

提高热挤压模使用寿命的研究

——离子C、N、B多元共渗在模具中的应用

李国庆

蒋昌生

(机械系)

(江西大学)

摘 要

本研究通过对热强钢排气阀热挤压成型模的失效分析,系统考虑了影响3Cr2W8V钢模具使用寿命的各种因素,从改善基体的断裂韧性及表面强韧化工艺着手,同时改善工况,由于采用新型水剂石墨润滑剂,有效地消除了早期断裂及早期压塌失效。采用了无腐蚀性有机硼化物作渗剂进行低温离子碳氮硼三元共渗,从而改善了模具的抗氧化性,热疲劳性,抗粘性及耐冲击磨损抗力,大幅度提高了模具的寿命,取得了显著的经济效益。

一 引 言

热强钢排气阀热挤压成型模工作温度达600℃左右,工作条件较为恶劣。目前国内工厂大多数采用3Cr2W8V钢制造,使用寿命较低。

在国外这种钢逐渐被新的钢种所代替,如瑞典发表的UHBQR080M钢,把钢中的钒含量提高到1.25%,复加微量元素,使各项性能都高于3Cr2W8V。英国在H10钢的基础上加入3%Co发展成BH10A钢,改善了H10钢的抗回火稳定性。日本和美国在H10钢的基础上以Ni代Cr,降低C含量,发展了2Ni3MO3W2V,韧性和抗热疲劳性得到进一步的改善。我国在3Cr3MO3SiV钢的基础上加入2%W,发展为3Cr3MO3W2V钢,4Cr5MOVSi,以及3Cr3MOSiV钢等。目前,我国仍以3Cr2W8V钢为主,每年产量仍保持在10000吨以上,因此如何通过热处理手段及各种综合措施,挖掘此种钢的潜力,进一步提高使用寿命,具有重大的现实意义。

本研究为提高排气阀模具寿命,把材料成型过程作为一个系统来考虑,综合分析了系统的结构因素: $S = \{A \cdot P \cdot R\}$

本文于1987年10月10日收到

●本文由李国庆执笔,参加本研究工作的还有赵聚思、方思俊、李涌泉、朱浩森等。

其中A是系统的元素：模具、气门、润滑剂、冷却液及周围环境。

P与气门材料、模具材料及温度,几何参数有关,也与润滑的化学成份及温度,冷却液分布有关。

R与气门、模具之间的相互作用有关。

本文据以上有关影响因素,提出了一个系统优化方案,采用了离子三元共渗及新型润滑剂等措施,提高模具寿命7~8倍,取得了较显著的成效。

二 失效分析与试验方案

1 3Cr2W8V钢模具图如(照片1)所示,其失效形式主要是在尖角A处压塌。此外,有部分模具断裂失效,如照片2所示,使用寿命一般只有200件左右。

其次是断裂失效,金相分析结果可知碳化物呈带状分布、颗粒较大(如照片3),偏析较严重,硬度偏高且波动大(HRC44—54),断裂韧性低。

从基体组织(照片4)可知金相组织为回火马氏体加大块碳化物加残余奥氏体。同时发现回火不足,内应力较大。

此外,模具在成型挤压时,模具不予热,气门热挤温度有时偏低,未使用润滑剂。

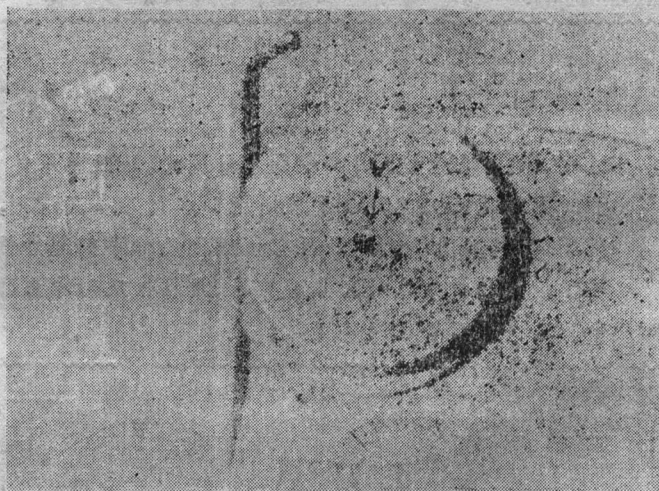
综合上述影响因素,提出以下优化方案:

