

49-54

第32卷 第3期
1997年3月钢 铁
IRON AND STEELVol. 32, No. 3
March 1997

11

弥散硬化型无磁模具钢的组织与性能

韩福生

何旭光 ✓

(中国科学院固体物理研究所)

(安徽工学院)

邱 铜

TG142.45

(铜陵有色磨球铸锻厂)

摘 要 通过合金元素及热处理工艺的变化,对弥散硬化型无磁模具钢的组织与性能进行了研究,从而开发出了一种成本较低的无磁模具钢。经1180℃固溶、700℃时效后,硬度(HRC)可达48,相对磁导率(μ_r)=1.0056,而吨材料成本则比目前国内通用的7Mn15Cr2Al3V2WMo钢下降数千元,耐磨性提高约38%。

关键词 无磁钢 模具钢

组织, 性能, 弥散硬化型

THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF PRECIPITATION
HARDENING NON-MAGNETIC DIE STEEL

HAN Fusheng

(Institute of Solid State Physics, Chinese Academy of Sciences)

HE Xuguang

(Anhui Institute of Technology)

QIU Tong

(Tongling Nonferrous Alloy Mill Ball Plant)

ABSTRACT A study on the structure and properties of precipitation hardening non-magnetic die steel has been carried out with different alloy compositions and heat treatments. A new type of non-magnetic die steel with a hardness of 48(HRC) has been successfully developed after aging at 700℃ and solution treatment at 1180℃. Its relative permeability is 1.0056, thus the steel is equivalent to existing non-magnetic steels, but the cost of it is lower. The wear test indicated that the wear resistance of it is 38% higher than that of some non-magnetic die steel.

KEY WORDS non-magnetic steel, die steel

在铁氧体磁性元件的生产中,须用非磁性材料制作成型模。所用的非磁性合金主要有三种。①无磁硬质合金,如我国的YLN系

列。这种合金磁导率低(1.00~1.04),硬度高(HRC 68~70),具有很高的耐磨性^[1],是目前常规生产中使用最多的一种无磁模具材

联系人:韩福生,副教授,合肥(230031)中国科学院固体物理研究所

料。但其价格十分昂贵,因此只适用于大批量铁氧体元件的生产。②高锰钢,这种钢硬度较低,耐磨性较差,但因成本低,仍有部分厂家使用。③沉淀硬化型无磁钢,其牌号为7Mn15Cr2Al3V2WMo^[2]。这种钢通过加入较多的合金元素及固溶时效处理产生硬化,硬度(HRC)可达48左右,在实际生产中使用效果突出^[3,4]。但是,由于这种钢中含有较高的铝(2%~3%),铸造性能较差,目前很多厂家的模具都采用直接铸造型,因此用该合金生产模具难度很大,且成本昂贵。

目前,在国内铁氧体磁性元件的生产中,迫切希望能有一种价格较低而耐磨性又较高的模具材料。为此,本文在现有沉淀硬化无磁钢的基础上,进行了探索和研究。

1 试验方法

为保证钢具有稳定的奥氏体基体,参照文献[2],确定基本合金成分为(%):0.65~0.75 C, 14.5~16.0 Mn, 0.6~0.8 Si, 1.0~1.5 Cr, 略去 Al 和 Mo, 主要考察 W、V 对组织和硬度的影响。

所用原材料均为工业铁合金,在60 kg碱性中频感应电炉内熔炼,浇注温度1420~1480℃。采用合脂砂型,试样尺寸为 $\phi 35$ mm \times 350 mm。固溶处理工艺为1180℃ \times 0.5 h。对不同状态下的试样分别进行硬度和磁

导率测定,测定磁导率的试样尺寸为 $\phi 30$ mm \times 30 mm,磁场强度为286624 A/m,用冲击测磁仪换向法测定。磨损试验选用MM-200磨损试验机,参照国标GB12444-1进行,其中下试样为45钢,载荷5 kg,干磨,磨损周期0.5 h。

2 试验结果及分析

2.1 钨对钢组织及力学性能的影响

钨在钢中属中强碳化物形成元素,其碳化物的显微硬度(HV)为2400~3000^[5],因此常被用来提高合金硬度。由于钨的密度较大,含量较高时容易在凝固过程中产生严重的重力偏析,故仅在0.5%~1.5%的范围内进行了考察。



图1 钨对试验钢组织的影响(1.5% W, 700℃ \times 25 h 时效)

