

## 3Cr3Mo3VNb 在热冲孔中的应用研究

黄少东<sup>1</sup>, 庞丹<sup>2</sup>, 孙锋<sup>2</sup>, 闫峰<sup>2</sup>, 张志明<sup>1</sup>, 赵志翔<sup>1</sup>, 赵祖德<sup>1</sup>

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039; 2. 辽沈工业集团有限公司, 沈阳 110045)

**摘要:** 高合金钢热冲孔冲头寿命关系到模具与产品成本、生产效率、自动化设备的使用, 因此, 应注重冲头的选材、材料制备与冲头制造工艺。用 3Cr3Mo3VNb 作为高合金钢热冲孔冲头, 为提高模具寿命, 在材料制备上, 优化了成分, 采用电渣重熔冶炼, 减少杂质, 毛坯锻造两次, 用大锻造比锻造, 冲头热处理用真空炉, 三次回火, 热处理硬度取 HRC42~46, 冲头表面处理采用镀铬工艺, 开展了热冲孔工艺试验。结果表明, 用 3Cr3Mo3VNb 可使冲孔冲头寿命平均达到 800 件以上。

**关键词:** 3Cr3Mo3VNb; 热冲孔; 冲头; 冲头寿命

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-6457.2013.06.005

**中图分类号:** TG304

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6457(2013)06-0020-03

## Application Research of 3Cr3Mo3VNb in Hot Punching

HUANG Shao-dong<sup>1</sup>, PANG Dan<sup>2</sup>, SUN Feng<sup>2</sup>, YAN Feng<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-ming<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-xiang<sup>1</sup>, ZHAO Zu-de<sup>1</sup>

(1. No. 59 Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;

2. Liaoshen Industry Group Co., Ltd., Shenyang 110045, China)

**Abstract:** The punch life of hot punching for high-alloy steel is related to die and product cost, production efficiency, use of automatic equipment, therefore the choice of punch material, billet preparation and punch manufacture should be paid attention. 3Cr3Mo3VNb is used in hot punching of high-alloy steel. In order to improve the punch life the punch material composition are optimized. Electroslag remelting is used in refining and the impurity is reduced. The billet is forged twice with large forging ratio. Vacuum furnace is used in heat treatment. Temper is conducted three times. The hardness after heat treatment is taken as HRC42~46. Chrome-plating is used as surface treatment. Hot punching experiment is conducted. It shows that the average life of punch by 3Cr3Mo3VNb is over 800.

**Key words:** 3Cr3Mo3VNb; hot punching; punch; punch life

在高合金钢筒形件的热冲孔生产中, 由于高合金钢温度高(1100~1200℃), 变形抗力大, 冲孔冲头工作条件恶劣。目前国内厂家一般用 3Cr2W8V 或 H13 做冲头, 根据其产品不同特点, 其寿命一般为 100~400 件, 与国外有较大差距, 不仅消耗了较多的模具材料, 增加了模具成本, 而且由于较频繁地

更换冲头, 也降低了生产效率, 不利于自动化生产。

为了提高冲头寿命, 作者开展了用 3Cr3Mo3VNb<sup>[1-6]</sup> 作为高合金钢筒形件热冲孔冲头的研究, 初步试验<sup>[7]</sup>表明, 用 3Cr3Mo3VNb 进行高合金钢筒形件热冲孔, 不仅在材料制备、模具制造和使用均必须用合理的工艺, 才能达到好的效果, 提高模

收稿日期: 2013-09-10

基金项目: 国防基础科研重点项目(A1020110004)

作者简介: 黄少东(1963-), 男, 广东陆丰人, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为材料加工技术。

具寿命。作者在前期试验基础上,对材料制备、模具制造工艺等进行了优化,试验结果表明,冲头寿命相对于 3Cr2W8V 或 H13 有较大提高。

### 1 3Cr3Mo3VNb 材料制备

为了使材料达到晶粒细小、杂质少,减少疏松等目的,冶炼采取了以下优化技术措施。

1) 在成分方面,使 V, Nb 取上限,有利于细化晶粒。V 标准含量为 0.60% ~ 0.80%,实际达到 0.80%,Nb 标准含量为 0.08 ~ 0.15,实际达到 0.13%。

2) 冶炼料用精料,采用车床屑、锻压边料,材质均为 24CrMo。

3) 避免氢气进入钢液,措施包括:用干燥热炉冶炼,同时用热钢模、热浇杯生产,中后期加入合金材料 Mo, V, Nb, Si 进行烘烤后入炉。

4) 出炉浇注时,先快、中慢、后快,控制钢水温度和浇注速度,尽量减少钢水的收缩所产生的缩孔体积。

5) 要防止沙子掉进缩孔之中,钢在浇注满 16 h 后才起模,将钢棒送电渣之前所沾之沙,彻底清理干净。

6) 采用电渣重熔冶炼(见图 1),使钢液纯净,降低硫等杂质,其中 P 标准为  $\leq 0.03\%$ ,实际达到 0.019%,S 标准为  $\leq 0.03\%$ ,实际为 0.0074%,S 含量显著降低。

