

整体淬火顶杆用钢65MnV 的研制

The Study of 65MnV Steel Used for Quenching Ejector Pins of Plastic Dies

程宇航 赵建生 吴一平 陈建国 (华中理工大学)

Cheng Yuhang Zhao Jiansheng Wu Yiping Chen Jianguo
(Huazhong University of Science and Technology)

[摘要] 根据整体淬火顶杆的制造及使用性能要求,研制了一种新型整体淬火顶杆专用钢65MnV,研究了该钢的物理、力学及工艺性能,并与顶杆常用钢65Mn进行比较。结果表明:65MnV钢具有良好的综合力学性能、加工性能和耐磨性。同65Mn相比, $\sigma_{0.2}$ 和 σ_b 分别提高了292MPa和203MPa, σ_{ak} 和耐磨性分别提高了3倍和0.3倍。65MnV钢是一种理想的整体淬火顶杆用钢。

关键词 塑料模具标准件 顶杆 合金化

[Abstract] Based on servicing and manufactured property demands of quenching ejector pins of plastic dies, a new quenching ejector pin steel 65MnV was studied. The physical, mechanical and technological properties were also tested and compared with other ejector pin steel (65Mn) generally used. Results showed that 65MnV steel has better mechanical, manufactured and wear resistance properties. Compared with 65Mn, $\sigma_{0.2}$ and σ_b increase by 292MPa and 203MPa respectively, σ_{ak} and wear resistance increase by 3 and 0.3 times respectively. 65MnV steel is a ideal steel for quenching eject pin.

Keywords plastic die ejector pin alloying

1 前言

整体淬火顶杆是塑料模具标准件顶杆中最重要的,因其处理方法简单、生产成本低,使用非常广泛。国外塑料模具工业发展较快,对于顶杆的用材已成系列,而国内尚未开发出适合于顶杆生产及使用的较为理想的专用材料,用材较乱,目前通常选用65Mn、50B、T8、T12、40Cr以及45钢等^[1],但其使用寿命明显低于进口顶杆。因此研究适于国内目前生产水平的顶杆用钢及其热处理工艺制度具有重要的意义。

2 整体淬火顶杆用钢的性能要求

整体淬火顶杆用钢一般用来制造直径较粗的顶杆,在脱模过程中将承受大部分的压力,因此整体淬火顶杆必须具有足够的强度和韧性,以防止顶出偏心,以致塑料制品顶出受到阻碍而发生弯曲变形和脆性断裂。同时,整体淬火顶杆与模具的受热变形不协调,顶杆与配合孔之间的间隙变小,导致脱模时顶杆与配合孔之间发生严重磨损,故要求整体淬火顶杆具有足够的耐磨性。

除了使用性能,作为整体淬火顶杆专用钢还应具有良好的工艺性能。为了便于大量生产,顶杆一般先经热轧轧成线材,再根据顶杆的尺寸进行冷拔,顶杆较粗的一端都是采用热挤压的方法制成粗坯,然后再机加工成成品,因此要求具有良好的拉拔性能和空冷后的冷加工性能。

3 整体淬火顶杆用钢的成分设计

碳含量对钢的强度、韧性和耐磨性起重要作用,为保证顶杆工作时所需的高强度和硬度,要求较高的含碳量,但过高的含碳量会增加钢的脆性,且使可锻性和拉拔性能都受到影响。综合考虑各因素,应选中碳偏高的含碳量。钒是重要的微合金化元素之一,在加热时一部分固溶进奥氏体中增加钢的强度,提高钢的抗回火稳定性。而未固溶进奥氏体中的钒,则以稳定的碳化物形式存在于钢中,阻碍奥氏体晶粒的长大粗化,获得细小奥氏体晶粒,使在增加钢强度的同时,改善钢的韧性^[2]。同时,细小碳化物的存在可提高钢的耐磨性。另外,为了提高钢的淬透性,选用一定量的合金元素锰。

综合考虑以上各因素以及国内外整体淬火顶杆用钢，新设计钢的化学成分如表1所示。

表 1 整体淬火顶杆用钢65MnV 的设计成分 (wt%)

