

国外

**渗碳轴承钢
与
特种轴承钢**



上海科学技术文献出版社

国外渗碳轴承钢与特种轴承钢

*

上海科学技术文献出版社出版
新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 341,000

1979年2月第1版 1979年2月第1次印刷

印数: 1—8,600

书号: 15192·10 定价: 1.70元

内 容 说 明

本书列出了国外一些常用的渗碳轴承钢的较详细的性能数据, 这些钢是 AISI1024 (En14A), 3310(En36A), 4023, 4320(En325), 4620(En35), 4820, 5120, 8620(En362), 9310, En39 等, 还列出了各国渗碳轴承钢牌号对照表, 以便参考。

特种轴承钢包括有空间反应堆用轴承的研究, 用氮化钢来代替精密陀螺仪球轴承的研究, 关于在液态钠中球轴承摩擦与磨损, 选择了一些钴基、镍基合金和 316 不锈钢进行研究。Uniloy888 无磁钢是时效硬化型的钢, 是目前已知强度最高的无磁钢, 硬度可达 HRC43。

冶金工艺和机理方面的一些研究报告有: 滚动接触疲劳中的变态显微组织, 还有对 5120 型渗碳钢经渗碳和碳氮共渗后对滚动接触疲劳破坏概率和残余应力的影响的研究。冶金因素对渗碳钢冷敏性的研究, 高频淬火用于渗碳、渗氮、碳氮共渗钢的研究, 渗碳硼钢的脱气等冶炼因素的研究, 加工强化轴承钢的研究等。

书中还包括三个有渗碳轴承钢的标准, 温度和时间与气体渗碳深度的关系, 国外三种冲击值换算关系图等, 其中的梅氏冲击试验即我国现在的标准冲击试验法。为简化起见, 本书对机械性能的符号系采用我国国家标准 GB228-63 等之中的符号和名称, 如 σ_b 为抗拉强度, σ_s 为屈服强度, δ 为伸长率, HB 为布氏硬度等。

本书由上海第五钢铁厂、冶金部钢铁研究院、洛阳轴承研究所、上海科学技术情报研究所有关同志译成。由于我们水平有限, 不妥和错误之处, 望批评指正。

编 者 1978 年 2 月

目 录

渗碳轴承钢的性能	1
En14 锰钢 (AISI1024)	1
En36 镍铬和镍铬钼表面硬化钢	15
AISI 4023 (碳-钼渗碳钢)	36
En325 低镍铬钼表面硬化钢 (AISI 4320)	40
En35 镍钼表面硬化钢 (AISI 4620)	45
AISI 4820 镍钼渗碳钢	61
SAE 4820 钢	65
AISI 5120	66
En362 低合金表面硬化钢 (AISI 8620)	70
AISI 9310 渗碳钢	79
4.25Ni-Cr 及 Ni-Cr-Mo 表面硬化钢 (En39)	82
特种轴承钢及其研究	120
Uniloy888 无磁钢	120
液态钠中球轴承的摩擦和磨损	123
精密陀螺仪球轴承代用钢	130
空间核反应堆用轴承的研究	137
冶金工艺和机理的研究	142
滚动接触疲劳中的变态显微组织	142
1% 铬钢的渗碳层及碳氮共渗层的高温滚动疲劳特性	152
渗碳钢的冷敏性	156
气体渗碳、渗氮及碳氮共渗	161
转动零件用表面硬化硼钢及其冶炼方法	169
滚动轴承用碳氮共渗表面硬化钢和 100Cr6 钢的对比研究	181
渗碳淬火钢的残余应力的发生机理和机械性能	188
滚动用加工强化钢	195
标准	202
耐磨轴承用渗碳钢 ASTM A534-65	202
优质滚珠和滚柱轴承钢 ASTM A535-65	205
渗碳轴承钢 IS: 5489-1969	209
钢号对照表与其他参考图表	214
各国渗碳轴承钢钢号对照表	214
各种温度与时间下的渗碳层深度	216
各国主要冲击试验值换算图	217

渗碳轴承钢的性能

En14 锰钢 (AISI 1024)

1. 规 范

ASTM A 534-65 中的 SAE1024 渗碳轴承钢相当于英国的 En14A, 我们可从下表中成分规格看出。英国此钢有较详细数据, 现将其有关部分摘译如后。

成 分 (%)	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
En14A	0.15~0.25	0.1~0.35	1.3~1.7	≤0.06	≤0.06	≤0.4	≤0.25	—
En14A/1	≤0.23	0.05~0.35	≥1.2	≤0.06	≤0.06	—	—	≤0.6
En14B	0.2~0.3	0.1~0.35	1.3~1.7	≤0.06	≤0.06	≤0.4	—	—
SAE1024	0.19~0.25	0.15~0.3	1.35~1.65	≤0.04	≤0.035	—	—	—

