

43-48

钢 的 检 验

TG142.1

— 金 相 检 验

朱 学 仪

(广东清远市, 511515)

金相检验是评定钢的内在质量的重要方法之一。利用这一检验方法研究钢的化学成分, 钢的冶炼、轧制、热处理工艺等显微组织的关系, 以及显微组织与钢材综合性能的内在联系规律, 从而稳定和提高钢材质量, 为开发新钢种提供重要依据。

金相检验通常使用光学显微镜, 但为了研究和解决高深的难题, 也使用高倍率、高精度的电子显微镜等仪器。

1 金相试样的制备

1.1 试样的截取

金相试样的取样部位根据研究和检验的项目, 按有关国标、企标的规定在钢的相应部位上截取。要使所取的试样具有代表性, 试样尺寸, 各厂规定不一, 钢材直径大于 25mm 的, 必须保证检验面积不小于 4cm², 厚度为 1.5—2.0cm。

1.2 试样的镶嵌

如果试样较小(如金属丝、薄片等材料), 用手直接磨制很困难, 需使用试样夹或样品镶嵌机把试样镶嵌在低熔点合金或塑料(如胶木粉、聚乙烯及聚合树脂等)中, 然后用镶嵌块一起研磨。

1.3 试样的研磨

金相试样一般用人工研磨, 通过粗磨(打砂轮或磨粗砂纸)、细磨(磨蜡盘或磨细水砂纸)和抛光(绒布或金丝绒上抛)。

金相试样研磨的好坏, 是金相检验成败的关键, 尤其是不须腐蚀的夹杂物、石墨碳试样更应仔细研磨。

1.4 金相组织显示

经抛光的试样, 若直接置于显微镜下观察只能看到一片亮光, 除某些非金属夹杂物、石墨外, 无法辨别各种组织及其形状, 因此需要进行金相组织显示。

金相组织显示, 就是将钢的晶界、相界或组织显示出来。以便于在显微镜下进行观察。显示方法有化学腐蚀法、电化学浸蚀法、熔盐浸蚀法、高温介质浸蚀法等几种。生产检验通常使用化学浸蚀法。

(1) 试样化学浸蚀和电化学浸蚀

钢的浸蚀是一个电化学过程。钢中晶粒与晶粒之间、晶粒与晶界之间以及各种相之间的化学性质均各不相同。这些部位在电解溶液中具有不同的电极、电位, 从而组成许多微电池。微电池中低的电位是电池的阳极, 溶解(腐蚀)较快; 较高的电位是电池的阴极, 溶解较慢或不溶解。由于钢中晶界上原子排列混乱, 或在相之间混合相较单一相都具有较高能量。所以呈阳极被浸蚀而出现凹坑, 溶解部位呈凹坑或呈沉淀反应物而着色。在显微镜下观察, 凹坑光线全漫反射, 显示黑色; 不溶解部位则全反射, 显示白色。

(2) 化学腐蚀剂

化学腐蚀剂一般由三部分组成: 起腐蚀作用的溶液、溶解腐蚀产物的溶液、起缓冲作用的溶液。简单的化学腐蚀剂只用前两部分溶液配制而成。按钢种及检验项目的不同, 采用不同的腐蚀剂。对珠光体类钢通常用 4% 的硝酸酒精溶液; 对检验碳化

物通常用苦味酸溶液等。

(3) 腐蚀过程

腐蚀前,必须保证试样干燥、清洁、无油污。首先将溶液从瓶中倒入瓷盘内。通常,有两种腐蚀方法,即将试样浸入腐蚀剂中,或用脱脂棉蘸上腐蚀剂揩擦磨面。

腐蚀时间的长短,随着钢的组织状态、检验项目和观察倍数而定。例如,显示铬轴承钢的珠光体组织,腐蚀至淡黄色;显示铬轴承钢的网状碳化物,腐蚀至深灰色。腐蚀时间的长短,以清晰地显示出金相组织为原则。

