

金相显微试样的制备

3.1 概述

显微分析是研究金属显微组织的最重要的方法。在金相学的发展历史中,绝大部分研究工作是借助于光学显微镜完成的。近年来,电子显微镜的重要性日益增加,但是光学显微金相技术在教学、科学和生产中仍将占据一定的位置。

用光学显微镜观察和研究任何金属显微组织,通常分三个阶段进行:制备截取试样的表面;采用适当的腐蚀操作显示表面的组织;用显微镜观察和研究试样表面的组织。这三个阶段是一个有机的整体,无论哪一个阶段操作不当,都会影响最终效果。因此,不应忽视任何一个环节。不适当的操作可能形成“伪组织”,导致错误的分析。为能清楚地显示出组织细节,在制样过程中不使试样表层发生任何组织变化,拖尾、划痕、麻点等,有时还需保护好试样的边缘。

粗糙的试样表面会对入射光产生漫反射,无法用显微镜观察其内部组织。因此,需要对试样表面进行加工(通常用磨光和抛光)以得到一个光亮的镜面。这个表面还必须能完全代表取样前所具有的状态,即不能在制样过程中使表层发生任何组织变化,这就是试样的制备阶段。仅具有光滑的平面试样,在显微镜下只能看到白亮的一片,而看不到组织细节,这是由于大多数金属组织相对于光具有相近的反射能力的缘故。为此必须用一定的试剂对试样表面进行腐蚀,使试样表面有选择性地溶解某些部分(如晶界),从而呈现微小的凹凸不平,这些凹凸不平都在光学系统的景深范围内,这时用显微镜就可以清楚地观察到组织的形貌、大小和分布,这就是组织显示阶段。经过上述两个阶段后,就可以进入显微分析的第三阶段,即显微组织的观察和分析。

由于研究材料各异,金相显微制样的方法是多种多样,其步骤通常可分为取样、镶样、磨光、机械抛光(或电解抛光、化学抛光)、腐蚀等几个主要工序。



3.2 金相显微试样的制备

金相试样制备的实验流程为取样(切割机或其他设备)→镶样(热镶样机或冷镶)→磨光(预磨机)→抛光(抛光机)→腐蚀(腐蚀液)。

3.2.1 取样

选择合适的、有代表性的试样是进行金相显微分析的重要一步,包括选择取样部位、检验面及确定截取方法、试样尺寸等。取样可分为两种情况,一种是系统取样,试样必须能表征被检验材料或零件的特点,即要有代表性。另一种是指定取样,即根据所研究的问题,有针对性地取样。

1. 取样部位

取样部位及检验面的选择取决于检验目的、被分析材料的特点、加工工艺过程及热处理过程,主要有以下几个方面的原则:

(1) 对系统取样中的常规检验可以查阅相关标准,按规定取样,如《中华人民共和国黑色冶金行业标准》等。

(2) 对于零件失效分析试样,需根据零件的使用部位、受力情况、出现裂纹的部位和形态等具体情况,抓住关键部位取样分析。

(3) 对铸件,必须从表面到心部,从上部到下部观察其组织差异,以了解偏析情况,以及缩孔疏松及冷却速度对组织的影响。

(4) 对锻轧及冷变形加工的工件,应采用纵向截面,以观察组织和夹杂物的变形情况;而热处理后的显微组织则应采用横向截面。

2. 试样截取

金相试样截取的方法很多,根据零件大小、材料性能、现场实际情况选择。对于软材料,可以用锯、车、刨等加工方法;对于硬材料,可采用砂轮切片机切割或电火花切割等方法。对于硬而脆的材料,可采用锤击方法,也可采用线切割方法。在切割时,应注意采取冷却措施,以免试样因受热而引起原观察组织的变化。试样上因截取时而引起的变形层或烧损层必须在后续工序中去掉。

