

金属和合金的化学热处理手册

[苏] Л.С. 利亚霍维奇主编 孙一唐等译

上海科学技术出版社

金属和合金的化学 热处理手册

〔苏〕Л. С. 利亚霍维奇 主编
孙一唐 等译

上海科学技术出版社

封面设计 赵文奎

金属和合金的化学热处理手册

〔苏〕Л. С. 利亚霍维奇 主编

孙一唐 等译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 19 插页 字数 418,000

1986 年 5 月第 1 版 1986 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—6,500

统一书号: 15119·2420 定价: 3.85 元

内 容 提 要

化学热处理可以提高金属和合金表面的强度、硬度、耐磨性和耐蚀性等,从而提高零件的可靠性和耐用性,节约金属材料。近年来,化学热处理的应用日益广泛。

本书是苏联化学热处理方面的权威性著作,由科学技术博士利亚霍维奇教授主编。本书收集了苏联和世界各国有关的科研成果和新工艺,资料丰富,实用性强。全书共十三章,内容包括渗碳、渗硼、渗硅、渗铝、渗锌、渗铬、渗其他合金元素,二元和多元合金共渗等。

本书可供工厂、科研单位从事化学热处理工作的科技人员阅读,也可供热处理专业师生参考。

序 言

技术的高速发展,使得提高机器、仪表、装置等零件的可靠性和耐用性,提高它们的质量和工作效率,从而节约金属材料,与机器零件的腐蚀和磨损作斗争等等问题,已成为迫切的问题。这些问题的解决首先与零件表层的强化有关。目前,零件的表层在机器和仪表的耐用性方面所起的作用特别大,因为大多数工业部门(航空、火箭、热能、原子能、无线电等)的发展都涉及到提高载荷、温度和工作介质的侵蚀性。

可以采用各种不同的方法使表面的性能满足要求。这些方法可以分为两类: 1) 在表面上镀覆具有所需性能的新材料; 2) 改变金属表层的成分,以保证预期的性能的变化。

前一类方法就是电镀、化学镀、熔镀等。在金属合金的表面上也可镀覆非金属材料——瓷漆涂料、各种合成材料。

第二类方法是对金属表层进行扩散化学热处理,在零件表面上形成新的、与合金心部不同的渗层。

化学热处理能在零件表层中得到几乎是任意成分的合金,因而能保证获得必需的综合性能——物理的、化学的、机械的等。

目前,在国民经济中在各种化学热处理类型和方法的应用方面积累了很多经验。这些经验在许多著作中反映出来。第一类的镀覆方法在文献[1~6等]中叙述。化学热处理的方法在文献[7~10]中介绍。化学热处理的各种类别见文献[11~19]。扩散的理论问题在文献[20~47]中讨论。金属零件的表面与介质的相互作用问题(吸附、化学吸着等现象)在文献[28~36]中阐述。

本手册的目的是对化学热处理方面的主要资料作一总结。本书着重介绍化学热处理的工艺(处理介质的成分,时间,温度,随后的热处理)和所得的渗层的性能。手册利用了主要是近20~30年来的参考资料,以及化学热处理在国民经济中的实际应用的结果。

由于本手册的篇幅有限,因此不反映化学热处理的理论问题。这方面的材料可在文献[7, 10, 20~26, 37~39等]中找到。根据同样原因,本手册不讨论化学热处理设备,描述性材料尽量减少。

请读者注意,手册中给出的钢中合金元素的含量、混合物中各组份的含量都是质量百分率(除特殊指明者外)。书中所列的物理量的单位以国际单位制表示。

手册的编者对于技术科学博士扎姆斯科夫(Г. В. Замсков)教授在审稿时所提出的宝贵意见和有益建议表示谢意。

利亚霍维奇(Л. С. Ляхович)

译 序

本手册是苏联国立冶金出版社 1981 年出版的一本关于金属和合金的化学热处理方面的专著。手册总结了近 20~30 年来出版的有关化学热处理的资料,特别是引用了近年来一些先进国家发表的一系列化学热处理专利,内容新颖、简明扼要,实践性强。正如作者在序言中所说的,手册着重介绍化学热处理工艺(处理介质的成分、时间、温度,随后的热处理)和所得的渗层的物理、化学和机械性能。手册提供的资料对我国工厂、学校和科研单位从事化学热处理方面工作的有关人员具有较大的参考意义和一定的实用价值。

手册中所列的钢和合金的牌号是苏联的国定标准(ГОСТ)。牌号中合金元素是以俄文字母表示,其大致含量分别写在该元素符号的后面,以百分之几表示。碳的含量对结构钢用钢号前头二位数字代表含碳量的万分之几,合金工具钢则以一位数字代表千分之几的含碳量。一些特殊用途的钢的表示方法可查阅有关书籍,这里不一一列举。表示合金元素的俄文字母: X(铬), M(钼), B(钨), H(镍), C(硅), T(钛), Ю(铝), Г(锰), В(铌), Д(铜), К(钴), П(磷), Ф(钒), Р(硼)。钢

