

提高3Cr2W8V热挤冲模寿命的研究

楼南金 郭喜云 王世永

(热处理研究室)

提 要

轴承行业中广泛采用3Cr2W8V钢制作热挤压、热冲模具,常常出现拉毛、断裂等现象而造成早期失效,平均寿命只有1000件(次)~2000件(次)。本文介绍采用BN复合渗处理后,冲(压)模具平均寿命为700件(次)~1000件(次),较常规热处理寿命提高3~6倍。通过相结构,分析了提高模具寿命的机理。

随着少无切削工艺应用范围的日益扩大,精密锻、压、铸、热挤压等高效率新工艺的发展和运用,对热作模具的使用寿命提出了更高的要求。但长期以来在轴承行业中,用3Cr2W8V钢制作的热挤压、热冲模具的寿命较低,如用3Cr2W8V钢制作的204、205轴承内挤孔冲头,平均寿命只有1~2千次^[1],207凹模平均寿命仅仅2000件左右^[2],远远不能满足生产的需要,严重地影响着正常生产,因而提高模具寿命是当前急待解决的问题。

改革热处理工艺以改善模具材料的强度和韧性,创立新的表面热处理方法来提高模具表层的硬度,降低磨擦系数和磨擦磨损以增加模具寿命,是各国热处理工作者致力方向。

本文用固体BN复合渗处理来提高模具寿命,通过生产实践证明这是一种行之有效的工艺。

一、模具的使用条件及失效形式

1、模具使用条件

204挤压冲头在200吨冲压机上工作,每分钟冲压40~50件(次)。φ18mm的GCr15毛坯加热到温度1100~1200℃,出炉后由套料冲头和凹模配合冲制出外圈,将冲下来的小料用挤压冲头挤压出一个未透的小孔,然后再由冲孔冲头冲透成内圈。冲模每冲出一个孔后,都要用水急冷,如此反复循环。由此可见,模具的使用条件是很恶劣的。

2、模具失效形式

冲头模具失效主要以拉毛、龟裂、断裂三种形式,但以拉毛为主,如图1所示。

拉毛是模具表面与被冲另件毛坯相互磨擦,毛坯表面的氧化皮,相当于“砂子”一样磨擦模具而产生的,尤其是模具表面硬度不足时,很快就磨坏,所以拉毛是模具主要失效形式。

龟裂是模具承受反复的急冷急热而产生的热疲劳裂纹,如图1所示。

断裂主要是由于操作者放料不当所致,如图2所示。

因此,提高模具的耐磨性、耐热性,是延长模具使用寿命的一项重要措施。

二、试验条件与方法

固体BN复合渗剂是由供B剂、供N剂、催渗剂和填充剂四部分组成的。

1、渗剂原料



图1 实物宏观图

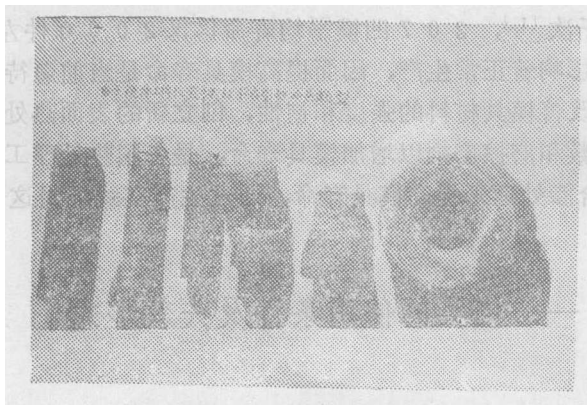


图2 实物宏观图

供B剂：高硼的硼铁合金（工业级），粒度为60~100目。其中硼铁成分（%）为：B24.12, Si3.12, Al2.18, P0.007, C0.05, S0.005, 其余为Fe。