3. 试样尺寸

截取的试样尺寸以便于握持、易于磨制为准。通常取用圆柱体($\phi 15\text{mm} \times 18\text{mm}$)或边长为15~25mm的立方体。试样太小操作不便,试样太大则磨面过大,增加磨制时间且不易磨平。对于形状特殊或尺寸细小不易握持的试样,要采取镶嵌或机械夹持的方法。截取后的试样若不平,黑色金属一般要用砂轮打平,如铝、铜、镁等有色金属之类的软材料可用锉刀锉平。在磨制过程中,试样需不断用水冷却,以防止试样因受热升温而产生组织变化。此外,在一般情况下,试样周边用砂轮或锉刀磨呈 45° (倒角),以免尖锐的边角在磨光及抛光时将砂纸和抛光织物划破,但是对于需要观察表层组织(如热处理表面强化层、化学热处理渗层、脱碳层、裂纹区等)的试样,须注意保护,严禁倒角并应保证磨面平整,这类试样最好进

3.2.2 镶样

镶嵌就是将试样镶在有机材料里,根据使用的材料和工艺分为热镶嵌、冷镶嵌和倾斜镶嵌。

热镶嵌就是用热固性塑料(如电木粉,即酚醛树脂)或热塑性塑料(如聚氯乙烯或聚苯乙烯)等做镶嵌材料,在镶嵌机内加热加压成形,然后冷却脱模而成。热固性塑料需加热到 $110\sim 150^{\circ}\text{C}$,热塑性塑料加热温度更高,需 $140\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。电木粉不透明,有各种颜色,而且比较硬,试样不易倒角,同时抗强酸强碱的耐腐蚀性能比较差。聚氯乙烯为半透明或透明状,抗酸碱的耐腐蚀性能好,但较软。用这两种材料镶样均需用镶样机加压加热才能成形,在镶嵌过程中,可能会引起淬火马氏体回火、软金属发生塑性变形等。因此对温度及压力极敏感的材料(如淬火马氏体与易发生塑性变形的软金属)以及有微裂纹的试样,应采用冷镶法,在室温下固化,避免试样组织发生变化。

XQ-1 型金相试样镶样机如图 3.1 所示,主要包括加压设备、加热设备及压模三部分。镶样机需将试样磨面向下,放入下模上,在加热模具中放入适量镶样粉,装上模,固紧顶压螺杆,转动加压手轮至压力指示灯亮,打开加热开关(自动控温)。在加热过程中镶嵌粉逐渐软化,压力降低,指示灯熄灭,继续增加压力至指示灯亮,加热 8~12min 后,反向转动加压手轮后,转开顶压盖,再转动加压手轮上升压模,即可取出镶嵌好的试样(注意防烫)。美国标乐公司、法国普瑞斯公司、丹麦司特尔公司生产的热压镶嵌机可自动加压,有的还可进行快速双重镶嵌,使用方便,节省时间。如图 3.2 是丹麦司特尔公司生产的 CitoPress-20 型热镶样机,其自动配料系统实现了快速、方便的树脂配料。屏幕显示热镶样应用指南、数据库选项,以及适用于多孔试样的敏感选项等。



图 3.2 CitoPress-20 型热镶样机

2. 冷镶嵌

冷镶嵌是指在室温下使镶嵌料固化,适合处理薄、脆、松散等不适宜受压的材料及组织结构对温度变化敏感或熔点较低的材料。冷镶嵌的优点是可同时浇注多块试样、工作周期短、试样不发生组织转变、无需设备投资、不产生变形(不加压)、可采用真空镶嵌技术填充孔隙。将试样置于模子中,注入冷镶嵌料,冷凝后脱模。镶嵌介质应当与试样能良好地附着并不产生固化收缩,否则会产生裂纹或缝隙。镶嵌模式有标准圆形和各种各样的型腔形状。

冷镶嵌料通常为双组分体系,最常见者为两种液体,也可以是一种液体一种粉末,分别为树脂和固化剂。常用的冷镶嵌料有环氧树脂和固化剂,树脂和固化剂在镶嵌前必须仔细计量,并充分混匀。固化剂主要是胺类化合物。通常的固化剂占总量 10% 左右。冷镶嵌时不需专用设备、不加压、可同时浇注多块试样,但一般都带有异味,最好在通风橱内操作。有些树脂常与其接触对皮肤有害。