(一)基体强韧化:毛坯十字锻打,退火。提高淬火温度及回火温度,增加回火时间。其目的是改善碳化物分布,使奥氏体均匀化,硬度降到HRC45~49,提高断裂韧性,防止断裂失效。

(二)表面强韧化:采用三种表面处理工艺,以资优选,包括气体软氮化、离子软氮化、离子三元共渗。其目的是提高高温强度,抗氧化性及抗粘着性。防止早期压塌失效。

(三)改进模具几何尺寸:如图1中A处倒圆角,减少应力集中,避免断裂。

(四)采用新型水剂石墨润滑剂。



照片1



照片2

(五) 模具经370℃预热1小时开挤。

(六) 气门热挤温度不低于900℃。

2 试验设备及条件

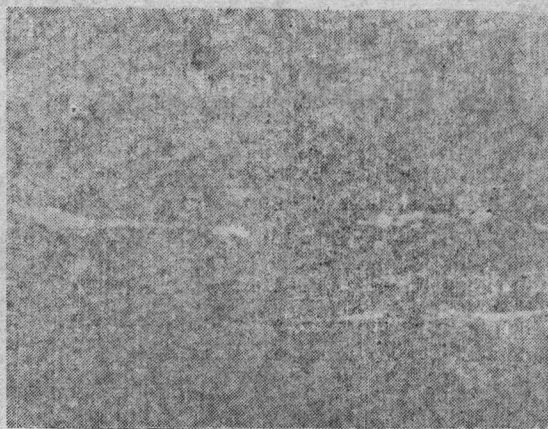
(一) 试验材料: 3Cr2W8V,
试样尺寸: 10×10×20(mm) 模具
与试样同样处理。

材料成份: 如表一

(二) 锻造工艺:

采用十字锻造、打碎及均匀碳化物。

始锻温度: 1081℃~1120℃,



照片3 400×

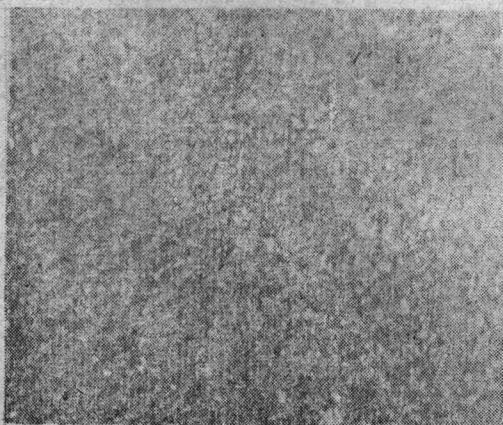
表一

C	Cr	W	V	Si	Mn	P	S
0.03	2.20	7.50	0.20				
~	~	~	~	≤4.40	≤4.40	≤0.030	≤0.036
0.40	2.70	9.50	0.50				

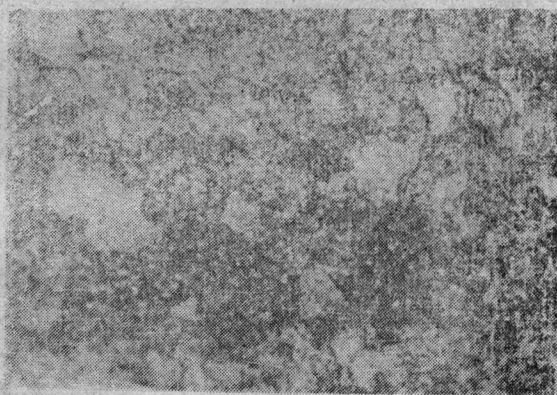
终锻温度: 900℃~850℃室冷至700℃后缓冷。

锻后退火: 830℃~850℃保温3~4小时, 以≤40℃/小时速度冷至400℃出炉。

金相组织为照片5所示。从照片可知碳化物被打碎, 退火后得到粒状珠光体及粒状碳化物



照片4 400×



照片5 400×

(三) 热处理工艺:

