

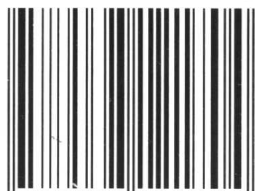
彩色金相图谱

CAISE
JINXIANG
TUPU

刘瑞琦/著

辽宁科学技术出版社

ISBN 7-5381-2170-6



9 787538 121704 >

CAISE JINXIANG TUPU

TG113.14
L733

TG113.14
L733

辽宁科学技术
出版社

彩色
金相
图谱

刘瑞琦 著



A0749653



《彩色金相图谱》编委会

主任 黄其励 张成吉
委员 蒋建民 李如扬 杨同勋 张秉昌
柏振华 郑绍臣 高广勤 裴玉岩
金尚赞 胡宇红 张建平 张万山 王晓海
审定 杨庆祉
编著 刘瑞琦
研制 刘瑞琦 王春梅 彭 宁
祝普礼 张宝纹 沙宏明

HMS403

前 言

这本彩色金相图谱研制的材料有碳钢(45幅)、低合金结构钢(19幅)、铸铁(15幅)、低碳珠光体热强钢(45幅)、中碳珠光体热强钢(27幅)、铸钢(21幅)、高合金马氏体钢(18幅)、奥氏体钢(12幅)、铜合金与轴承合金(10幅)、高温运行后钢材组织变化(48幅)、焊接接头的金相组织(81幅),共十一大类材料。材料种类包含各行业常用材料,也有各种特殊性能材料,如耐热钢、耐磨钢、不锈钢、反磁钢等;材料的状态有供货情况、各种热处理状态、运行状态、焊接状态、铸造状态、锻压状态等。

本书的彩色金相图片绝大多数用电化学蚀刻沉积法染色。为便于读者掌握研制彩色金相的技术,书中对电化学蚀刻沉积法的研制技术作了概要的论述,提供出主要技术数据。对每类材料的组织和研制技术要领也都给予说明。每幅图片皆附有技术数据。

这本图谱在研制中得到了领导和很多单位的指导和帮助。图谱的研制工作得到了东北电管局科技部领导的指导和关怀。给本书提供试样的单位有东北电力试验研究院压力容器检测中心、上海成套发电设备研究所金属室、冶金部钢铁研究总院、浙江大学金工实验室、清河发电厂、元宝山发电厂、辽宁发电厂、朝阳发电厂、锦州发电厂等。协助制作试样的单位有北京理工大学、沈阳工业学院、沈阳五三工厂等单位。现谨表示衷心感谢。