Table 1 Composition design of 65MnV steel

C	Mn	V	Si	P	S
0.60/0.70	0.80/0.90	0.08/0.12	0.20/0.30	0.04	0.03

4 试验结果及分析

4.1 钢的化学成分

试验用钢采用真空感应炉冶炼，锭重10kg，其化学成分如表2所示。

表 2 试验用钢化学成分 (wt%)

Table 2 Chemical composition of the experimental steel

C	Mn	V	Si	P	S
0.66	0.89	0.09	0.36	0.081	0.008

4.2 相变点及 TTT 曲线

使用 Formaster-F 全自动相变仪测定钢的过冷奥氏体转变曲线。根据相变引起的体积变化效应绘制成等温转变曲线，确定相变临界点。试样做完热膨胀试验后进行金相分析。根据各相的组成进一步验证试验结果的正确性。

经测定，加热及冷却时的相变点及奥氏体等温转变曲线 (TTT 曲线) 分别如表3和图1所示。

表 3 65MnV 钢相变临界点 ()

Table 3 Critical temperature () of the phase transitions in the 65MnV steel

Ac ₁	Ac ₃	M _s
695	725	255

从图中可看出，65MnV 钢的珠光体转变区和贝氏体转变区没有分离，形成一条完整的“C”曲线，同时还出现先共析铁素体析出线。同65Mn 钢的“C”曲线相比，65MnV 钢的“C”曲线明显左移^[3]。这是由于钢中含有强碳化物形成元素 V。根据固溶度累积公式，含 0.6%C 和 0.7%C 的钢中，VC 的溶解温度分别为 977 和 988^[4]，而测定“C”曲线时的奥氏体温度为 860，故钢中含有一定量的未溶 VC，束缚住了部分碳原子，从而降低了钢的奥氏体中的有效含碳量，导致“C”曲线左移。

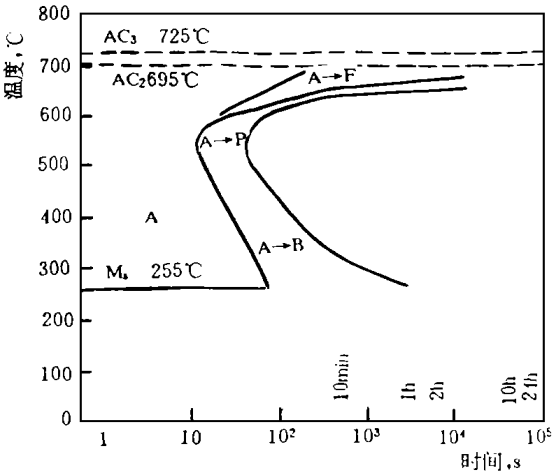


图 1 65MnV 钢的 TTT 曲线

Fig. 1 TTT curves of the 65MnV steel

4.3 力学性能

4.3.1 硬度

65MnV 钢经 800~875 间不同温度淬火，180~350 间不同温度回火后的硬度值如表4所示。可以看出，经上述温度淬火后都具有很高的硬度值。同时，由于合金元素 V 的作用，65MnV 钢具有较高的抗回火稳定性，经 300 回火后，硬度仍大于 HRC55。

表 4 65MnV 钢淬火及回火硬度 (HRC)

Table 4 Hardness (HRC) of 65MnV steel as a function of quenching and tempering temperatures

加热温度	淬态	回火温度,					
		180	200	230	260	300	350
800	62.5	61.4	60.3	58.8	58.5	57.0	54.1
825	63.1	61.6	60.3	59.4	59.5	57.2	54.1
850	64.0	61.6	60.5	59.2	59.1	57.5	54.5
875	64.5	61.5	60.7	59.2	58.2	57.1	54.2

4.3.2 拉伸、冲击性能

65MnV 钢在 840 淬火、不同温度回火条件下，其强度、塑性和冲击韧性试验结果如表5所示，并与整体淬火顶杆常用钢 65Mn 进行比较。65Mn 钢的热处理工艺采用顶杆生产常用工艺，即 840 淬火，220 回火。以上回火时间均为 1.5h。其中拉伸试验采用 6mm×90mm 标准短试样，一次冲击韧性试样为 10mm×10mm×55mm 标准夏氏“V”型缺口试样。