供N剂：尿素，它同时又起催渗剂的作用。

填充剂：经充分焙烧的碳化硅（工业级），粒度为100目；活性炭（化学纯级）粉末；木炭（工业级）粒度为0.3~0.4mm。其中碳化硅既是填充剂也是催渗剂。

催渗剂：KBF₄（化学纯级），它同时又是一种供B源。

2、试样

①材质：3Cr2W8V，化学成分（%）为：C0.3~0.4, Si≤0.4, Mn≤0.4, Cr2.2~2.7, W7.5~9.0, V0.2~0.5。

②试样尺寸：1.5×10×8方形和30×20×10方形二种。

3、复合渗容器

试验用箱是用不锈钢制成, 其尺寸为: $200 \times 160 \times 120$, 生产用箱是用普通碳钢制成, 其尺寸为: $400 \times 300 \times 250$ 。

4、加热设备

RJX—3 0—9 型电阻炉和SRJX—8—13型高温电阻炉。

三、试验内容、结果及分析

1、复合渗、渗B、软氮化及常规热处理寿命对比试验, 见表1。

表 1

处理方法	处 理 工 艺	寿 命 (冲压件数)	失效形式	备注
常 规 热 处 理	$1050^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 油淬 + $550^{\circ}\text{C} \times 2\text{h}$ 一次	1000~2000	拉 毛	以挤压冲头为例
软 N 化	$1050^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$ 油淬 + $570^{\circ}\text{C} \times 3\text{h}$ 油冷	2000	拉 毛	
渗 B	见 图 4	3000~4000	拉 毛	
BN 复合 渗	见 图 4	7000~10000	拉毛龟裂	

从表1可见, 冲头经渗B、软氮化处理后, 寿命均有不同程度的提高, 但效果最好是 BN复合渗处理。

图3为BN复合渗处理与常规处理的挤压冲头的宏观图。图3(A)是常规热处理的挤压冲头, 只冲压1500件, 就出现严重的拉毛, 冲头成园角而损坏; 图3(B)是BN复合渗处理的冲头, 寿命达10050件, 这说明BN复合渗处理的效果远较常规热处理要好。

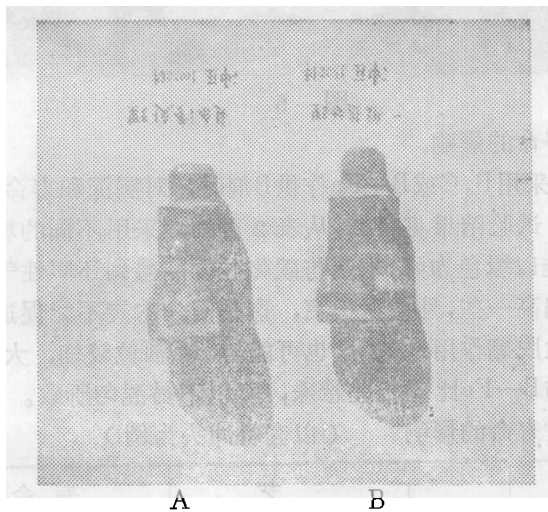
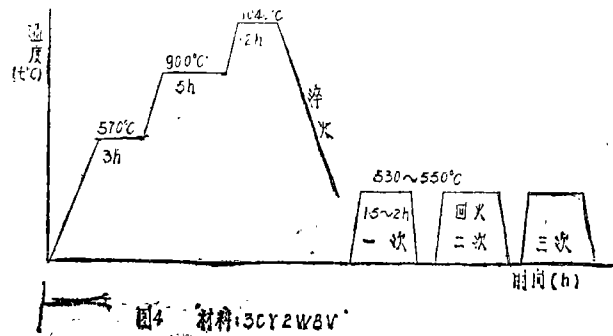


图 3

冲头BN复合渗处理工艺如图4所示, BN复合渗处理后寿命高, 平均为7000~10000件(次), 较常规热处理的冲头寿命提高7~8倍。



BN复合渗,综合了渗B与N化的优点,图5中的白亮层是试样表层氮化物(CN化合物)层。它是按BN复合渗的配方,试样放在渗剂中,封好之后装炉加热到570℃保温3小时所得到的组织。众所周知,N是扩大 γ -区,因此,N的渗入降低了相变点,即相当于提高了渗B的温度,加快了渗B的速度。通过金相观察发现:未加尿素的渗硼层深度为0.03~0.04mm,而BN复合渗的渗层层深为0.05~0.1mm。同时N的渗入能降低硼化物的脆性,因此BN复合渗能大幅度提高模具的寿命。

