

技术革新资料

热处理专辑

(一)

上海科学技术出版社

技 术 革 新 资 料

热 处 理 专 辑

(一)

技术革新资料
热处理专辑

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 浙江嘉兴印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8 字数 65,000

1978年8月第1版 1978年8月第1次印刷

书号: 15119·1950 定价: 0.27元

出版说明

英明领袖华主席高举毛主席的伟大旗帜，深刻地指出：“无产阶级专政的一个重要任务，就是迅速发展生产力，实行技术革新和技术革命，创造比资本主义更高的劳动生产率。”

粉碎了“四人帮”之后，实现“四个现代化”，高速度发展国民经济，已成为全国人民的共同愿望和实际行动。为了夺取国民经济发展的高速度，我们坚决按照毛主席生前教导和华主席的指示办事，既要挽起袖子大干，也要开动脑筋巧干，大搞技术革新和技术革命。在现有企业中，大搞技术革新和技术革命，进行技术改造，挖掘生产潜力，是发挥现有企业的生产能力，花钱既少、见效又快、收效也大的好办法。

当前，工交战线的群众性“双革”运动蓬勃发展，捷报频传，经过技术革新，劳动生产率大幅度增长的事例屡见不鲜。为了推广和交流这些先进经验，我们将部分成果汇编成“技术革新资料”，分辑出版，供广大读者参考。

本辑在组织编写过程中，得到了上海市机电一局和上海市科学技术协会等有关单位的热情支持与具体帮助，谨此表示感谢。

目 录

1. 热处理保护涂料
.....中国科学院上海硅酸盐研究所 (1)
2. 低温电解渗硫
.....上海机械学院金相专业低温电解渗硫组 (23)
3. 高速钢刀具的氧氮碳共渗
.....上海工具厂 (47)
4. 石油链条滚子低碳钢淬火强化
.....上海大隆机器厂 (61)
5. RJC-220 传送带式淬火回火自动线
.....上海滚动轴承厂 (72)

热处理保护涂料

中国科学院 杨国清 张登岳 钱增英
上海硅酸盐研究所

在金属的热处理和热加工过程中,由于氧化,不仅造成金属损耗,更严重的是造成工件尺寸的不均匀变化,影响精度;同时,由于氧化,还会使某些合金表面发生脱碳、贫铬等现象,而使质量降低。因此防止氧化有着重要意义。为了解决这一问题,利用硅酸盐涂料作为热处理时的暂时性保护层,是使用得比较广泛的方法之一。

另外,渗碳、渗氮、渗铝、渗硅、渗铬、渗硼等化学热处理技术的应用已相当广泛,有许多工件,仅需局部“渗”,而另一些部位是“禁渗”的,对于这些“禁渗”部位亦可使用涂料达到防渗的目的。

为此,我们研制了几种抗氧化的和防渗碳的涂料,它们都是无机质,由耐火物、水玻璃和水三者组成。耐火物是涂料的骨干,通常占涂料重量组成的70%以上。我们采用的耐火物有氧化硅、氧化铝、氧化铬、长石、碳化硅、碳化硼等,有时为了某种目的,也加一些低熔点氧化物或玻璃料。水玻璃也是重要成分,占组成的7~12%左右(按干物质计算)。水玻璃包括硅酸钠和硅酸钾,它主要起粘结剂的作用,能将耐火物牢固地和金属表面粘在一起。水玻璃也是一种玻璃,对涂层在

高温时的致密化过程有着重要的作用。

涂料加涂在各种工件上形成的涂膜，在常温下呈多孔结构，按理似乎不能将被涂物与空气介质隔离，不能提供有效保护。但是，由于在设计配方时作了考虑，当涂层在使用过程中达到一定温度时，它靠“烧结”作用会自动地将气孔堵死，形成致密的保护膜。这种堵孔物质是配方中的玻璃（例如水玻璃即是其一），它在高温下由固相反应形成的玻璃相。所以配方中加入能形成玻璃的物质很重要。二氧化硅（石英）是很容易与碱反应生成玻璃的物质，所以在我们的配方中二氧化硅是基本组成之一。事实上，只要石英粉和水玻璃两者，就能配成具有保护作用的涂料。例如下面介绍的GT-100和GT-110两种涂料，其固体成分百分之九十以上都是石英粉。配合其他物料，就能得到耐不同温度的、用途各异的各种涂料。

