

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



فولاد ابزار (tool Steel)

ارائه دهندگان:

هاله شهبازبگیان
رویا روحی بخش

فولاد ابزار چیست؟

از نظر کاربرد: هر فولادی که برای ساختن ابزارهای برش شکل دادن یا به عبارتی شکل دادن مواد به صورت قطعات با کاربردهای مشخص به کار رود.

از نظر ترکیب شیمیایی: فولادهای ابزار فولادهای کربنی یا آلیاژی اند که قدرت سخت شدن و بازپخت را دارند.

بعضی از خواص مطلوب فولادهای ابزار مقاومت سایشی و سختی زیاد مقاومت گرمایی خوب و استحکام کافی برای کار روی مواد است.

ویژگی های اصلی برای انتخاب

به طور کلی انتخاب یک فولاد ابزار در یک مورد خاص تنها به یک فولاد و یا حتی گروه مشخصی از فولادها محدود نمی شود. بلکه به عوامل زیر بستگی دارد:

هزینه

سهولت ماشین کاری

امکان ساخت

خواص مکانیکی مورد نظر

کارکرد

کارکرد فولادهای ابزار در خطوط سرویس به 4 عامل بستگی دارد:

-طراحی قطعه

-کیفیت ساخت قطعه

-انتخاب نوع فولاد

-عملیات حرارتی

با کمی تفاوت در نوع عملیات حرارتی، فولادهای ابزار برای رسیدن به خواص مطلوب مثل مقاومت به تغییر شکل، سایش و شکست باید عملیات حرارتی شوند. تنها شکل های ساده و آن هم در موارد جزئی به صورت مستقیم مورد استفاده قرار می گیرند.

تقسیم بندی

اولین تقسیم بندی توسط انجمن آهن و فولاد آمریکا (AISI) بر اساس روش عملیات حرارتی، کاربرد و خواص ارائه شد.

از دیگر استانداردهای مهم می توان به انجمن مهندسان خودرو (SAE) اشاره نمود که تقریبا مشابه اولی می باشد.

انواع فولاد ابزار

فولادهای ابزار تندبر (High Speed Tool Steels)

فولادهای گرم کار (Hot Work Tool Steels)


فولادهای سرد کار (Cold Work Tool Steels)

فولادهای ابزار مقاوم به شوک (Shoch Resisting Tool Steels)

فولادهای ابزار کم آلیاژ (Low Alloy Special-purpose Steels)

فولادهای ابزار قالب (Mold Steels)

فولادهای ابزار سخت شونده با آب (water-hardening tool steels)



فولادهای ابزار تندبر (High Speed Tool Steels)

فولادهای تندبر به دو گروه تقسیم می شوند:

- فولادهای تنگستنی
T گروه (tungsten high speed steels)

- فولادهای مولیبدنی
M گروه (molybdenum high speed steels)

ویژگی ها

با وجود تفاوت زیاد در ترکیب این دو خانواده اکثر خواص متالورژیکی آن ها مشابه است. کاربرد اصلی این فولادها براده برداری است. (قلم تراش، تیغه فرز، مته)

ویژگی اساسی این فولادها حفظ سختی و مقاومت در برابر سایش در حین برش در دمای بالا است. کاربردهای مختلف نظیر M6C, MC, M2C نقش اصلی در مقاومت در برابر سایش را ایفا می کنند.

حضور مولیبدن باعث کاهش قیمت فولاد می شود اما تمایل به رشد دانه و دکربوره شدن را افزایش می دهد.

