

YG6 硬质合金渗硼层厚度对抗弯强度的影响

胡三媛 徐方超 李长林 张淑艳

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要 为获得合适的渗硼层厚度,使硬质合金既保持一定的硬化层,又保持较高的抗弯强度,采用改进了的 B₄C 质量分数为 25% 的渗硼剂配方,对 YG6 硬质合金进行了固体粉末表面渗硼试验。加热温度 900~1 000,渗硼时间 2~6 h。渗硼后在 XJ G-05 金相显微镜下观察合金组织,测量渗硼层厚度及其显微硬度。以三点弯曲法进行弯曲试验,测量试样抗弯强度。结果表明,随着渗硼温度的升高及渗硼时间的延长,试样渗硼层增厚。不同工艺条件对试样表面硬度和抗弯强度影响不大,但渗硼层过厚使其抗弯强度下降。渗硼层厚度为 20~40 μm 时,试样抗弯强度达 990~1 170 MPa;超过 40 μm 时,其抗弯强度明显下降。

关键词 硬质合金; 渗硼; 抗弯强度

中图分类号 TG 156.87

文章编号 1007-4333(2003)06-0045-03

文献标识码 A

Effect of the boronizing thickness of YG6 hard alloy on bending strength

Hu Sanyuan, Xu Fangchao, Li Changlin, Zhang Shuyan

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract YG6 hard alloy was tested using the solid powder boronizing method with the improved recipe containing 25% B₄C. The heating temperatures ranges from 900 to 1 000, and the boronizing time ranges from 2 to 6 h. The boronizing thickness, hardness and bending strength were measured using different boronizing technology, and the effects of the boronizing thickness on bending strength were analyzed. The results showed that the bending strength was decreased evidently when the boronizing thickness was higher than 40 μm, and the high bending strength was still kept (990~1 170 MPa) when the boronizing thickness ranges from 20 to 40 μm.

Key words hard alloy; boronizing; bending strength

用烧结成型的 WC-Co 硬质合金制作的拉丝模具,其黏结相 Co 比硬质相 WC 的硬度低。在连续高速拉拔工作过程中,黏结相先行磨损致使硬质相剥落,使得硬质合金拉丝模的耐磨损性能不能充分发挥,使用寿命缩短。目前国内外有很多强化硬质合金拉丝模表面的方法,渗硼是其中一种便利、高效的表面强化措施^[1]。但是,渗硼层厚度与抗弯强度有一定的矛盾,渗硼层太薄容易剥落,渗硼层过厚则硬质合金基体相对减薄,脆性层增厚,弯曲强度下降,在拉丝时模具易出现崩刃现象。为了获得合适的渗硼层厚度,笔者研究了固体渗硼时渗硼层厚度对抗弯强度的影响,进行了渗硼的试验研究,并在 YG6 硬质合金拉丝模上应用。

1 试验方法

YG6 硬质合金的黏结相为 Co,其含量甚少,硼在其中的扩散特点与在钢中不同。为此,在钢基渗硼的基础上,采用改进了的 B₄C 质量分数为 25% 的渗硼剂配方,对 YG6 硬质合金试样进行了固体粉末渗硼,加热温度 900~1 000,渗硼时间 2~6 h。渗硼后采用三钾试剂对试样进行腐蚀,在 XJ G-05 金相显微镜下观察其组织,以测微尺测量渗硼层厚度,并测量其显微硬度。采用 5 mm × 5 mm × 40 mm 试样在材料试验机上以三点弯曲法进行弯曲试验,测量其抗弯强度。为了比较不同工艺对 WC-Co 硬质合金基体的影响,同时比较测试了烧结态及伪渗硼

收稿日期:2003-03-19

作者简介:胡三媛,教授,主要从事金属材料及新工艺、新材料方面的研究

态 YG6 硬质合金试样抗弯强度的变化。最后在生产线上对经固体渗硼的 YG6 硬质合金制作的孔径 0.4~3 mm 的低碳钢丝拉丝模和孔径 3 mm 的电焊条拉丝模,进行了寿命对比试验。

2 试验结果与分析

随着渗硼温度的升高及渗硼时间的延长, YG6 硬质合金的渗硼层有规律地增厚(表 1)。与钢铁材料渗硼一样,其渗层随渗硼温度的升高而明显增厚;随着时间的延长,渗层厚度也逐渐增加,但 4 h 后渗层厚度只有少量增加。

表 1 渗硼工艺与渗层厚度的关系

Table 1 Effect of different boronizing technology on boronizing thickness μm

渗硼温度/ °C	渗硼时间/h				
	2	3	4	5	6
900	14	22	25	29	31
950	20	30	37	40	44
1 000	35	50	61	67	71