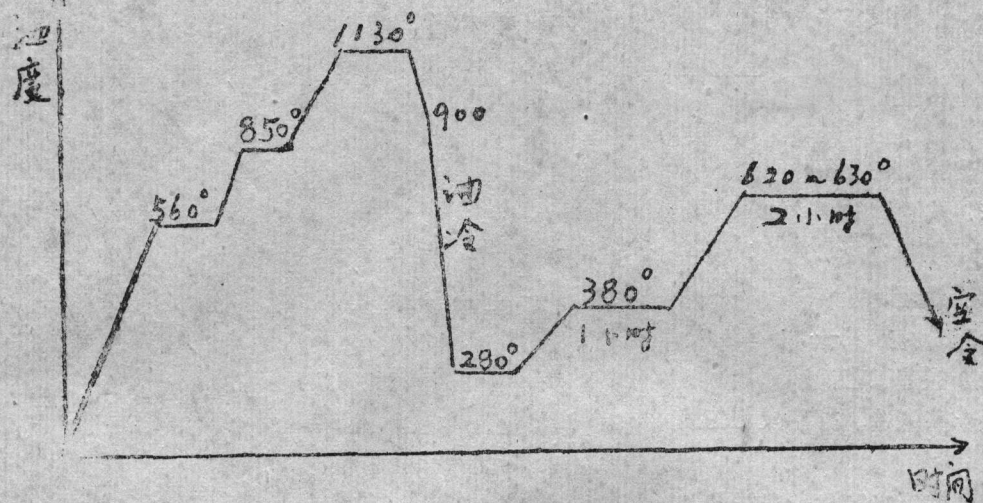


图 1

工艺如图1所示,在1130℃保温后预冷至900℃淬油,冷到280℃提出至380℃炉中等温,然后在620℃~630℃回火。得到马氏体+贝氏体+残余奥氏体+少量碳化物。如照片6,照片7。

(四) 表面强韧化工艺:

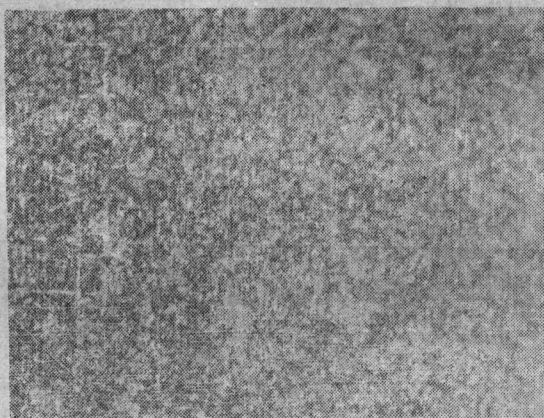
采用三种不同的工艺,以提高耐磨性、高温强度以及抗粘着、抗氧化性。

1) 气体软氮化: 在25瓩滴控炉中进行,采用50%甲醇+50%氨,加热温度为580℃,保温时间为4.5小时,随后油冷。

2) 离子软氮化: 在10瓩离子氮化炉中进行。

采用丙酮/氨=1/8,在580℃保温4小时,真空度8毛。

3) 离子C、N、B三元共渗: 在50瓩离子氮化炉中进行处理,N、C、B渗剂/氨=1/7,温度600℃~620℃,时间4小时。



照片6

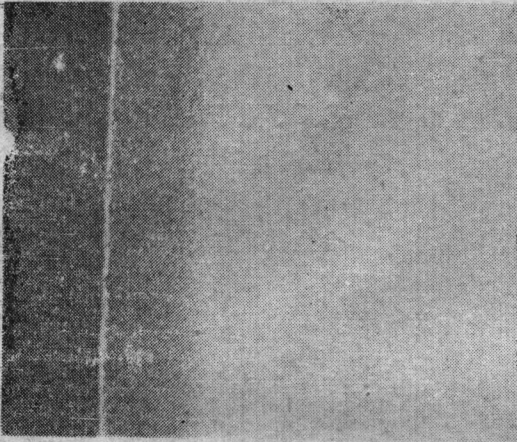


照片7

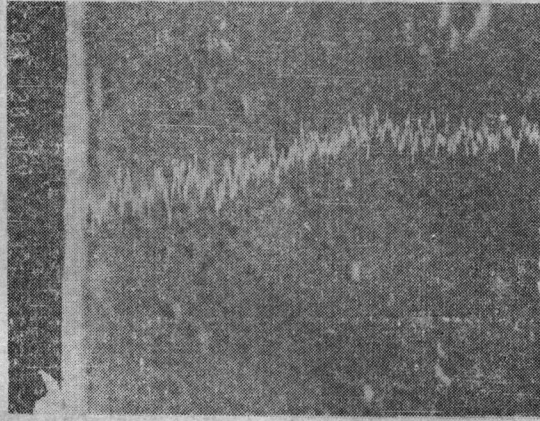
三 表面相结构与性能分析

(一) 气体软氮化表面相分析:

试样经过 580°C ，4小时处理得到如照片8的金相组织。化合物层厚 $6\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ ，扩散



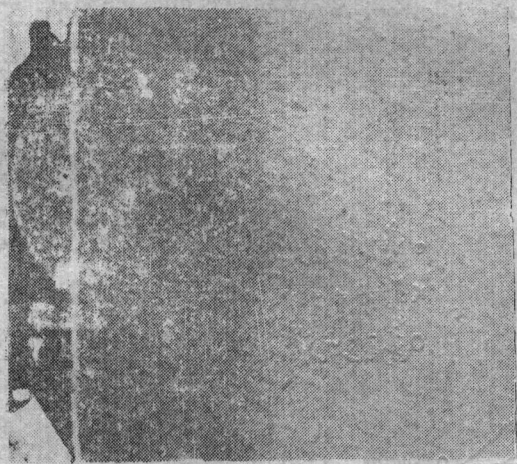
照片8 400×



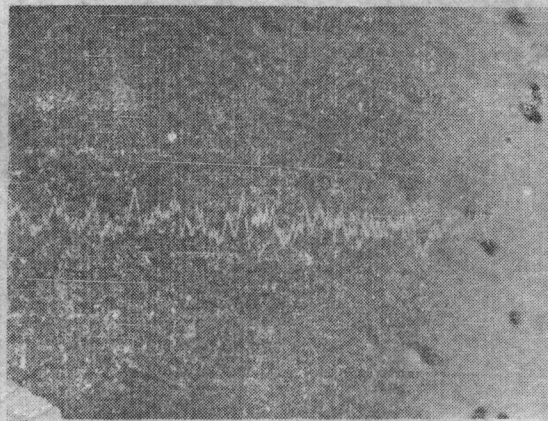
照片9 400×

层深度 $=0.14\text{mm}$ ，白亮层主要是 ε 相和少量 γ' 相所组成。照片9是电子探针照片，表面N浓度由表及里逐渐降低。

(二) 离子软氮化相分析:



照片10 400×

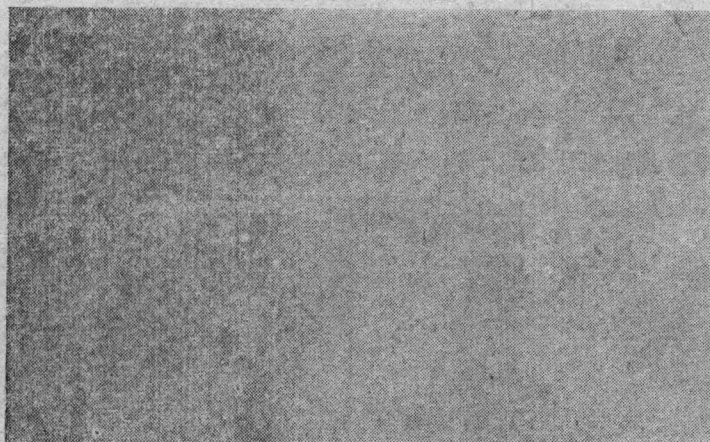


照片11 400×

白亮层厚为 $10\mu\text{m}$ ，扩散层深度为 $\delta=0.25\text{mm}$ （照片10）。渗层氮浓度由表及里渐降（见照片11）。白亮层为含 $\text{N}\cdot\text{C}$ 的 ε 相及少量 γ' 相。

