

3Cr2W8v钢超细化的研究

席聚奎 杨蕴林 康布熙 文九巴 杨院生

提 要

通过快速加热循环淬火法对3 Cr 2W8V钢进行了一系列相变超细化的试验,证明该钢经900~1100°C快速加热循环淬火2次以上即有明显细化晶粒的效果,可使其热轧退火态下的11级晶粒度细化到14级以上;其中通过1000°C快速加热2~3次可使晶粒度细化到15级以上。在快速加热循环淬火之前,增加一次1100~1160°C的固溶处理,还可使钢中的碳化物进一步得到细化。但固溶处理的温度接近或超过1200°C时,则会引起钢的晶粒显著粗化,而对随后的循环淬火组织产生遗传性。经过2次快速加热循环淬火,而后再经正常淬火回火后,钢的强度极限可有显著提高,而冲击初性毫不降低。

一、前 言

钢的奥氏体晶粒细化至12级以上谓之超细化。钢中奥氏体晶粒的超细化是钢强韧化的重要途径之一。近年来已有大量的文献和专著(1)报道。自从1965年R·A·Grange(2,3)提出“快速加热循环淬火法”以来,它很快便引起了国际上的普遍重视,公认为是钢的晶粒超细化的一种有效方法。尤其是自60年代后期及70年代广泛开展金属超塑性的研究工作以来,它又成了实现钢的超塑化处理的重要手段之一。近年来我国也曾有不少文章报道利用这种方法在各种结构钢和工模具钢上获得超细化的试验结果(4-8)。

钢的快速加热循环淬火超细化方法,即将钢快速加热至临界点 Ac_3 或 Ac_1 以上淬火,一般通过3~4次这样的反复循环,便可使钢的奥氏体晶粒细化到13~14级以上,对于过共析工模具钢同时还可使其碳化物得到一定的细化。因此,通过快速加热循环淬火法可以显著提高钢的强度和韧性。

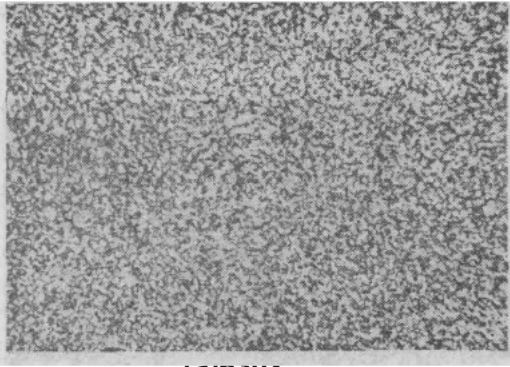
鉴于3Cr2W8V钢在工业上是一种广泛使用的热作模具钢,而由其制作的模具往往不是因淬火硬度较高而发生早期的断裂,就是因淬火硬度较低而引起局部塌陷或磨损,常常寿命不长。如能使该钢的奥氏体晶粒和碳化物得到超细化,必将会提高钢的强韧性,使模具的寿命延长。为此我们对该钢进行了快速加热循环淬火法试验,果然可使该钢的晶粒度细化到了14~15级以上,即3~2 μm 以下,碳化物也得到了一定的细化,达0.2 μm 左右。再经正常淬火后,钢的强度极限在HRC43时,高达160kgf/mm²左右,而冲击韧性仍保持在3kgm/cm²以上,

二、试验方法及结果

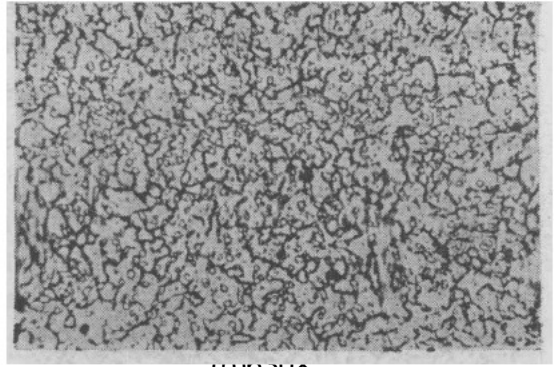
试验用3 Cr 2W8V钢热轧退火态棒料, $\phi 16\text{mm}$ 。主要化学成分是: 0.35%C,