从表中可看出，经相同工艺处理后，65MnV 钢的强度、塑性和一次冲击韧性值均明显超过 65Mn 钢。这是

因为经840 淬火后, 65MnV 钢中存在大量细小的弥散分布的V₃C₄质点, 阻碍晶粒的长大, 淬火后获得细小的晶粒, 通过细晶强化的方式增加钢的强度, 同时减小断裂过程中的“断裂单元”, 改善钢的韧性。由此可见, 65MnV 钢具有良好的综合力学性能, 能满足整体淬火顶杆的使用性能。

表 5 65MnV 及65Mn 钢强度、塑性和韧性

Table 5 Mechanical properties of 65MnV steel and 65Mn steel

回火温度,	65MnV				65Mn
	180	220	260	300	220
σ_b , MPa	2313	2343	2210	1786	2140
$\sigma_{0.2}$, MPa	2100	2057	2013	1715	1765
δ , %	2.0	13.1	31.6	37.6	2.0
ψ , %	1.5	4.9	6.3	7.1	1.6
a_{k1} , J/cm ²	8.8	7.5	9.1	13.6	2.1

4.4 工艺性能

4.4.1 退火工艺

为了便于机加工和消除内部应力, 采用如下退火工艺处理: 780 等温4h, 随炉冷却。退火硬度为HB 180, 完全能满足机加工要求。在扫描电镜下观察到, 65MnV 钢的退火组织由片间距为0.8~1.1 m 的珠光体和少量铁素体组成, 故退火硬度低。

4.4.2 空冷后硬度

对于65MnV 钢热轧后的冷加工性能, 采用将试样加热到840 等温10min, 空冷, 测定空冷硬度的方法评价。经上述工艺处理后, 钢的硬度为HB 255, 因此具有良好的冷加工性能。

4.4.3 奥氏体晶粒度

65MnV 钢的奥氏体晶粒度测定时, 采用饱和的碱性苦味酸溶液浸蚀, 用YB-27-77标准对晶粒度进行评级。经测定65MnV 钢经不同温度淬火后的晶粒度如表6所示。

表 6 65MnV 钢晶粒度

Table 6 Grain size of 65MnV steel

淬火温度,	800	825	850	875	900
奥氏体晶粒度 (级)	12	11	10~11	9~10	10

由此可见, 65MnV 具有十分细小的奥氏体晶粒。即

使900 淬火的晶粒度 (10级) 仍比65Mn 钢830 淬火后的晶粒度 (8级) 细2级, 这是钒的未溶碳化物作用的结果。

4.5 耐磨性

本试验设备为MM-200型磨损试验机, 采用环块式滑动摩擦付。对磨材料为GCr15, 硬度为HRC62~63。采用10号机油润滑, 滴量控制在14~20drop/min, 转速200r/min, 载荷为175kg, 摩擦3.5h。用失重法评价其耐磨性。

经测定, 65MnV 钢和65Mn 钢的耐磨性分别为0.53mg/h和0.67mg/h。可见65MnV 钢具有更好的耐磨性。这是由于65MnV 钢的硬度高于65Mn 钢, 且65MnV 钢中存在大量细小的弥散分布的碳化钒, 有助于提高钢的耐磨性。

5 结论

(1) 与目前使用的整体淬火顶杆用钢的65Mn 相比, 65MnV 钢具有更好的综合力学性能。

(2) 65MnV 钢具有良好的淬硬性和抗回火稳定性, 选择适当的热处理工艺, 可获得良好的耐磨性。

(3) 65MnV 钢具有良好的退火软化性能和热轧空冷后的冷加工性能。

(4) 65MnV 钢能满足整体淬火顶杆的生产及使用性能要求, 用65MnV 钢代替目前使用的顶杆用钢65Mn, 可提高顶杆的生产及使用水平。

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 孙珍宝, 朱谐藩, 林慧国等. 合金手册, 上册, 冶金工业出版社, 1984, 89
3 清华大学机械系编. 钢的过冷奥氏体转变曲线, 第一分册, 1978, 54
4 雍岐龙, 马鸣图. 微合金钢-物理和力学冶金. 机械工业出版社, 1989, 209

稿件收到日期: 1996. 11. 21.

程宇航, 男, 1968年5月生, 博士, 联系地址: 湖北省武汉市华中理工大学材料科学与工程系金属材料热处理教研室 (邮编430074)。