(三) 离子三元共渗:

用含硼有机渗剂：氮 $=1:7$ ，温度为 600°C 处理时间4小时。在50安培氮化炉中进行。从金相照片12可知表面化合物层为 $3\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ ，扩散层深度为 $\sigma=0.23\text{mm}$ ，照片13是电子探针照片，氮浓度由表及里渐降。



照片12 400×

为了确定表面相结构,进行了x-衍射分析(图2),表面白亮层为 α -Fe加少量 Fe_2B 。

为了进一步确定表层元素,进行了表面俄歇能谱分析,如图3,表面元素含有C、O、W、Cr、Fe和B、N,深度达4000Å°,可见整个白亮层含有 Fe_2B 以及溶解有N、C的Fe合金铁素体。同时,可知在软的

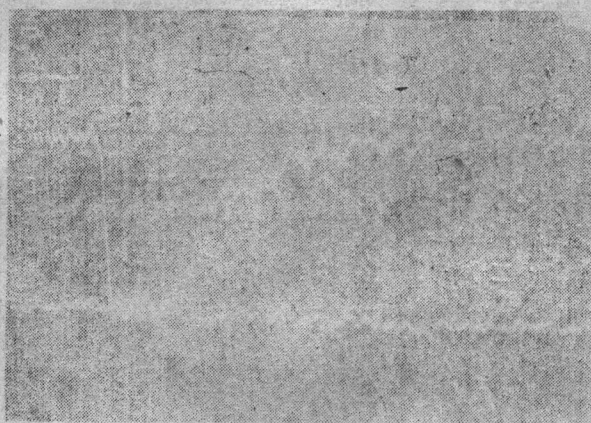
基体上嵌有 Fe_2B 硬质点起了减磨的作用,消除了硼化物的脆性。

(四) 硬度分析:

三种表面处理的表面显微硬度及断面硬度梯度如图2所示:

气体软氮化 $\text{HV}_{0.1}=1188$; 离子软氮化 $\text{HV}_{0.1}=1186$; 离子三元共渗 $\text{HV}_{0.1}=1050$ 。