树脂可分为环氧树脂、聚酯树脂、丙烯酸树脂几种类型。环氧树脂镶样收缩率低,固化时间长,边缘保护好,流动性好,可将所有穴腔、裂缝或气孔等统统填满,常用于真空浸渍,适用于多孔材料的镶嵌;聚酯树脂镶样呈黄色透明状,固化时间较长,适用于大批量无孔隙的试样;丙烯酸树脂镶样为乳白色,固化时间短,适用于大批量试样镶样,对于有裂纹或孔隙的试样有较好的渗透性,特别适用于印刷电路板封装,而且丙烯酸类在 X 射线衍射中不会产生可干扰试样信号的寄生信号,此物用起来简单、安全、拆卸也方便,只需将镶样侵入热甘油中,数分钟后从甘油中取出,用虎钳挤压镶样,试样即可从中跳出。

镶嵌多孔、易脆、易散等试样时,环氧树脂真空浸渗特别适用,浸渗后的试样还可在精磨后进行二次浸渗。真空浸渗将气孔、缝隙和裂纹中的空气排出,让环氧树脂渗入,因此,可达到完全粘合,减少易脆易散试样破损的机会,反之,如粘接不足,则在磨削和抛光时将造成部分样品破裂。填满气孔可保留其组织结构。未浸渗过的多孔试样经抛光实验表明,不仅气孔尺寸扩大,而且孔沿也被修圆,有的甚至塌陷。问题的严重程度随抛光工艺而异。明孔或明裂纹中可藏入抛光剂、溶剂或侵蚀剂,从而造成沾污。

真空浸渍常用于粉末冶金试样、煤或焦炭、陶瓷和矿产品,再就是腐蚀或失效分析。所需设备简单,可以用一台简单的机械真空泵搭建,也可以买专门的仪器设备,如美国标乐公司、法国普瑞斯公司、丹麦司特尔公司的真空冷镶嵌机。如图 3.3 所示为美国标乐公司生产的 Cast N'Vac1000 型真空渗透仪。适用于各种环氧树脂和聚酯浇注料的镶嵌(冷)化合物。真空泵可迅速排除任何多孔试样中夹带的空气,并通过简单的 O 形圈密封,在整个浸渗过程中都保持真空。浇注机械装置使预混的镶嵌化合物可置于腔体中,利用真空腔体内的旋转台,可一次性浇注到多个模具中,实现多个试样在同一时间内进行真空浸渗。



图 3.3 Cast N'Vac1000 型真空渗透仪

3. 倾斜镶嵌

对于薄层组织,如镀层、渗层、变形层等,由于太薄,观察和测量都有一定困难,可以采用锥形截面来增加观察厚度。锥形截面可利用倾斜镶嵌法获得,图 3.4 为倾斜镶嵌示意图,被

观察者借助于支持物倾斜放入到镶嵌料中,倾角为 α ,若薄层真实厚度为 d ,倾斜镶嵌时的表观厚度为 l ,则 $l=d/\sin\alpha$ 。例如,当 $\alpha=5^\circ$ 时, $l=10d$ 。这种锥形截面对薄层组织的研究是非常有用的。

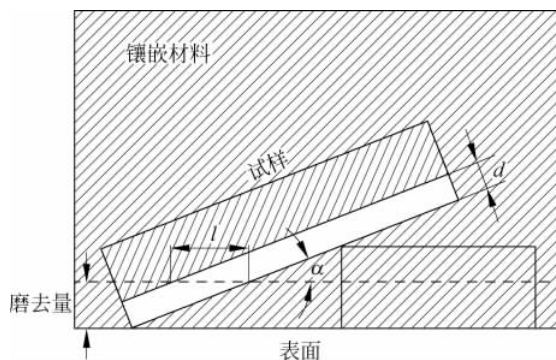


图 3.4 倾斜镶嵌示意图

对于需要研究表层组织的试样,还可以使用机械夹具,适用外形比较规则的圆柱体,薄板等,把样品夹持在夹具中,以保持试样边缘的平整。或者在试样表面镀上一层硬度与试样表层相近的镀层,在磨制抛光时,也可以保护试样边缘。这种方法对于不规则试样而言很方便。镀层可以是镀铜、镀铬、镀镍等,特殊情况下也可以采用多层复合镀层。