Fig.1 The effect of W content on the microstructure of experimental steels

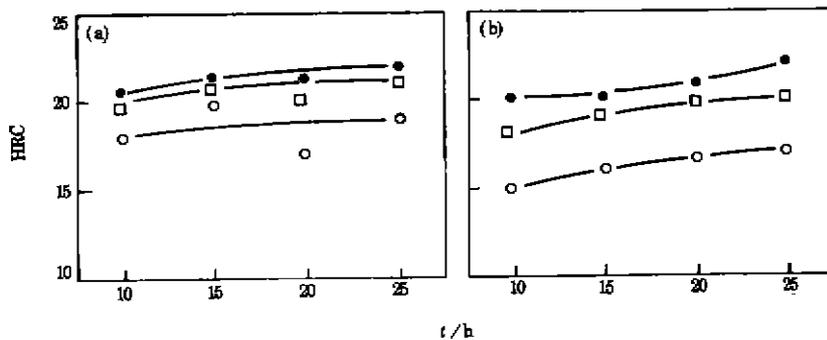


图2 钨对试验钢硬度的影响

Fig.2 The effect of W content on the hardness of experimental steels

(a)1.0% W; (b)1.5% W

●—700℃时效; □—650℃时效; ○—550℃时效

钢中加钨后,在奥氏体基体上出现了团状的第二相,随钨含量的增加,第二相颗粒略有增加,但经固溶时效后组织的变化很小(图1),第二相颗粒的数量及大小基本不变,基体上也未见弥散物析出。

钨对试验钢硬度的影响见图2。随时效

处理温度升高和钨含量增加,钢的硬度仅略有增加。铸态时,钨含量为1.5%的试验钢,基体的显微硬度(HV)为361.8~413.4,固溶时效(700℃×25h)后为HV 289.0~361.8,可见时效处理后基体硬度没有明显变化。因此,在0.5%~1.5%W时,钨对钢的

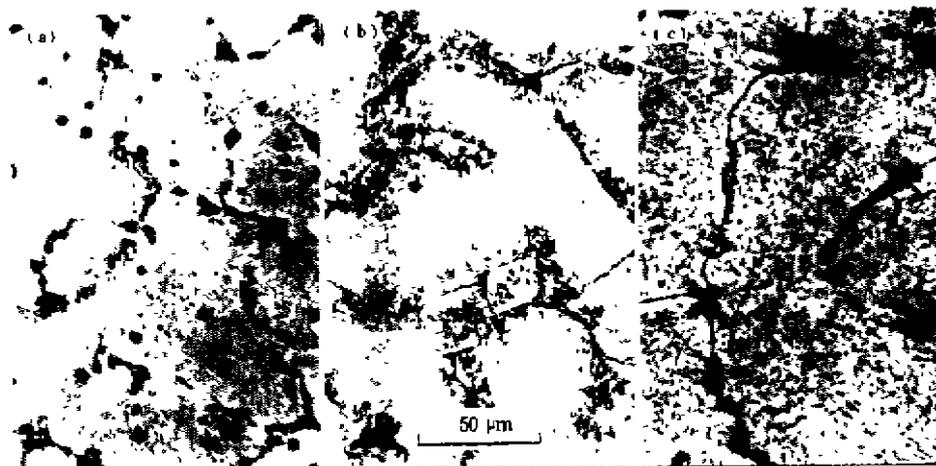


图3 钒钨对试验钢组织的影响

Fig. 3 The effect of V content on microstructure of experimental steels
(a)1.4%V(铸态);(b)1.4%V(650℃×25h时效);(c)1.4%V(700℃×25h时效)

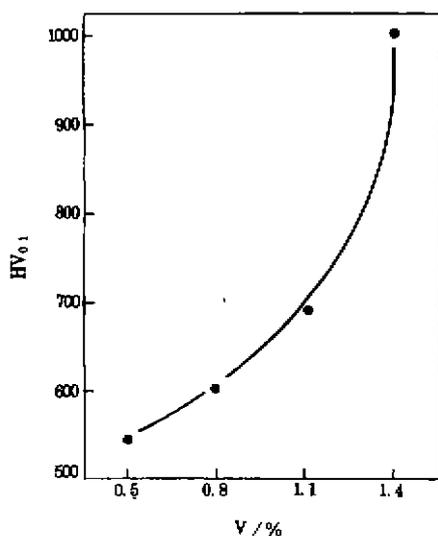


图4 钒钨对试验钢基体显微硬度的影响(700℃×25h时效)

Fig. 4 The effect of V content on microhardness of matrix of experimental steels

硬度影响不大。

2.2 钒钨对试验钢组织及力学性能的影响

钒钨在钢中属强碳化物形成元素,其碳化物的显微硬度(HV)达2500~2800^[3],当其含量超过一定值后,就会因共格析出合金碳化物(VC)而产生硬化。

如图3所示,钢中加钒钨后,铸态组织由奥氏体、弥散析出物及晶界上的颗粒状碳化物组成。随钒钨含量增加,晶界碳化物颗粒出现偏聚长大,并且在奥氏体晶粒内也出现了较大的粒状碳化物(图3(a))。经固溶时效处理后,晶界碳化物减少(晶界变细),弥散析出物数量明显增多,并且钒钨含量越高,析出物数量亦越多,显微硬度的测量结果也证明了这一点(图4)。另外,钒钨含量一定时,时效处理温度升高,弥散析出物的数量也随之增加(图3(b)、(c))。

钒对试验钢硬度的影响(图5)如下。①随时效处理温度升高,钢的硬度增加。②随保温时间延长,钢的硬度增加。含0.5%~1.1%V的钢,保温时间为20h时,硬度出现峰值,此后变化趋缓;含1.4%V的钢,在保温25h后硬度值最高。③时效处理温度和保温