注: 1. Cu 含量除注明的外, 可允许适当含量。

2. En14A/1 的 Mn+Ni+Cr+Mo 不超过 2%。

3. SAE1024 钢 P、S 的含量是平炉钢含量, 若为电炉冶炼时应分别为 ≤0.04% 及 ≤0.05%。

2. 机械性能

性 能	冷 拉		正 火		淬 火 及 回 火			
					Q		R	
	En14A	En14B	En14A	En14B	En14A	En14B	En14A	En14B
最大尺寸, 英寸	2	2	—	—	—	—	—	—
限定尺寸, 英寸	—	—	6	6	4	4	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂
σ _b , 吨/英寸 ² , ≥	45	45	35	38	40	40	45	45
σ _s , 吨/英寸 ² , ≥	—	—	31	23	28	28	32	32
σ _{0.2} , 吨/英寸 ² , ≥	—	—	—	—	26	26	30	30
伸长率, % ≥	15	15	20	20	20	20	20	20
艾氏冲击值, 英尺磅	15	15	—	—	30	35	25	30
布氏硬度	—	—	152~207	170~223	179~229	179~229	201~255	201~255

3. 相等牌号

En	英 国			美 国		西 德		
	B. S.	B. S. 航空	D. T. D.	SAE	AISI	Werkstoff	Name	DIN
14A	980	S. 92						
	1449	S. 514		1320	1320			
	1501/221	3T35						
	1053/221	3T45		1024	C1024			
	1506/221							
14A/1	980	S. 92		1320	1320			
		S. 514		1024	C1024			
	1501/221	3T35						
	1503/221	3T45						
	1506/221							
14B		S. 92 S. 514 3T35 3T45	503A	1027	1027	1.5066	30Mn5	17200

4. 应 用

En14A 及 14A/1 是用于桥梁和结构工程的具有合适强度和耐冲击的可焊接的钢，在需要有较高韧性和可靠性的地方，En14A 及 14B 经热处理后要优于碳素钢。当它们在冷拉状态使用时可望得到较光滑的光洁度和较精密的公差。En14A 特别适用于中等抗拉强度的螺栓、汽车车轴、链条、升降机箱悬挂设备及升降装置。

En14B 的特殊用途还有电枢轴和无缝管。

5. 焊 接

各种焊接方法的符号及方法特点如后。

En No.	MA	G	IG	S	F	B	备 注
14A	C	aX	a	e	a	h	MA 法需要 预热
14A/1	C	aX	a	e	a	h	
14B	C	aX	CX	e	b	h	

据原书前的缩写表，上表中符号含义如下(以后英国钢种焊接符号解释同此)：

MA = 金属电弧焊

G = 气焊

IG = 惰性气焊

S = 点缝焊接和保护焊接

F = 火花对焊和电阻焊

B=铜焊及用气焊的青铜焊。

a. 容易焊接,当熔化焊接时,只要提供正确的填充焊芯或焊丝,可以不需要特别注意。

b. 容易焊接,但需焊后热处理,以恢复母材的机械性能。

c. 可以焊接,但需特别小心,例如要预热、焊后加热,或两者都要进行,或用特殊焊条进行金属电弧焊接。

d. 可以焊接,但需特别小心,例如要预热及用特殊焊条,需焊后热处理,以恢复母材的机械性能。

e. 在焊接之前需要了解注意事项。

f. 不推荐去焊接。

g. 对焊接这种钢的充分的效果还不够大。

h. 需要铜焊和青铜焊。

j. 可能用铜焊和青铜焊,但母材机械性能有待于改善。

k. 不推荐用铜焊和青铜焊。

m. 这种方式不用此法来焊接。

X: 用通常的填充焊芯、焊丝和焊条,焊缝金属的强度会小于母材金属。

6. 切削性

这种钢的切削性很相似 En13。

7. 热加工和热处理温度

锻造、轧制和冲压: 1200°C 开始, 850°C 终止加工。

退火: En14A、14A/1: 860~900°C 炉冷。

En14B : 840~880°C 炉冷。

正火: En14A, 14A/1: 860~900°C 空气中冷却。

En14B : 840~880°C 空气中冷却。

软化退火: 600~660°C 空气中冷却

淬火: En14A, 14A/1: 860~900°C 油淬或水淬。

En14B : 840~880°C 油淬或水淬。

回火: 550~660°C, 空气中冷却、油淬或水淬。

8. 物理性能

比重

化 学 成 分 , %								热 处 理 (°C)	比 重	参 考 文 献
C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo			
0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	—	—	—	轧后	7.84(20°C)	[1]
0.23	0.12	1.59	0.038	0.037	0.04	0.06	0.03	860 退火	7.85(15°C)	[3]
0.29	0.19	1.4	—	—	0.21	—	—	软化退火	7.86(20°C)	[2]

钢的成分(%)与比热见下列表中。

代 号	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	热 处 理 (°C)
A	0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	—	—	—	轧后 860退火
B	0.23	0.12	1.51	0.038	0.037	0.04	0.06	0.03	

