

热处理对冷作模具钢 Cr8WMo2V2SiNb 组织和力学性能的影响

迟宏宵^{1,2} 吴立志³ 马党参² 张占普³ 雍歧龙^{1,2}

(1 昆明理工大学材料与冶金工程学院,昆明 650093; 2 钢铁研究总院,北京 100081;

3 河冶科技股份有限公司,石家庄 050031)

摘要 研究了1 000~1 240℃淬火,以及1 100℃淬火+200~580℃回火对25 kg真空感应炉冶炼的Cr8WMo2V2SiNb钢(%:0.96C、1.11Si、7.79Cr、1.79Mo、2.16V、0.96W、0.60Nb)Φ13 mm锻材的淬火组织和晶粒度,淬-回火组织、硬度和冲击功的影响。结果表明,Cr8WMo2V2SiNb钢1 100℃淬火后的硬度HRC值为64.5;1 100℃淬火+520℃回火有明显二次硬化效应,硬度达到最大值-HRC62.5,并有较好的韧性,冲击功为8.7 J。

关键词 冷作模具钢 Cr8WMo2V2SiNb 热处理 组织 力学性能

Effect of Heat Treatment on Structure and Mechanical Properties of Cold Work Die Steel Cr8WMo2V2SiNb

Chi Hongxiao^{1,2}, Wu Lizhi³, Ma Dangshen², Zhang Zhanpu³ and Yong Qilong^{1,2}

(1 Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;

2 Central Iron and Steel Institute, Beijing 100081; 3 Heye Science and Technology Co Ltd, Shijiazhuang 050031)

Abstract Effect of quenching treatment at 1 000~1 240℃ and quenching at 1 100℃ + tempering at 200~580℃ treatment on quenched structure and grain size, quenched-tempered structure, hardness and impact energy of Φ13 mm forged product of steel Cr8WMo2V2SiNb (%:0.96C, 1.11Si, 7.79Cr, 1.79Mo, 2.16V, 0.96W, 0.60Nb) melted by a 25 kg vacuum induction furnace, has been studied. Results show that with 1 100℃ quenching, the hardness HRC value of steel Cr8WMo2V2SiNb is 64.5, with 1 100℃ quenching + 520℃ tempering the steel has obvious secondary hardening effect, and the hardness of steel is coming to maximum i. e. HRC62.5 with better toughness i. e. impact energy 8.7 J.

Material Index Cold Work Die Steel, Cr8WMo2V2SiNb, Heat Treatment, Structure, Mechanical Properties

随着现代制造业的快速发展对成型工具提出了越来越高的要求,特别对于冷作模具,既要求有足够的耐磨性,又要求有相当高的韧性。Cr12型冷作模具钢,其典型代表D2(Cr12Mo1V)钢,因具有较高的耐磨性,是当前使用广泛的冷作模具钢。但其韧性较差,在使用过程中常常由于其韧性不足而导致模具的早期失效,满足不了使用要求。20世纪80年代,国外先后研制出了Cr8型冷作模具钢,如美国VASCO公司的VASCO Die、VASCO Wear,日本大同特殊钢公司的DC53,日立金属的SLD-8等钢种。代表钢种是大同特殊钢公司的DC53钢,由于具有良好强韧性及耐磨性的配合,近些年来得到广泛的应用^[1]。相对于DC53钢,Cr8WMo2V2SiNb钢由于增加了W和V而具有更高的耐磨性。因此,研究Cr8WMo2V2SiNb冷作模具钢的组织 and 性能,对该钢的应用具有一定的指导意义。

1 试验用料及方法

试验用钢采用真空感应炉冶炼,其冶炼化学成分如表1。试验钢材的冶金生产工艺为:真空感应炉冶炼(25 kg锭)→钢锭退火→锻造成材(Φ13

表1 试验钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of test steel /%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Nb
0.96	1.11	0.14	0.005 9	0.004 7	7.79	1.79	2.16	0.96	0.60

mm)→钢材退火。硬度和金相试样尺寸为Φ13 mm×15 mm,洛氏硬度试验按GB/7230-1991标准执行。热处理在箱式电炉中进行,淬火工艺为:到温装炉,820℃预热25 min。在淬火温度下保温20 min,油冷到室温。淬火温度的选择为1 000、1 040、1 080、1 100、1 120、1 140、1 160、1 180、1 200、1 240℃。淬火组织用10%硝酸酒精腐蚀。晶粒度评级按GB6394-1986进行。对试验钢选择一个淬火温度后进行不同温度回火试验,研究不同回火温度对硬度、冲击韧性的影响。冲击试样采用U型缺口,其尺寸(mm)为10×10×55。采用金相显微镜及日立S-4300扫描电子显微镜进行组织观察和能谱分析。