کاربردها و ترکیب شیمیایی گروه T

AISI	استاندارد DIN	ترکیب شیمیایی							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Co
T ₁	1.335	0.7	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.7	18	1.00	-
T ₂	-	0.8	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.5-0.75	18	1.00	-
T ₄	1.3255	0.75	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.6-0.8	18	1.00	5.00
T ₅	1.3265	0.8	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.65-1.00	18	2.00	8.00
T ₆	-	0.8	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.6-0.8	20	1.50	12.00
T ₈	-	0.75	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.75	14	2.00	5.00
T ₁₁	1.3202	1.5	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	0.5	12	5.00	5.00




ابزارهای خشن کاری و تمام کاری با بالاترین مقاومت سایشی، ابزار تراشکاری و صفحه تراشی در شرایط حاد و با استحکام و چقرمگی بالا، گرفتن بهترین سختی در حالت سرخ شده، مته های مارپیچ، ابزارهای پیچ تراشی، تیغه های فرز و سمبه های سوهان تراشی



کاربردها و ترکیب شیمیایی گروه M

AISI	استاندارد DIN	ترکیب شیمیایی							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Co
M ₁	1.3346	0.8	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	8.00	1.5	1.00	-
M ₂	1.3343	0.85	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	5.00	6.00	2.00	-
M ₇	1.3348	1.00	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	8.75	1.75	2.00	-
M ₃₃	1.3249	0.90	0.1-0.4	0.1-0.4	4.00	9.50	1.50	1.15	8.00
M ₄₁	1.3246	1.10	0.1-0.4	0.1-0.4	4.25	3.75	6.75	2.00	5.00
M ₄₂	1.3247	1.10	0.1-0.4	0.1-0.4	3.75	9.50	1.50	1.15	8.00
M ₄₇	-	1.10	0.1-0.4	0.1-0.4	3.75	9.50	1.60	1.25	5.00



تیغه های فرز برای شرایط حاد، مته مارپیچ،
ابزارهای خشن کاری با بالاترین نیروها،
ابزارهای تراشکاری ، خانکشی، برقوکارها،
ابزارهای پیچ تراشی، قلاویزها و ...



فولادهای سرد کار (Cold Work Tool Steels)

فولادهای ابزار در این گروه به سه دسته مجزا تقسیم می شوند:

فولادهای کم آلیاژ و سخت شونده در روغن (O)

- فولادهای آلیاژ متوسط هوا سخت (A)

- فولادهای سرد کار پر کروم پر کربن (D)

ویژگی ها

این فولادها قابلیت حفظ سختی در دمای بالا را ندارند اما در دماهای پایین مقاومت سایشی بالایی دارند. عمق سختی پذیری بالا بوده و اعوجاج کمی در حین عملیات حرارتی دارند. احتمال ترک برداشتن در اشکال پیچیده حین عملیات حرارتی وجود دارد. استفاده برای برش در دماهای پایین مقرون به صرفه تر است.



انتخاب فولاد نیازمند آشنایی با خواص مختلف آن نوع فولاد می باشد:

سختکاری خانواده O در دمای پایین تر از 2 گروه دیگر انجام می گردد لذا مقاومت سایشی متوسط همراه با چقرمگی بالا دارند (نسبت به گروه های A , D)

میزان عناصر آلیاژی گروه A مابین D , O است، قابلیت ماشینکاری آن ها به علت منگنز کم است. دمای سختکاری از O بالاتر اما از D کمتر است.

در گروه D به دلیل وجود درصد بالای Cr مقاومت به سایش بالاتر است.

نوع فولاد	ترکیب شیمیایی						کاربرد
	C	Mn	Cr	Mo	W	Si	
O ₁	0.85-1.00	1.10-1.35	0.50	-	0.40 - 0.60	0.10-0.40	پرگارهای آهنی، تیغه های برش، ابزار اندازه گیری، سنبه ها، کاردهای کاغذ و...
O ₂	0.85-0.95	1.00-1.80	-	-	-	0.10-0.40	ابزار پانچ کاری، شیارزن ها، غلتک های نورد سرد، قالب های پولک زنی و ...
O ₆	1.35-1.55	0.35-1.00	-	0.20 - 0.30	-	0.90-1.10	پانچ، تیغه قیچی، محورها و مرغک ها، قلاویزها وسایل اندازه گیری، ابزارهای نجاری، ابزارهای پرداخت کاری و ...
O ₇	1.10-1.30	0.10-0.40	0.70 - 0.80	1.75	-	0.10-0.40	