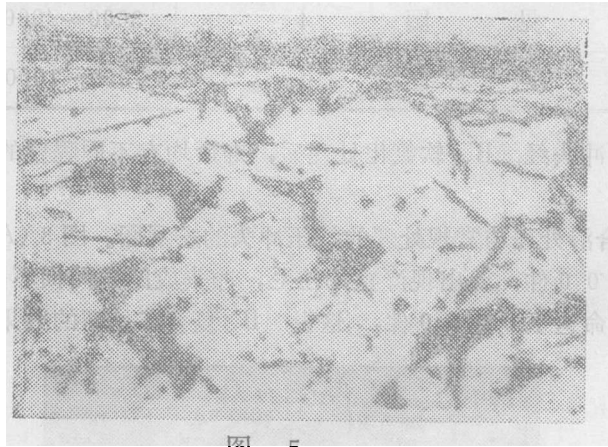


图 5

2. 渗剂对层深与寿命的影响

①. 供B剂的影响: 采用 B_4C 或B—Fe作供B剂时,对层深和寿命影响不大^[3]。

②. 填充剂的影响: 试验结果见表2,从表2可知,采用不同的填充剂时对工件寿命有影响,但并不明显。碳化硅以绿色为好,木炭与碳化硅均能得到还原性气氛,用SiC作填充剂所处理的模具,其寿命要偏高一些,且数据稳定,这是因为木炭不能促进渗B的作用,相反还会使已渗上硼的工作发生脱硼作用^[4]。这也可能与SiC颗粒较细,大小均匀,容易混匀,而木炭直径大小不一,与B—Fe比重相差悬殊,所以不易混匀所致。

表2 不同的填充剂对寿命的影响 (以套料冲头为例)

填 充 剂	工 艺	寿 命 (件 数)
SiC	见 图 4	7 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0
木 炭	见 图 4	6 0 0 0 ~ 9 0 0 0

3. 温度对复合渗层深与寿命的影响

试验表明,在其它条件不变的情况下,温度是影响渗硼层厚度的主要因素,层深的厚薄无疑地将影响模具使用寿命。

①铬、钨能降低低碳、中碳钢渗硼层的厚度,但铬能增加硼化物层的致密性,随碳含量增加,渗硼层层深降低^[5]。

②N化温度,同一材料的模具,随着N化温度的提高,层深变化不大^[3],因而模具寿命影响也无明显的差别,根据试验结果选用570℃为宜。

③渗B温度:随着渗B温度的提高,渗B速度明显加快,渗B层厚度急剧增加^[6]。根据本室初步试验复合渗温度选用900℃为宜。从900℃升到淬火温度,淬火温度保温期间均能增加渗层。复合渗层深与温度关系见表3。

④随淬火温度提高,碳化物在A—体中溶入量增大,所以红硬性好,回火稳定性提高。所以对红硬性要求高的冲模可采用1060℃加热淬火,对于红硬性要求稍低的冲头,可采用1040℃加热淬火。淬火温度不能超过1100℃,超过1100℃时,模具局部或靠近电热元件处会出现熔化现象,因Fe—Fe₂B在1149℃发生共晶转变,所以淬火温度选为1040~1060℃。

表3 复合渗温度与层深之间关系

温 度	850 (4h)	900 (4h)	950 (4h)
毫 米	0.0435	0.0497	0.0750

⑤BN 复合渗的保温时间对层深与寿命的影响:

试验结果见表4,从表4可以看出,随着保温时间的延长,渗层增加,模具使用寿命也相应的提高,但超过5~6小时后,渗层深度增加缓慢,其使用寿命也稍有下降,所以BN复合渗时间选用5~6小时为宜。