钢 代 号	平 均 比 热 (卡/克·°C)										参 考 文 献
	20~ 100°C	20~ 200°C	20~ 300°C	20~ 400°C	20~ 500°C	20~ 600°C	20~ 700°C	20~ 800°C	20~ 900°C	20~ 1000°C	
A	—	0.118	0.121	0.124	0.131	0.137	0.146	—	—	—	[1]
B	0.115	0.118	0.121	0.126	0.131	0.138	0.146	0.162	0.159	0.157	[3]

钢的成分(%, 除上表中钢外, 物理性能用其他钢见下表)与平均热膨胀系数。

代 号	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo
C	0.29	0.19	1.4	—	—	0.21	—	—
D	0.21	0.21	1.61	—	—	0.2	—	—
E	0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	—	—

钢代号	热 处 理 (°C)	平 均 热 膨 胀 系 数 $\times 10^6/^\circ\text{C}$									参 考 文 献
		20~ 100°C	20~ 200°C	20~ 300°C	20~ 400°C	20~ 500°C	20~ 600°C	20~ 700°C	20~ 800°C	20~ 900°C	
A	轧后	12.4	13.05	13.7	14.15	14.55	14.85	15.1	—	—	[1]
B	860退火	12	12.8	13.8	14	14.4	14.8	15.2	12.1	12.5	[3]

钢的电阻率(微欧姆·厘米)

代 号	热 处 理 (°C)	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	参考文献
A	轧后	23.5	27.9	34.8	43.5	52.8	63	75.9	—	—	—	—	[1]
B	860退火	20.8	25.9	33.3	42.1	52.3	64.5	78.6	94.6	110.3	114.3	117.4	[3]
B	950水淬	24.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[3]
C	软化退火	21.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[2]

钢的导热率(卡/厘米·秒·°C)

代 号	热 处 理 (°C)	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	参考文献
B	860°C退火	0.11	0.111	0.107	0.103	0.096	0.089	0.082	0.075	0.071	0.064	0.065	[3]
C	软化退火	—	0.087	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[2]

钢的弹性系数(吨/英寸²)

代 号	热 处 理, °C	试 验 温 度, °C	弹 性 系 数	参 考 文 献
D	油淬火与回火	室 温	13500	[4]
	油淬火与回火	100	13200	[4]
	油淬火与回火	150	13070	[4]
	油淬火与回火	200	12800	[4]
	油淬火与回火	250	12650	[4]
	油淬火与回火	300	12500	[4]
	油淬火与回火	350	12250	[4]
E	860 正火	+ 20	13350	[5]
	860 正火	- 50	13600	[5]
	860 正火	-120	13850	[5]
	860 正火	-150	13950	[5]
	860 正火	-196	14100	[5]
	860 油淬, 650 回火	+ 20	13550	[5]
	860 油淬, 650 回火	- 50	13750	[5]
	860 油淬, 650 回火	-120	13900	[5]
	860 油淬, 650 回火	-150	14150	[5]
	860 油淬, 650 回火	-196	14350	[5]

钢(%: 0.21C, 0.169Si, 1.62Mn, 0.04S, 0.027P, 轧后)的磁性^[8]。

磁感应强度 B(千高斯) 与 磁场强度 H(奥斯特) 的关系											剩磁值 (高斯)	矫顽力 H _c (奥斯特)
H	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500		
B	4.2	10.2	14.4	16	16.7	17.2	18.9	20	20.7	21	8920	6.7

9. 转变特性: 等温转变

钢的成分(%):

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	As	Co
0.24	0.2	1.58	0.014	0.016	0.2	0.24	0.022	0.12	0.04	0.018

