

金属学与热处理手册

第九分册

特殊钢与特殊合金

中国工业出版社

75.073
155
:9

金属学与热处理手册

第九分册

特殊钢与特殊合金

H·T· 古 德 佐 夫

M·Л· 别伦施捷茵 主編

A·Г· 拉赫施施特

吳 兵 孙一唐 譯

中国工业出版社

Н.Т.Гудцов М.Л.Бернштейн А.Г.Рахштадт
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
СПРАВОЧНИК

Металлургиядат Москва—1956

* * *

金属学与热处理手册
第九分册 特殊钢与特殊合金
吳 兵 孙一唐 譯

*

冶金工业部图书編輯室編輯 (北京猪市大街78号)

中国工业出版社出版 (北京德勝門外10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $11\frac{1}{8}$ ·字数294,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印数0001—2,700·定价(9-4) 1.40元

*

統一书号: 15165·2083 (冶金-307)

本书介绍耐磨、耐热、耐蚀、热强和具有特殊物理性能的鋼、合金、金属陶瓷和硬质合金的特性与有关数据。对上列每一种鋼和合金的分类、成分、性能、用途、試驗方法、生产方法和热处理工艺都作了必要的說明。

本书适合冶金和机械制造工厂、試驗室和研究机关的工程技术人员和高等学校师生閱讀。

金属学与热处理手册中文譯本共十一分册，本书是第九分册。其余十册已先后出版。各分册內容如下：

第一分册——試驗与研究方法

第二分册——鋼的結構

第三分册——鋼的热处理

第四分册——半制品的結構、性能和热处理

第五分册——表面处理

第六分册——建筑鋼

第七分册——机械制造鋼

第八分册——工具鋼

第九分册——特殊鋼与特殊合金

第十分册——鑄鉄的成分与性能

第十一分册——热处理車間的設計原理与典型設備

第 8 章 特殊钢与特殊合金

第41章 耐磨钢和耐蚀合金	1
1. 抗磨粒磨损的钢和合金 (在滑动摩擦时)	1
2. 抵抗滚动摩擦磨损的钢 (滚动轴承钢)	33
第42章 高温下工作用钢和合金	53
1. 低碳锅炉钢和火箱钢	53
2. 珠光体类铬钼钢和铬硅钢	62
3. 高铬钢	71
4. 奥氏体类抗热钢	78
5. 非铁基的抗热合金	110
第43章 耐蚀钢和耐蚀合金	153
1. 黑色金属的腐蚀及保护	153
2. 不锈、耐酸和耐氧化钢和合金	168
第44章 具有特殊物理性能的钢和合金	214
1. 磁钢和磁合金	214
2. 无磁钢和无磁生铁	264
3. 高电阻钢和合金	267
4. 具有特殊热膨胀系数的合金	272
第45章 金属陶瓷 (粉末) 材料	279
1. 金属粉末	282
2. 材料和零件的生产	290
3. 粉末材料的性能及其试验方法	313
4. 金属陶瓷材料的应用	318
第46章 硬质合金	327
1. 硬质合金的概述和分类	327
2. 金属陶瓷硬质合金	330
3. 铸造碳化钨	343
4. 堆焊合金	345
5. 堆焊耐磨层用的粒状混合物	350

第 九

特殊鋼与特殊合金

第 41 章 耐磨鋼和耐磨合金

大部分的鋼在使用条件下除了必須具有高的机械性能外，还应该具有一定程度的耐磨性能。

以抵抗磨損（磨耗、接触疲劳等）的性能为其主要性能的鋼叫做**耐磨鋼**。

1. 抗磨粒磨損的鋼和合金（在滑动摩擦时）

鋼和合金结构組份的显微硬度和耐磨性

鋼和合金的耐磨性主要由其化学成分、組織和使用条件決定。在磨粒磨損的情况下，磨損的机理包括：显微塑性形变、微粒的切断和撕离；耐磨性与硬度有关：通常鋼的硬度提高，磨粒磨損的程度就减小（图 1 和图 2）。