还可以在镶嵌料中加入铜粉(导电镶料),镶嵌好的试样能直接进行电解抛光或在扫描电镜下观察。

3.2.3 磨光

萨莫尔斯提出,凡是使用固定磨粒(如砂轮机、砂纸)的过程称为磨光,凡是使用松散磨粒的过程称为机械抛光。磨光分为粗磨和细磨。

1. 粗磨

粗磨是试样制备的第一道工序,截取后的试样表面比较粗糙,并且由于机械力的作用,试样表层存在较深的变形层。此外,通过夹具夹持的试样,都需要砂轮机进行打磨平整,得到一个平整的表面,也需要进行粗磨。

硬金属试样通常在磨床和砂轮机上进行粗磨,在磨制过程中,手持试样前后用力均匀,接触压力不可过大,以保证磨面质量和操作安全。为防止产生大量磨削热并减少磨面的变形层,要求磨具锐利,每次磨削量要小,同时还要用冷却液充分冷却。

软材料,如铝、铜等,要用锉刀锉平或在铣床、车床上修正,不能在砂轮机上平整,软金属容易填塞砂轮孔隙,造成磨削刀具钝化,使表面变形层加厚。

不作表面层金相检验的试样表面必须倒角,以免在以后的工序中划伤砂纸和抛光织物,甚至划伤手指。

粗磨完毕后,需将手和试样清洗干净,防止粗大磨粒带入下道工序,造成较深的磨痕。

2. 细磨

试样粗磨后的磨痕较深较粗,变形层较深,需要经过不同粒度的砂纸细磨,得到磨痕较

细、变形层较浅的磨制表面,使随后的抛光工序得以顺利进行。也就是使试样表面的变形损伤逐渐减少到理论上为零,即达到无损伤,为抛光做好准备。磨光是将在某种基底(如砂纸的纸基)上的磨料颗粒以高应力划过试样表面,以产生磨屑的形式去除材料,在试样表面留下磨痕并形成具有一定深度的变形损伤层。因此,在实际操作过程中,只要使变形损伤减少到不会影响观察到试样的真实组织就可以了。细磨通常在砂纸上进行。砂纸上的每颗磨粒可以看成是一个具有一定迎角(即倾角 $+90^\circ$)的单点刨刀,迎角大于临界值的磨粒才能切除金属,小于临界值的只能压出磨痕。前者磨粒占小部分,约20%,后者磨粒使金属表层产生的流变要大得多,试样表层的组织变化(即变形层)主要是由这种磨粒造成的。变形层与基体材料的唯一不同之处就是受了一定的塑性变形,最靠近表层部分相当于冷轧量大于90%的塑性变形。因此,磨光除了要使表层光滑平整之外,更重要的是应尽可能减少表层损伤。每一道磨光工序必须除去前一道工序造成的变形层(至少应使前一道工序产生的变形层减少到本道工序产生的变形层深度),而不是仅仅把前一道工序的磨痕除去,同时,该道工序本身应做到尽可能减少损伤,以便于进行下一道工序。最后一道磨光工序产生的变形层深度应非常浅,保证能在下一道抛光工序中除去。图3.5为试样经过粗磨和细磨后,表面变形层厚度变化示意图。越往里,变形量越小,最终为未受损伤的组织。