酸性平炉冶炼, McQuaid Ehn 晶粒度 6~7 级, 奥氏体化温度 875°C × 1/2 小时^[7]。
上述钢的连续冷却相转变图如下。

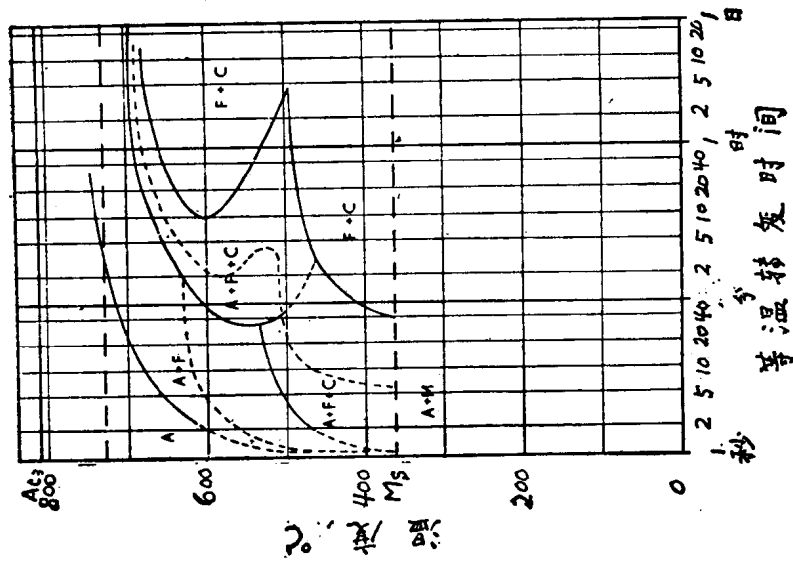


图 2

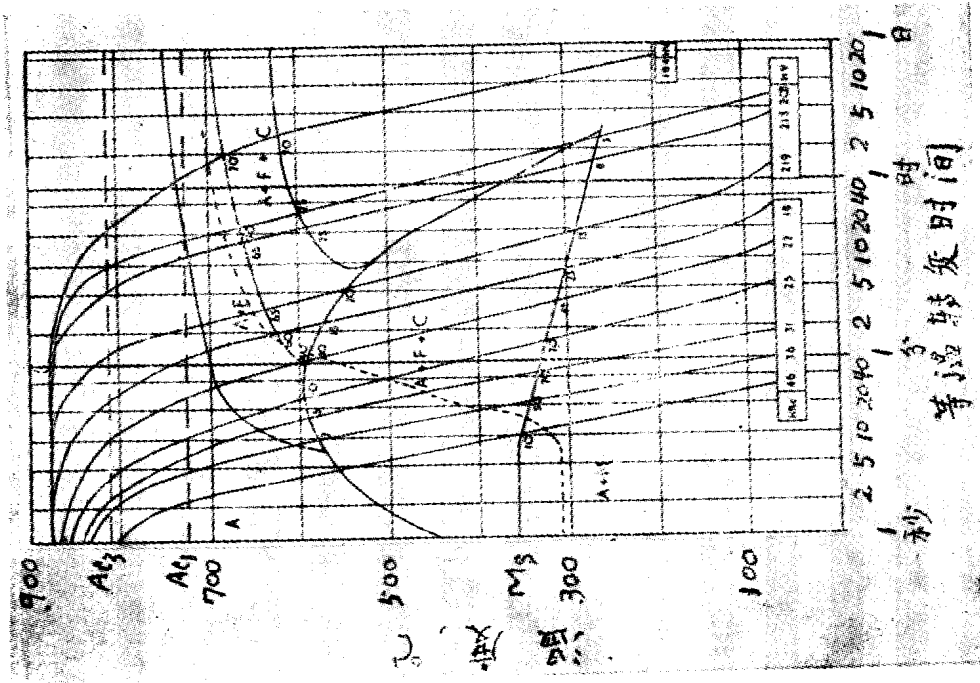


图 3

10. 淬 透 性

En14 钢的端淬淬透性曲线带见图 6。

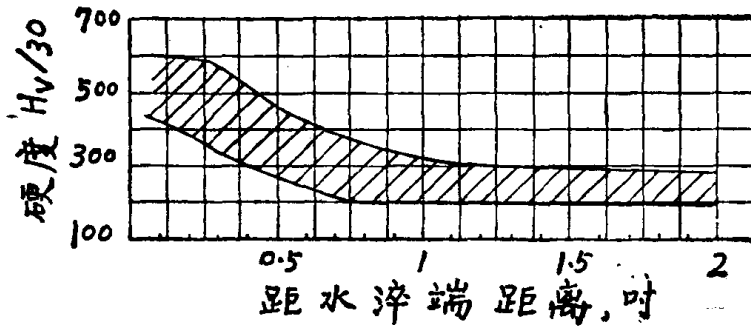


图 6 (吋应为英寸, 以下同)

11. 室温机械性能

(下列二表是一表, 下面表数据应与上面表数据左右对齐看, 以下同)

化 学 成 分 (%)								炼钢方法
C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	
0.22	0.15	1.39	0.034	0.023	0.17	0.1	—	碱 性 平 炉
0.22	0.21	1.45	0.021	0.024	—	—	—	
0.22	—	1.44	—	—	0.08	微量	0.04	
0.22	—	1.58	—	—	0.1	0.09	0.04	
0.22	0.24	1.68	—	—	—	—	—	
0.22	0.3	1.5	—	—	—	—	—	
0.22	0.28	1.37	—	—	—	—	—	
0.22	0.25	1.54	0.053	0.04	0.02	0.06	—	
0.22	0.25	1.54	0.053	0.04	0.02	0.06	—	
0.22	0.13	1.46	0.04	0.027	0.18	0.03	—	

ASTM 晶粒大小	截面直径 (英寸)	热 处 理 (°C)	强度, 吨/英寸 ²		伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	艾氏冲击值 (英尺·磅)	参 考 文 献
			σ_s	σ_b				
7	1 小方坯	轧后	25.6	38.2	31	—	—	[12]
		轧后	26	39.6	30	—	—	[13]
	6	870 正火	28.4	38.8	31	52	97	[2]
		870 正火	20	41	28	52	93	[2]
	6	850 正火	26	41	28.5	60	—	[8]
		850 油淬, 850 回火	—	49.6	26.5	—	97	[8]
	0.75 六角钢	580 油淬, 560 回火	—	50	21	—	94	[8]
		860 正火 1 小时	25.6	38.2	34	63.5	—	[11]
	1 1/8	860 水淬, 600 回火 半小时	35	43.7	28	69	—	[11]
	25/32	860 水淬, 620 回火	38	46.8	26	—	77	[12]