渗硼工艺与抗弯强度 σ_{bb} 的关系见表 2。可以看出,试样的抗弯强度大致随渗硼温度的升高和渗硼时间的延长而降低,这主要与渗硼后 YG6 硬质合金组织(图 1)的改变有关。由图 1 可以看出,黏结相 Co 渗硼后形成了网状的 Co_2B 组织(图 1 中表面黑色网状组织)。 Co_2B 比 Co 相脆性大得多,本身抗弯强度又比 YG6 硬质合金低,必然导致渗层弯曲时应力集中而发生脆性断裂;因此渗层过厚,则试样抗弯强度下降。此外,渗硼层的加厚使试样基体尺寸相对缩小,这同样会导致其抗弯强度下降。因而,较厚的渗层对提高硬质合金的抗弯强度是不利的。

表 2 渗硼工艺与抗弯强度的关系

Table 2 Effect of different boronizing technology on bending strength MPa

渗硼温度/ °C	渗硼时间/h				
	2	3	4	5	6
900	1 230	1 075	1 113	1 045	1 070
950	1 125	1 125	1 050	1 171	840
1 000	991	940	831	819	730

另一方面,渗硼后试样的心部组织虽然没有硼原子渗入,但在渗硼过程中经过从高温、长时间保温

及空冷到室温的处理过程,相当于经过正火处理,处于伪渗硼态。通过对试样金相组织的观察可知,伪渗硼后基体组织形态发生了变化,主要是 WC 颗粒棱角变圆,颗粒之间毗连程度下降,界面结合力增加,从而提高了渗层与基体的结合强度^[2]。

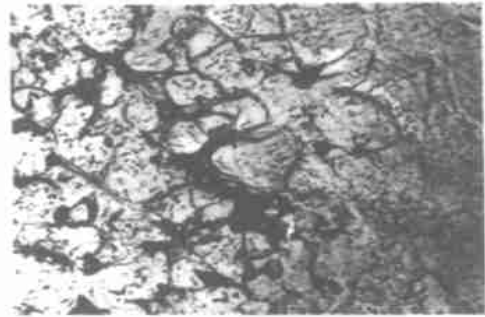


图 1 YG6 渗硼层组织(×5 000)

Fig. 1 Scanning electron micrograph of boronized layer

为了比较原始烧结态及伪渗硼态(相当于在渗硼温度下加热、保温并冷却)下 YG6 硬质合金抗弯强度的变化,取原始烧结态试样,950 °C,5 h 伪渗硼态试样和同样温度、时间处理下的渗硼态试样,分别做抗弯试验,结果见图 2。可以看出,伪渗硼态试样的抗弯强度比原始态提高了 300 MPa 以上,渗硼态试样则比原始态下降 200 MPa 左右。分析试验结果可知,一方面渗硼层的增厚使渗硼态试样基体尺寸相对缩小,从而导致其弯曲断裂抗力下降;另一方面,经伪渗硼后试样基体的抗弯强度却增加了。因此渗硼试样整体的抗弯强度与渗硼工艺的关系较为复杂,并非单值函数关系。

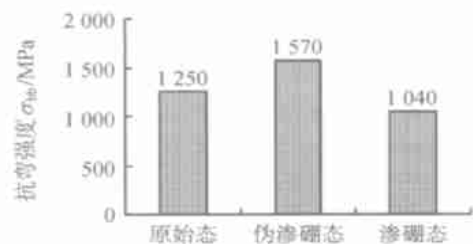


图 2 不同状态下 YG6 硬质合金的抗弯强度

Fig. 2 Bending strength of YG6 hard alloy on different conditions

显然,渗层厚度的增加对提高硬质合金的耐磨寿命是有好处的,但是,对于制作拉丝模具来讲,硬质合金整体抗弯强度的变化,可能会降低模具的拉拔力,影响其使用性能。为此需找到一个合理的渗层厚度,使硬质合金既保持一定的硬化层,又不致使抗弯强度下降太多。