一旦腐蚀完毕,首先用清水冲洗,再用酒精冲,然后将试样置于热风机下吹干。吹干后要保护好试样腐蚀面,以等待进行金相观察。

2 金相组织

金相组织,也称显微组织。从铁—渗碳体平衡图中看出,所有钢铁在室温上的组织均由 α —铁素体(F_s)或 γ —铁素体(F_γ)和渗碳体(Fe_3C)这两个基本相组成。但是由于碳含量不同,碳素体的相对数量,析出条件和分布情况均各异,呈现各种不同的组织状态。通过极慢的冷却条件形成铁素体、渗碳体、珠光体、莱氏体等。通过加热、保温、冷却条件等,改变铁碳合金的内部组织,出现奥氏体、贝氏体、马氏体、回火屈氏体、回火索氏体、魏氏组织、粒状珠光体等。通过显微镜观察了解这些组织的分布形态、数量、大小等。另外还须观察非组织的夹杂物、脱碳、石墨碳等。

3 金相检验项目

3.1 脱碳层深度

钢在加热和保温过程中,由于周围空气对其表面所产生的氧化作用,以及靠近其表面碳的扩散作用,使其表面层碳含量降低的现象称为脱碳。

一般认为脱碳层是钢的一种有害缺陷。除了在其少数情况下,脱碳作为改善钢的性能之外,在绝大多数情况下,脱碳均对钢的性能产生有害影响。主要是降低淬火钢的表面硬度和耐磨性,直接影响工具、刀具和轴承等使用寿命。因此,对其脱碳层深度均严格加以限制。

测定脱碳层深度的方法,纳入 BG224—87 的有金相法、硬度法、碳含量测定法 3 种,各有其独特的用途和局限性。测定方法的选择、测量精度取决于产品脱碳深度、显微组织、含碳量以及机械加工余量等要求。

脱碳层可分为全脱碳层和部分脱碳层两种,总脱碳层深度为二者深度之和。根据钢种技术条件的要求,有的测量总脱碳层,有的测量全脱碳层,但大多数是测量总脱碳层。

脱碳层的测定,一般是在 100 倍金相显微镜下进行的,单位以 mm 计算。脱碳层判定的根据:

①全脱碳层。就金相法而言,系指组织状态几乎完全是铁素体这一层金属。

②部分脱碳层。这一层金属的组织状态部分是铁素体,部分是珠光体或碳化物(过共析钢)。

③总脱碳层。从表面量至与原组织有明显差别处为止。

3.2 珠光体组织

作为金相项目检验的珠光体,主要是指碳素工具钢、合金工具钢、铬轴承钢经过球化退火所形成的球状珠光体组织。也就是在铁素基体上的分布,呈颗粒状渗碳体的珠光体,也叫球化组织。

使钢中形成球状珠光体组织,便于切削加工成零件,并为其后热处理准备良好的金相组织。因此,必须检验钢的珠光体组织。

珠光体组织级别的评定是在 500 倍金

相显微镜下进行的。评级原则是:

(1)球状珠光体颗粒大小和分布均匀度。

(2)珠光体组织中片状珠光体的比例。

(3)片状珠光体的粗细程度。

级别评定,应依照各钢种相应技术所附的评级图比较进行评定,分成6个级别,其中3、4级为最好球化组织。

3.3 网状碳化物

过共析钢在热加工后的冷却过程中,其过剩的碳化物在晶粒边界上析出所构成的网络,称为网状碳化物。网状碳化物破坏了晶粒间的连续性,在钢材的加工过程中晶界易裂开。而对合金工具钢和铬轴承钢来说,网状碳化物将降低钢的耐磨性和机械强度。

网状碳化物级别评定是在500倍金相显微镜下进行的。评级原则是:网状碳化物分叉交角大小、成线和成网程度。网状碳化物的级别评定,依照各钢种相应技术条件所附的级别图对比进行的,分成4个等级,级别越低越好,1级为最好。

3.4 带状碳化物

钢锭结晶时,由于碳的偏析,在热加工变形过程中延伸而成的碳化物富集带,称为带状碳化物,铬轴承钢要求检验带状碳化物。

铬轴承钢若出现带状碳化物,会导致耐磨性不一致,碳化物集中处易剥落,从而降低零件的使用寿命。

铬轴承钢带状碳化物的级别,可在100倍金相显微镜下评定。若需要进一步精确确定,也可在500倍金相显微镜下评定。评级原则:以碳化物带的长短,大小和宽度为依据,而在500倍金相显微镜下评定时,则以碳化物的颗粒大小和密集程度为依据。