一种钢 (%: 0.22C, 0.16Si, 1.5Mn, 0.022S, 0.02P, 0.31Ni, 0.19Cr, 0.16Mo, 碱性电弧炉冶炼)的室温机械性能如下表^[8]。

截面直径 (英寸)	热 处 理 (°C)	抗拉性能 (吨/英寸 ²)					伸长率 (%)	断面收 缩 率 (%)	艾 氏 冲击值 (英尺·磅)
		$\sigma_{0.05}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.5}$	σ_b			
3/4	880×1小时油淬, 600×2小时空冷	—	33.3	33.6	33.6	41.8	29.5	77.5	112
3/4	880×1小时油淬, 650×2小时空冷	—	—	—	30.1	38.7	32	74.5	116
3/4	880×1小时油淬, 675×2小时空冷	—	—	—	29.1	37.6	34	77.5	117
1 1/8	880×1小时油淬	26	29.4	33.4	38.5	52.7	24	58.5	60
1 1/8	880×1小时油淬, 100×2小时回火空冷	28.3	32.7	34.7	39.5	53	23.5	58	73
1 1/8	880×1小时油淬, 200×2小时回火空冷	29.2	32	35	39.7	54.6	24	60.5	82
1 1/8	880×1小时油淬, 250×2小时回火空冷	—	—	—	—	—	—	—	57
1 1/8	880×1小时油淬, 300×2小时回火空冷	35.6	36.2	37.3	41.6	52.2	23	60.5	44
1 1/8	880×1小时油淬, 350×2小时回火空冷	—	—	—	—	—	—	—	92
1 1/8	880×1小时油淬, 400×2小时回火空冷	—	—	38.7	40.7	50.4	24	68	101
1 1/8	880×1小时油淬, 500×2小时回火空冷	—	—	—	38.4	47.6	26.5	70.5	113
1 1/8	880×1小时油淬, 550×2小时回火空冷	—	—	—	36.6	45.4	26.5	70	117
1 1/8	880×1小时油淬, 600×2小时回火空冷	—	—	—	34.5	43.1	30.5	74	118
1 1/8	880×1小时油淬, 625×2小时回火空冷	—	—	—	32.5	41.3	30	73.5	118
1 1/8	880×1小时油淬, 650×2小时回火空冷	29.3	30.2	30.5	30.6	40	32	74	117
1 1/8	880×1小时油淬, 675×2小时回火空冷	—	—	—	29.5	38.2	33	75	118
2 1/2	880×1小时油淬, 400回火空冷	—	—	—	33.6	45.6	27	69	106
2 1/2	880×1小时油淬, 500回火空冷	—	—	—	34.3	44	28.5	69.5	113
2 1/2	880×1小时油淬, 550回火空冷	—	—	—	33.8	43.5	30	68.5	117
2 1/2	880×1小时油淬, 600回火空冷	—	—	—	30.5	39.6	31	72.5	118
2 1/2	880×1小时油淬, 625回火空冷	—	—	—	29.8	39.3	32	72.5	118
2 1/2	880×1小时油淬, 650回火空冷	—	—	—	29.6	39	32.5	73.5	118
2 1/2	880×1小时油淬, 675回火空冷	—	—	—	27.7	36.9	33.5	74	111
4 1/2	880×2小时油淬 400回火空冷	32.8	32.8	33.2	34.2	45.6	62	67	105
4 1/2	880×2小时油淬 500回火空冷	—	—	—	32.8	43.6	29	68	112
4 1/2	880×2小时油淬 550回火空冷	—	—	—	31.9	42.4	31	68.5	111
4 1/2	880×2小时油淬 600回火空冷	—	—	—	30.4	40.4	32	70	117
4 1/2	880×2小时油淬 625回火空冷	—	—	—	29.4	39.4	32	70	118
4 1/2	880×2小时油淬 650回火空冷	—	—	—	28	38	34	72.5	118
6(C)	880×1小时油淬, 400×2小时回火空冷	—	—	—	30.7	44.2	28	66	108
6(M)	880×1小时油淬, 400×2小时回火空冷	—	31.1	31.2	33.2	45.9	26	63	103
6(C)	880×1小时油淬, 500×2小时回火空冷	—	—	—	32	42.8	29	70.5	115
6(M)	880×1小时油淬, 500×2小时回火空冷	—	—	—	31.6	43.5	31.5	69	111
6(C)	880×1小时油淬, 550×2小时回火空冷	—	—	—	31.4	41.8	29	68	114
6(M)	880×1小时油淬, 550×2小时回火空冷	—	—	—	31.2	42.5	32	65.5	104
6(C)	880×1小时油淬, 600×2小时回火空冷	—	—	—	29.9	40.1	32	71.5	117
6(M)	880×1小时油淬, 600×2小时回火空冷	—	—	—	29.3	40.4	32	70.5	118