0.28%Si, 0.39%Mn, 2.7%Cr, 7.6%W, 0.18%V。

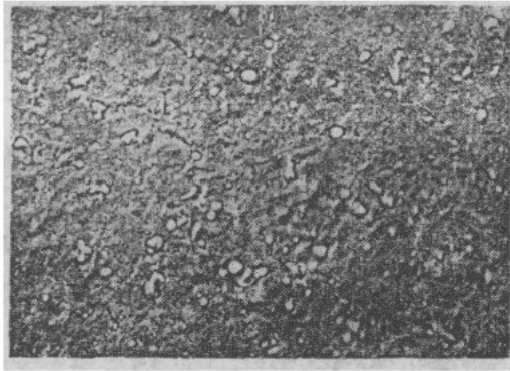
原始金相组织见图1, 为铁素体加碳化物, 碳化物包含 M_3C 及 $M_{23}C_6$ 两种类型[9], 经定量金相测定, 其碳化物总含量为15.2%(体积分数)。原结晶粒度为11级, 晶粒平均直径约 $7\ \mu m$ 。



(a)500 \times



(b)500 \times



(c)2200 \times

图1 3 Cr 2 W 8V钢热轧退火态的原始组织(a)、晶粒度(b) 及碳化物(c) 的电镜照片

3 Cr 2W8V钢属过共析钢〔10〕,它与亚共析结构钢不同, 它的组织超细化问题, 除了奥氏体晶粒以外, 尚有碳化物的超细化问题, 所以, 根据文献[11]经验, 我们试

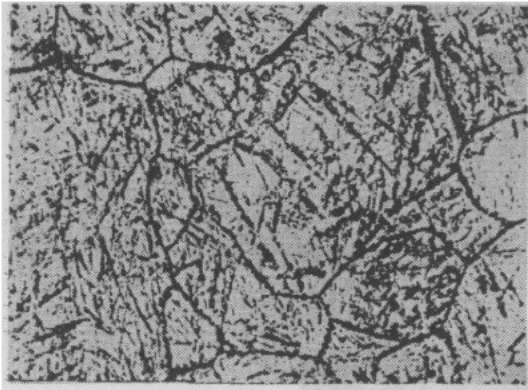
验分两步进行，其一是首先通过固溶处理使其碳化物尺寸达到超细化，而后第二步才是通过快速加热循环淬火法超细化其奥氏体晶粒度。

1. 碳化物尺寸的超细化—固溶处理

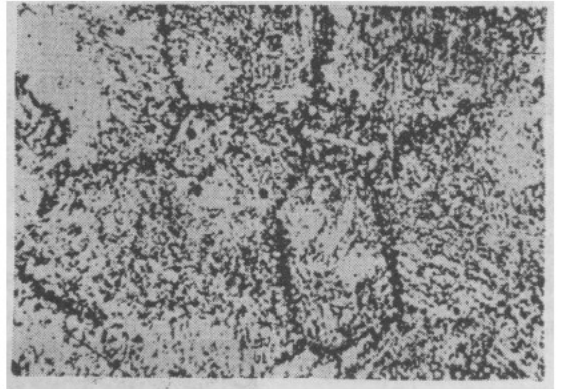
过共析钢中的碳化物常是钢中裂纹产生的主要发源处，故其尺寸愈细，外形愈圆，钢的机械性能尤其是塑性、韧性和疲劳极限便会愈高。细化过共析钢中碳化物的有效办法是，或者通过充分锻造或形变热处理方法，或者是首先通过高于 A_{cm} 温度的加热使其充分溶解于奥氏体，而后再使其在淬火后的回火过程中从低温开始析出从而得以细化。我们鉴于所用钢的原材料热轧尺寸较小，原始晶粒度及碳化物尺寸与球化均较良好，故仅采用固溶处理的办法使其碳化物的尺寸能达到进一步的超细化。