表4 BN复合渗不同的保温时间对层深与寿命的影响

保温时间 (h)	层深 (mm)	寿命 (冲压件数)	备 注
4	0.0497	5000~9000	以套料冲头为例
5	0.071	7000~10000	
8	0.0923	6000~9000	
10	0.1071	6000~9000	

⑥不同回火温度对基体硬度的影响

不同的回火温度,基体硬度不同,当硬度处于峰值时,其冲击韧性最低^[7]。因此对冲击韧性要求较高的套料冲头、冲孔冲头,基体硬度可以低一些,回火温度可选用650℃,而要求有较高强度值的挤压冲头,基体硬度可高一些,回火温度可选用500~550℃。这样可大幅度地提高冲头的使用寿命。

实验证明:采用2~3次回火,对提高模具的使用寿命是有益的^[8]。多次回火可使残余奥氏体充分转变为回火马氏体,减少模具的组织应力,从而提高模具的寿命^[9]。

⑦复合渗层的相分析

相结构分析:

组织:3Cr2w8V制作的模具,经X衍射仪剥层分析结果是:经BN复合渗后,表层主要是 Fe_2B 相,它沿<002>方向垂直楔入另件表面^[6],呈针舌状,很致密;过渡层是碳的富集区主要是 Fe_3C 相,N的富集区 Fe_3N 。经正常淬火及500~550℃回火,心部组织为回火马氏体及少量残余碳化物,见图6。

显微硬度:用HMT-3型显微硬度计,负荷100克,测量其值,化合物层 $\text{Hv}_{0.05} = 11400 \sim 1800$,见图7。

电子探针微区成分测定,见图8、9、10,其中图8是硼的分布;图9是氮的分布;

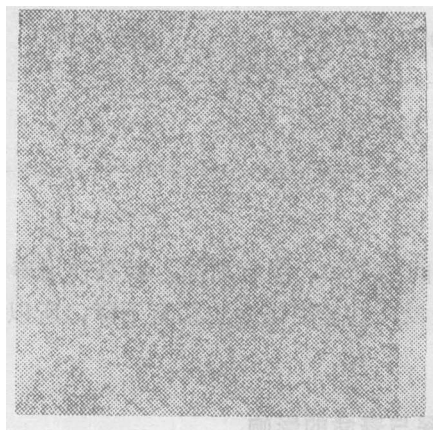


图 6 $\times 250$



图 7

图10是碳的分布。试验条件:加速电压1.5Kv,试样电流0.04μA,10秒记数。标样:BN均采用BN标样、C为C标样。

⑧三点弯曲结合声发射器技术测定渗层脆性试验结果是:渗硼: $\sigma_K 59.356 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\delta 0.28 \text{ mm}$ 、 $A_K 40.957 \text{ kg} \cdot \text{mm}$; BN复合渗: $\sigma_K 70.99 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\delta 0.362 \text{ mm}$ 、 $A_K 60.31 \text{ kg} \cdot \text{mm}$ 。

BN复合渗处理的模具具有高的寿命可能是:

①BN复合渗处理后其断裂强度比渗硼高。这是由于渗硼区下面的富N层阻止了渗硼层的裂纹向基体扩展的缘故。

②BN复合渗层的塑性、韧性比渗硼约好。这是由于N的渗入使渗层成分改变,从而改善了渗层的脆性。

③BN复合渗层比渗B的渗层具有更加致密组织和更高的压应力^[3]。

④氮化能提高模具的耐磨性、热稳定性、红硬性及咬合性。

⑤BN复合渗的过渡层中含有N和微量B,因此过渡层具有较高的强度与硬度,所以能支承表层高硬度的 Fe_2B ,使渗层不易脱落与开裂。

⑥模具采用900℃复合渗后,再升温到1040~1060℃加热淬油,再经530~550℃回火2~3次,其基体组织为回火马氏体加粒状碳化物,即具有高的强度支撑着耐冲击磨损的BN复合渗层。同时经2~3次回火,使残余奥氏体充分转变,模具在使用过程中具有较小的内应力。