号末尾有 A 代号的,表示是高级优质钢。

参加本书翻译工作的有:朱永远(第 I 章至第 III 章),隋凤桐(第 IV 章至第 VII 章),孙一唐(第 VIII 章至第 X 章),杨双良(第 XI 章),陈永谭(第 XII 章),张铭钦(第 XIII 章)。由孙一唐和刘文泉进行初校,最后由孙一唐总校并负责全书的审定工作。

由于手册内容涉及面广,在某些领域国内尚无实践经验,参考资料不多,加上水平所限,难免有误译之处,请读者多多提出宝贵的意见。

译 者

代号说明

- h ——渗层厚度;
 l ——与渗层表面的距离;
 τ ——时间;
 t ——温度;
 v ——速度;
 σ_b ——极限强度;
 σ_s ——屈服强度;
 σ_{-1} ——疲劳极限;
 σ_{-1}^k ——试样有应力集中时的疲劳极限;
 τ_b ——扭转强度极限;
 σ_{bb} ——弯曲强度极限;
 $\sigma_{残}$ ——残余应力;
 p ——单位面积上的载荷(压力);
 δ ——伸长率;
 ψ_r ——断面收缩率;
 α_k ——冲击韧性;
HM——显微硬度;

HV——维氏硬度;
HRC——洛氏硬度;
 λ ——导热率;
 α ——膨胀系数;
 $t_{\text{淬}}$ ——淬火温度;
 $t_{\text{回}}$ ——回火温度;
 A ——位移振幅;
 C ——浓度;
 j ——电流密度。

目 录

第 I 章 渗碳	1
1.1 结构钢的渗碳	1
1.2 高合金钢的渗碳	28
1.3 难熔金属的渗碳	42
第 II 章 氮化	58
2.1 钢和铸铁的氮化	60
2.2 难熔金属的氮化	107
第 III 章 渗硼	112
3.1 钢的渗硼	112
3.2 镍、钴及其合金的渗硼	154
3.3 难熔金属的渗硼	162
第 IV 章 渗硅	173
4.1 钢和铸铁的渗硅	173
4.2 难熔金属的渗硅	192

第 V 章 渗铝	206
5.1 粉末渗铝.....	206
5.2 在铝浴中渗铝.....	213
5.3 表面喷镀金属铝再经扩散退火的渗铝法.....	217
5.4 其它渗铝法.....	220
5.5 渗层的组织和性能.....	223
第 VI 章 渗锌	237
6.1 在粉末状混合物中渗锌.....	240
6.2 液体渗锌.....	245
6.3 锌层的性能.....	257
第 VII 章 渗铬	262
7.1 渗铬的方法和工艺.....	262
7.2 碳钢和铸铁的渗铬.....	274
7.3 非铁基合金和石墨的渗铬.....	284
7.4 渗铬钢和合金的性能.....	290
第 VIII 章 渗其它元素	309
8.1 渗钨.....	309
8.2 渗钒.....	312
8.3 渗铌.....	318
8.4 渗钛.....	321
8.5 渗钼.....	334
8.6 渗钽.....	339
8.7 渗铍.....	341
8.8 渗锆.....	349

8.9	渗铜	350
8.10	渗磷	352
8.11	渗铈	359
第 IX 章	碳氮共渗和硫氰共渗	362
9.1	碳氮共渗和氰化	362
9.2	硫氰共渗	388
第 X 章	铝和其它元素共渗	401
10.1	铝硅共渗	401
10.2	铬铝共渗	422
10.3	硼铝共渗	432
10.4	钛铝共渗	452
10.5	钴铝共渗	455
10.6	钒铝共渗	457
10.7	铬铝硅共渗	459
10.8	铝钛硅共渗、铝钴硅共渗	469
第 XI 章	硼和其它元素共渗	473
11.1	硼硅共渗	473
11.2	硼铬共渗	481
11.3	硼钨共渗和硼钼共渗	487
11.4	硼钛共渗	488
11.5	硼钴共渗	491
11.6	硼磷共渗	495
第 XII 章	硅和其它元素共渗	496

12.1	铬硅共渗	496
12.2	钼硅共渗	518
12.3	钨硅共渗	524
12.4	钛硅共渗	528
12.5	铬钛硅共渗	534
第 XIII 章 铬和其它元素共渗		539
13.1	铬锰共渗	539
13.2	铬钛共渗	547
13.3	碳铬共渗	555
13.4	铬钛铝共渗	570
参考文献		575

第 I 章

渗 碳

1.1 结构钢的渗碳

渗碳过程由于其高的效率和可行性，在工业中获得广泛的应用。渗碳能在零件工作表面上造成具有淬火后高的硬度、耐磨性、抗浸蚀磨损性、接触持久强度和弯曲疲劳强度的渗层。这些性能是在赋予被加工零件以必要的结构强度的较软而韧的心部的条件下得到保证的。

1.1.1 气体渗碳

CO 和 CO₂ 气体与铁及其氧化物的平衡图^[48~51](图 1)和塔卡哈希(Такахаша)图——在不同温度下奥氏体中碳含量和由 CO 及 CO₂ 组成的气体介质之间的平衡图(图 2)，决定了在渗碳过程中可能发生的反应的方向。