但是，耐磨性与合金的总硬度不一定总呈直綫的关系；将合金结构組份的显微硬度值（表 1）与有关結構組份相对数量的資料結合起来，可得出較正确的概念。

鉄素体的硬度和耐磨性最低，所以鉄素体基体的鋼和鑄鉄，其特点是耐磨性不高。

奥氏体的硬度比铁素体高，它的特点是在受冷塑性形变时具有强烈的硬化能力，在冲击、挤压和强烈的塑性形变条件下，耐磨的合金可以用奥氏体作为基体。

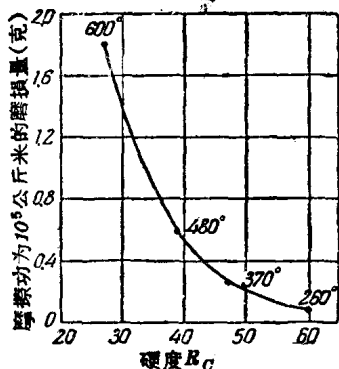


图 1 硬度对于淬火和回火 (260~600°) 的含碳 0.8% 的钢磨耗量的影响 (罗晋贝尔格 [Розенберг] [参看 1])。在阿姆斯特列尔 (Амслер) 试验机上滚动摩擦时的磨耗量。试杆直径 $d = 50$ 毫米, 宽度 $b = 10$ 毫米

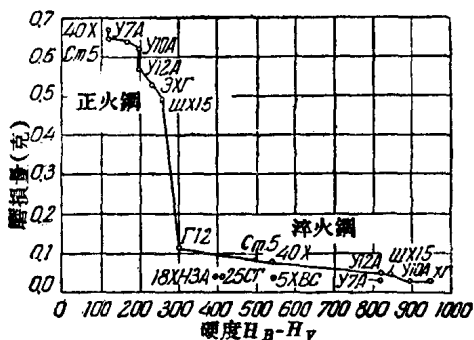


图 2 磨粒磨损和硬度的关系

(根据柯斯捷茨基 [Б. И. Костецкий] 的资料 [2] 作出)

马氏体的特点是具有很高的硬度和强度，可以作为许多耐磨合金的基体。钢和铸铁中耐磨性最高而又最硬的结构组份为碳化物。铁素体-渗碳体组织 (珠光体、索氏体) 的耐磨性随碳化物数量的增多和总硬度的提高而提高；片状组织比球状组织耐磨，因为圆粒比表面大的片层更容易从软基体中分离出来。

在铸铁的共晶体中有很大大一部分硬度高的碳化物相，所以这种共晶体具有很高的耐磨性。游离石墨组织在耐磨合金中起着特殊的作用，因为游离石墨夹杂物能减少摩擦，起分子润滑的作用。

结构组份的硬度随合金化程度增加而提高，因而，它的耐磨性也就随之得到提高。碳化物相尤其是这样。

奥氏体的硬度实质上决定于其中碳和合金元素的含量。

表 1 鋼和鑄鐵結構組份的硬度 [3,4,5,6,7]

結構組份	結構組份的補充特性	H _v (公斤/毫米 ²)
鐵素體	在非常純的鐵中	50
	在真空中退火的普通鐵中	75
	在碳素鋼中	75~100
	在淬火和时效後的碳素鋼中	135 以下
	合金鐵素體:	100~270
	含 5 % N ₂	120
珠光體 (鐵素體和滲 碳體的混合物)	含 5 % Si	245.
	含 5 % Ni	270
	球狀珠光體	160~190
	片狀珠光體	190~230
	索氏體狀珠光體	230~260
	索氏體	250~300
奧氏體	托氏體	300~400
	在合金鋼中	150~220
馬氏體	在碳素鋼和合金鋼中	800~900
鑄鐵中的共晶體	石墨共晶體	130
	磷化物共晶體	775
	碳化物共晶體	900~1000
滲碳體和複雜 碳化物	碳化鐵	1000~1150
	在 X12 高鉻鋼中的碳化物	1100~1250
	在 P 9、P18 高速鋼中的碳化物	1300

馬氏體的硬度隨其中碳含量的增加（到 0.55~0.60% 為止）（圖 3）而提高。合金鋼中，由於（有組織上）難以辨識的殘余奧氏體，所以馬氏體可能具有較低的硬度。

共晶體的硬度變化範圍很廣，而石墨共晶體的硬度要顯著低於磷化物共晶體和碳化物共晶體的硬度。

碳化物相中溶解有鉻、鎢、鉬、釩和其他碳化物形成元素時，硬度就大大提高。表 2 列出了特殊碳化物和某些牌號合金鋼中碳化相的顯微硬度。為了比較起見，表中還列出石英、氧化