我们研制的几种涂料具有下列特点：

- (1) 配制好的涂料能长期保存，施工方便；
- (2) 原料来源丰富，没有什么稀有物质，易于推广生产；
- (3) 涂料制备工艺简单，只要将符合规格的原料按比例放入瓷球磨中混合数小时即可；
- (4) 因为使用水为稀释剂，不用有机溶剂，因此既安全又无毒；
- (5) 形成的涂膜本身有相当强度，同基体的结合力也相当好；
- (6) 涂层在热处理后大多能自动剥落，易于清除；
- (7) 对金属基体无腐蚀作用；
- (8) 保护效果显著。

下面分别介绍各种涂层的配方、工艺和性能。

一、GT-100 和 GT-110 抗氧化涂料

这是我们最先研究的以石英粉和水玻璃为基本成分的两
种配方,组成简单,成本低廉,有相当保护性能。

GT-100 涂料的配方为:二氧化硅 100 克,三氧化二铝 5
克,硅酸钠(试剂)25 克,水 40 克。上述物料在球磨机中混合
后即得白色涂料,比重为 1.7 克/厘米³。本涂料适用于 800~
1000°C 的抗氧化。在无油无锈的 A3 钢板上喷涂 0.05~0.1
毫米厚的涂层,有如下的保护效果:

表 1 GT-100 涂料对 A3 钢的抗氧化保护效果

热 处 理 条 件		裸金属板的氧化 增重(克/米 ²)	加涂料试样的氧 化增重(克/米 ²)	保护 倍数
温度(°C)	时间(小时)			
800	4	103	16.3	6
900	4	281	20.2	14
1000	4	835	33.7	25
1000	10	1550	53.6	29

由上表可知,抗氧化效果是相当显著的。涂层在经热处理
后淬冷时会自动剥落,而金属表面仍保持光亮平整。

GT-100 涂料配方中的硅酸钠,含有大量结晶水,因此涂
层干燥比较困难,今改用硅酸钾做粘结剂,就得到另一种 GT-
110 涂料,其工艺性能就得到显著改进。

GT-110 涂料配方为:二氧化硅 85 克,三氧化二铝(或三
氧化二铬)5 克,硅酸钾 10 克,水 25 克。涂料呈白色(或绿
色),比重 1.95 克/厘米³。

上述两种涂料主要用于抗氧化,对脱碳现象也能起到一

定保护作用,但不如下面介绍的涂层有效。

二、202 抗氧化防脱碳涂料

本涂料的配方原料和比例为: 氧化硅 20~40, 氧化铬 10~30, 钾长石 10~30, 氧化铝 10~30, 碳化硅 10~30 和硅酸钾 8~15。将上述原料加适量水在球磨机中进行混合, 即得所需涂料。

(一) 一般性能

涂料呈绿色, 比重为 $2.30 \sim 2.33$ 克/厘米³, 在室温至 1000°C 的平均线膨胀系数为 $6.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (见图 1)。膨胀曲线显示 1050°C 开始软化。由于涂层软化点高, 与金属相比膨胀系数也低, 因此, 加有涂层的钢件在热处理后冷却时, 涂层有自行脱离钢件的趋向。

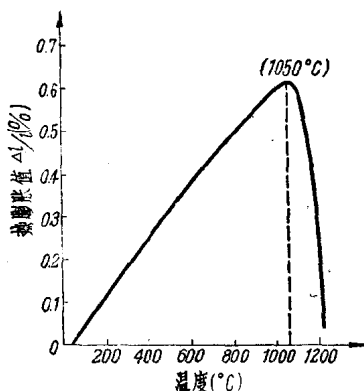


图 1 202 涂料热膨胀曲线

(二) 涂层的保护性能

1. 涂层的抗氧化能力

涂料加涂在钢件上，在空气气氛中，经 1000~1200°C 高温处理，钢件厚度基本不变，钢件表面仍很平整，其抗氧化能力见表 2。

表 2 在 45 钢上加涂 0.3 毫米 202 涂料的抗氧化效果

热 处 理 条 件		裸金属板氧化 增重(克/米 ²)	加涂层的金属板氧 化增重(克/米 ²)	保护 倍数
温度(°C)	时间(小时)			
1000	1	281	3.3	80
1000	4	574	3.4	170
1200	1	700	52	13