نوع فولاد	ترکیب شیمیایی						کاربرد
	C	Mn	Cr	Mo	W	Si	
A ₂	0.9-1.05	0.4-0.85	4.75-5.50	1.0-1.4	-	-	<p>قالب های سمبه ماتریس، قالب های شکل دادن سرد، تیغه های قیچی، ابزارهای پانچو برشکاری برای مصالح با ضخامت متوسط، قالبهای سکه زنی، قالب های آجر، وسایل اندازه گیری و ...</p>
A ₄	1	2	1	1	-	-	
A ₇	2.25	0.3	5.25	5.25	-	4.75	
A ₁₀	1.35	1.80	-	1.50	-	Ni 1.85	

نوع فولاد	ترکیب شیمیایی						کاربرد
	C	Mn	Cr	Mo	W	V	
D ₂	1.4-1.6	0.2-0.4	12	0.7-1.2	-	1.00	<p>قالب های پولک زنی حاد، ابزارهای تراشکاری، قالب های سرد کار، برقو زنها، خان کشی، قالب های تزئینی، قالب های کشش عمیق، قال های فورج سرد، داخل و روکش قالب های آجر، گیوتین های برش و ...</p>
D ₃	2-2.35	20.2-0.4	12	-	-	-	
D ₅	1.4-1.6	0.4-0.6	12	0.7-1.2	-	Co2.2-3.5	
D ₇	2.15-2.5	0.3-0.5	12	0.7-1.2	-	3.8-4.4	

فولادهای ابزار سخت شونده با آب (water-hardening tool steels)

در حقیقت همان فولادهای کربنی بوده و میزان کربن در این فولادها بستگی کامل به نوع مصرف آن ها بین 0.6 تا 1.4 متغیر است. فولادهای W1 و W2 بیشترین کاربرد را دارا هستند و بر اساس مقدار کربن به سه دسته تقسیم می شوند:


- فولادهای 0.6 تا 0.75 برای مصارفی که به چقرمگی کافی نیاز دارند نظیر برش فلزات مته ها چکش ها
- فولادهای با 0.75 تا 1 درصد که به سفتی و سختی بالا نیاز دارند. مثل سنبه ها و قلم ها
- فولادهای با 1 تا 4/1 درصد که به خواص مقاومت در برابر سایش نیاز دارند مانند ابزار چوب برای قلاویز و ابزار تراش



به طور کلی این فولادها در مقایسه با فولادهای ابزار آلیاژی ارزانتر بوده و ویژگی مهم دیگر آن سختی پذیری با عمق کم آن است. یعنی ابزار دارای سطح سخت و مرکزی نرم و چقرمه است.


چون کاربرد رسوب کرده در این گروه Fe_3C است لذا مقاومت به سایش از گروه های قبلی کمتر می باشد این فولادها در صنایع چوب، نساجی و ابزارهای سنبه سازی کاربرد دارند.

نوع فولاد	ترکیب شیمیایی						کاربرد
	C	Mn	Cr	Mo	W	V	
W ₁	0.85-0.95	<0.3	-	-	-	-	ابزار سنگتراشی با سختی متوسط، چکش ها، قالب های چرم و قاشف، ابزار قطع زائده، بالشتک چکش ها
W ₂	1.1-1.3	<0.3	<0.15	-	-	<0.25	ابزار سنگتراشی با سختی بالا، ابزار برجسته کاری، داسها و ابزارهای سنگتراشی برای سنگ های سفت
W ₄	0.95-1.1	<0.3	<0.15	-	-	<0.25	قالب های سرد کار، قالب های سکه زنی، مغزی های چکش ها،
W ₅	1.10	<0.3	0.5	-	-	-	محورها، حدیده های جواهر سازی، قالب های آجر، مته ها، صفحات سایشی



فولادهای گرم کار (Hot Work Tool Steels)

- فولادهای کروم دار
- فولادهای تنگستن دار
- فولادهای مولیبدن دار



این فولادها از خواص فیزیکی خاصی برخوردارند که فولادهای ابزار سرد کار یا برشی فاقد آن هستند. انتخاب آنها به شرایط کاری وابسته بوده و نمی توان آن را برای شرایط مختلف کاربردی استفاده کرد.