鋁、碳化硅和金剛石的显微硬度。

碳素鋼的耐磨性随含碳量增加而提高 (图 4)，以

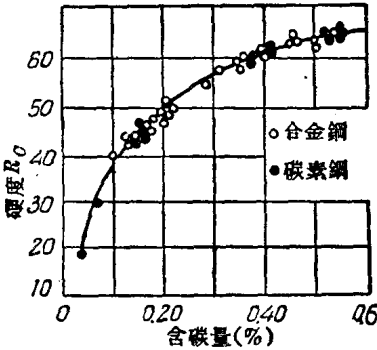


图 3 淬火鋼硬度的变化与鋼中含碳量的关系

淬火鋼和具有片状珠光体組織的正火鋼最为耐磨。

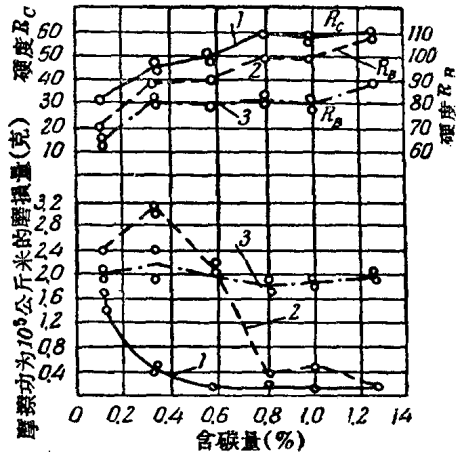


图 4 含碳量对于碳素鋼在阿姆斯特爾試驗机上試驗时的磨耗量的影响

(罗晋貝尔格 [参看 1])

1—淬火鋼；2—正火鋼；3—退火鋼

表 2 过渡金属的碳化物、几种牌号耐磨鋼的碳化物相和某些磨料的显微硬度 [5, 7, 8]

碳化物的化学式	显微硬度, H_v (公斤/毫米 ²)	鋼 号	淬火鋼中碳化物 相的显微硬度 (公斤/毫米 ²)
Fe_3C	1000~1150	Y10~Y13	1000~1150
Mo_2O	1479	III X15	
TaC	1547	X18	1150~1250
WC	1730	X12	
VC	2094	X12M	
ZrC	2836	磨料的种类	显微硬度 (公斤/毫米 ²)
TiC	2850		
B_4C	4900~4950	石 英	1250
SiO	3340	氧化鋁	2000—2600
(碳化硅)		金剛石	10600

碳素鋼中，以在淬火状态具有很高硬度 (62~66R_c) 和含有大量球粒状过剩渗碳体的Y8~Y13号鋼的耐磨性最好。9XC、X12、P18等牌号的过共析合金鋼，由于其中含有更多的被鉻、錳和其他合金元素合金化了的碳化物，并且这些碳化物的硬度比渗碳体更高，所以这些鋼的耐磨性就更好 (图5)。

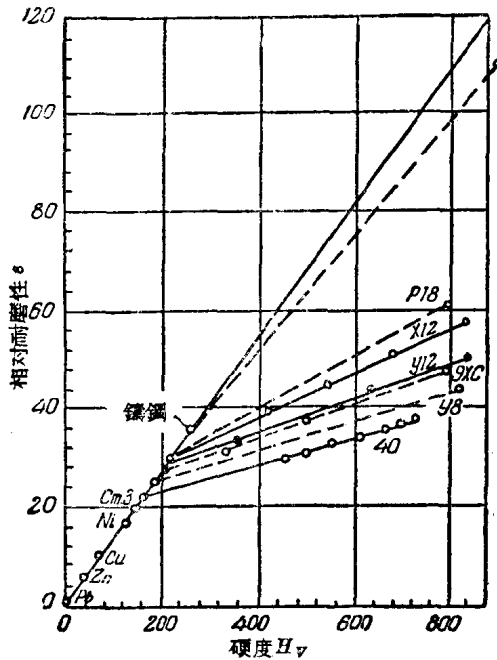


图5 经过热处理和未经过热处理的鋼的相对耐磨性与硬度的关系

(赫罗謝夫 [М.М.Хрущев]和巴比切夫[М.А.Бабичев]) [9]

经过渗碳、氰化、渗氮、渗硼、渗鉻和其他形成坚硬耐磨表面层的化学热处理过程的鋼，也具有高度的耐磨性。奥氏体型鋼，首先是Г12高錳鋼的特点是，在受冲击压挤負荷的条件下具有特殊的耐磨性。石墨化鋼和珠光体鑄鉄除了具有很高的減磨性能外，还具有耐磨的性能。硬质碳化物在組織中起主要作用的白

