

# 塑料模具标准件顶杆用 65MnV 钢的组织分析

The Structure of 65MnV Steel for Quenching  
Ejector Pins of Plastic Dies

程宇航, 赵建生, 吴一平, 陈建国, 乔学亮 (华中理工大学, 武汉 430074)  
CHENG Yu-hang, ZHAO Jian-sheng, WU Yi-ping, CHEN Jian-guo, QIAO Xue-liang  
(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

[摘要] 对新型塑料模具标准件顶杆用钢 65MnV 在淬火和低温回火过程组织的变化进行了系统的研究。结果表明, 65MnV 钢的低温淬火组织为位错马氏体组织, 随淬火温度的升高, 淬火组织逐渐由针状与板条状马氏体的混合组织变成针状马氏体组织, 马氏体组织的亚结构由位错型马氏体向孪晶马氏体转变。钢在低温回火时析出与基体共格的弥散分布的须状 碳化物, 碳化物随回火温度的升高而发生转变, 形成非共格的棒状渗碳体组织。

[关键词] 65MnV 钢; 顶杆; 淬火; 回火; 组织

[中图分类号] TG 142. 1 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4381 (1999) 05-0020-03

**Abstract:** The dependence of microstructure of newly developed plastic die ejector pins steel 65MnV on quenching temperature and tempering temperature was studied. The results show that the quenching structure of 65MnV steel is mainly composed of dislocation martensite. With the increasing of quenching temperature, the structure changes from the composition of needle and plate martensite to needle martensite, the microstructure of martensite changes from dislocation to twin. carbide is precipitated in 65MnV steel at low tempering temperature. The decomposition of carbide and precipitation of  $M_3C$  carbide can be observed at higher tempering temperature.

**Key words:** 65MnV steel; ejector pins; quenching; tempering; structure

整体淬火加中温或低温回火是国内外塑料模具标准件顶杆的常用热处理工艺, 它具有处理方法简单的特点, 若材料选择恰当, 能满足顶杆的使用性能要求。国外塑料模具工业发展较快, 对于顶杆的用材已逐步形成系列, 而国内尚未开发出适合于顶杆生产及使用的较为专用的材料, 用材较乱, 通常使用 65Mn, 50B, T8, T12, 40Cr 和 45 等<sup>[1]</sup>, 国产顶杆常因不能满足性能要求而发生早期失效, 导致使用寿命大大低于进口顶杆。华中理工大学在此基础上研制成功一种新型整体淬火顶杆专用钢 65MnV, 它是在顶杆常用 65Mn 钢的基础上加入微合金化元素钒而形成的, 具有优良的综合力学性能<sup>[1]</sup>, 与 65Mn 钢相比强度提高了 10%, 冲击韧性提高

了 3 倍, 磨性提高了 0.3 倍。本文对 65MnV 钢的淬火和回火过程中的组织变化进行系统研究。

## 1 试验方法

试验用钢采用 10kg 的真空电弧加热炉冶炼而成。其化学成分如表 1 所示。

表 1 试验用钢化学成分 (wt%)  
Table 1 The composition of steel (wt%)

C	Mn	V	P	S
0.66	0.885	0.093	0.018	0.008

采用 JSM-35C 型扫描电子显微镜 (SEM) 和 JEM 100CX 型透射电子显微镜 (TEM) 对 65MnV 钢的显微组织进行分析。透射电镜采用金属薄膜试样, 制样

方法为：用线切割机床将试样切成 0.2 ~ 0.3 mm 厚的薄片，用砂纸磨至 0.025mm 以下，然后冲成 3mm 的小圆片，最后在 MTP-1 型双喷射电解减薄仪上双喷减薄穿孔，制成可供 TEM 观察的试样。双喷射电解液成分为 8% 高氯酸溶液，双喷温度为 - 30 ~ - 50 ，工作电压为 30 ~ 40V，工作电流为 20 ~ 30mA 左右。

2 试验结果与讨论

2.1 65MnV 钢的淬火组织

在光学显微镜下观察到 65MnV 钢的低温淬火组织为隐针马氏体组织，马氏体组织细小，不易观察，故选用扫描电子显微镜进行观察。图 1 所示为 65MnV 钢经 800 和 900 淬火后在扫描电镜下观察到的显微组织照片。