根据表 1 和 2 的数据做出渗硼层厚度与抗弯强度的关系图(图 3)。

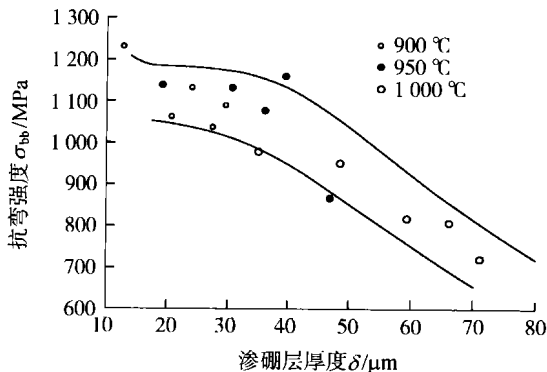


图 3 抗弯强度与渗硼层厚度的关系

Fig. 3 Effect of boronizing thickness on bending strength

从图 3 的统计规律可见,3 种试验温度下,渗硼层厚度对试样抗弯强度均有一定的影响。当渗层厚度为 20~40 μm 时,不同渗硼工艺下试样的抗弯强度均保持在较高水平(990~1170 MPa),这是由于此时渗硼脆化所导致的试样抗弯强度的下降程度与伪渗硼过程中基体抗弯强度的提高程度大致相抵。渗层厚度超过 40 μm 后,试样抗弯强度明显下降,这是由于渗层过厚,脆化效果起主导作用的结果。尽管通常认为渗硼将使硬质合金的抗弯强度下降,但本试验结果表明,只要调整渗硼工艺,适当选择渗层厚度,就可以调整渗硼脆化与伪渗硼层强化之间的关系,使硬质合金的抗弯强度保持在较高水平。本试验中,950 °C,5 h 渗硼工艺效果较好。

此外,由试验数据可以看出,渗层硬度对渗硼温度和时间的变化不甚敏感,且与渗硼层厚度关系不大。渗硼前试样硬度为 HV 1 839,经 950 °C,5 h 渗硼后为 HV 1 940;不同工艺条件下渗硼后试样表面硬度提高值均在 HV 100 左右。这是由于 YG6 硬质合金本身硬度就很高,不同渗硼工艺条件下试样表层形成的渗硼组织相同,不同渗硼工艺只影响了渗硼层深度,对表层组织影响不大。

以 APD-10 型 X 射线衍射仪对 950 °C,5 h 渗硼试样进行相分析(图 4),结果表明,渗硼层中除了大量的 WC 外,还有 Co₂B 和微量 α-W₂C,并未发现有 CoB 相。Co₂B 的硬度及脆性均比 CoB 低^[3],这对减少硬质合金渗硼层崩落,改善其表层脆性大有好处。此外,渗硼前硬质相 WC 由韧性相 Co 黏结,由于黏结相 Co 易磨损,致使 WC 相脱落,影响耐磨性。经

渗硼后,黏结相 Co 变成了硬度较高的硼化物,从而减小了 WC 相容易脱落的倾向,大大提高了试样的耐磨性。

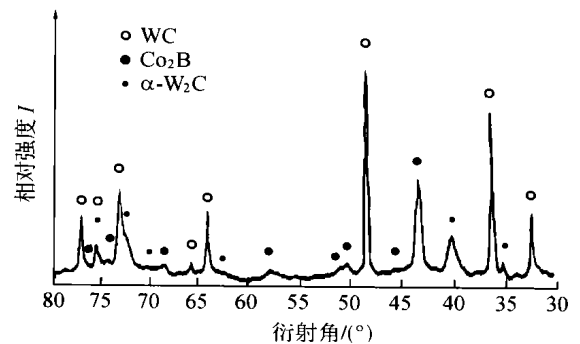


图 4 YG6 硬质合金渗硼层 X 射线衍射图

Fig. 4 XRD pattern of boronized layer of YG6 hard alloy

经过渗硼的孔径为 0.4~3 mm 的各种低碳钢丝丝拉模和孔径为 3 mm 的电焊条拉丝模在生产实际中的应用结果表明,应用于拉拔软钢材、电焊条等,模具平均寿命可提高 5.5 倍以上。采用此方法可以对 WC-Co 合金模具进行表面强化,还可使有性能缺陷的模具得以修复。

3 结 论

1) YG6 硬质合金在 B₄C 质量分数为 25% 的渗硼剂中经过 950 °C,5 h 的固体渗硼,表层形成只含 Co₂B 的单相渗硼层,避免了硬脆的 CoB 相的出现,降低了渗硼层的脆性。

2) 硬质合金渗硼层的厚度对其抗弯强度有明显影响,不同渗硼工艺条件下,渗层厚度为 20~40 μm 时其抗弯强度变化不大,可保持较高水平(达 990~1170 MPa);渗层厚度超过 40 μm 后,其抗弯强度呈明显下降趋势。

参 考 文 献

- [1] 于仁伟. 硬质合金拉丝模的渗硼处理[J]. 硬质合金, 1980(4):48~51
- [2] Burkhardt C. Category effect of heat treatment on dimensional change in sintered parts[J]. Powder Metallurgy ETMA TM Thesis Competition Winner-Master 's, 1994,37(4):247~249
- [3] 胡三媛. YG6 硬质合金渗硼的研究[J]. 中国农业大学学报,2000,5(4):81~83