口鑄鉄和硬质合金特点是，在磨粒磨損的条件下具有很高的耐磨性。

参 考 文 献

- [1] Д.В. Конвисаров. Износ металлов, ОНТИ. 1938.
- [2] Б.И. Бостецкий. Износ деталей машин, Машгиз, 1950.
- [3] М.М. Хрущев и Е.С. Беркович. Микротвердость. определяемая методом вдавливания. Изд. АН СССР.
- [4] А.П. Гуляев, Емелина. Сталь, 1947, № 2, 1943.
- [5] А.В. Бовальский, А.Л. Петрова. —Сб. «Микротвердость», Изд. АН СССР, Москва, 1951.
- [6] В.К. Григорович. Сб. «Микротвердость». Изд. АН СССР, Москва, 1951, стр. 151.
- [7] А.А. Бочвар. Металловедение, Металлургиздат, 1940.
- [8] Л.Я. Марковский, Д.Л. Оршанский, В.П. Прянишников. Химическая электротермия, Госхимиздат, 1952.
- [9] М.М. Хрущев и М.А. Бабичев. Исследование изнашивания сталей при трении об абразивную поверхность. —Сб. IX «Трение и износ в машинах», АН СССР, Институт машиноведения, 1954, стр. 22.

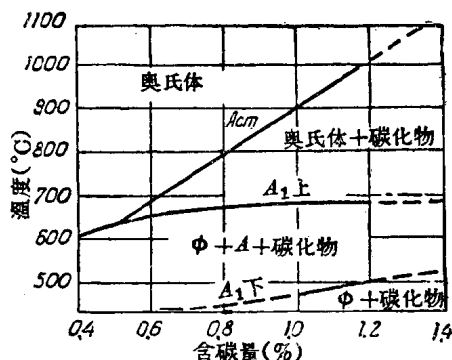
牌号 Г12 耐磨高錳鋼 (哈特菲鋼)

特性和用途

这种鋼在淬火状态具有奥氏体的組織，其特点是韧性好和强度高。鋼在冷塑性形变时大大强化，因而在磨損和重击条件下工作时具有特殊的耐磨性。但在无压力下磨損时，就不具有耐磨性。

Г12 耐磨高錳鋼可用来制造迴轉粉碎机和球磨机的壳体、压碎机的壳体和顎板、挖泥船的挡板、履带节、星形輪、轉轆器和轆岔、保險柜的鋼甲、軋制管子用的型心、网篩用的鋼絲等等。

Г12 耐磨高錳鋼是制成特形鑄件，鍛件；熱軋鋼棒、鋼軌、厚鋼板和薄鋼板，冷拉鋼絲等使用。



化学成分 [10]

Г12鋼的成分如下：1.0 ~ 1.3% C, 11 ~ 14% Mn, ≤ 0.5% Si, ≤ 0.2% Cr, ≤ 0.03% S, ≤ 0.03% P (作焊條用的鋼，還補充加入合金元素 3 ~ 3.5% Ni)。這種鋼是在礮性平爐和電爐內熔煉的。

圖 6 溫度和含碳量對於含 12.5% Mn 的鋼組織的影響 (本·達維甫脫 [Bain Davenport], 華爾寧 [Waring] [11])

臨 界 點

臨界點的位置與含碳量的關係如圖 6 所示。

在含錳 13% 的鋼中奧氏體的等溫轉變在 370° 時要經過 48 小時才開始；溫度低於 260° 時，在沒有變形的條件下，實際上不發生碳化物的析出和相變。

熱機械加工

鍛造的溫度範圍在 1150 ~ 900°。鍛造時加熱應該緩慢，以防止由於鋼的傳熱性低和線膨脹係數大而引起內裂紋。

鍛件的冷卻是以正常的速度進行。

熱 處 理

從 1020 ~ 1100° 淬入水中；厚壁鑄件淬火時，必須保證冷卻水的強烈循環。

鋼淬火後具有奧氏體組織。由於鋼的脫碳傾向，所以淬火前加熱時，鋼的保溫時間不應超過 30 ~ 40 分鐘。當加熱淬火鋼時以

及冷变形时，碳化物便沿晶界和滑移面析出。

工艺性能

Г12耐磨高锰钢由于加工硬化性很强，所以切削加工性非常差；在600~650°回火后获得索氏体型组织，钢的加工性可以得到改善。

电焊和气焊的焊接性适中。

在热态和冷态下的压力加工性满意。

物理性能 [10,11,12]