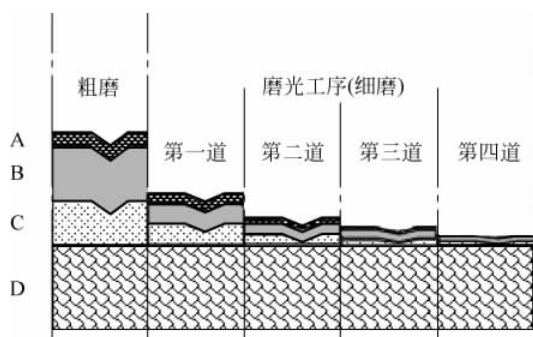


图 3.5 试样变形层厚度变化的示意图

普通的金相砂纸常用的有碳化硅砂纸,适用于金相试样的磨光。其优点是:磨光速率较高,变形层浅,可以用水作润滑剂进行手工湿磨和机械湿磨。碳化硅砂纸的粒度大到一定尺寸(280#~150#)后,磨光速率相差不多,但变形层深度却随着磨粒尺寸的增大而增加,因此,开始磨光时所用的砂纸,不一定越粗越好,应分析后合理使用。对于较软金属,应用更细的金相砂纸磨光后再抛光。通常使用粒度由粗到细的砂纸按顺序依次磨光,每道工序的磨痕应与上一道工序的磨痕方向垂直,这样,可以使试样磨面保持平整并平行于原来的磨面。如图3.6所示。

新砂纸产生的变形层太深,但经过磨50~100下以后就基本稳定不变,磨光速率则随着使用次数的增加而下降。因此,新砂纸稍加使用后即处于最佳使用状态,当用得太过旧时,就不宜使用。磨光时施加的压力越大,磨光速率也越大,但对变形层的深度却影响不大,所以在磨光时可以适当加大压力。只要砂纸处于最大磨光速率的情况下,每道工序可以在0.5~1.0min内完成。

每换一道砂纸之前,必须先用水洗去样品和手上的砂粒,然后将试样旋转 90° 在次级砂纸上磨制,直到旧磨痕全部消失,在整个磨面上得到方向一致均匀的新磨痕,使用时流动的

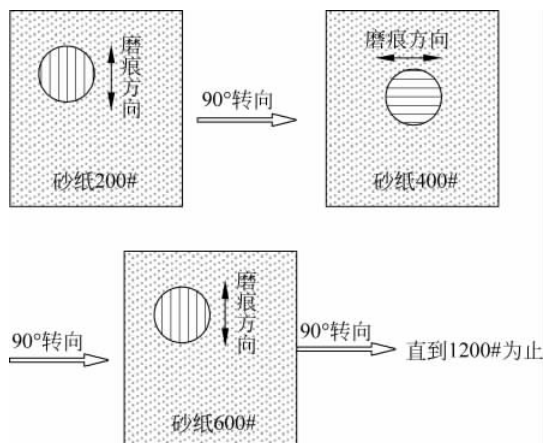


图 3.6 磨痕变化示意图

水不停地从砂纸表面流过,及时地把绝大部分磨屑和脱落的磨粒冲走。这样在整个磨光操作过程中,磨粒的尖锐棱角始终与试样的表面接触,保持其良好的磨削作用。湿磨法的另一优点是,水的冷却作用可以减少磨光时在试样表面产生的摩擦热,避免显微组织发生变化。湿磨法还可以显著改善实验室的清洁卫生条件。湿磨设备结构简单,整个磨细工序可以在同一设备上完成。

图 3.7 为转盘式自动磨样机,使用时用水作润滑剂和冷却剂。将碳化硅砂纸置于边缘略有突起并放了一些水的电动转盘上,随着转盘转动,砂纸下面的水被甩出,砂纸被吸附在转盘上,即可进行机械湿磨。配有微型计算机的自动磨光机,可以对磨光过程进行程序控制,整个磨光过程在数分钟内即可完成。



图 3.7 转盘式自动磨样机

所有金属在磨光过程中都会产生变形层,如果不将变形层去除,经过腐蚀后就会产生假像,对真实显微组织显示有很大影响,只是变形层深度不同,表现形式不同而已。当奥氏体钢和铁素体钢的变形层未去掉时,晶粒内会出现黑色滑移带。在珠光体钢中,变形层则使珠光体片层破碎和扭曲。如图 3.8 所示,图 3.8(a)为 180# 砂纸短时间磨光和抛光后观察到的扭曲珠光体,图 3.8(b)为真实珠光体。