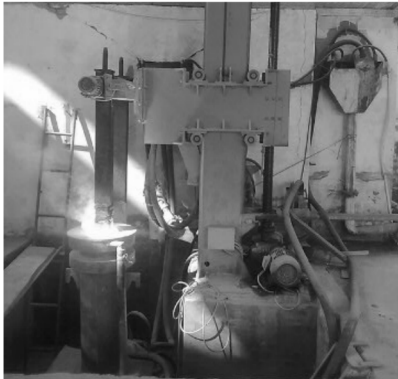


图1 电渣炉

Fig. 1 Electroflux refining furnace

7) 电渣锭退火温度保证在 880 ℃ 期间保温 10 h。材料锻造工艺中采取了以下技术措施。

1) 锻打之前都应进行探伤,首次锻打,先锻成

方棒料(见图 2),然后探伤、退火。退火工艺为:在真空炉内将冲头毛坯缓慢加热至 960 ℃,升温速度每小时不大于 100 ℃。在 960 ℃ 的保温时间为 2.5 min/mm。球化时间保证 6 h,在炉温降至 500 ℃ 时,出炉空冷。

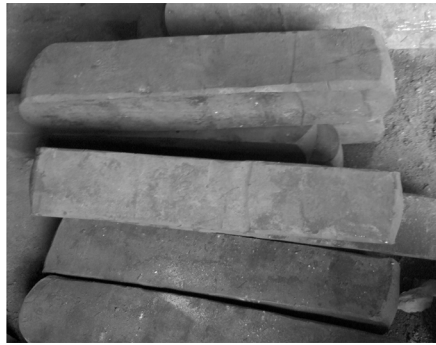


图2 第一次锻打的方坯

Fig. 2 Square billet by first forging

2) 方棒料退火完毕后,按要求的重量,精确下料,冲头第二次成形锻打,用大锻造比(两次锻造总锻造比合计大于 5)的反复镦拔工艺,至少三镦三拔,使材料实现三维变形,同时保证尺寸要求。

### 2 模具制造工艺

#### 2.1 热处理

为减少内应力,细化组织,保证冲头强韧性合理匹配,应制定合理的热处理工艺,其中优化淬火工艺为:在真空炉(见图 3)内加热毛坯至 1080 ℃,两次预热,第一段预热温度为 450 ~ 550 ℃,第二段温度为 800 ~ 850 ℃,按 1 ~ 1.5 min/mm 进行,然后加热至 1080 ℃,按 0.8 ~ 1.2 min/mm 进行。



图3 真空炉

Fig. 3 Vacuum furnace

保温后预冷至 800 ℃ 淬油,出油温度为 100 ~ 200 ℃。

回火工艺为:加热按 0.4 ~ 0.6 min/mm,采用三次回火。

在初期试验的基础上,将热处理硬度调整为 HRC42 ~ 46。

经热处理后的金相组织为回火针状马氏体+少量残余奥氏体,其组织均匀,晶粒细小。

## 2.2 表面处理

根据初期试验,冲头表面处理采用表面镀铬工艺,处理的冲头如图 4 所示。



图 4 镀铬处理冲头

Fig. 4 Punches by chrome-plating

## 3 冲孔工艺试验

对某高合金钢深筒形件热冲孔进行了工艺试验,筒形件材料为 50SiMnVB,孔径为 100 mm,孔深为 350 mm,深筒形件及冲孔模具如图 5 所示。冲孔加工前将冲头缓慢加热至 250 ~ 300 ℃。



a 工件



b 模具

图 5 冲头冲孔工艺试验

Fig. 5 Punching experiment

试验结果如表 1 所示。试验结果表明, 3Cr3Mo3VNb 的冲头前部圆角

表 1 试验冲孔冲头寿命

Table 1 Punch life in punching experiment

|       | 第 1 件 | 第 2 件 | 第 3 件 | 第 4 件 | 第 5 件 | 平均值   | 备注        |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 第 1 组 | 951 件 | 697 件 | 786 件 | —     | —     | 811 件 | 重磨一次      |
| 第 2 组 | 852 件 | 837 件 | 826 件 | 794 件 | 815 件 | 825 件 | 未重磨,可重磨再用 |

处塌陷明显小于 H13 制备的冲头,说明该材料热强性好。试验证明其寿命明显优于 3Cr2W8V 或 H13 制备的冲头。

## 4 结语

对 3Cr3Mo3VNb 材料成分控制、电渣重熔冶炼、锻造、模具热处理与表面处理等进行了优化,将其用于制造高合金钢热冲孔冲头,开展了热冲孔工艺试验,其寿命达到 800 件以上,证明该种材料热强性好,寿命高,适于作为高合金钢热冲孔冲头。

### 参考文献:

- [1] 熊国锋,闫明松,符韵. 超高强韧性热模钢 3Cr3Mo3VNb 性能及其生产应用[J]. 精密成形工程,2009,1(2):34-

38.

XIONG Guo-feng, YAN Ming-song, FU Yun. Performance of Ultra-high Strength Hot Die Steel 3Cr3Mo3VNb and It's Productive Practice[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2009, 1(2): 37-38.