3 Cr 2W8V钢的 A_{cm} 值，一般资料均认为在 1100°C ，故我们来用 $\phi 16 \times 10\text{mm}$ 试

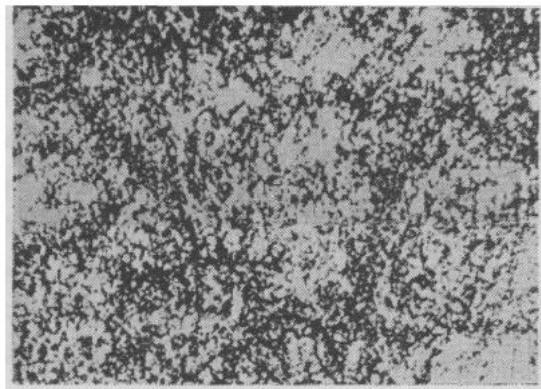
样在KO—14型高温箱式电炉中以1100、1150及1200℃等温度进行了保温30分钟的加热油淬的固溶处理试验。试验发现，虽然固溶温度愈高，碳化物便溶解愈多，但即使加热至1240℃固溶处理后，亦不能使碳化物全部溶解，仍残留有少量的碳化物*；而且一旦固溶处理温度 $\geq 1200^{\circ}\text{C}$ ，钢的奥氏体晶粒度便极易迅速粗化，对随后的循环淬火带来粗大晶粒的组织遗传性，难以消除。如图2所示，为3 Cr 2 W8 V钢经 $1200^{\circ}\text{C} \times 30'$ 固溶



(a)



(b)



(c)

图2 3 Cr2W 8 V钢在1200℃固溶处理(a) 及随后经950℃一次(b) 和 二次
(c) 循环淬火时的组织遗传性和晶粒边界效应的照片100×

处理及随后再在950℃循环淬火后的粗大晶粒及其组织遗传性的显微组织照片，具有明显的“晶粒边界效应”〔12〕。试验证明，随后经二次循环淬火尚不能完全消失其粗化的晶粒，经3~5次循环淬火后才能全部得到细化。由此可见，固溶处理不宜一味追求碳化物的全部溶解，仍应限制在常规淬火温度1100~1150℃为宜。

2. 奥氏体晶粒的超细化——快速加热循环淬火

如上所述，钢中奥氏体晶粒的超细化，除形变热处理以外，最有效的方法就是快速

据文献[9]载，3 Cr2W8V 钢至1300℃固溶处理方可使碳化物全部溶解。

加热循环淬火法。其细化晶粒的效果与钢的成分、原始组织、加热速度与温度、循环淬火次数等因素有关。在其它条件相同情况下，一般加热速度愈快、奥氏体化温度愈低、循环淬火次数愈多，晶粒便愈细。因为在此情况下，不仅加热速度的增加可增加奥氏体的形核率，奥氏体化温度的降低，可使奥氏体的晶粒来不及长大，而且在淬火态下的快速加热还可使奥氏体在马氏体的束界及块界处也发生形核〔12〕，故每循环加热淬火一次，奥氏体的晶粒便可得到一次细化。但至一定循环次数之后，由于奥氏体晶粒的细化终会与其长大的倾向趋于平衡，故再次增加循环，其细化的效果便不明显了。

快速加热循环淬火法，对亚共析结构钢的加热温度应刚刚达到奥氏体化的 Ac_3 温度；对过共析工模具钢则应刚刚达到其奥氏体化的 Ac_1 温度。3 Cr2W 8 V钢的 Ac_1 温度，文献中论述不一〔13〕，有 $Ac_1=810^\circ\text{C}$ 、 815°C 、 820°C 、 825°C 、 $820\sim 830^\circ\text{C}$ 及 $820\sim 925^\circ\text{C}$ 等多种数据。为此，我们在快速加热循环淬火试验以前，曾首先对该钢用热膨胀分析法进行了其 Ac_1 的测定。热膨胀曲线是在weiss机械式热膨胀仪上测定的，所得曲线如图3所示。结合金相法测得该钢 $Ac_1=820\sim 920^\circ\text{C}$ 。

