماً قطعه را تا دمای بالاتر از دمای بحرانی فوقانی حرارت می دهیم. سپس آن را با فرو بردن در یک ماده سرد کننده مانند آب، سرد می کنند بعد از خنک کاری فولاد محکم می شود ولی به دلیل وجود تنش های محبوس در آن و از دست دادن خاصیت داکتیلیته یا نرمی برای مصرف مناسب نیست با انجام عملیات بعدی روی آن مانند تمپره کردن، کشیدن و یا حرارت دادن تنش های حاصل

از خنک کاری از بین می رود و خاصیت داکتیلیته آن بهبود می یابد اما استحکام کششی آن کاهش پیدا می کند. (به طور خلاصه این عملیات عبارت است از گرم کردن مجدد قطعه و سرد کردن آن در هوا.) کاهش استحکام کششی و افزایش داکتیلیته قطعه، بستگی به دمایی دارد که در گرم کردن آن مورد استفاده قرار می گیرد.

در عملیات خنک کاری، حرارت فقط از طریق سطحی از قطعه که با ماده خنک کننده تماس دارد به بیرون منتقل می شود. قطعات دارای سطح مقطع بزرگتر که انرژی حرارتی زیادی در خود ذخیره می کنند آهنگ خنک کاری قسمت داخلی آنها ممکن است به کندی صورت گیرد به طوری که تغییرات متالورژیک لازم برای سخت کاری آنها تامین نگردد، در چنین شرایطی فقط یک لایه سطحی از قطعه سخت و محکم می شود و قسمت داخلی آن تقریباً تغییر نمی کند این حالت را عموماً اثر جرم یا اندازه مقطع می نامند.