本图谱如有错误或不妥之处,请读者给予批评指正。

著 者

一九九五年十一月

目 录

绪 论 彩色金相电化学蚀刻沉积法技术概论

第一章 碳钢

碳钢彩色金相图片数据表

图 1—1 工业纯铁退火

图 1—2 10 钢冷轧

图 1—3 A3 钢正火

图 1—4、图 1—5、图 1—6 20 钢退火

图 1—7、图 1—8、图 1—9 st45.8/Ⅲ 供货

图 1—10、图 1—11 20 钢供货

图 1—12 20 钢渗碳后缓冷

图 1—13、图 1—14、图 1—15 20 钢淬火

图 1—16、图 1—17、图 1—18、图 1—19、图 1—20、图 1—21 45 钢退火

图 1—22、图 1—23、图 1—24 45 钢正火

图 1—25、图 1—26、图 1—27 45 钢水淬

图 1—28、图 1—29 45 钢不完全淬火

图 1—30 45 钢调质

图 1—31、图 1—32 60 钢退火

图 1—33 70 钢退火

图 1—34、图 1—35、图 1—36 T8 钢退火

图 1—37、图 1—38、图 1—39 T10 钢球化退火

图 1—40、图 1—41、图 1—42 T12 钢退火

图 1—43、图 1—44 T12 钢淬火 + 低温回火

图 1—45 T12 钢高温淬火

第二章 低合金结构钢

低合金结构钢彩色图片数据表

图 2—1、图 2—2、图 2—3、图 2—4、图 2—5 19Mn5 钢正火

目 录

图 2—6、图 2—7、图 2—8、图 2—9、图 2—10、图 2—11 A—299 正火

图 2—12、图 2—13、图 2—14 16MnR 正火

图 2—15、图 2—16、图 2—17、图 2—18、图 2—19 13MnNiMoNb 钢正火

第三章 铸 铁

铸铁彩色金相图片数据表

图 3—1、图 3—2、图 3—3 灰口铸铁铸态

图 3—4 可锻铸铁退火

图 3—5 球墨铸铁铸态

图 3—6 亚共晶白口铁铸态

图 3—7、图 3—8 共晶白口铁铸态

图 3—9 过共晶白口铁铸态

图 3—10、图 3—11 含硼耐磨铸铁正火

图 3—12 含硼亚共晶白口铸铁铸态

图 3—13 高铬亚共晶白口铸铁 铸态

图 3—14 高铬白口铸铁铸态

图 3—15 含硼耐磨铸铁铸态

第四章 低碳珠光体型热强钢

低碳珠光体型热强钢彩色金相图片数据表

图 4—1、图 4—2、图 4—3 15Mo3 供货

图 4—4、图 4—5、图 4—6 12CrMo 供货

图 4—7、图 4—8、图 4—9、图 4—10、图 4—11、图 4—12 15CrMo 供货

图 4—13、图 4—14、图 4—15 15CrMo 正火

图 4—16、图 4—17、图 4—18 15CrMo 供货

图 4—19、图 4—20、图 4—21 12Cr1MoV 供货

图 4—22、图 4—23、图 4—24 12Cr1MoV 供货

图 4—25、图 4—26、图 4—27、图 4—28、图 4—29、图 4—30 钢 102 供货

图 4—31、图 4—32、图 4—33 10CrMo910 供货

目 录

- 图 4—34、图 4—35、图 4—36 10CrMo910 供货
图 4—37、图 4—38、图 4—39 10CrMo910 供货
图 4—40、图 4—41、图 4—42 10CrMo910 供货
图 4—43、图 4—44、图 4—45 13CrMo44 供货

第五章 中碳珠光体热强钢

中碳珠光体热强钢彩色金相图片数据表

- 图 5—1、图 5—2、图 5—3、图 5—4 20Cr1Mo1V1 调质
图 5—5、图 5—6、图 5—7、图 5—8 20Cr1Mo1VTiB 调质
图 5—9、图 5—10、图 5—11 20Cr1Mo1VNbB 调质
图 5—12、图 5—13、图 5—14、图 5—15 20Cr1Mo1VNbTiB 调质
图 5—16、图 5—17 25Cr2MoV 调质
图 5—18 25Cr2Mo1V 调质
图 5—19、图 5—20、图 5—21 30Cr1Mo1V 调质
图 5—22、图 5—23 30Cr2Ni4MoV 调质
图 5—24、25Cr2Ni4MoV 调质
图 5—25、图 5—26、图 5—27 38CrMoAL 氮化

第六章 铸钢

铸钢彩色金相图片数据表

- 图 6—1、图 6—2、图 6—3 ZG15Cr1Mo1V 铸态
图 6—4、图 6—5、图 6—6、图 6—7
ZG15Cr1Mo1V 扩散退火 + 正火 + 回火
图 6—8、图 6—9、图 6—10、图 6—11、图 6—12
ZG15Cr1MoA 正火 + 回火
图 6—13、图 6—14、图 6—15 ZG15Cr2Mo1 正火 + 回火
图 6—16、图 6—17、图 6—18 ZG20CrMo 正火 + 回火
图 6—19、图 6—20、图 6—21 ZG20CrMoV 正火 + 回火