(续)

截面直径 (英寸)	热 处 理 (°C)	抗拉性能 (吨/英寸 ²)					伸长率 (%)	断面收 缩 率 (%)	艾 氏 冲击值 (英尺·磅)
		$\sigma_{0.05}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.5}$	σ_b			
6(C)	880×1 小时油淬, 625×2 小时回火空冷	—	—	—	28.6	39	33	75	116
6(M)	880×1 小时油淬, 625×2 小时回火空冷	—	—	—	28.6	39.5	31.5	73.5	114
6(C)	880×1 小时油淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	28.1	38.3	33	71.5	119
6(M)	880×1 小时油淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	28.2	39	34	74.5	119
3/4	880×1 小时水淬	45.1	53.2	61.7	71.4	88.9	12	36.5	25
3/4	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	—	53.8	—	53.9	58.4	21.5	61	72
3/4	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	49	—	49.1	53.2	22	61	77
3/4	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	—	—	42.1	48.8	26.5	71.5	103
3/4	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	41.6	—	—	35.5	42.9	30	77.5	113
3/4	880×1 小时水淬, 675×2 小时回火空冷	48.5	—	—	33.6	40.9	31	74	115
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬	—	—	—	62.7	76.2	16	41.5	19
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	43.4	48.1	54.4	49.7	55.7	20.5	66.5	93
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	48.7	49.1	44.2	51	22.5	69.5	100
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	43.6	44	39.3	46.5	26.5	72.5	110
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	34.8	42.6	30.5	75.5	119
1 ¹ / ₈	880×1 小时水淬, 675×2 小时回火空冷	—	—	—	32.2	40	32.5	76	119
2 ¹ / ₂	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	40.4	40.6	40.8	41.5	49.6	24	68	101
2 ¹ / ₂	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	—	—	37.7	46.6	26	68.5	109
2 ¹ / ₂	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	—	—	34.5	42.9	30	74.5	118
2 ¹ / ₂	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	32.5	41.2	30.5	74	115
2 ¹ / ₂	880×1 小时水淬, 675×2 小时回火空冷	—	—	—	31.8	40.1	32.5	75	108
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 400×2 小时回火空冷	38.3	38.5	38.7	40.5	51	22	63.5	77
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	—	—	—	38.1	49.1	26	63	104
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	—	—	35.1	44.9	27	68	105
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	—	—	32.5	42.1	28.5	70.5	118
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	30.2	39.8	32	74	118
4 ¹ / ₄	880×1 小时水淬, 670×2 小时回火空冷	—	—	—	28.2	38	34	74.5	119
6(C)	880×1 小时水淬, 400×2 小时回火空冷	—	38.4	39.8	43.4	49.9	22.5	64	86
6(M)	880×1 小时水淬, 400×2 小时回火空冷	—	—	—	39	49.5	25	63	62
6(C)	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	—	—	—	37.1	47.6	24	67	101
6(M)	880×1 小时水淬, 500×2 小时回火空冷	—	—	35.9	36.7	47.1	25	69	101
6(C)	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	—	—	35.7	45.3	26.5	69	105
6(M)	880×1 小时水淬, 550×2 小时回火空冷	—	—	—	34.6	45.3	26.5	68	105
6(C)	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	—	—	33.3	43.1	28.5	71.5	115
6(M)	880×1 小时水淬, 600×2 小时回火空冷	—	—	—	31.9	42.4	30	71.5	114
6(C)	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	29.8	39.7	31	72	118
6(M)	880×1 小时水淬, 650×2 小时回火空冷	—	—	—	29.4	39.4	32	72	118
6(C)	880×1 小时水淬, 675×2 小时回火空冷	—	—	—	28.1	37.4	33	74	110
6(M)	880×1 小时水淬, 675×2 小时回火空冷	—	—	—	27.6	37	34	73	109