برای کارکرد بهتر در دمای بالا مجموعه ای از خواص استحکامی، چقرمگی و مقاومت به سایش مورد نیاز است. و شرایط کاربردی نظیر نحوه بارگذاری و نحوه خنک کاری بسیار مهم است.

فولادهای گرم کار حاوی کروم

شامل کروم، بعضی موارد تنگستن مولیبدن و وانادیم می باشد. میزان بالای کرم باعث هوا سخت شدن این فولادها می شود. حضور تنگستن و مولیبدن در فولادهای H11 , H14 باعث حفظ استحکام و سختی در دماهای بالا می شود.

در این گروه فولادهای H11,H12,H13 بیشترین کاربرد را دارا هستند. از مزایای این فولادها حفظ سختی تا دمای 540 درجه سانتیگراد می باشد.

فولادهای گرم کار حاوی تنگستن و مولیبدن

فولادهای حاوی تنگستن بیشترین استحکام را در دمای بالا را دارند. چقرمگی این گروه پایین است. مقاومت این فولادها در برابر شوک های حرارتی نیز کم است و نمی توان آن ها را با گردش آب در قالب خنک کرد. معمولا در اکسترود برنج و فولاد استفاده می شوند.

فولاد گرم کار حاوی مولیبدن به ندرت برای قالب های گرم کار استفاده می شود. خواص آن شبیه به فولادهای تنگستنی است و مزیت اصلی آن ها مقاومت در برابر ترک های حرارتی است. در هر صورت کاربرد این گروه محدود بوده و کمتر در قالب های گرم کار استفاده می شود.

AIS I	ترکیب شیمیایی							کاربرد
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	
H ₁₀	0.4	0.2- 0.4	0.2- 0.4	3.2 5	2.5	-	0.7	قالب های ریخته گری تحت فشار برای آلیاژهای سنگین، قالب های پرسکاری
H1 1	0.3- 0.4	0.8- 1.2	0.2- 0.4	4.7 5- 5.5	1.25 - 1.75	-	0.3	قالب های ریخته گری تحت فشار برای فلزات سبک، ابرزاهای اکستروژن
H1 2	0.3- 0.4	0.8- 1.2	0.2- 0.4	4.7 5- 5.5	1.25 - 1.75	- 1.0- 1.7	0.1- 0.5	هجزای قالب های پرسکاری، اکستروژن فلزات غیر آهنی
H1 3	0.3- 0.4	0.8- 1.2	0.2- 0.4	4.7 5- 5.5	1.25 - 1.75	-	0.8- 1.2	اکستروژنهای سرد شونده با روغن یا هوا و ماندلر های سوراخکن، شمش پرسهای اکستروژن



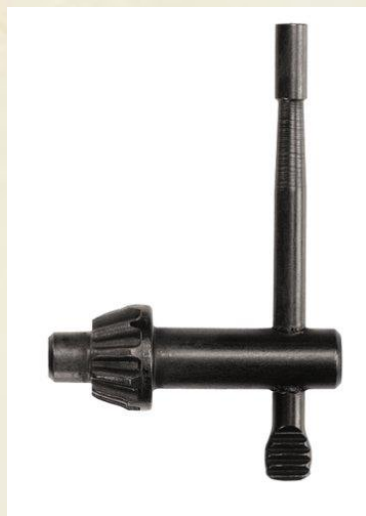
فولادهای ابزار مقاوم به شوک (Shoch Resisting Tool Steels)

کار اصلی این گروه فولادها در ابزارهایی است که تحت بارهای ضربه ای و مکرر قرار دارند. مقاومت متوسطی در برابر سایش دارند.

در ساخت فنرها کاربرد زیادی دارند. نسبت به سایر گروه ها چقرمگی بالایی دارند همانند گرم کارها اما از گروه P کمتری باشد.

این فولادها برای اسکنه، دستگاه های پرچ و کاربردهایی که در آن ها نیاز به چقرمگی بالا و مقاومت به ضربه باشد استفاده می شوند.