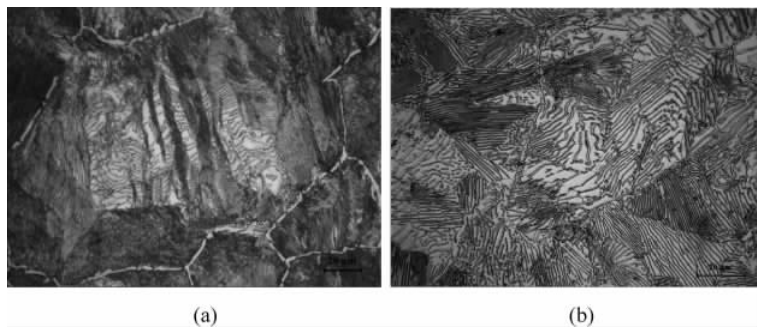


图 3.8 不同珠光体

(a) 扭曲珠光体; (b) 真实珠光体

3.2.4 抛光

抛光的目的是把磨光留下的细微磨痕除去,成为光亮无痕的镜面,并去除磨光工序留下的变形层,从而不影响显微组织的观察。

抛光分为机械抛光、电解抛光、化学抛光等。

1. 机械抛光

抛光与磨光的机制基本相同,即嵌在抛光织物纤维上的每颗磨粒可以看成是一把刨刀,根据它的取向,有的可以切除金属,有的则只能使表面产生划痕。由于磨粒只能以弹性力与试样作用(图 3.9),它所产生的切屑、划痕及变形层都要比磨光时细小和浅得多。

抛光操作的关键是要设法得到最大的抛光速率,以便尽快除去磨光时产生的损伤层,同时要使抛光产生的变形层不影响最终观察到的组织,即不会产生假像。这两个要求是相互矛盾的,前者要求使用较粗的磨料,但

会使抛光变形层较深;后者要求使用最细的磨料,但抛光速率较低。解决这个矛盾的最好办法是把抛光分为两个阶段来进行。首先是粗抛,目的是除去磨光的变形层,这一阶段应具有最大的抛光速率,粗抛本身形成的变形层是次要的,不过也应尽可能小。其次是精抛(又称终抛),其目的是除去粗抛产生的变形层,使抛光损伤减到最小。

粗抛过去常用的磨料是粒度为 $10\sim 20\mu\text{m}$ 的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 Cr_2O_3 或 Fe_2O_3 ,加水配成悬浮液使用。目前,人造金刚石磨料已逐渐取代了 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 等磨料,其优点是:①与 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 等相比,金刚石磨料粒度小,抛光速率大,例如 $4\sim 8\mu\text{m}$ 金刚石磨粒的抛光速率与 $10\sim 20\mu\text{m}$ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 或 SiC 的抛光速率相近;②表面变形层较浅;③抛光质量好。

通常,使用金刚石膏状磨料的抛光速率远比悬浮液大。金刚石磨料的价格虽高,但抛光速率大,切削能力保持的时间也长,因此它的消耗量少,只要注意节约使用,并合理选择抛光机的转速(采用机械抛光时应为 $250\sim 300\text{r/min}$,自动抛光时应为 150r/min),就可以充分发挥其优越性。用金刚石研磨膏进行粗抛时,一般先使用粒度为 $3.5\mu\text{m}$ 的磨料,然后再使用粒度为 $1\mu\text{m}$ 的磨料,对于较软的材料使用粒度为 $0.5\mu\text{m}$ 的磨料可获得最佳效果。对于精抛,还要求操作者有较高的技巧。常用的精抛磨料为 MgO 及 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$,其中 MgO 的抛光效果最好,但抛光效率低,且不易掌握; $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的抛光速率高,且易于掌握。

一些先进的抛光机上配置了微型计算机,可使抛光过程自动化,按照规定参数(如转速、压力、润滑剂的选择、磨粒喷洒频率等)控制抛光机工作。对于某种材料的金相试样,只要建立了最佳制样参数,制样效果的重现性很好,工作效率大大提高。不过这种制样设备并不能完全取代人的工作,它只能按照人们预制定的程序进行工作。