硬度梯度曲线如图6。过渡层均比较平缓,组织韧性较好。其中三元共渗硬度较低,但过渡非常平缓,其疲劳寿命最高。



照片13 400×

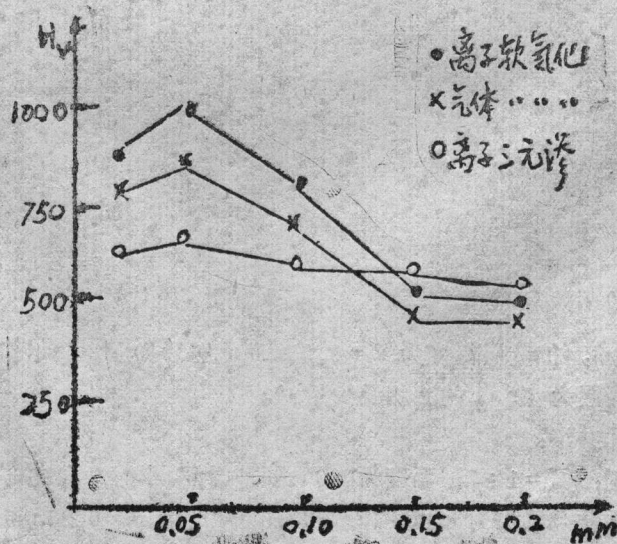


图 2

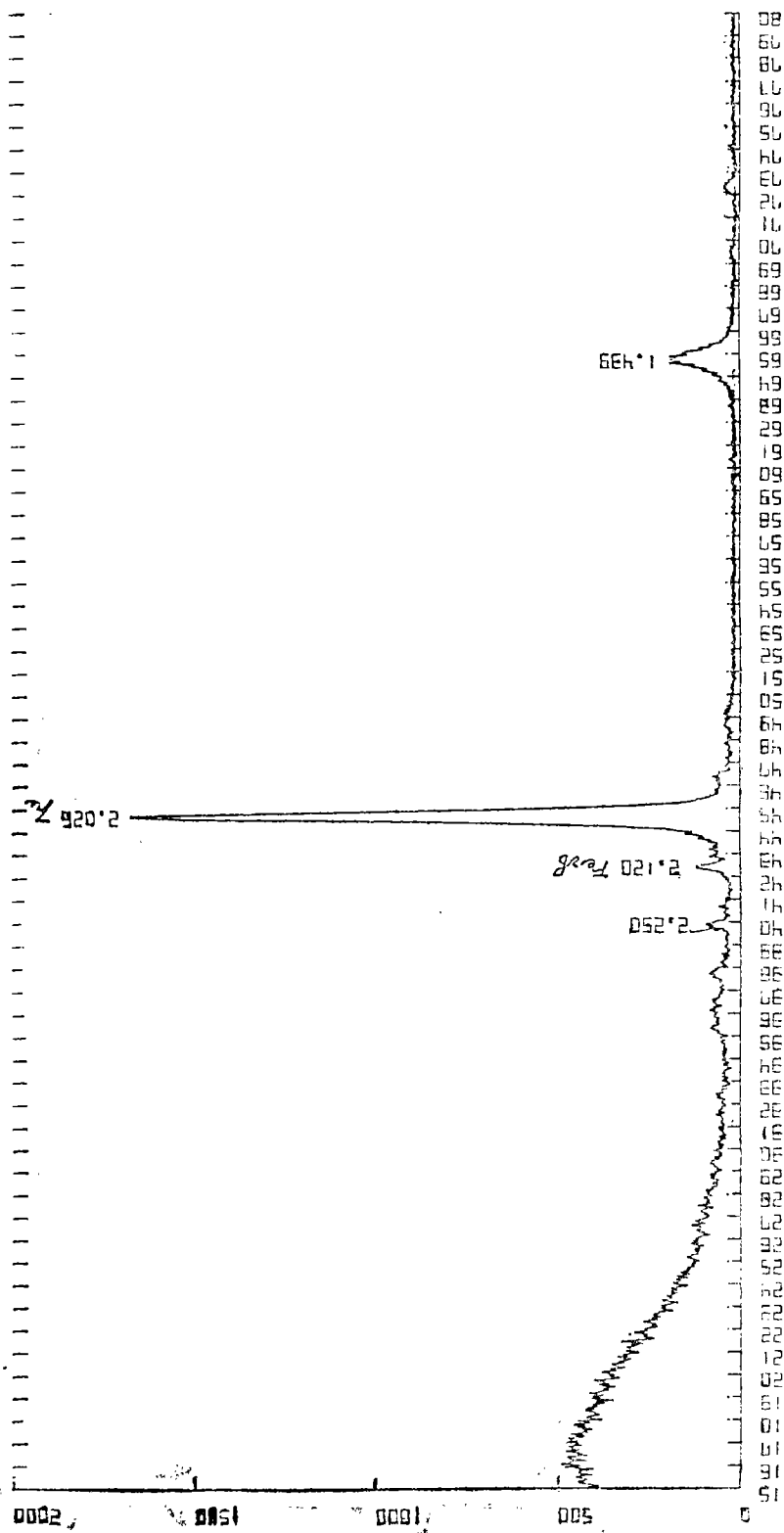


图 8 离子三元共渗表面X-衍射曲线



图 4 AES俄歇能谱分析

四 模具寿命现场考核

用16吨压力机对4Cr14Ni14W₂Mo气门钢进行热挤压成型。为延长寿命,防止早期断裂,采取以下现场措施:

1. 模具在挤压前给予370℃预热,时间1小时。
2. 排气门热挤温度严格控制不低于900℃,保持良好的塑性,避免与模腔硬挤撕裂。
3. 采用新型水剂石墨润滑剂MD-12,可以预防粘膜以及腔内冷却,提高模具寿命。

使用MD-12润滑剂有下列特点:

1)模腔内加入该润滑剂后表面出现一层均匀的薄膜,不仅润滑了模具,而且使脱膜更加容易,保证了膜腔,提高了生产率,降低了工人劳动强度。

2)该润滑剂不易形成导致模具附加温升的火焰,具有冷却作用,从而提高模具寿命。此外,还减少了有害烟气,改善劳动条件,消除了对环境的污染。

经过现场实际多次考核结果如表2

表 二

工 艺	寿命(平均次数)	失效形式
气体软氮化(润滑)	8 6 0	压塌
离子软氮化(润滑)	1 1 8 6	压塌
离子三元共渗(润滑)	1 6 7 0	热疲劳
未经表面热处理(锻造、润滑)	4 0 0	压塌
未经表面热处理(毛坯加工、润滑)	2 0 0	压塌
未经表面处理(毛坯加工、不润滑)	1 5 0	压塌

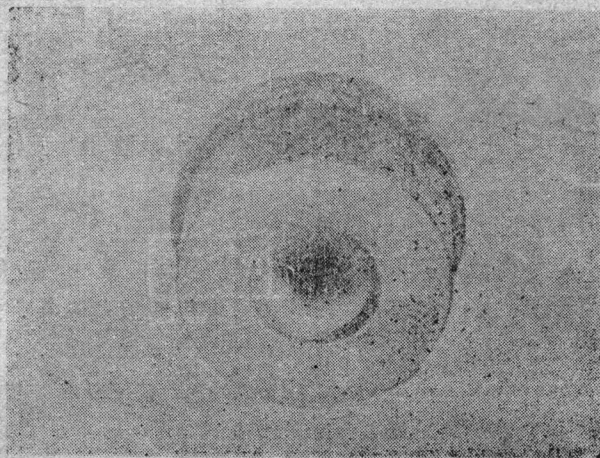
从以上数据可知离子N、C、B共渗效果最佳,未经处理的模具寿命低,经润滑的要比不润滑的寿命高。其中除三元共渗达到热疲劳失效外,其余模具均为压塌失效。

五 结论

通过上述研究结果,可得出以下结论:

(一)基体强韧化:经过十字锻造,退火,高温淬火,高温回火,消除了大块碳化物,均匀合金奥氏体,得到部分贝氏体组织,韧化了基体,硬度降至HRC47,提高了断裂韧性,避免了模具早期开裂。

(二)表面强韧化:在基体韧化的基础上,施行各种表面强韧化处理,可以提高高温屈服极限,耐磨性及抗粘着性能。防止早期压塌失效。其中离子三元共渗效果最佳,较大幅度地提高寿命,该模具以正常热疲劳失效告终,寿命提高8倍左右。如照片14。



照片14 400×

(三) 新型水剂石墨润滑剂MD-12, 可以改善粘模, 提高模具寿命, 改善劳动条件。

(四) 改善工况条件如模具予热、控制气门热挤温度, 均匀水冷, 消除应力集中, 改进模具设计, 都是提高模具寿命的有效措施。

六 结束语

经过离子C、N、B共渗后, 在扩散层强化了马氏体、贝氏体组织, 提高了高温强度。防止压塌, 在表面 $3\mu\text{m}$ 的化合物层中, 其结构是在合金Fe的基体上嵌有 Fe_2B 硬质相, 能防止压塌, 起了耐磨, 减磨的作用, 使寿命得以提高。关于离子C、N、B三元共渗提高寿命的机理有待进一步研究。

由于离子N、C、B渗剂无腐蚀性, 可以实现低温处理, 故可扩大应用于刀具及齿轮等机器另件上, 预期该工艺具有较广阔的应用前途。

参 考 文 献

- [1] 戴雄杰主编: 《摩擦学基础》 上海科技出版社
- [2] 李 健: 热处理对热作模具钢热疲劳抗力的影响 《金属热处理》 83年6期
- [3] 胡秉仁等: 气体碳、氮、硼三元共渗 《金属热处理》 82年4期
- [4] 顾卓明等: $3\text{Cr}2\text{W}8\text{V}$ 钢模具离子软氮化的研究 大连海运学院86年离子热处理学术篇文
- [5] 竹内荣一等: $\text{Fe}-\text{Fe}_2\text{B}$ 共晶组织的磨耗特性 《热处理》 82年6期