图 8 EKA线扫描 ×330

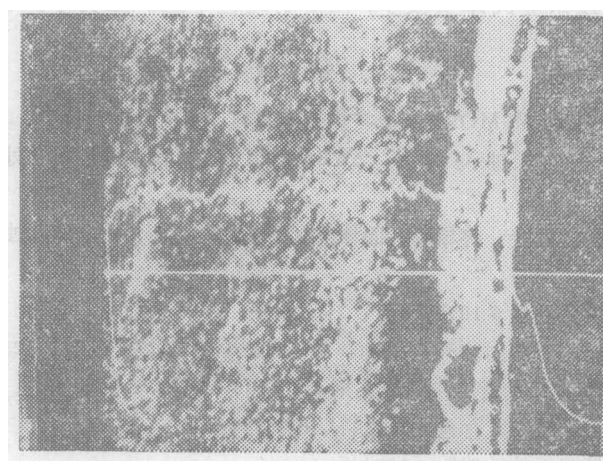


图 9 NKA线扫描 ×330

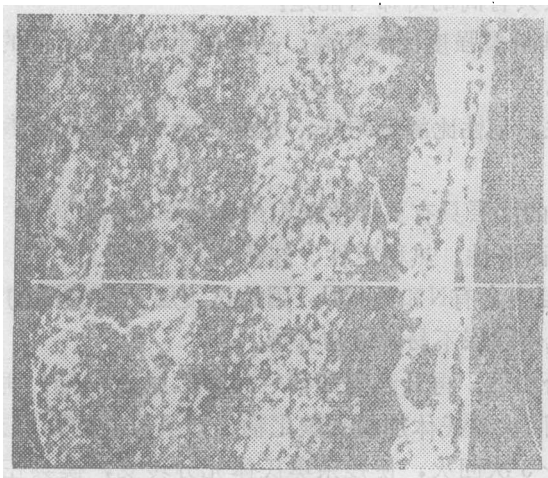


图 10 CK α 线扫描 $\times 330$

结束语

1、用 3Cr2W8V 钢制作的轴承内套圈的热冲模具，采用 BN 复合渗处理工艺是：570℃、保温 3 小时，900℃保温 5 小时，再随炉升温到 1040~1060℃保温 2 小时，淬油。530℃回火三次，每次保温二小时，是可行的。

2、模具回火：套料冲头和冲孔冲头选用 620~650℃；挤压冲头选用 530~550℃为宜。

3、BN 复合渗比渗 B 处理的热挤压模具具有较高寿命其主要原因是：由于 N 的渗入改变了渗层组织结构与性能，渗层脆性减少，过渡层强化所致。

4、BN 复合渗采用合适配方。可获得单一 Fe_2B ，次层为氮化物与碳化物，具有高强度与硬度的过渡层结构，即能支撑高硬度表层。基体组织是回火马氏体加碳化物，并经 2~3 次回火，所以残余奥氏体量极少，在使用过程中组织应力小，即提高模具使用寿命。

参考文献

- 〔1〕陈蕴博等、5Cr2W8V 新型高热强性模具，《金属热处理》，1981年5月。
- 〔2〕哈尔滨工大、哈尔滨轴承厂，3Cr2W8V 钢制压力机凹模的强韧性处理，《金属热处理》1978年2月。
- 〔3〕郑州工学院，楼南金、鲁琴心，固体 BN 复合渗在氟酸介质中的耐蚀研究，《金属热处理》，1983年4月。
- 〔4〕邵会孟《金属热处理》1979年1月。
- 〔5〕刘先曙编译钢的成分对渗硼效果的影响，《国外化学热处理》1982年2月。
- 〔6〕洛拖所、何孝渝等《固体渗硼论文集》，1980年9月。
- 〔7〕崔昆主编“钢铁材料及有色金属材料”1980年。
- 〔8〕“热处理工简明工件手册”，1981年。
- 〔9〕楼南金编著“热处理新技术”，河南省人民出版社，1979年12月。