从图中可以看出，65MnV 钢在 800 淬火时的淬火

组织为隐针马氏体组织。随淬火温度的升高，马氏体组织逐渐由针状与板条状马氏体的混合状态变成针状马氏体组织，并且马氏体针变得十分粗大，而钢中未溶碳化物不断溶解和粗化，淬火温度升高到 900 时钢中未溶碳化物几乎全部溶解。

图 2 所示为钢中马氏体组织的亚结构随淬火温度的变化。从图中可以看出，65MnV 钢经 840 淬火时的组织几乎全部是位错型马氏体，孪晶马氏体的含量相当少，在马氏体板条片中可看到大量的位错缠结如图 2a 所示。当温度升高到 900 时，孪晶马氏体的数量逐渐增加，图 2b 所示为孪晶马氏体的组织形貌，这是钢中碳化物溶解增加马氏体中的平均含碳量所致。马氏体的尺寸也随淬火温度的升高而增大，当温度由 800 升高到 900 时，马氏体板条宽度由 0.22 ~ 0.46  $\mu\text{m}$  增大到 0.44 ~ 0.56  $\mu\text{m}$ 。

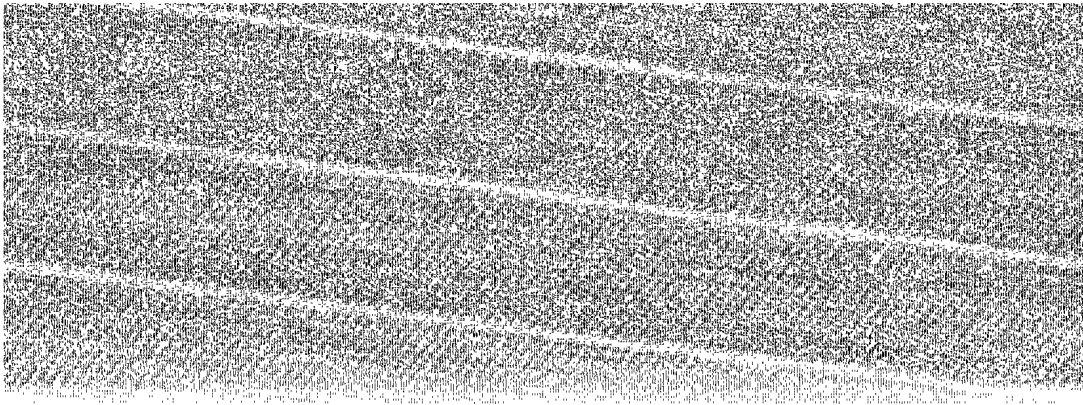


图 1 65MnV 钢的淬火组织 (SEM) 800 × (a) 800 淬火；(b) 900 淬火  
Fig.1 The microstructure of 65MnV steel after quenching (SEM) 800 ×  
(a) quanching at 800 ; (b) quanching at 900

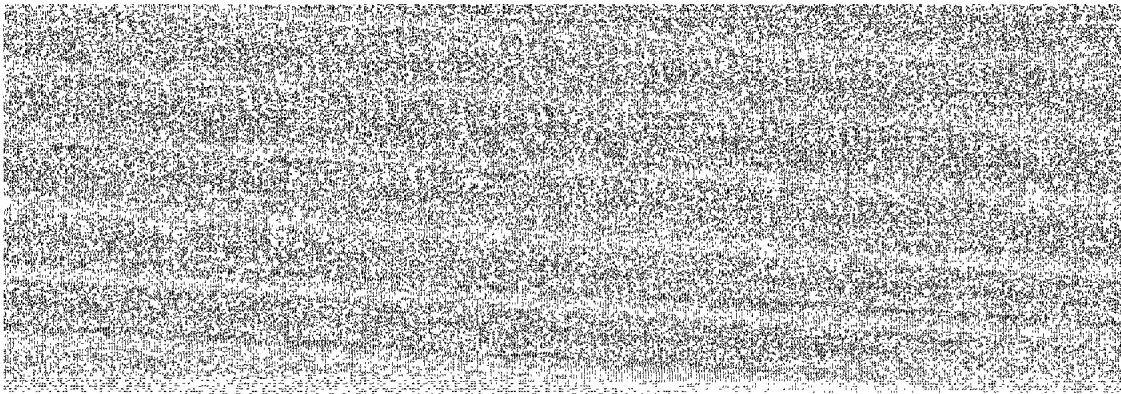


图 2 不同淬火温度下的马氏体亚结构 36000 × (a) 840 淬火；(b) 900 淬火  
Fig.2 The Sub-microstructure of martensite under different quench temperature 36000 ×  
(a) quanching at 840 ; (b) quanching at 900