2. 涂层的防脱碳能力

加有涂层的钢件，在空气气氛中，经 800~1200°C 高温处理，钢件表面脱碳情况有很大程度的改善。

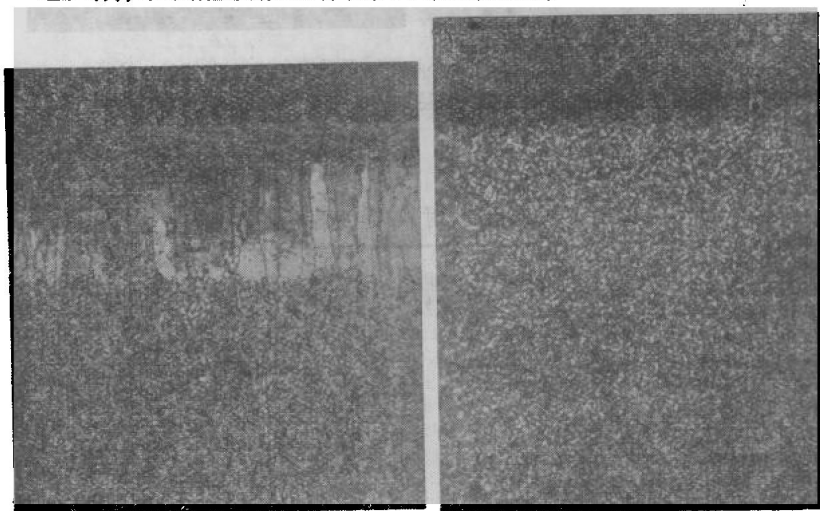


图 2 45 钢 800°C 4 小时热处理后的金相组织，70×
左：无涂层保护，脱碳严重；右：有涂层保护，脱碳不明显

对试样金相切片进行显微观察,其结果见图 2 和图 3。

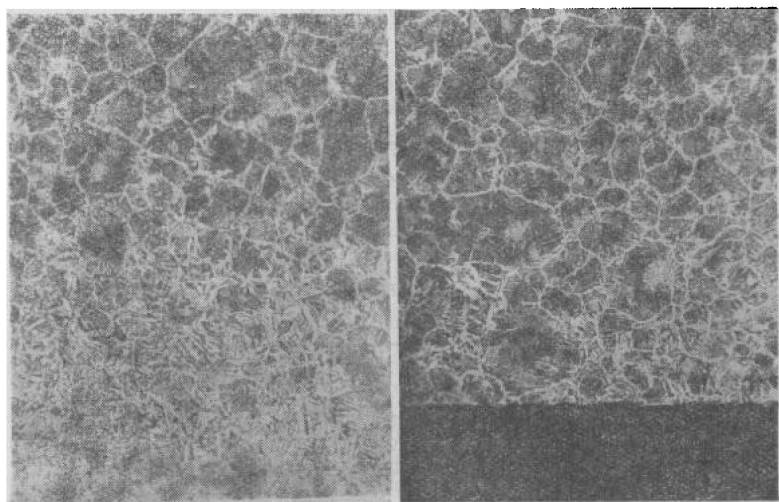


图 3 45 钢经 1200°C 1 小时热处理后的金相组织, 70×

左: 无涂层保护, 有很深的脱碳层; 右: 有涂层保护, 基本上没有脱碳

试样脱碳数据见表 3。

表 3 202 涂料对 45 钢的防脱碳效果

热 处 理 条 件		涂层厚度 (毫米)	脱碳层深度 (毫米)	无涂层保护时的脱 碳层深度(毫米)
温度(°C)	时间(小时)			
800	4	0.30	0.05	0.30
800	8	0.30	0.12	0.42
1000	1	0.30	0.01	0.30
1000	2	0.30	0.01	0.37
1000	4	0.30	0.015	0.53
1000	6	0.30	0.26	1.00
1000	8	0.30	0.70	1.00
1200	1	0.20	0.29	0.73
1200	1	0.24	0.08	0.73
1200	1	0.35	0.06	0.73

(三) 分析和讨论

1. 涂层在加热时结构上的变化

将涂料加涂在刚玉片上, 分别进行高温处理, 然后磨片观察其显微结构, 结果见表 4。

表 4 涂层在加热后结构上的变化

加热温度 (°C)	加热时间 (分钟)	结 构 变 化
1000	5	涂层中有少量小气泡, 各种颗粒棱角分明
1000	60	涂层中气泡增多、增大, 某些颗粒棱角变圆, 说明涂层中一些成分间发生了一些反应
1200	60	涂层中气泡变大, 各种颗粒棱角变圆, 颗粒间界限模糊, 表明涂层成分间反应剧烈并形成连续层
1200	240	涂层中气泡仍在增大, 颗粒进一步融合

这些显微结构变化, 反映在涂层外表上, 表现为涂层出现玻璃光泽和被水渗入的程度。由于涂层在高温下变得致密, 从而阻挡氧气向金属扩散, 这样就大大降低了钢件的氧化和脱碳速度。