以 CO-CO₂ 为基的气体饱和介质含有少量的 CH₄、H₂ 和 H₂O，它们也可能参与反应，加速或阻碍增碳的过程。为了控制渗碳的过程，基本反应的平衡条件及其平衡常数是很重要的(表 1)。

渗碳时采用烃系 C_nH_{2n+2}(饱和烃)、C_nH_{2n}(烯烃)和 C_nH_{2n-2}(炔烃)，可保证增碳过程以很高的速度进行。甲烷在 800°C 时

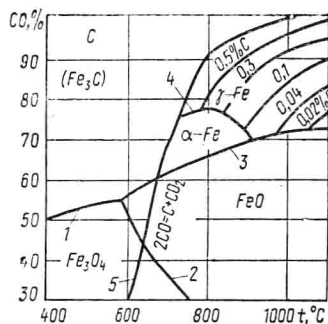


图1 CO和CO₂气体与铁及其氧化物的平衡图^[48]

- 1, 2—Fe₃O₄形成区的交界;
3—渗碳区和FeO形成区的交界;
4—α相和γ相区的交界;
5— $p=0.1$ MPa时的反应等压线

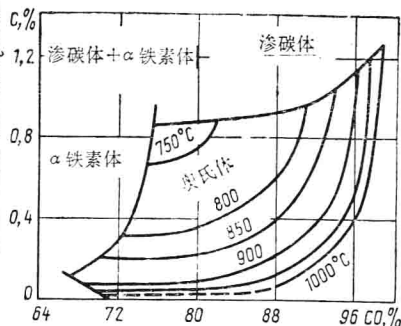


图2 不同温度下 CO-CO₂混合气和奥氏体中碳的平衡图^[49,50]

表1 渗碳气体各组分之间的反应平衡常数^[49]

$t, ^\circ\text{C}$	$K_1 = \frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$	$K_2 = \frac{P_{\text{CO}}}{P_{\text{CO}_2}}$	$K_3 = \frac{P_{\text{H}_2} P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}} P_{\text{CO}}}$	$K_4 = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$	$K_5 = \frac{P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{CH}_4}}$
600	2.99	1.18	2.54	0.0794	2.14
650	2.65	1.36	1.95	0.347	3.95
700	2.35	1.52	1.54	1.01	7.24
750	2.16	1.72	1.26	2.98	12.6
800	2.00	1.89	1.05	10.0	20.0
850	1.83	2.05	0.892	17.2	31.8
900	1.69	2.20	0.764	37.6	47.9
950	1.60	2.38	0.672	74.1	70.8
1000	1.50	2.53	0.592	143	105
1050	1.41	2.67	0.527	462	141

已开始分解(图3)。OH₄、H₂和O之间的平衡用虚线表示。用同一曲线可确定饱和碳的奥氏体和气相之间的平衡。

涅马(Нейман)图描述了复杂系中的平衡状态^[7,50,52]。该

图表示奥氏体中碳的浓度与 H_2-CH_4 和 $CO-CO_2$ 气氛中的分压之间的关系, 以及有碳黑析出或碳处于气态化合物中的各气氛之间的界限。

利用天然气渗碳 天然气渗碳可保证相当高的渗入速度^[53~55](表2和表3)。

在这种情况下, 含98% CH_4 的达沙夫斯基(Дашавский)天然气具有很强的渗入能力。有少量水分、氧和二氧化碳对渗碳结果没有重大的影响。不但如此, 水蒸气、氧和二氧化碳在渗碳温度下与甲烷和

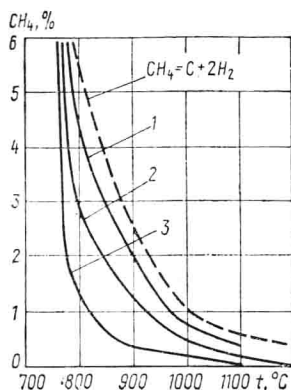


图3 CH_4 和 H_2 与不同成分奥氏体的平衡图^[48]

1—0.92% C; 2—0.5% C;
3—0.16% C

表2 萨拉托夫(Саратов)天然气的供给速度对钢在930°C渗碳后沿渗层厚度碳的分布的影响^[53, 55]

钢 号	与 表 面 的 距 离, mm							
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
$v=3\sim4\text{ m}^3/\text{h}$ 下的含碳量, %								
20	1.0	0.9	0.73	0.5	0.4	0.3	0.25	0.23
20X	1.1	0.8	0.6	0.44	0.35	0.28	0.25	0.23
12X 2H4	0.75	0.65	0.48	0.35	0.25	0.2	0.17	0.16
18 XIT	0.7	0.6	0.47	0.38	0.3	0.26	0.24	0.21
$v=5\sim7\text{ m}^3/\text{h}$ 下的含碳量, %								
20	1.02	0.98	0.85	0.67	0.53	0.42	0.36	0.32
20X	1.2	1.0	0.8	0.63	0.50	0.38	0.3	0.2
12X 2H4	1.03	1.03	0.9	0.72	0.55	0.42	0.33	0.27
18 XIT	0.95	0.86	0.71	0.56	0.4	0.3	0.25	0.21