图 3 所示为 65MnV 钢经 840 淬火后马氏体组织的形态。从图中观察到, 钢中马氏体分布十分混乱, 互相交错排列, 可观察到人字型马氏体 (图 3a) 和交叉型马氏体 (图 3b)。另外还可看到两片马氏体在相遇处发生猛烈碰撞, 先生成的马氏体受到撞击发生滑移, 形成

交叉状态。这是因为马氏体相变是以切变形式发生的, 相变时产生很大的切应力, 在两个马氏体交叉点造成应力集中, 诱发新的马氏体生成, 因此形成人字型马氏体。如果撞击力很大就会使先形成的马氏体发生滑移, 也会使应力集中得到松弛, 形成交叉形马氏体。



图 3 65MnV 钢 840 淬火的马氏体形态 18000 ×  
(a) 人字型马氏体; (b) 交叉型马氏体

Fig.3 Morphology of martensite in 65MnV steel after quenching at 840 18000 ×

2.2 65MnV 钢的回火组织

TEM 对 65MnV 钢经 840 淬火后经不同温度回火组织的观察表明, 在 180 回火时, 钢中析出细小的短须状 碳化物 (图 4a), 未发现渗碳体的析出。碳化物粗细为 2 ~ 15 nm, 长度为 30 ~ 140 nm, 与基体保持共格

关系, 在取向上保持 Jack 关系。随回火温度的升高, 钢中 碳化物逐渐向渗碳体转变, 渗碳体含量和尺寸逐渐增加。图 4b 是在 260 回火试样中观察到的渗碳体, 呈棒状, 粗细为 5 ~ 20 nm, 长度为 80 ~ 250 nm。

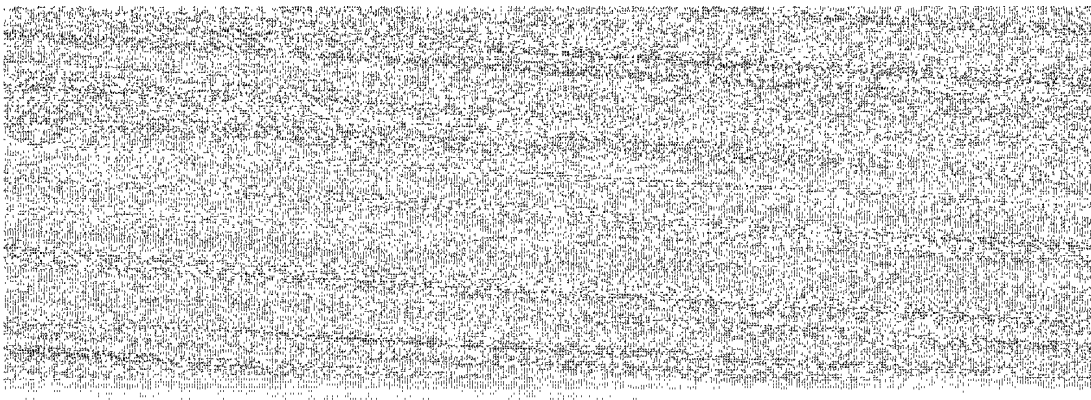


图 4 回火温度对 65MnV 钢组织的影响 36000 ×  
(a) 180 回火析出的 碳化物; (b) 260 回火析出的渗碳体

Fig.4 The dependence of microstructure in 65MnV steel on temper temperature

3 结论

- 体组织组成, 珠光体片层间距为 0.8 ~ 1.1 μm。
  - (2) 65MnV 钢的低温淬火组织为隐针马氏体组织,
- (下转第 26 页)