AIS I	ترکیب شیمیایی							کاربرد
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	
S ₁	0.45- 0.55	0.7- 1.00	0.3- 0.7	1.2- 1.7	-	2.00- 2.5	0.1-0.3	تیغه های قیچی گرم
S ₂	0.45- 0.55	0.8- 1.2	0.4- 0.6	0.3- 0.6	0.5	-	0.25- 0.3	پرچ ها - قالب های برشی، پانچ ها
S ₄	0.5- 0.6	1.6- 2.1	0.6- 0.8	-	-	-	0.1-0.3	تیغه های برشی، ابزارهای تراشکاری چرخنده
S ₇	0.45- 0.55	0.1- 0.4	0.6- 0.8	0.2- 1.4	1.2- 1.4	-	-	چکشهای ضربه ای پنوماتیک - قلم ها



فولادهای ابزار کم آلیاژ (Low Alloy Special-purpose Steels)

این گروه شامل مقادیر کم کروم، نیکل، وانادیم، و مولیبدن می باشد. در ابتدا 7 فولاد از این خانواده کاربرد زیادی داشت. اما به دلیل کاهش تقاضا فقط انواع L2, L6 کاربرد بیشتری دارند. هر چند هر دوی این فولادها با روغن سخت می شوند، اما برای مقاطع بزرگ از آب نیز استفاده می شود. این گروه بیشتر برای قسمت های مختلف ماشین ها مثل مرغک های ماشین و حدیده های پیچ تراشی به کار می رود .

AISI	ترکیب شیمیایی							کاربرد
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	
L1	0.7- 1.00	<0.4	<0.5	1.3- 1.7	-	-	0.1- 0.3	تیغه های فرز با شکل های پیچیده، ابزارهای تراشکاری، تیغه های برشکاری
L2	1.1- 1.25	<0.4	<0.5	1.00	-	-	0.2	مته های مارپیچ و قلاویز مته خزینه دریلها
L3	0.95 -1.1	0.15- 0.35	0.25- 0.45	1.35- 1.65	-	-	0.1- 0.3	تیغه های فرز، حدیده های پیچ تراشی، مرغک های ماشین
L6	0.45 - 0.55	0.2- 0.4	0.55- 0.85	0.65- 0.85	0.25- 0.35	1.25- 1.75	0.25	بستر پرسهای سنگین، قالب های فورج کوچک و متوسط

فولادهای ابزار قالب (Mold Steels)

مصرف اصلی این فولادها برای ساخت قالب های پلاستیک است. قالب هایی که تحت فشار بالا در معرض مواد ساینده قرار دارند و همچنین تا دمای حدود 200 درجه سانتیگراد حرارت دارند.

لذا سطح قالب باید سخت و مرکز نرم باشد. این فولادها معمولا کربوره می شوند. و پس از آن به مقاومت سایشی بالا میرسند.

شماره فولاد در استاندارد AISI	شماره فولاد در استاندارد DIN	علامت	ترکیب شیمیایی (%)						کاربرد
			C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	
P2			0.07	0.20-0.40	0.20-0.40	2.00	0.20	0.50	قالبهای پلاستیکهای مصنوعی قالبهای
P3			0.10	0.20-0.40	0.20-0.40	0.60	—	1.25	
P4	1.2341	X 6 Cr Mo 4	0.07	0.20-0.40	0.20-0.40	5.00	0.75		ریخته‌گری تحت فشار که
P5			0.10	0.20-0.40	0.20-0.40	2.25	—	—	بایستی فرزکاری شوند.
P6	1.2735	15 Ni Cr 14	0.10	0.20-0.40	0.20-0.40	1.50	—	Ni 3.50	قالبهای تحت تنشهای
P20	1.2330	35 Cr Mo 4	0.35	0.20-0.40	0.20-0.40	1.70	0.40	—	بالا با چقرمگی خوب
P21			0.20	0.20-0.40	0.20-0.40	—	—	4.00 1.20 AL	برای رزینهای مصنوعی

منابع و مراجع:

- متالورژی کاربرد فولادها مرعش مرعشي
- ASM Handbook(Tool Material)

با تشکر