密度 (克/厘米 ³)	7.9
熔点 (°C)	1345
线膨胀系数, $\alpha(0\sim100^\circ)$	18×10^{-6}
比热, $C_{p50\sim100^\circ}$ (卡/克·°C)	0.124
热导率 λ , (卡/毫米·秒·°C)	0.027
温度传导系数, a_{100° (毫米 ² /秒)	0.046
电阻率, ρ (欧姆·毫米)	67.0
导磁率, μ	1.003~1.03

H-24

机械性能

正弹性模数 $E=20800$ 公斤/毫米²。

淬火状态时的机械性如下：

	工厂的技术条件	实际数值[13]
强度极限, σ_B (公斤/毫米 ²)	$\geq 63\sim 70.5$	80~100
屈服点, σ_T (公斤/毫米 ²)	$\geq 31.5\sim 35$	35~40
伸长率, δ_5 (%)	$\geq 25\sim 15$	40~50
截面收缩率, ψ (%)	$\geq 30\sim 20$	35~45
冲击韧性, a_K (公斤/厘米 ²)	—	20~30

淬火钢的加工硬化性很强；冷变形的结果，钢的硬度可以从170~200提高到450~550H_B。

细晶粒钢具有较高的机械性能；壁厚增加会显著降低淬火钢

表 3 晶粒大小和淬火时的冷却速度对机械性能的影响[11]

壁 厚 (毫米)	晶粒大小	σ_T (公斤/毫米 ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	冲击韧性 (V-形切 口 Φ) (%)
50	粗 晶 粒	64.5	37.0	35.7	100
80		63.0	25.0	34.5	98
138		55.3	22.5	25.6	85
188		46.2	18.0	25.1	57
50	細 晶 粒	83.2	45.5	37.4	99
80		78.3	36.0	33.0	85
138		71.6	32.0	28.3	74
188		73.5	33.5	29.2	49

① 壁厚50毫米的粗晶粒钢的冲击韧性值取为 100%。

的机械性能(表3)。由于上面的原因和形成铸造裂纹的危险,所以铸件的壁厚必须限制在150毫米。

将淬火钢加热到 250~300° 以上,会引起奥氏体的分解,同时使机械性能发生急速降低;由于这时脆性得到发展,所以这样的加热应该认为是不容许的。

机械性能与回火温度的关系

[14, 15, 16]

Г12耐磨高锰钢在400~450°回火引起碳化物微粒的析出和硬度的增加(图7)。冷变形钢在回火后仍能保持较高的硬度(图8)。表4列出了有关钢的疲劳抗断强度的资料。

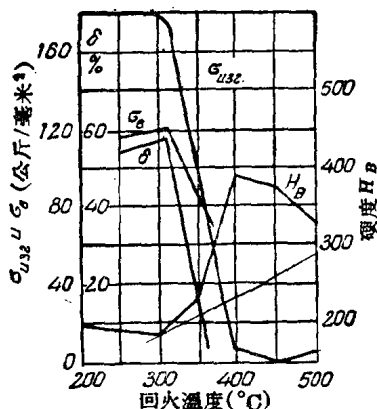


图 7 哈特菲钢机械性能的变化与淬火后回火温度的关系 [59]

钢在低温时的机械性能列于表5中。

在试验温度降低时,发现钢的韧性急剧下降(表6);在

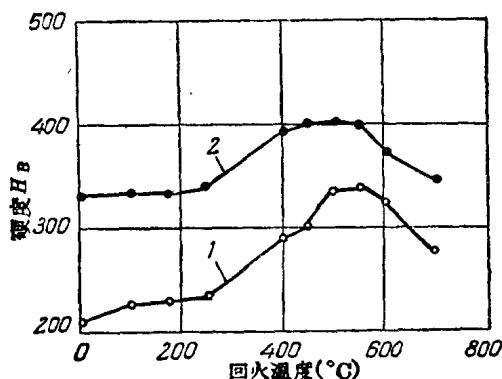


图 8 回火温度对哈特菲鋼硬度的影响 [16]

1—淬火后的鋼；2—淬火和经过加工硬化（鍛縮20~40%）后的鋼

—110~—196°温度时，鋼变得非常脆。

但是，X-射线结构研究未发现深冷时有 α -相出现。

表 4 高锰奥氏体鑄鋼的疲劳性能[11]