目 录

第七章 高合金马氏体钢

马氏体钢彩色金相图片数据表

图 7—1 1Cr13 油冷回火

图 7—2、图 7—3、图 7—4 1Cr13 供货

图 7—5、图 7—6 2Cr13 油冷回火

图 7—7、图 7—8 2Cr13 供货

图 7—9、图 7—10、图 7—11 F12 供货

图 7—12、图 7—13、图 7—14 C-422 供货

图 7—15、图 7—16 Cr12WMoV 油冷回火

图 7—17 1Cr11MoV 供货

图 7—18 2Cr12NiMoWV 供货

第八章 奥氏体钢

奥氏体钢彩色金相图片数据表

图 8—1、图 8—2、图 8—3 1Cr18Ni12Ti 供货

图 8—4、图 8—5、图 8—6、图 8—7、图 8—8

1Cr18Ni9Ti 固溶处理

图 8—9 TP347H 固溶处理

图 8—10 Cr18Mn18 固溶处理

图 8—11、图 8—12 Mn13 供货

第九章 铜合金与轴承合金

铜合金与轴承合金彩色金相图片数据表

图 9—1、图 9—2、图 9—3 图 9—4、图 9—5 H68 黄铜退火

图 9—6 H68 黄铜真空镀膜

图 9—7 H90 黄铜退火

图 9—8 H62 黄铜退火

图 9—9 H62 黄铜真空镀膜

图 9—10 锡基轴承合金铸态

目 录

第十章 运行后钢材金相组织的变化

运行后彩金相图片数据表

图 10—1、图 10—2、图 10—3 20g 运行 26280 小时

图 10—4、图 10—5、图 10—6、图 10—7 20g 运行 18 万小时

图 10—8、图 10—9 20g 运行 197748 小时

图 10—10 20g 运行 15 万小时

图 10—11、图 10—12 20g 运行 18 万小时

图 10—13、图 10—14 15Mo3 运行 12 万小时

图 10—15、图 10—16、图 10—17、图 10—18

15Mo3 运行 8 万小时

图 10—19 12CrMo 运行 7.4 万小时

图 10—20、图 10—21、图 10—22 12CrMo 运行 10 万小时

图 10—23 12CrMo 运行 15 万小时

图 10—24 15CrMo 运行 13.7 万小时

图 10—25 15CrMo 运行 18 万小时

图 10—26 13CrMo44 运行 7.5 万小时

图 10—27 12Cr1MoV 运行 3.5 万小时

图 10—28 12Cr1MoV 运行 4 年半爆管

图 10—29 12Cr1MoV 运行 4 万小时

图 10—30、图 10—31 12Cr1MoV 运行 4380 小时

图 10—32 12Cr1MoV 运行 52560 小时

图 10—33 12Cr1MoV 运行 56940 小时

图 10—34 12Cr1MoV 运行 61320 小时

图 10—35、图 10—36 12Cr1MoV 运行 74460 小时

图 10—37 12Cr1MoV 运行 10 万小时

图 10—38、图 10—39 12Cr1MoV 运行 111500 小时

图 10—40 12Cr1MoV 运行 15 万小时

图 10—41 12Cr1MoV 运行 21.1 万小时

目 录

- 图 10—42 12Cr1MoV 运行 25.5 万小时
图 10—43 12Cr1MoV 运行 10 万小时爆管
图 10—44 10CrMo910 运行 2.7 万小时
图 10—45 10CrMo910 运行 6 万小时
图 10—46、图 10—47 钢 102 运行 8 万小时
图 10—48 钢 102 运行 6 万小时

第十一章 焊接金相

焊接彩色金相图片数据表

- 图 11—1 20 钢电焊
图 11—2 20 钢电焊
图 11—3 12Cr1MoV 环缝自动焊
图 11—4 12Cr1MoV 环缝自动焊
图 11—5 12Cr1MoV 氩弧焊打底, 电弧焊盖面
图 11—6 12Cr1MoV 氩弧焊打底, 电弧焊盖面
图 11—7 15CrMo 氩弧焊打底, 电弧焊盖面
图 11—8 15CrMo 氩弧焊打底, 电弧焊盖面
图 11—9 15CrMo 氩弧焊打底, 电弧焊盖面
图 11—10 15CrMo 中频焊
图 11—11 钢 102 + 12Cr1MoV 电焊
图 11—12 钢 102 电焊
图 11—13 T91 钢电焊