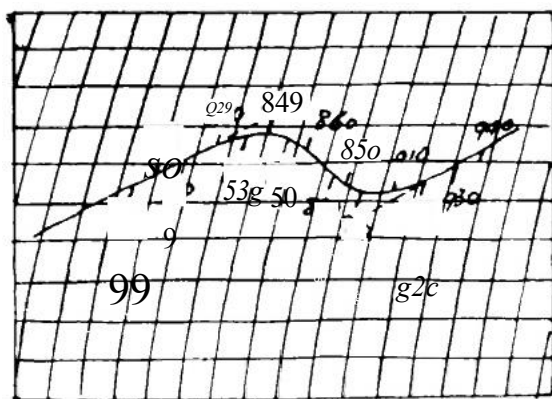


图 3 3 Cr2W 8 V钢的热膨胀曲线

3 Cr2W8V钢快速加热循环淬火试验是采用 $\phi 16\times 10\text{mm}$ 试样在盐浴炉中加热、在油中淬火的方法进行的。加热保温时间按0.4分/毫米计算。在每次循环淬火之后，均进行一次 $300^\circ\text{C}\times 30'$ 的低温回火，以降低其淬火应力；在最终循环淬火后，均进行一次 $780^\circ\text{C}\times 60'$ 的回火，以稳定组织。试验主要进行了如下三方面的工作：

(1)为考察淬火加热温度对晶粒细化的影响，我们分别将该钢加热至900、950、1000、1Q50、及 1100°C 进行二次循环淬火。因为该钢原材料截面较小，晶粒和碳化物尺寸本来就都比较细，所以试验都是在原始热轧退火状态下开始进行的。

(2)为考察循环淬火次数对晶粒细化的影响,我们将该钢原始热轧退火状态的试样加热至950℃后,分别进行了1~6次的循环淬火。

(3)为了考察循环淬火前细化碳化物的固溶处理对随后循环淬火效果的影响,我们将该钢分别在1100、1120、1150.及1160℃时进行淬火并经700℃×60'回火后,再在950℃进行了2次循环淬火。

试验在循环淬火后的金相分析是在普通光学显微镜下进行的,奥氏体晶粒度是采用

苦味酸饱和水溶液加微量洗涤剂以反复抛光浸蚀的方法显示、应用定量金相上的线分法与一般的比较法相结合进行测量的；碳化物是采用Berahu 试剂显示的。

金相分析的结果见表1, 奥氏体晶粒及碳化物的显微照片见图4及图5。淬火加热温度、循环淬火次数及固溶处理温度的影响分述如下：

(a) 循环淬火加热温度对奥氏体晶粒细化的影响

在循环淬火次数相同(均为2次)的条件下, 循环淬火加热温度对奥氏体晶粒细化的影响, 可根据表1中数据整理如图6所示。由图可见, 随着淬火温度的升高, 只要接近于 A_{c1} 温度的上限, γ 晶粒即可明显开始细化。在加热温度 $\geq A_{c1}$ 上限以后, γ 晶粒均可细化到14级以上, 即晶粒的平均尺寸可细化到 $2.5 \mu m$ 以下。 γ 晶粒度与加热温度之间

表1 试验及金相分析数据

试样编号	试样处理工艺	γ 晶粒的平均尺寸(μm)	γ 的晶粒度(级)	碳化物的分析
001	原样组织 (热轧退火态)	7.1	11	碳化物分大小两类, 大的 $0.45 \sim 0.64 \mu m$ 小的 $\leq 0.2 \mu m$
805	原始组织 $900^\circ C$ 循环淬火2次	2.4	14	随循环淬火温度增高, 大颗粒碳化物尺寸减小, 数量减少, 弥散均匀程度增加
806	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火2次	2.0	14~15	
802	原始组织 $1000^\circ C$ 循环淬火2次	1.6	15~16	
807	原始组织 $1050^\circ C$ 循环淬火2次	2.1	14~15	
801	原始组织 $1100^\circ C$ 循环淬火2次	2.3	14~15	
901	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火1次	3.6	13	随淬火次数的增加, 碳化物的尺寸及分布变化同上
806	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火2次	2.0	14~15	
707	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火3次	2.0	14~15	
106	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火4次	2.1	14~15	
903	原始组织 $950^\circ C$ 循环淬火5次	1.9	15~14	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/59623101132011000>