铬轴承钢的带状碳化物级别按YB9—68的评级图评定,分成4个等级,

级别越低越好。

3.5 碳化物液析

铬轴承钢钢锭凝固时,钢液中局部富碳和富合金元素处,由于产生明显的枝晶偏析而形成的共晶组织,称为碳化物液析。该共晶碳化物在热压力加工时被破碎成断续的串链状沿轧制方向分布,属于碳化物不均匀度的一类缺陷。

碳化物液析对铬轴承钢极为有害,它将大大降低钢的力学性能,特别是影响制品表面的光洁度。因为碳化物液析比基体又硬又脆,在热处理时易淬裂,并在使用过程中成为零件被破坏的起源。

3.6 碳化物不均匀度

高速工具钢以及高合金工具钢(Cr12和Cr12MoV)的钢锭,在浇注后的凝固过程中,由于实际冷却速度较快,温度继续下降时剩余的钢液产生共晶反应,形成网络分布的鱼骨状莱氏体,经过热加工被破碎,形成棱角状小块,呈不同程度的叉状、网状或条带状的聚集分布。这就是碳化物不均匀度。

高速钢中若存在碳化物不均匀度,将使钢的硬度和红硬性均下降。碳化物严重不均匀时,碳化物呈网状堆集,破坏钢的连续性,导致钢材使用时易脆断,而刀具则发生崩刃。所以高速钢必须检验碳化物不均匀度。

碳化物不均匀度可在100倍金相显微镜下,按照其技术条件的评级图对比评定。共分成8个级别,2个系列即带条、网系,级别越低,材质越好。

3.7 显微孔隙

显微孔隙是破坏钢的基体连续性的一种显微缺陷,常见于高碳铬轴承钢中。这是由于碳化物偏析,再加上热加工造成钢中局部区域过烧而形成的。

供检验显微孔隙用的试样,应经过淬火、回火处理,以提高其基体硬度。这样,在

磨制试样的过程中,孔隙周围就不会出现“塌边”现象。

显微孔隙一般破坏钢的基体组织的连续性,影响钢材的质量。因此,YB(T)1—80标准对这种缺陷作出了以下规定:直径不大于60mm的圆钢不得有显微孔隙;直径大于60mm的圆钢,其显微孔隙不得超过第5级别图所规定的数值。

3.8 晶粒度

钢中晶粒度的检验,是借助金相显微镜来测定钢中的实际晶粒度和奥氏体晶粒度的。

实际晶粒度,就是从成品钢材上截取试样所测得的晶粒大小,而奥氏体晶粒度,则是将钢加热到一定温度并保温足够时间后,测定钢中奥氏体晶粒的大小。其显示及测量方法有渗碳法、氧化法、网状铁素体法、网状珠光体(屈氏体)法、网状渗碳体法等好几种。

(1) 渗碳法

渗碳钢,通常采用渗碳法来显示其奥氏体晶粒度。具体步骤是:首先将试样装入有渗碳剂的容器中,送入炉中加热到 $930^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 并保温6h,使试样有1mm以上渗碳层,并达到其表面具有过共析成分。然后进行缓冷,缓冷到足以在渗碳层的过共析区的奥氏体晶界上析出渗碳体网。试样冷却后经磨制腐蚀,显示出过共析区奥氏体晶粒形貌。

(2) 氧化法

氧化法,就是利用奥氏体晶界易氧化而形成氧化物这一特点,根据沿晶界分布的氧化物来测定奥氏体晶粒的大小。测定的方法是首先将试样的检验面抛光,随后将抛光面朝上置于炉中。对碳素钢和合金钢,当含碳量小于或等于0.35%时,一般在 $900^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 下加热1h;含碳量大于0.35%时,一般可在 $860^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 下加热1h,然后淬入冷水或盐水。根据氧化情况,

可将试样适当倾斜一定角度进行研磨和抛光,直接在显微镜下测定奥氏体晶粒的大小。为了显示清晰,可用15%盐酸酒精进行浸蚀。

(3) 网状铁素体法

对于含碳量为0.25—0.60%的碳素钢以及碳量为0.25—0.50%的合金钢来说,若无特殊规定,则其含碳量低于或等于0.35%的试样可在 $900^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ 下加热,含碳量高于0.35%的试样可在 $860^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ 下加热;在这两种情况下,至少保温30min,然后空冷或水冷。在上述温度加热范围内,含碳量较高的铁素体试样和含碳量超过0.40%的合金钢试样,需要调整冷却方式,以便在奥氏体晶界上析出清晰的铁素体网。此时,建议将试样在淬火温度下保持必要的时间,使温度降至 $730^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$,保温10min,随后淬油或淬水。试样经磨制或浸蚀,便显示出沿原晶界分布的铁素体网。