绪论 彩色金相电化学蚀刻沉积法技术概论

彩色金相正如其他彩色图象一样，随着现代科学技术的飞跃发展，有取代黑白金相的趋势。它的突出优点不仅是色彩艳丽，更重要的是彩色金相对相的辨别能力较黑白金相高出很多倍，为金相技术满足现代科学技术的需要提供了广阔的前景。图片 01、02、03、04 中充分显示出彩色金相显示不同相及不同位向晶体组织的优越性。

传统的黑白金相是通过化学试剂的蚀刻作用，使金属表面产生凹凸不平，从而产生反光能力的差别（即亮度差），以此来显示金相组织的微观形貌特征。

彩色金相是利用化学或物理的方法，在试样表面形成一层具有特殊性质的薄膜。利用光的薄膜干涉效应，使金属及合金的显微组织呈现不同的颜色，通过颜色衬度去识别显微组织结构。

亮度差是单变量的衬度。颜色衬度除了亮度差之外，还包含着色调和颜色饱和度的差别，是三变量的衬度，因而对不同显微组织有更高的鉴别率，把传统的光学金相推向一个新高度。

当前使金属表面形膜的物理方法有真空镀膜和离子溅射成膜。这两种方法都需要昂贵的专用设备，而且对颜色反应不敏感。化学方法有电化学蚀刻沉积法、恒电位蚀刻沉积法和热氧化法。恒电位蚀刻沉积法也需要专用设备，实验方法较复杂。热氧化法不适合组织不稳定的材质。电化学蚀刻沉积法只需将化学试剂溶于水或酒精中，将试剂滴注到试样表面，或将试样浸入试剂，经一定时间后，表面即形成了所需要的干涉膜。这种方法不需要特殊设备，操作简便，适用材料范围广泛，色彩丰富鲜艳，关键是试剂选择适当，注意观察控制形膜过程中试样表面的颜