- [2] 熊国锋,王德文,李平安. 超高强韧性热作模具钢 3Cr3Mo3VNb 的应用研究[J]. 模具工业, 2002(12): 48-50.

XIONG Guo-feng, WANG De-wen, LI Ping-an. Study of the Application of the Ultrahigh-malleability Hot Work Die Steel 3Cr3Mo3VNb[J]. Die & Mould Industry, 2002(12): 48-50.

- [3] 熊国锋. 新型热作模具钢 3Cr3Mo3VNb[J]. 热加工工艺, 1988(3): 36-39.

XIONG Guo-feng. A New Type of Hot Working Die Steel 3Cr3Mo3VNb[J]. Hot Working Technology, 1988(3): 36-39.

(下转第 35 页)

## 参考文献:

- [1] 阙文军,柳玉起,杜亭. 基于CATIA的修边线展开与翻边成形性模拟系统[J]. 塑性工程学报,2012,19(1): 50-54.  
KAN Wen-jun, LIU Yu-qi, DU Ting. Developing System of Trimming Line Unfolding and Simulation Based on Catia[J]. Journal of Plasticity Engineering, 2012, 19(1): 50-54.
  - [2] 王艳波,柳玉起,杜亭,等. 汽车覆盖件修边线展开及优化[J]. 精密成形工程,2011,3(6): 42-46.  
WANG Yan-bo, LIU Yu-qi, DU Ting, et al. Trimming Line Unfolding and Optimization of Auto Body[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2011, 3(6): 42-46.
  - [3] 王伟,柳玉起,钟文,等. 基于Pro/E平台的修边线展开与翻边成形模拟系[J]. 锻压技术,2010,35(6): 45-48.  
WANG Wei, LIU Yu-qi, ZHONG Wen, et al. Developing of Trimming Line Unfolding and Flanging Forming Simulation System Based on Pro/E Platform[J]. Forging & Stamping Technology, 2010, 35(6): 45-48.
  - [4] 黄飞. 网络环境下桥式起重机参数化CAE技术研究[D]. 太原:中北大学,2012.
  - [5] 孙伟,李朝峰,刘杰,等. 面向复杂机构设计的参数化仿真技术研究[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2008, 29(9): 1319-1321.  
SUN Wei, LI Chao-feng, LIU Jie, et al. Study on Parameterized Simulation Process for Complicated Mechanism Design[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2008, 29(9): 1319-1321.
  - [6] 周盛. 关联设计技术及其在三维模具设计中的应用[D]. 武汉:华中科技大学,2005.  
ZHOU Sheng. Association Design Methods and Their Applications in 3D Mould Design[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2005.
  - [7] 章志兵. 面向冲压产品设计的快速仿真与优化技术的研究[D]. 武汉:华中科技大学,2008.  
ZHANG Zhi-bing. Research on Fast Simulation and Optimization Technology for the Stamping Product Design[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008.
- .....
- (上接第22页)
- [4] 刘润农,李玉花,白富真. 3Cr3Mo3VNb钢的性能及热作模具钢的性能与模具寿命的关系[J]. 模具技术, 1985(5): 60-66.  
LIU Run-nong, LI Yu-hua, BAI Fu-zhen. Property of 3Cr3Mo3VNb and Relation between Property of Hot Die Steel and Die Life[J]. Die and Mould Technology, 1985 (5): 60-66.
  - [5] 何文超. 3Cr3Mo3VNb钢热锻模失效的特征分析及提高模具使用寿命的措施[J]. 工具技术, 2004(2): 30-32.  
HE Wen-chao. Efficacy Lose Analysis of 3Cr3Mo3VNb Steel Mold and Measure of Increasing Molding Service Life[J]. Tool Engineering, 2004(2): 30-32.
  - [6] 杨哲晨. 3Cr3Mo3VNb钢应用于AT轨模具的工艺试验[J]. 热加工工艺, 2001(3): 70-71.  
YANG Zhe-chen. Technological Test of 3Cr3Mo3VNb Applied to the Die for AT Rail[J]. Hot Working Technology, 2004(2): 30-32.
  - [7] 张志明,黄少东,王长朋. 高强度钢热挤压模的失效分析[J]. 精密成形工程, 2013, 5(1): 12-15.  
ZHANG Zhi-ming, HUANG Shao-dong, WANG Chang-peng. Failure Analysis of Hot Extrusion Die for High-strength Steel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(1): 12-15.
- ~~~~~
- (上接第26页)
- [7] 刘立. 数控编程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2008.  
LIU Li. CNC Programming[M]. Beijing: Beijing University of Science and Technology Press, 2008.
  - [8] 陈旭东. 机床夹具设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.  
CHEN Xu-dong. Machine Tool Fixture Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
  - [9] 张平. 焊接应力、变形的控制工艺[M]. 北京:高等教育出版社,1999.  
ZHANG Ping. The Control Technology of the Welding Stress and Deformation[M]. Beijing: Higher Education Press, 1999.
  - [10] 易丹青. 金属材料及热处理[M]. 长沙:中南大学出版社,2010.  
YI Dan-qing. Metal Materials and Heat Treatment[M]. Changsha: Central South University Press, 2010.