(4) 网状渗碳体法

对于过共析钢(即含碳量一般高于1.00%)来说,若无特殊规定,其试样均在 $820^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ 下加热,并且至少保温30min,然后随炉缓慢地冷却到下限临界温度,以便在奥氏体晶界上析出渗碳体网。试样磨制或浸蚀后,便显示出沿晶界析出渗碳体网的原奥氏体晶粒形貌。

(5) 网状珠光体(屈氏体)法

对使用其他方法不易显示的过共析钢,可选用适当尺寸的棒状试样进行不完全淬火,即将加热后的试样一端淬水中冷却。因此,这就存在一个不完全淬硬的小区域,在此区域原奥氏体晶界,将有不少细珠光体(团状屈氏体),呈网络显示出原奥氏体晶粒形貌。

晶粒度的测定,一般可按BG6394—86的规定,在金相显微镜放大100倍下进行。

3.9 石墨碳测定

石墨碳测定,就是借助金相显微镜放大 250 倍来测定钢的石墨碳含量。

在一定条件下,某些钢中的固溶碳和化合碳能以游离状态析出。如高碳工具钢和硅弹簧钢,由于加入硅,能加速和促进石墨化过程,在长期退火后易出现石墨碳。钢中石墨的形态,多为点状或不规则形状,在金相显微镜下石墨呈灰色,并与基体位于同一平面上。为了进行正确鉴别,一般可采用如下两种方法之一来测定钢中的石墨碳含量。一是用金相显微镜放大 500 倍,观看试样颜色和形状,确认存在石墨碳之后再评定;二是将试样轻腐蚀,若是石墨,其周围的碳化物将减少,而严重时周围将形成铁素体块。

石墨碳级别的评定,是把制好的不腐蚀试样用金相显微镜放大 250 倍进行观察,与技术标准评级图对比予以评定。在铸铁生产检验中,不仅发现有细的、分散的、集中的石墨碳,而且也有大量粗的或粗细混合的石墨碳。

不论粗石墨或粗细混合的石墨碳,均按面积百分数评定。

3.10 非金属夹杂物

无论哪种冶炼出的钢种,总含有或多或少夹杂物,其中以非金属夹杂物最多。一般非金属夹杂物对钢产生有害影响。

为保证钢的质量,检验钢中的非金属夹杂物。例如,铬轴承钢检验脆性、塑性、点状不变型夹杂物;合金结构钢主要检验夹杂物、硫化物。这些夹杂物的特征是:

氧化物:钢中常见的氧化物是 Al_2O_3 。这些用铝脱氧时产生的高硬度难熔的细少脆性夹杂物,沿加工方向呈链状分布,在明场下为灰色。

硫化物:钢中常见的硫化物是 FeS 和 MnS 及二者的固溶体。硫化物具有很高的塑性,沿加工方向延伸成长条状,在明场下

为浅灰色。

点状(又称不变形)夹杂物,铬轴承钢中的点状夹杂物,主要是由镁尖晶石和含钙的铝酸盐或含铝、钙、锰的硅酸盐所组成。点状夹杂物经加工,仍不变形呈点状或球状存在。

氮化物:在含钛、铌、钒的合金钢中,由于氮能够与这些元素形成稳定的氮化物,所以氮化物夹杂的形状很规则,多呈方形或长方形,在明场下为淡黄色或金黄色。

要正确评定夹杂物,首先必须识别它。因此应掌握以下基本要点:

(1)取样。检验轧制或锻造钢材的非金属夹杂物,应从钢材的纵剖面截取试样。因为,易变形的非金属夹杂物总是沿钢材变形方向伸长的,即使脆性夹杂物也均沿变形方向排列,所以纵剖面试样是具有代表性的。如果截取钢材横向试样,夹杂物的全貌就不能显露。