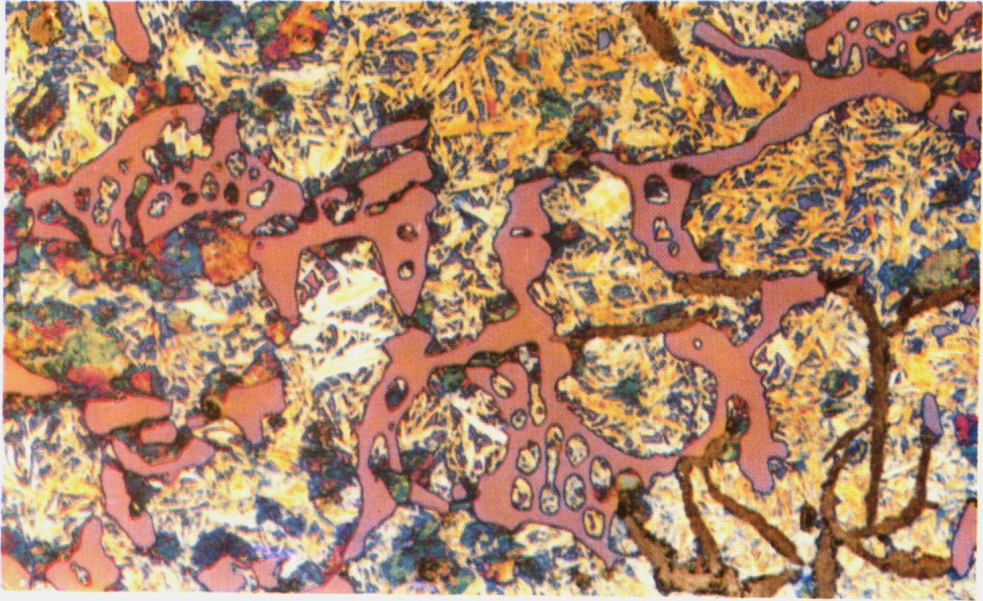


图 01 亚共晶白口铁 正火
石墨棕色、马氏体浅黄色、珠光体绿色及深黄色
渗碳体紫褐色
580 ×

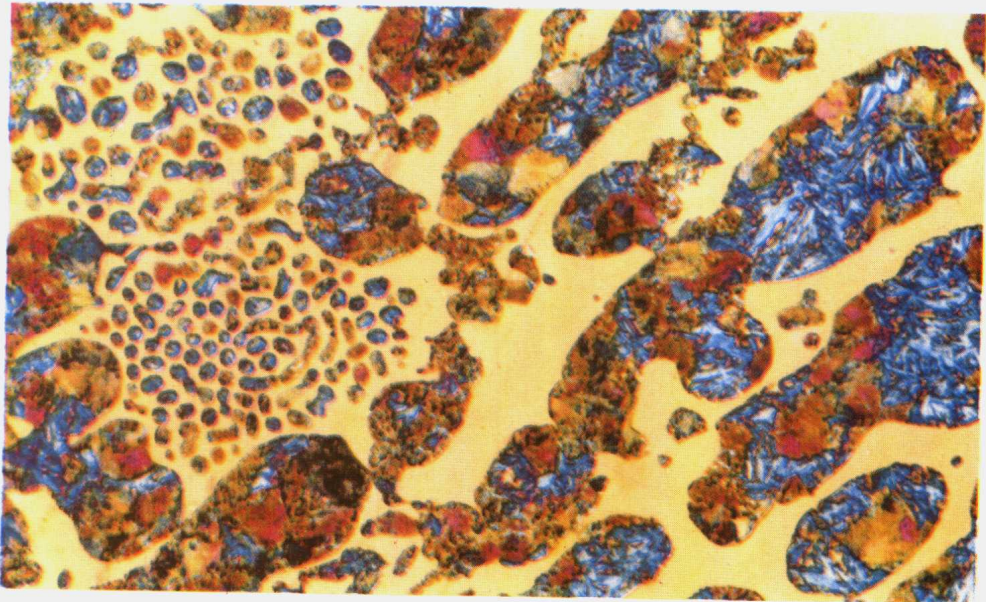


图 02 亚共晶白口铁 正火
马氏体蓝色、珠光体深黄色、渗碳体浅黄色
莱氏体(渗碳体上分布的点状物)
580 ×

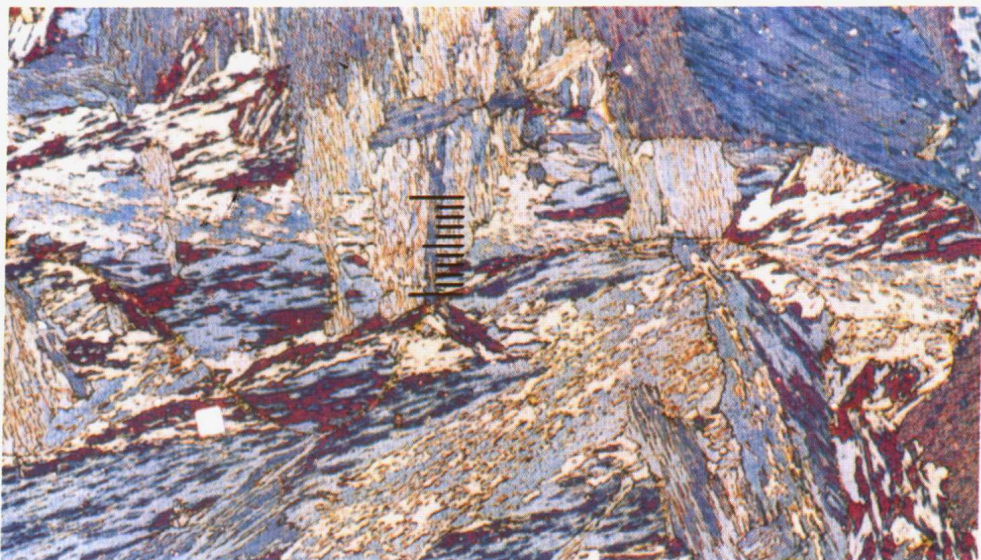


图04320Cr1Mo1VNbTiB 钢 调质
具有不同位向的索氏体呈现多种色彩
580 ×

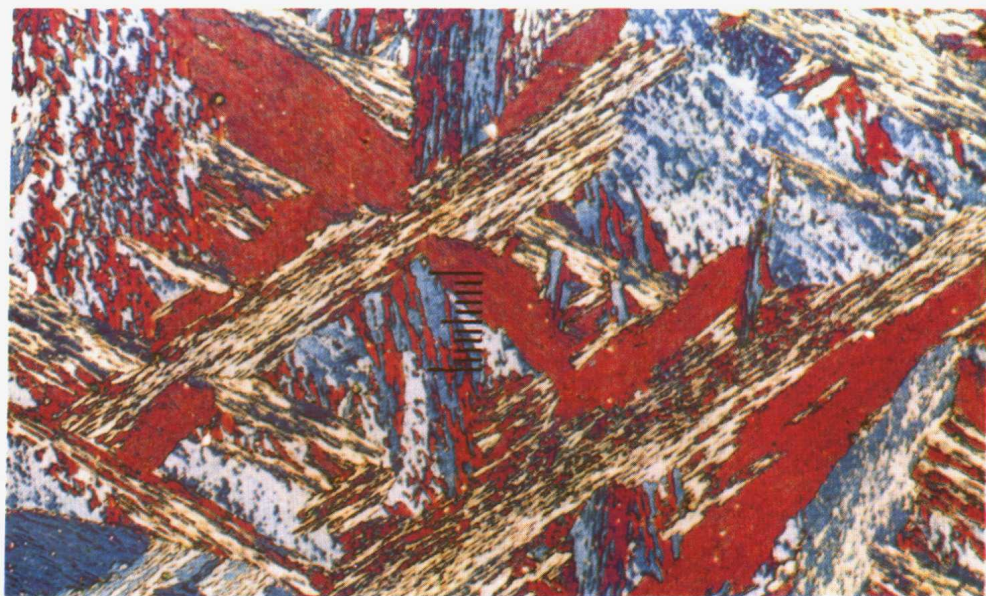


图 03420CrMo1VNbTiB 螺栓钢 调质
组织为具有位向的索氏体,位向不同呈不同色彩
580 ×

色变化,需要较好的实验技巧。

本书的彩色金相图谱主要采用电化学蚀刻沉积法制作,现将其研制技术作一概要论述。