2. 电解抛光

机械抛光易造成试样表面产生变形层,影响金相组织显示的真实性。电解抛光可以避免上述问题,因为电解抛光是电化学的溶解过程,没有机械力的作用,所以不引起金属的表

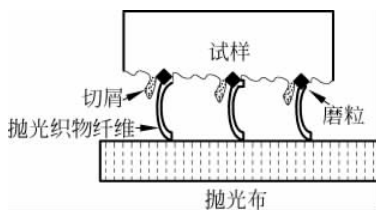


图 3.9 抛光时磨粒在试样表面产生切屑的示意图

面变形。对于硬度低的单相合金以及一般机械抛光难于做到的铝合金、镁合金、铜合金、钛合金、不锈钢等宜采用此法。此外,电解抛光对试样磨光程度要求低(一般用 800 号水砂纸磨平即可),速度快,效率高。

但是电解抛光对于材料化学成分的不均匀性、显微偏析特别敏感,非金属夹杂物处会被剧烈地腐蚀,因此电解抛光不适用于偏析严重的金属材料及作夹杂物检验的金相试样。

电解抛光的装置如图 3.10(a)所示。试样接阳极,不锈钢板作阴极,放入电解液中,接通电源后,阳极发生溶解,金属离子进入溶液中。电解抛光的原理现在一般都用薄膜假说的理论来解释,如图 3.10(b)所示。

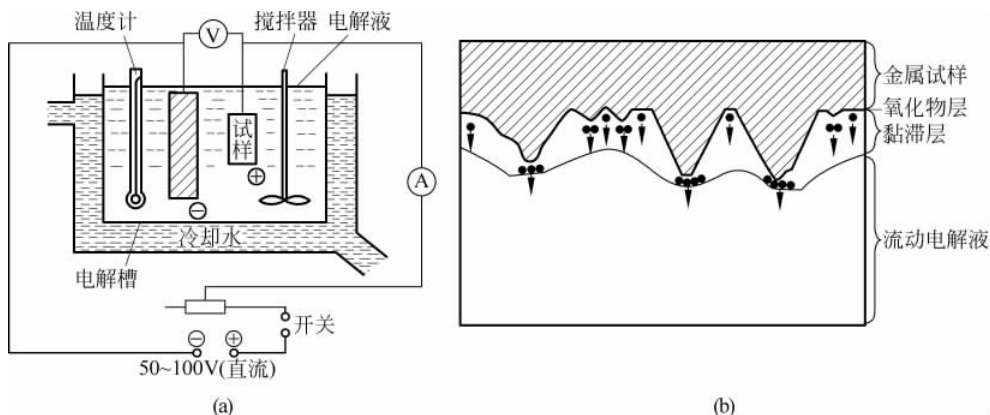


图 3.10 电解抛光装置及原理

(a) 电解抛光装置; (b) 电解抛光原理

电解抛光时,在原来高低不平的试样表面上形成一层具有较高电阻的薄膜,试样凸起部分的膜比凹下部分薄,膜越薄电阻越小,电流密度越大,金属溶解速度越快,从而使凸起部分渐趋平坦,最后形成光滑平整的表面。抛光操作时需选择合适的电压,控制好电流密度,过低和过高的电压都不能达到正常抛光的目的。

电解抛光有专用的自动电解抛光仪,图 3.11 为仪器的构造示意图。电解抛光所用的电解液可在有关手册中查到。

3. 化学抛光

化学抛光是靠化学溶解作用得到光滑的抛光表面。这种方法操作简单,成本低廉,不需要特别的仪器设备,对原来试样表面的光洁度要求不高。

化学抛光的原理与电解抛光类似,是化学药剂对

试样表面不均匀溶解的结果。在溶解的过程中表层也产生一层氧化膜,但化学抛光对试样原来凸起部分的溶解速度比电解抛光慢,因此经化学抛光后的磨面较光滑但不十分平整,有波浪起伏。这种起伏一般在物镜的垂直鉴别能力之内,适于用显微镜作低倍和中倍观察。