(2)制样时,先将试样淬火使基体变硬,然后进行磨抛,夹杂物才不易拖尾、剥落。这样,就有利于夹杂物的检验和评定。

(3)抛光后的试样,置于显微镜下放大 100 倍观察,有时夹杂物与磨坑、磨沟和抛光剂相混淆真假难辨,可用交换焦距和用暗场方法,利用对光反射特性来鉴别。

(4)钢中非金属夹杂物的定性,根据在显微镜下观察到的形态、色彩和分布情况,进行粗略的定性分析,确定夹杂物是脆性还是塑性。然后通过暗场和偏光具体鉴定夹杂物的性质。

(5)用正偏光观察夹杂物的光学性质。因夹杂物反光能力与基体不同,有些光线照射到夹杂物上就产生漫反射,使夹杂物本来色彩清晰地呈现出来。如旋转载物台,发现有些夹杂物时明时暗地发生 2 次、4 次或 8 次消光,则这种性能称为各向异性,利用光学性质,就可判断夹杂物形态。

夹杂物评定,试样不经腐蚀,在金相显

显微镜下放大 100 倍,视场直径为 0.8mm 进行检验,从边缘到中心全面检查。选取夹杂物最严重的视场,与其钢种的相应标准评级图对比评定。评定夹杂物级别时,可根据夹杂物的数量、大小以及分布情况等综合条件予以考虑。

3.11 a—相

a—相的测定,就是用金相法测定奥氏体不锈钢和铁素体奥氏体型双相不锈钢中 a—相面积占总面积的百分数。

在奥氏体和铁素体—奥氏体不锈钢中,由于各种元素的相互作用,在组织中总有一定数量的 a—相。影响 a—相的主要原因是化学成分,其次是钢的加热温度和冷却速度。

在奥氏体和铁素体—奥氏体不锈钢中,a—相对钢的性能有很大影响,特别是影响钢的热加工性。在高温下 a—相和 γ —相的变形能力各异。进行热穿管的钢材,当 a—相的含量较多时,内孔会出现皱皮,影响钢管内壁质量。因此,用于穿管的奥氏体和铁素体—奥氏体不锈钢,对 a—相的含量有一定限制。通常,钢厂对不锈钢管还要测定其 a—相的含量。

测定 a—相的试样,其截取部位和数

量根据相应产品标准或技术条件确定。试样的检验面应通过钢材轴线的纵截面。试样尺寸一般为 20mm×20mm,保证的检验面不得小于 10mm²。

试样去掉塑性变形区的热影响区,并严格制备试样。则试样浸蚀后便可清晰地显示出 a—相。

奥氏体钢中 a—相的测定,是在金相显微镜下将试样放大 300 倍、视场直径为 0.267mm 的条件下,将检验面上 a—相含量最多处与标准评级图进行比较而作出评定。a—相评级图分为 5 级共 7 张,其各级规定 a—相组织百分含量。

铁素体—奥氏体型双相不锈钢中 a—相的测定,是在金相显微镜下将试样放大 500 倍、视场直径为 80mm 条件下,以检验面上 a—相含量最多处与标准评级图进行比较作出评定。a—相评级图分为带系、网系两种,均按 a—相面积百分含量评定。

除上述检验外,还有魏氏组织检验、带状组织检验、游离渗碳体检验等,这些项目技术标准要求检验的不多,故从略。但这些检验都有相应的试验方法标准。检验时,要分清试样试验项目,熟练掌握评级标准,做到评级准确。(未完待续)

由编辑部主任陆周

本刊总编辑林祝三拜会省金属学会领导

11 月 13 日下午,本刊总编辑林祝三,在编辑部主任周广兴陪同下,驱车省冶金局,拜会了海南省金属学会领导。林总编辑一行,受到主管学会工作的省冶金局副局长何忠兴,正副秘书长斯晓琴、那东凯的热情接待。

林总编辑汇报了办刊情况,并对一直关注本刊编辑出版工作、且每期都精心审稿把关的省金属学会领导,表示由衷地感谢。

省金属学会负责同志,对《海南矿冶》今年来取得的成绩,表示满意。

为进一步办好刊物,他们就《海南矿冶》今后的编辑方针,审稿程序,用稿标准,版面安排等各个领域,广泛、深入、认真进行了探讨,并取得一致意见。(本刊讯)