2. SiC 在高温时的变化

涂层中含有 12.5% 的碳化硅粉末, 曾用氧化铝、氧化硅或二者不同比例的混和粉末来取代碳化硅, 但涂层在高温的保护性能变差了。

在高温过程中, 约从 850°C 开始, 碳化硅与氧气发生反应。这样, 涂层在一段时间内, 吸收了扩散到涂层中的氧分

子,造成紧贴钢件表面的一个局部缺氧环境,从而有助于涂层对钢件的保护。

以 1000°C 时 45 钢脱碳曲线(见图 4)为例,加涂层试样,约在加热 4 小时后,脱碳大大加剧,这可能是碳化硅在此时被氧气反应掉,因此涂层的保护作用明显下降。

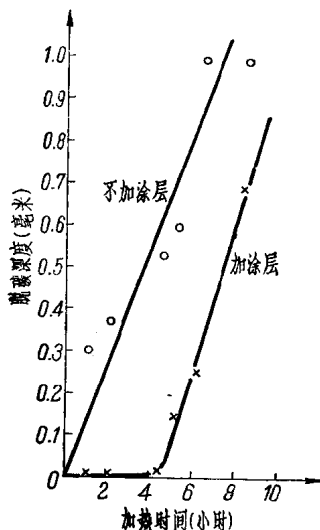


图 4 当 1000°C 时 45 钢脱碳情况

(四) 结论

(1) 涂层在 $800\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 时,对钢件有显著的抗氧化、防脱碳作用,保护倍数可达几倍至几十倍。沈阳市黎明机械厂应用本涂料于 40NiCrMoA 钢上,经 1200°C 1 小时处理,其脱碳层为 0.1 毫米,而不加涂层的钢件,在相同条件下,总脱碳层(氧化层+脱碳层)为 1.5 毫米以上。

(2) 在许可范围内,涂层愈厚,其保护作用愈大,一般应

厚0.25毫米以上。

(3) 加热时间愈长, 温度愈高, 涂层对钢件的抗氧化、防脱碳作用相应下降。

(4) 在热处理后冷却时, 涂层能从碳钢和含碳合金钢的平整表面上自行剥落, 但对于形状复杂、表面粗糙的零件, 涂层则不易完全剥离。

三、KBC-12 钛合金热处理保护涂料

钛合金是一种性能优良的新金属材料, 具有广泛的用途, 特别在航天和航空工业中得到了很多的应用。但钛合金在热处理过程中, 会被介质中的氧、氮、氢、硫等所污染, 形成用氢氟酸也难以洗去的脆而硬的表面污染层, 从而影响了钛合金制件的性能和质量, 同时也给随后的加工带来很大的困难。

为了防止钛合金在空气介质中加热时产生的氧化、污染问题, 我们研制了一种钛合金热处理防护涂料: KBC-12。

(一) 配方和工艺

KBC-12 涂料是由一定量的硅酸钾和长石、石英、碳化硼、氧化铬或氧化铝等硅酸盐粉末加入适量水混和而成, 比重为 1.98 克/厘米³, 呈黑绿色。涂料涂布后, 干燥速度较快, 约 4~5 小时就能形成具有较高强度的涂层。干燥后厚度为 0.1~0.2 毫米的涂层, 可在 650~950°C 的温度范围内, 对钛合金起着数小时至十几小时的保护作用。热处理后, 涂层不会从钛合金表面自行剥落, 但可用碱洗法很方便地去除。用大于 40% 的热碱水, 一般经 1 小时左右时间, 就可将涂层清洗掉。碱洗后的钛合金制件再放入酸液中(在 1000 毫升中含 HF 30 克、HNO₃ 200 克)浸泡 1~2 分钟, 然后用清水洗涤表面。