■ 试样染色前后的表面处理技术

制样过程与常规金相方法基本相同。

研磨与抛光较黑白金相要求精细,因微小划痕或污损在染色时都会被显示出来。抛光的试样在 200X 显微镜下观察无划痕或污损。精磨用 1000-1200 号砂纸,抛光膏粒度为 W1 或 W1.5,抛光布最好用尼龙花呢,不宜用带长毛的呢料。灰口铁、奥氏体钢、铜合金等软材料,用丝绒加抛光膏抛光,或在涂有抛光膏的布料上面罩以绸布抛光。抛光时如发现试样表面沾有污垢,要及时洗涤抛光布。试样抛光后可不冲洗,靠抛光余热自然干燥光亮,可直接侵蚀和染色。无论染色前后的冲洗,都不必用棉花擦,而是将水和酒精甩掉,直接用风筒吹干。这样试样反不易有污渍。吹干后若有污垢,可用棉花干擦,比在湿状态下擦拭效果好。试样染色前一般要作预腐蚀,预腐蚀可减免表面变形层及污渍的影响,并增加表面活性,使染色速度加快。预腐蚀比侵蚀黑白金相时间短,侵蚀深度小。预腐蚀后或试样染色后,都必须先用水再用酒精清洗并吹干,但不能用棉花擦。