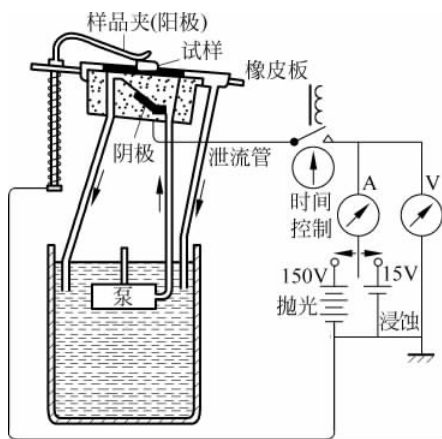


图 3.11 自动电解抛光仪

化学抛光是将试样浸在化学抛光液中,进行适当的搅动或用棉花经常擦拭,经过一定时间后,就可以得到光亮的表面。化学抛光兼有化学腐蚀的作用,能显示金相组织,抛光后可直接在显微镜下观察。

化学抛光液的成分随抛光材料的不同而不同。一般为混合酸溶液,常用的酸类有:正磷酸、铬酸、硫酸、醋酸、硝酸及氢酸;为了增加金属表面的活性以利于化学抛光的进行,还加入一定量的过氧化氢。化学抛光液经使用后,溶液内金属离子增多,抛光作用减弱,需经常更换新溶液。

3.2.5 腐蚀

试样经抛光后(化学抛光除外),在显微镜下只能看到光亮的磨面及夹杂物等。必须经过腐蚀才能对试样的组织进行显微分析。常用的腐蚀方法有化学腐蚀法和电解腐蚀法(观察非金属夹杂的金相试样,直接采用光学法,不需要作任何腐蚀)。

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是将抛光好的样品在化学腐蚀剂中腐蚀一定时间,从而显示出样品的组织形貌。

纯金属及单相合金的腐蚀是一个化学溶解的过程。由于晶界上原子排列不规则,具有较高自由能,所以晶界易受腐蚀而呈凹沟,使组织显示出来,在显微镜下可以看到多边形的晶粒。若腐蚀较深,则由于各晶粒位向不同,不同的晶面溶解速率不同,腐蚀后的显微平面与原磨面的角度不同,在垂直光线照射下,反射进入物镜的光线不同,可看到明暗不同的晶粒,如图 3.12 所示。

两相合金的腐蚀主要是一个电化学腐蚀过程。两个组成相具有不同的电极电位,在腐蚀剂中,形成极多微小的局部电池。具有较高负电位的一相成为阳极,被溶入电解液中而逐渐凹下去;具有较高正电位的另一相为阴极,保持原来的平面高度。因此在显微镜下可清楚地观察到合金的两相。图 3.13 为珠光体组织两相腐蚀后的情况。多相合金的腐蚀,主要也是一个电化学的溶解过程。在腐蚀过程中腐蚀剂对各个相有不同程度的溶解。必须选用合适的腐蚀剂,如果一种腐蚀剂不能将全部组织显示出来,就应采取两种或更多的腐蚀剂依次腐蚀,使之逐渐显示出各相组织,这种方法也叫选择腐蚀法。另一种方法是薄膜染色法。此法是利用腐蚀剂与磨面上各相发生化学反应,形成一层厚薄不均的膜(或反应沉淀物),在白光的照射下,由于光的干涉使各相呈现不同的色彩,从而达到辨认各相的目的。

化学腐蚀的方法是显示金相组织最常用的方法。其操作方法是:将已抛光好的试样用

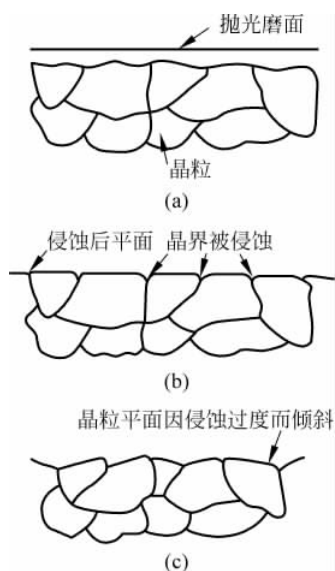


图 3.12 纯金属及单相合金化学腐蚀情况示意图

(a) 抛光表面; (b) 适度腐蚀表面;
(c) 腐蚀较深表面