(二) 涂层的保护性能

热处理时经 KBC-12 涂层保护并洗去涂层的钛合金工件, 表面清洁, 白亮如新, 没有一般的热处理氧化皮, 且无明显的尺寸变化。

图 5 和图 6 为 T_{47121} 钛合金金相显微照片。

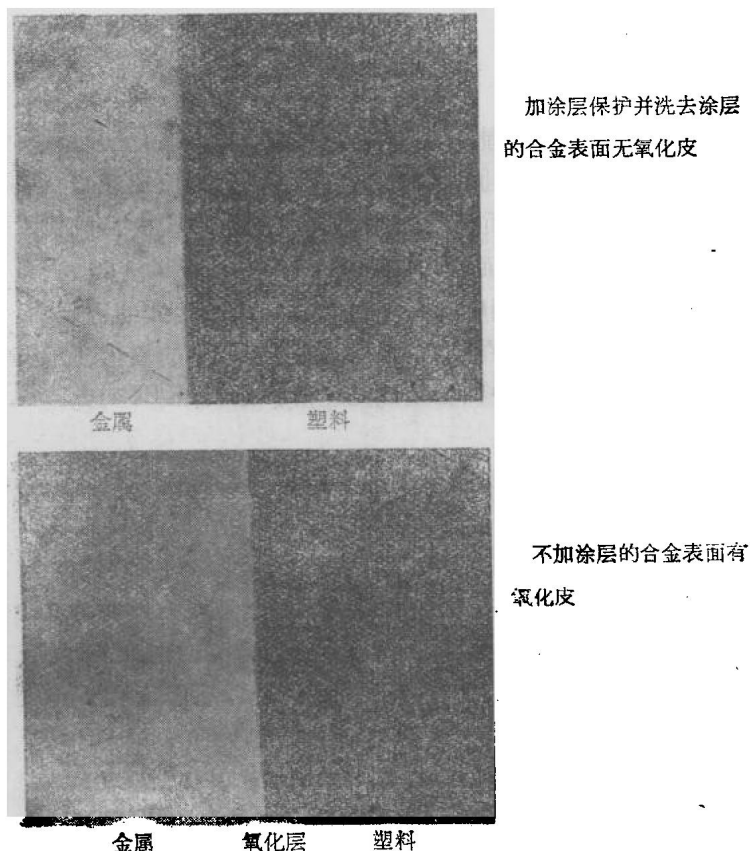


图 5 T_{47121} 经 820°C 热处理 30 分钟后的显微结构, $120\times$

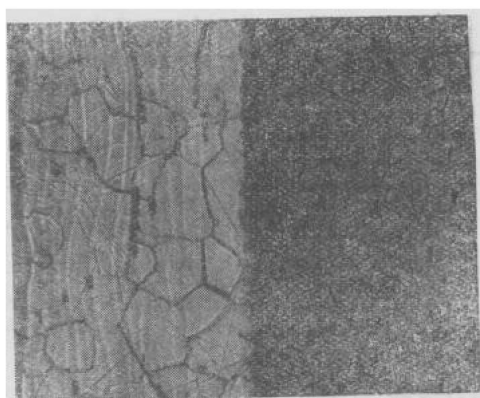


图 6 加涂层的 T_{47121} 经 820°C 热处理 30 分钟、水淬，并洗去涂层，再经腐蚀的显微结构， $200\times$

由照片可见，加涂层的钛合金经热处理，表面仍平整且无氧化皮，其表面显微结构同合金心部一样（见图 6，图中波浪形条纹是材料本身具有的；合金界面的黑带是由于合金棱角被腐蚀剂腐蚀过深造成的沟）。

经涂层保护并洗去涂层的钛合金，其表面性能和机械性能与无涂层保护的钛合金比较如下：

1. 表面强度

表 5 T_{C1} 、 T_{A7} 钛合金显微硬度

材料	热 处 理 状 态	显微硬度(H_v , 负荷100克)		
		加涂层、碱洗并酸洗	不加涂层	原始板材心部
T_{C1}	650°C , 30分, 退火	319	354~366	319~328
T_{A7}	750°C , 30分, 退火	328	420~432	328~336

表 6 T₄₇₁₂₁ 钛合金洛氏硬度

热处理时间(分) \ 热处理温度(°C)	780	800	820	850
30	32	31.8	28	33
60	33	30.5	33	30
120	33.5	31	31	33

真空淬火热处理后的 T₄₇₁₂₁ 钛合金, 其表面硬度 HRC ≤ 33。

2. 机械性能

(1) 板材

表 7 钛合金板材拉伸性能

材料	热处理状态	加 涂 层 保 护		不 加 涂 层 保 护	
		抗张强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)	抗张强度 σ_b (公斤力/毫米 ²)	伸长率 δ_5 (%)
T _{C1} 板 (厚 1 毫米)	650°C, 120分, 退火	65.0	29.3	67.0	27.5
	700°C, 120分, 退火	67.0	27.5	69.5	27.0
	850°C, 30分, 退火	79.0	22.0	79.5	15.5
T _{A7} 板 (厚 1 毫米)	750°C, 30分, 退火	80.0	23.0	84.0	21.2
T ₄₇₁₂₁ 板 (厚 1 毫米)	820°C, 30分, 水冷	101.0	25.0	95.5*	21.0*

* 为试样磨去氧化皮后测得的数据。