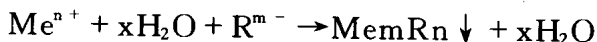
■ 常用染色剂的成分,蚀刻基本原理及应用

经实验,使用较理想的染色剂及用途如表 1 所示。

表中试剂都是以偏重亚硫酸钾、硫代硫酸钠为主要成分配制的,旨在使金属表面形成金属的硫化物、亚硫酸盐或硫酸盐薄膜。这类薄膜性质较稳定,有良好的反光能力,而且在不同相,不同成分,不同位向的晶体上形成不同厚度的薄膜,从而在显微镜下产生不同的色彩,故可作为彩色金相的干涉膜。

这类试剂在水溶液中电化学反应的通式为:

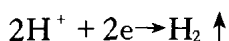
A. 阳极区:金属原子(Me)失去电子成为正离子(Me^{n+}),正离子与试剂提供的阴离子(R^{-})结合生成化合物。即



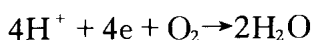
B. 阴极区:阳极放出的电子被吸收。即

表1 常用试剂

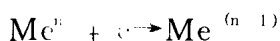
序号	试剂组成	用途
1	焦亚硫酸钾 3g 氨磺酸 1g 水 100ml	碳钢、合金钢、运行 试样碳化物集聚显示
2	焦亚硫酸钾 3g 氨磺酸 1g 氟化氢氨 0.5g 水 100ml	马氏体钢 高锰钢
3	盐酸水溶液 1:1 或 1:5 100ml 焦亚硫酸钾 3g 氯化铁 2g	奥氏体不锈钢
4	焦亚硫酸钾 3g 硫代硫酸钠 10g 水 100ml	合金钢;碳钢
5	冷饱和硫代硫酸钠 50ml 焦亚硫酸钾 1-5g	碳钢、合金钢铜合金
6	硫代硫酸钠 24g 氯化镉 2-2.5g 柠檬酸 3g 水 100ml	碳钢、合金钢 铸铁;铸钢 运行后试样
7	硫代硫酸钠 24g 乙酸铅 2.4g 柠檬酸 3g 水 100ml	铜合金



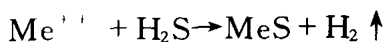
或



或



例如:



表中前五种试剂的形膜物质是焦亚硫酸钾(K₂S₂O₅)或硫代硫酸钠(Na₂S₂O₃·5H₂O),在溶液中提供偏重亚硫酸根离子或硫代硫酸根离子,这些阴离子能与许多金属阳离子(Meⁿ⁺)反应生成难溶的亚硫酸盐、焦亚硫酸盐及硫化物薄膜。

试剂中加入具有缓冲性质的弱有机酸氨磺酸(NH₂SO₃H)使水溶液中酸浓度维持在 pH3 左右,以免 pH 值变化影响反应速度及相鉴别的稳定性。

氯化铁、氟化氢氨都是作为阴极去极化加入到溶液中的。其

作用在于加速金属离子化过程,使化学稳定性高的金属材料(如不锈钢、耐热钢等)可以蚀刻染色。

试剂中加入盐酸(HCl)能提供大量的 H^+ 和 Cl^- 离子,可使阳极金属离子化速度大大加快,用于蚀刻奥氏体不锈钢和耐热合金。越是难蚀的金属,试剂中HCl与 H_2O 的比值应当越高。6号和7号试剂是以复合硫代硫酸盐为基液的试剂,反应机制较复杂,形膜物质的阳离子不是由试样金属表面供给的,而是由试剂中提供的,其反应机制可表示如下:

1. 硫代硫酸钠与氯化镉(或乙酸铅)作用生成镉或铅的硫酸盐(CaS_2O_3 或 PbS_2O_3)。

2. 金属试样表面与硫代硫酸钠及柠檬酸反应产生金属离子和硫。

3. 试样金属离子与硫代硫酸镉或硫代硫酸铅作用释放出镉离子(Cd^{2+})或铅离子(Pb^{2+})。

4. 镉或铅离子与硫结合在试样表面生成硫化物薄膜。

6号试剂复杂的反应机制,形膜物质由试剂供给,能够使多种相着色,色彩丰富,鲜艳,应用很广泛。

■ 染色方法、温度、时间、染色剂使用期限

化学染色方法很简单,一般用滴注或浸入法。前者是将配制好的试剂装入滴瓶中,滴注到待染色试样表面,经一定时间用水及酒精冲洗吹干。后者是将试样浸入到染色剂中,达到所需色彩时取出冲洗吹干。滴注法试剂不受试样污染,可多次使用,只需将试样染色表面清洗干净,但含有氨磺酸的试剂滴注法染色不均匀。浸入法需要将整个试样清洗干净,以免试样上污物与试剂反应影响染色效果。

染色温度、时间、染色剂使用期限也是影响染色效果的几个重要参数,这几个参数还是互相关联的。

温度在 $18-30^{\circ}C$ 之间皆可达到较好的染色效果,低于 $18^{\circ}C$ 或高于 $30^{\circ}C$ 都易出假现象或膜裂。

染色时间与染色剂种类、使用期限及温度都有关。不同种类的染色剂,要求染色时间不同;同一试剂,新配制与存放一段后所需染色时间差别也较大;染色温度影响化学反应速度,对染色时间也有影响。

试剂使用期限,因试剂种类而有别。同一试剂使用期限长短随温度而变化,高温下容易失效,低温可使用较长时间。

上述染色剂的染色时间、使用期限归纳到表 2 中。

必须注意染色时间长短与染色剂的存放时间有很大关系。一般新配制的染色剂,活性大,染色所需时间短,而存放时间较长的染色剂,反应慢,需要染色时间长。如 6 号试剂新配制 20 秒可完成染色,而两三天后,则需 90 秒左右。故染色时间应按染色剂类别和新旧确定。总之,化学染色法制作彩色金相需要一个染色温度范围,并需要一段时间。染色剂也有一定的使用期限。

表 2 不同试剂染色时间与使用期限

试剂号	染色时间	使用期限	
		18℃	30℃
1	30 秒……120 秒	一周	三天
2	20 秒……60 秒	一周	三天
3	20 秒……60 秒	三天	12 小时
4	2 分……10 分	一个月	一周
5	30 秒……90 秒	二天	12 小时
6	20 秒……90 秒	三天	12 小时
7	30 秒……90 秒	三天	12 小时

■ 试样染色过程中颜色变化规律及其控制

化染法的主要问题在于找出不同试剂对不同试样染色时颜色的变化规律,在染色过程中严格控制着所需要的色调。

控制染色过程中试样表面的颜色变化,是达到理想染色效果的重要技巧。染色后的试样,首先能够清晰地显示合金的各种相,不同的相能够从色彩上加以区分。

不同试剂染色过程中的色彩变化及最终达到的色调是不同的。同一染色剂用于不同材质或同一材质不同状态的试样需控制的色调也不一样。试样在染色液中的色调与干燥后又有区别。以下用表 3 表示试剂染色变化及应控制的颜色。

要达到理想的染色效果,主要不是控制染色时间,而是控制染色过程中颜色变化。染色过程中必须时时细心观察色调的变化。达到所需色彩时立刻冲洗,吹干。

1 号试剂用于破钢或合金钢的新试样染色时,控制到蓝紫色,用于运行后试样染色控制到棕色。

2 号试剂在液体中控制到深蓝色时,吹干后为紫红色或