2 试验结果及讨论

2.1 退火组织

对退火后的金相试样的纵向1/4处抛光后,用4%

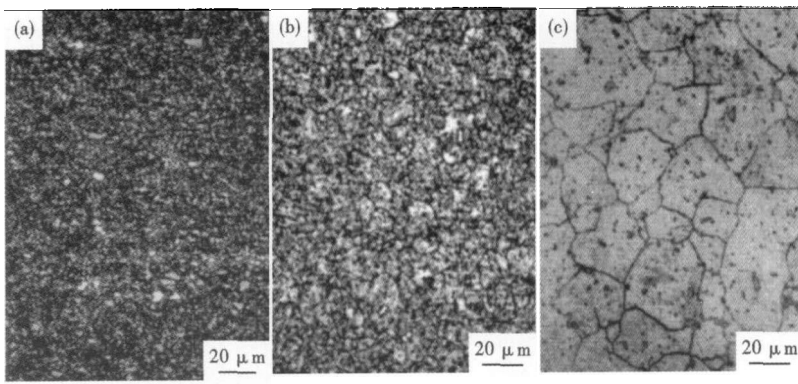


图 1 Cr8WMo2V2SiNb 钢组织形貌:(a)退火1/4直径处;(b)1 100 °C 淬火;(c)1 200 °C 淬火

Fig. 1 Morphology of structure of steel Cr8WMo2V2SiNb: (a) annealed, at 1/4 diameter; (b) quenched at 1 100 °C; (c) quenched at 1 200 °C

硝酸酒精溶液腐蚀后进行金相观察。图 1(a)为试验钢的退火组织。从图 1(a)可以看出,试验钢的退火组织为铁素体上分布着碳化物。由于试验钢有较高含量的 C、Cr 和 V 元素,因此在钢液凝固过程中形成大量共晶碳化物,主要是 M_7C_3 型为主,其余为 M_6C 和 MC 型碳化物^[2]。这些共晶碳化物在随后的热加工过程中得以破碎,成为不规则的角状、块状。严重的甚至呈条带分布。值得注意的是,这些共晶碳化物的尺寸、形状及分布对钢材的韧性等性能影响很大,尤其要加以控制。相对于 Cr12 类型钢材,试验钢的共晶碳化物尺寸和分布较好,没有 Cr12 类型钢中棱角锋利的块状碳化物,这也是其韧性较好的原因。

2.2 淬火组织及硬度

试验钢的淬火硬度随温度的升高先升高后降低,到1 100 °C 硬度达到峰值(图 2)。这是因为随着

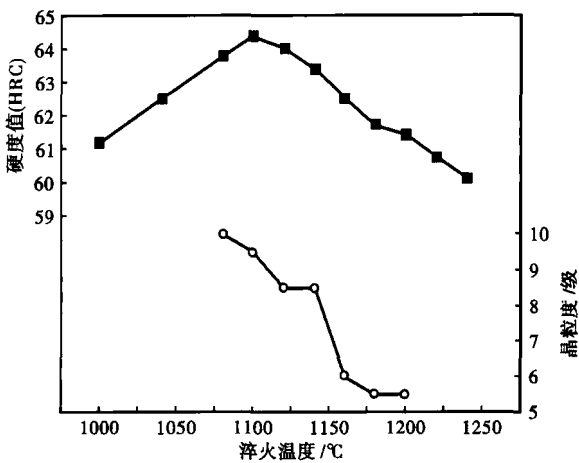


图 2 淬火温度对 Cr8WMo2V2SiNb 钢硬度和晶粒度的影响
Fig. 2 Effect of quenching temperature on hardness and grain size rating of steel Cr8WMo2V2SiNb