注: C= 中, M=1/2 半径处

一些钢的室温机械性能

冶炼方法	ASTM 晶粒 大小	化学成分 (%)						截面 直径 (英寸)	热处 理 (°C)	抗拉性能(吨/英寸 ²)			伸长率 (%)	断面收 缩率 (%)	艾氏冲击值 (英尺·磅)	参 考 文 献
		C	Si	Mn	S	P	Ni			Cr	$\sigma_{0.1}$	σ_s				
碱 性 平 炉	—	0.24	0.16	1.55	0.037	0.027	0.21	0.07	正火	—	23.8	38.6	32	—	37	[12]
	—	0.24	0.17	1.52	0.042	0.026	0.21	—	正火	—	25	41.2	31	—	47	[12]
	细	0.24	0.19	1.6	—	—	—	—	850 正火	—	26.5	41	25.5	—	57	[8]
	—	0.24	0.14	1.45	0.031	0.03	0.18	0.07	860 水淬, 610 回火	—	33.2	44	26	—	—	[12]
	—	0.24	—	1.24	—	—	—	—	880 油淬, 600 回火	—	—	46.9	23	—	94	[14]
	—	0.24	0.19	1.46	—	—	—	—	850 油淬, 550 回火	—	30.2	40.3	24	—	101	[8]
	6	0.24	—	1.7	—	—	0.2	0.04	840 油淬, 500 回火	39.2	—	52.2	24	59	72	[1]
	6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 550 回火	36.1	—	48.1	26.5	64	81	[1]
	6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 600 回火	33.9	—	45.2	27	66	87	[1]
	6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 650 回火	31.2	—	40.8	31	70	100	[1]
	6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 500 回火	41.1	—	50.1	24.5	64	87	[1]
	6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 550 回火	37.5	—	46.9	25.5	66	81	[1]
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 600 回火	37.4	—	45.2	28.5	68	99	[1]	
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 650 回火	35.3	—	42.3	30	72	111	[1]	
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 500 回火	36.4	—	47.8	26.5	64	88	[1]	
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 550 回火	34.8	—	45.3	27	66	93	[1]	
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 600 回火	33.6	—	42.9	28.5	68	105	[1]	
6	0.24	—	1.7	—	—	—	—	840 油淬, 650 回火	31.4	—	40.6	28.5	70	112	[1]	

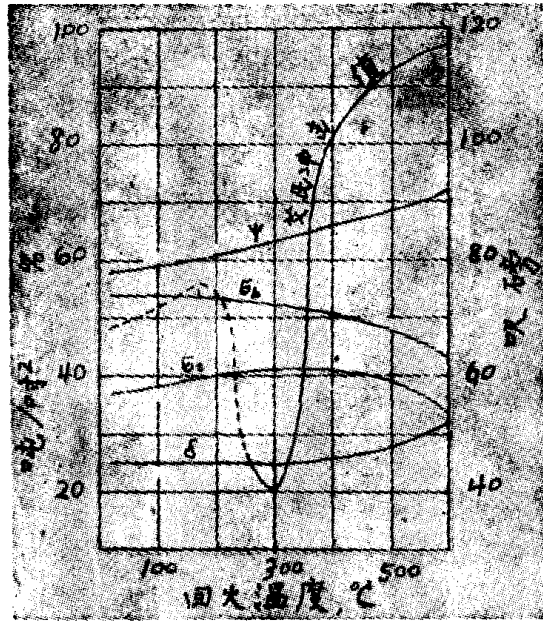


图9 回火温度对室温机械性能的典型曲线

12. 低温机械性能

化学成分 (%)					截面直径 (英寸)	热处理 (°C)	试验温度 (°C)	抗拉性能 (吨/英寸²)						伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	参考文献
C	Si	Mn	S	P				$\sigma_{0.01}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.5}$	σ_{σ}	σ_{σ}			
0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	1 ¹ / ₈	880 油淬, 600 回火	室温	—	—	—	—	28	37	37	72	[16]
0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	1 ¹ / ₈	880 油淬, 600 回火	-63	—	—	—	—	36	42.2	39	72	[16]
0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	1 ¹ / ₈	880 油淬, 600 回火	-195	—	—	—	—	59	62.8	16	14.5	[16]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	+20	21.3	20.2	21	22.1	—	33.5	33	68.5	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	-50	24	23.2	24	24.8	—	37.8	32	65.5	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	-120	29.8	30.4	31.5	32.8	—	43.7	31.5	63.5	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	-150	36.5	35.8	36.4	37.4	—	46.2	23.5	54.5	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	-196	51.3	53.3	53.7	54.9	—	60.2	5.5	12	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 油淬, 650 回火	+20	29	29.4	29.4	29.3	—	38.9	28.5	66	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—		-56	34	34.1	34.7	35	—	43.8	31	64	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—		-120	41.8	41.2	42.2	42.4	—	52	33.5	60.5	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—		-150	46.2	46.5	47.5	50.3	—	56	29.5	50	[5]
0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—		-196	62.6	63.5	64.5	64.6	—	66.8	2.5	6	[5]

13. 冲击转折温度数据

冶炼方法	ASTM 晶粒 大小	化学成分 (%)					截面直径 (英寸)	热 处 理 (°C)	转 折 温 度				参 考 文 献
		C	Si	Mn	S	P			夏氏冲击试验		艾氏冲击试验		
									最大冲击值的50%时	50%纤维断面	最大冲击值的50%时	50%纤维断面	
—	—	0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 正火	+14°C	+16°C	-3°C	-15°C	[5]
—	—	0.22	0.13	1.34	0.041	0.016	—	860 油淬, 650 回火	-30°C	-33°C	-33°C	-36°C	[5]
感 应 炉	9	0.24	0.23	1.6	0.027	0.023	1/2 × 2 1/2	900 油淬, 177 回火	80% 夏氏 V 形缺口最大冲击值时的转折温度				[15]
									-22°C				
									+54°C				
									+127°C				
									-1°C				
									-29°C				
		0.24	0.23	1.6	0.027	0.023	1/2 × 2 1/2	900 油淬, 538 回火	-62°C				[15]