- (1) 65MnV 钢的退火组织由细小的珠光体和铁素

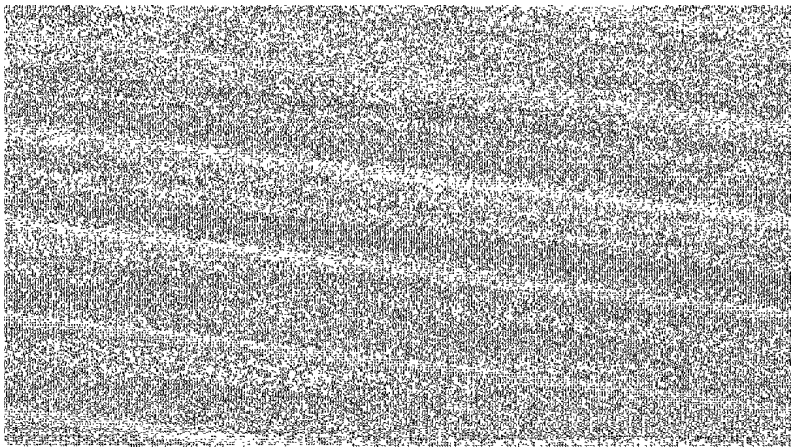


图 4 TAF20 三点弯曲断口形貌

Fig.4 Fracture morphology of TAF20 cermet (a) and it s magnification (b)

粒形状极不规则，局部有异常长大。

(3) Fe 与 TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 界面结合较好。Fe 与 TiC 之间的界面光滑，Fe 与 TiC 之间有一很薄的扩散层。

(4) TAF20 具有优良的力学性能，但和传统方法制备的成分相近的 Ni, Co 基金属陶瓷还有一定的差距。

参考文献

[ 1 ] Merzhanov A G, Shikro V M. Authors Certificate Application, No.255221, 1967.

[ 2 ] Subrahmanyam J, Vijakamar M. J Mater Sci, 1992, 27: 6249.

[ 3 ] Munir Z A, Anselmi-Tamburini U. Mater Sci Rep, 1989, 3 (7): 277.

[ 4 ] Burden S J, Hong J, Rue T W, Stromborg C L. Am Ceram Soc Bull, 1988, 67 (6): 1003.

[ 5 ] 童国权, 王尔德, 何绍元. 粉末冶金技术, 1995, 13 (4): 243.

[ 6 ] 张卫方, 韩杰才, 董世运等. 材料工程, 1998, (10): 15.

[ 7 ] Lee W C, Chung S L. J Am Ceram Soc, 1997, 80 (1): 53.

[ 8 ] Saidi A, Chrysanthou A. Wood J V, Kellie, J L F. J Mater Sci, 1994, 29: 4993.

[ 9 ] Choi Y, Woorhee S. J Am Ceram Soc, 1995, 78 (4): 986.

[ 10 ] 王家祥, 陈宝清, 郭可仞, 黄燕清. 真空, 1991, 119 (3): 26.

[ 11 ] 王零森. 特种陶瓷. 长沙: 中南工业大学出版社, 1994, 136.

[ 12 ] Dufour L C. Kluwer Academic Publisher, 1989. 393.

[ 作者简介 ] 张化宇 (1971-), 男, 哈尔滨工业大学复合材料研究所, 博士生, 主要从事自蔓延高温还原合成方面的研究。

\* \* \* \* \*

( 上接第 22 页 )

随淬火温度的升高, 淬火组织逐渐由针状与板条状马氏体的混合组织变成针状马氏体组织, 马氏体组织的亚结构由位错型马氏体向孪晶马氏体转变。

(3) 65MnV 钢在 180℃ 回火时析出共格的弥散分布的须状 碳化物, 碳化物随回火温度的升高发生转变或分解, 形成棒状渗碳体。

参考文献

[ 1 ] 程宇航, 赵建生, 孙培祯. 电子工艺技术, 1993, 6: 14 ~ 16.

[ 2 ] 程宇航, 赵建生, 吴一站, 陈建国. 材料工程, 1998, (1): 25 ~ 27.

[ 作者简介 ] 程宇航 (1968-), 男, 博士。联系地址: 湖北武汉华中理工大学材料学院 (430074)