淬火温度的升高,熔入奥氏体中的碳和合金元素逐渐增加,致使淬火后马氏体的硬度逐渐升高。但随着奥氏体中碳和合金元素的逐渐增多,试验钢的 M_s 点随之也逐渐降低,所以淬火后残余奥氏体含量逐渐增加,致使试验钢的淬火硬度超过1 100 °C 后呈下降趋势。

试验钢在1 140 °C 之前淬火仍能保持较细小的晶粒尺寸(图 2),这是由于钢中未熔的细小碳化物钉扎在晶界,阻止了奥氏体晶粒的长大。当温度超过1 160 °C,未熔碳化物颗粒明显较少,奥氏体晶粒显著

长大。试验钢的淬火组织为马氏体上分布着碳化物,另外还有部分残余奥氏体。由于马氏体针极细,为隐晶马氏体,因此组织中很难看清马氏体形态。另外还可以看出,1 100 °C 淬火奥氏体仍保持均匀细小的晶粒尺寸(图 1b),而到了1 200 °C 淬火,奥氏体晶粒显著长大并且出现混晶现象(图 1c)。

2.3 回火组织和硬度

图 3 为试验钢经1 100 °C 淬火后,回火硬度随回火温度的变化曲线。图 3 可见,从低温至 350 °C 左右回火,随着回火温度的升高,硬度逐渐下降。这是由于马氏体分解,过饱和的正方马氏体变成立方马氏体,碳原子从过饱和的基体中被排除,马氏体中的碳含量不断降低,正方度不断减小。从 350 °C 到 520 °C 左右回火,硬度逐渐升高。并且在 520 °C 左右硬度达到峰值(HRC 值为 62.5),也说明试验钢存在明显的二次硬化效应。这是因为在本阶段回

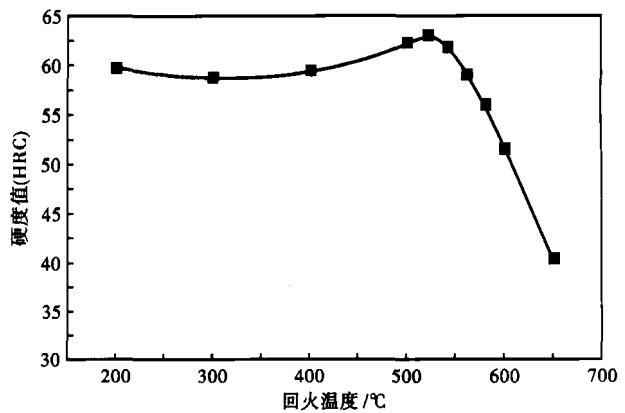


图 3 回火温度对1 100 °C 淬火的 Cr8WMo2V2SiNb 钢硬度的影响

Fig. 3 Effect of tempering temperature on hardness of steel Cr8WMo2V2SiNb quenched at 1 100 °C

火,一方面淬火态保留的残余奥氏体随回火温度的升高逐渐分解;另一方面从马氏体基体中析出弥散的合金碳化物,使钢产生二次硬化。超过 520 °C 后,随温度的升高,硬度逐渐下降,这主要是由于第二类内应力的消除和碳化物的聚集长大。从图 4 可以看出,试验钢经 1 100 °C 淬火,520 °C 回火后的金相组

织为回火马氏体加剩余碳化物。当较低温度回火时,马氏体分解并不完全,其组织较难腐蚀。随着回火温度升高,马氏体分解程度逐渐加大,因此组织也逐渐容易被腐蚀。但 α 相仍保持极细的针状外形,直到 600 °C,细小的碳化物已经粗化。