（鋼的成分：1.13~1.17%C，12.8%Mn，0.34~0.55%Si

和 0.046~0.056%P。疲劳极限约为26公斤/毫米²）

机械性能		应力	到破坏时	备 注
σ_B (公斤/毫米 ²)	δ (%)	(公斤/毫米)	的循环次数	
—	—	28.1	4071500	抛光試样 試样的表面在热处理过程中已被氧化
—	—	28.1	806000	
73.3	34.5	34.1	2294800	
72.1	30.0	28.1	853900	
72.8	35.0	26.7	12663600	
76.6	39.1	25.3	30600000	

Г 12 鋼在磨損和冲击作用相結合的条件下，表現高度的耐磨性（表 7）。

抗磨粒磨損的性能不高；用湿石英砂的磨耗量为0.75~0.85（以20号鋼为1.00）。

表 5 試驗温度对鋼的机械性能的影响 [17]

(鋼的成分: 1.4%C, 12.11%Mn, 0.012%S, 0.06%P, 0.12%Si, 0.09%Cr, 0.08%Ni, 从1010°淬入水中, 晶粒度№ 4~5)

試驗的温度 (°C)	σ_B (公斤/毫米 ²)	σ_T (公斤/毫米 ²)	δ (%)	ψ (%)
+100	105	43	55	35
+ 23	105	35	48	35
- 29	105	50	37.5	30
-110	98	52	25	23
-148	92	70	12	11
-196	90~92	85	4	3~5

表 6 試驗温度对經过淬火的哈特菲鋼冲击韌性的影响 [11]

化 学 成 分 (%)				在下列温度 (°C) 时的蔡氏冲击韌性 (V-形切口)	
C	Mn	Si	Ni	24	-73
1.03	12.9	0.52	—	91~98	46~59
1.18	13.0	0.50	—	105~107	55~62
1.19	14.0	0.50	—	102~106	52~65
0.84	12.5	0.48	3.46	95~106	76~84
1.17	12.7	0.53	3.56	103~106	87~89

表 7 碎石机顎板的磨耗量比較 [11]

鋼 的 成 分	磨碎 1 吨石头顎板表面的磨耗量 (克/分米 ²)	
	固 定 的	活 动 的
碳素鋼 (0.5%C)	3.25	3.66
鉻 鋼 (0.59%C, 0.73%Cr)	2.46	2.80
鎳 鋼 (0.55%C, 3.29%Ni)	1.47	1.64
鉻鎳鋼 (0.44%C, 0.44%Cr, 1.38%Ni)	1.40	1.33
錳 鋼 (1.21%C, 11.9%Mn)	0.246~0.65	0.294~0.425

参 考 文 献

- [10] Машиностроение, Энциклопедический справочник, Т. 3. Машгиз, 1947.
- [11] Metals Handbook, ASM, Cleveland, 1948, стр. 526.
- [12] В.Г. Лившиц. Физические свойства черных металлов, ОНТИ, 1937.
- [13] Справочник машиностроителя, т. II, Машгиз, 1952.
- [14] E. Hondremont. Sonderstahlkunde, 1943.
- [15] Ф. Рапатц. Качественная сталь, ОНТИ, 1938.
- [16] В.Д. Грозин. Механические свойства закаленной стали, Машгиз, 1951.
- [17] N. C. Doepken. -Journal of Metals. 1952. vol. 4, № 2, p. 166.

石 墨 化 钢

特性和用途

含碳量很高，其中一部分碳呈圆形或长形石墨夹杂物形态的碳素钢或合金钢，称为石墨化钢。具有润滑性能的石墨，能防止干摩擦和粘合，并赋予钢以耐磨性、高度减磨性能和吸收振动能力。淬火后的石墨化钢可以用来制造耐磨的冷冲模、拉丝工具、量规、磨煤机的装甲钢板、喷铁砂设备的外壳和叶片、喷砂设备的喷嘴、履带节和其他零件。退火状态的石墨化钢可以代替青铜制造滑动轴承的轴瓦、滚动轴承的保持器、齿轮、对焊钢管用的漏斗、活塞和活塞胀圈、刹车块。石墨化钢在许多情况下还用来制造铸造的曲轴和其他的特形铸件。

表 8 列出各种牌号石墨化钢的化学成分。

由于这种钢的含硅量很高，保证了热处理时钢的石墨化作用（表 9）。铜可以改善流动性。钛和钼使晶粒尺寸减小。锰和镍使淬透性提高。