曲线编号	化 学 成 分 (%)								截面直径 (英寸)	热 处 理 (°C)	抗拉性能 (吨/英寸)		伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	艾 氏 冲击值 (英尺·磅)
	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo			σ _s	σ _b			
A	0.17	0.13	1.44	0.034	0.03	0.17	<0.05	<0.05	1 1/8	890 正火	20.5	30.8	41	74	106
B	0.17	0.13	1.44	0.034	0.03	0.17	<0.05	<0.05	1 1/8	880 水淬 630 回火	29.3	38.3	32.5	75	107
C	0.19	0.25	1.65	0.055	0.041	0.12	0.06	<0.05	1 1/8	880 正火	25.6	37.9	34	66.5	100
D	0.19	0.25	1.65	0.055	0.041	0.12	0.06	<0.05	1 1/8	880 水淬 660 回火	36.8	44.7	26.5	67.5	89
E	0.22	0.25	1.54	0.053	0.04	0.02	0.06	—	1 1/8	860 正火	25.6	38.2	34	63.5	—

非标准试样直径 3/8 英寸, 总长 1 3/4 英寸, 缺口角度 45°, 根部半径 0.25 毫米, 缺口以下厚 0.22 英寸。

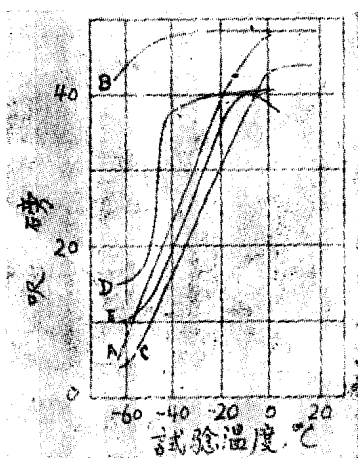


图 13 上表中钢的冲击转折温度曲线

14. 高温机械性能(下二表是一表,其数据应左右对齐看)

冶炼方法	化学成分 (%)							截面直径 (英寸)	热处理 (°C)
	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr		
碱性电弧炉	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(T)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(T)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.21	0.23	1.61	0.01	0.019	0.17	0.16	6 ¹ / ₄ 方(L)	850 正火
	0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	—	—	1 ¹ / ₈	880 油淬,600 回火
	0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	—	—	1 ¹ / ₈	880 油淬,660 回火
	0.19	0.22	1.39	0.032	0.027	—	—	1 ¹ / ₈	880 油淬,660 回火

试验温度 (°C)	抗拉性能 (吨/英寸 ²)					伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	参考文献
	比例极限	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.5}$	σ_b			
室温	20.5	23.8	23.9	24	38.4	33.5	68	[2]
室温	18.5	22	22.5	23	38.4	30	56	[2]
265	16	21.1	22.3	24	47.5	23	31	[2]
265	12	19.9	20.6	21.1	46.9	16	17.5	[2]
300	14.5	19.2	19.6	20.7	46.1	27	31	[2]
350	10	17.5	19	20.8	43.3	—	—	[2]
400	10	17	18.8	21.7	40.7	28.5	49.5	[2]
450	4.5	14.6	17.3	20	35.3	28.5	51	[2]
500	3	13.3	15.9	18.3	29.7	28	51	[2]
550	2	11.8	14.3	16.6	25.7	36	63.5	[2]
室温	—	—	—	—	37	4 \sqrt{A} 37	72	[8]
300	19	20.9	21.6	24.9	37.5	30	62.5	[8]
600	4	7.3	8.3	9.9	13.9	54	81.5	[8]

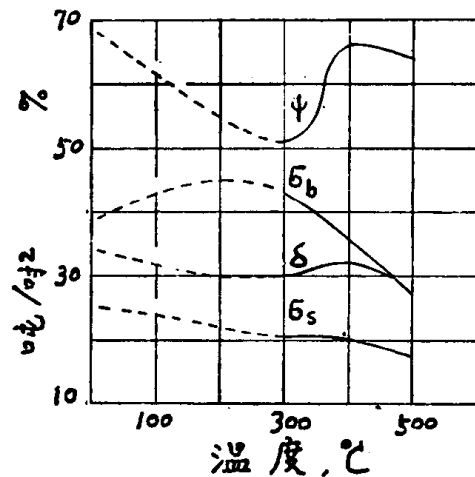


图 14 温度对 1 英寸直径钢 (%: 0.23C, 0.12Si, 1.67Mn) 棒 (810°C 正火) 机械性能的影响^[6]