2.4 冲击韧性

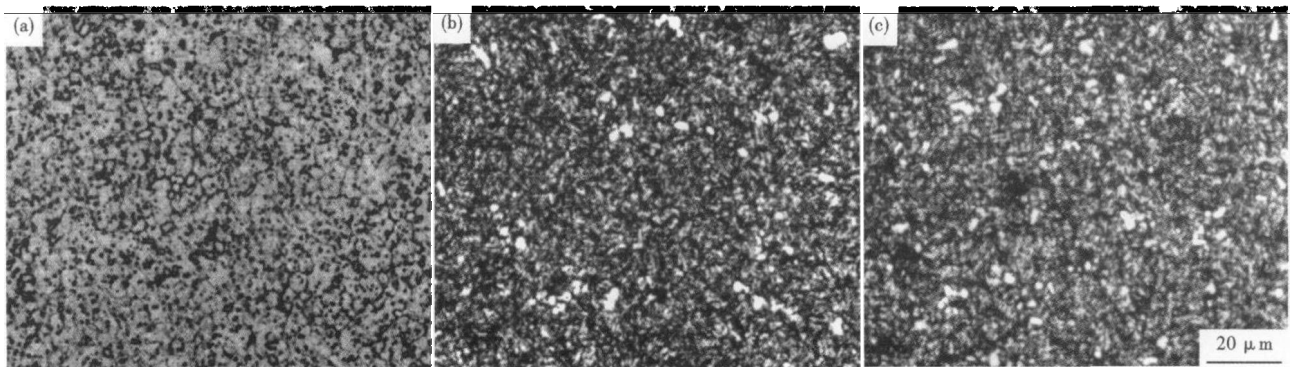


图 4 Cr8WMo2V2SiNb 钢回火组织形貌:1 100 °C 淬火,(a)200 °C;(b)520 °C;(c)600 °C 回火

Fig. 4 Morphology of tempered structure of steel Cr8WMo2V2SiNb: quenched at 1 100 °C, tempered at 200 °C (a); 520 °C (b); 600 °C (c)

表 2 为试验钢经 1 100 °C 淬火 520、540、560、580 °C 回火后的冲击功值。从表 2 可以看出,在此回火温度区间随着回火温度的升高,冲击韧性总体呈上升趋势;而在 560 °C 回火,试验钢获得了最佳

的冲击韧性。图 5 为冲击断口 SEM 照片,从断口形貌可以看出,断口是准解理小平面。相对于解理断口,试验钢冲击断口存在少量韧窝,可见其韧性要好于纯解理断裂。

3 结论

(1) Cr8WMo2V2SiNb 钢经 1 100 °C 淬火后可获得较高的硬度(HRC64.5 左右),该钢 1 100 °C 淬火,560 °C 回火时韧性最佳(冲击功 11 J)。

(2) Cr8WMo2V2SiNb 钢存在明显的二次硬化效应,经 1 100 °C 淬火、520 ~ 560 °C 回火后具有较高的硬度(HRC 值 58.0 ~ 62.5)和较好的冲击韧性(冲击功 8.7 ~ 11.0 J)。

国家“十一五”科技支撑计划(2007BAE510B04)

参考文献

- 1 马党参,刘建华,陈再枝,等. 热处理工艺对新型 Cr8Mo2VSi 和 D2 冷作模具钢扁钢组织和力学性能的影响. 钢铁,2008,43(9):67
- 2 Payson P. The Metallurgy of Tool Steels. New York: John Wiley and Sons Inc,1962

迟宏宵(1983-),男,博士研究生,从事工模具钢研究与开发。

收稿日期:2009-07-02

表 2 回火温度对 1 100 °C 淬火 Cr8WMo2V2SiNb 钢冲击功的影响

Table 2 Effect of tempering temperature on impact energy of steel Cr8WMo2V2SiNb quenched at 1 100 °C

回火温度/°C	冲击功/J
520	8.7
540	10.3
560	11.0
580	10.3

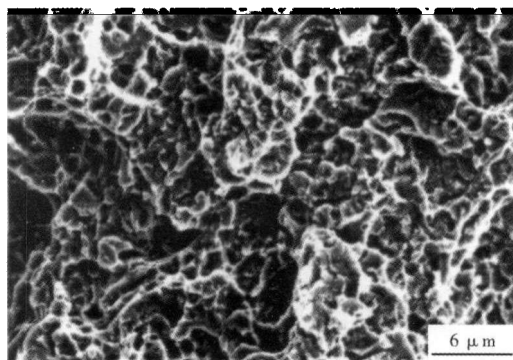


图 5 Cr8WMo2V2SiNb 钢冲击断口形貌,1 100 °C 淬火 + 560 °C 回火,SEM

Fig. 5 Morphology of impact fracture of steel Cr8WMo2V2SiNb, quenched at 1 100 °C and tempered at 560 °C, SEM