时间相同时,随钒含量增加,钢的硬度增加。其中以含1.4%V、700℃×25h时效的钢的硬度最高,达HRC48.0,比铸态的硬度(HRC)提高约15。

2.3 钨和钒共同合金化的影响

如前所述,单独加入钨时,钢的硬度增幅

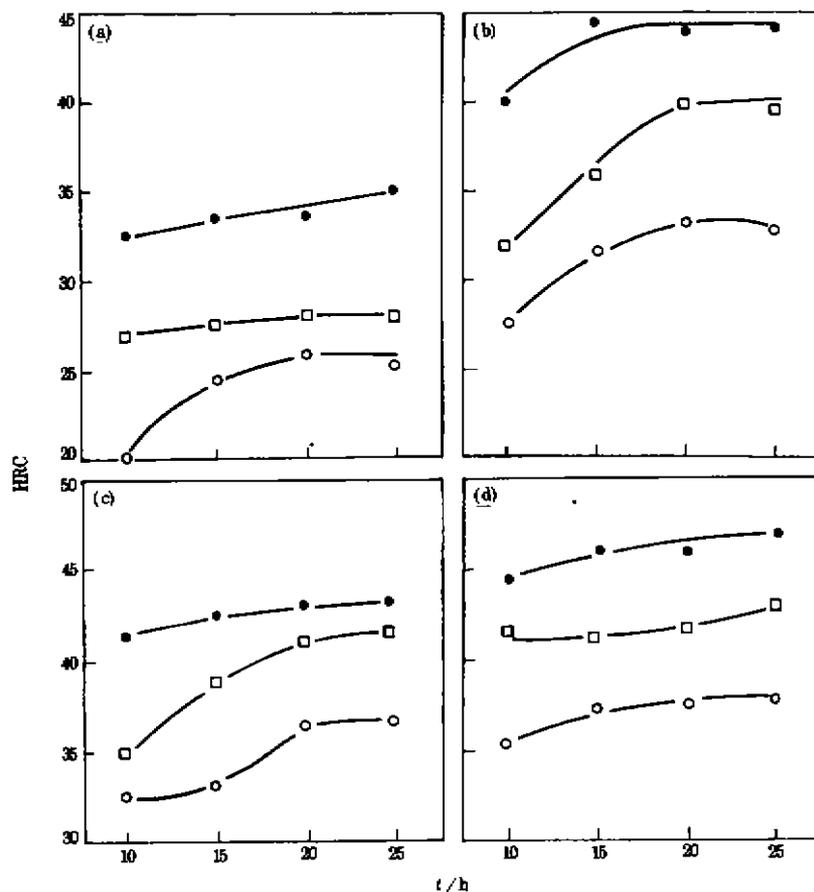


图5 钒及时效处理工艺对试验钢硬度的影响

Fig. 5 The effect of V content and aging treatment on hardness of experimental steels

(a)0.5%V;(b)0.8%V;(c)1.1%V;(d)1.4%V

○—350℃保温;□—650℃保温;●—700℃保温

不大。用钨辅助合金化,钢中同时加入钨和钒,发现钨的作用依然不明显,结果见表1。

以上结果表明,单独加入钒,即可达到7Mn15Cr2Al3V2WMo的硬度水平^[3],钨则可以省去。

2.4 断面均一性

因模具内腔小,铁氧体磁粉在成型过程中受到很大压应力,在脱模过程中又受到很大摩擦力的作用。如果模具材料组织和性能的均一性较差,就会使磁性元件在脱模时

表 1 钨和钒试验钢硬度的影响

Table 1 The effect of W and V content on hardness of experimental steels

试样	硬度(HRC)		
	铸态	650 C × 25 h 时效	700 C × 25 h 时效
1.1 %V	28.7	41.5	44.0
1.1 %V+0.5 %W	27.0	44.0	45.0
1.4 %V	33.2	43.0	48.0
1.4 %V+0.5 %W	34.5	43.0	47.5

因产生开裂或表面拉伤而报废,故厂家希望模具硬度差越小越好。按实际模具尺寸(70 mm×85 mm×110 mm)浇铸了一件毛坯(含 1.4 %V),在距底面 20 mm 处用线切割切下一块 70 mm×85 mm×10 mm 的试样,在横截面上随机地测试了 7 个点的硬度,同马鞍山磁性材料总厂原用无磁钢进行了对比(表 2)。结果表明,实验无磁钢的硬度均一性较好。

表 2 试验无磁钢与厂家无磁钢硬度比较

Table 2 Comparison of hardness between experimental steel and non-magnetic steel of works

试样	硬度(HRC)						极差(HRC)	
试验无磁钢 ¹⁾	47.5	48.0	48.5	49.0	48.0	48.5	48.5	1.5
工厂无磁钢 ²⁾	40.0	37.0	38.5	40.0	39.5	41.0	40.0	4.0

1) 经 700 C × 25 h 时效。

2.5 耐磨性

由磨损试验结果(表 3)可以看出,两种材料的摩擦因数均不够稳定,说明在磨损过程中均发生了反复粘着,但试验无磁钢的摩擦因数的变化范围略小,其抗粘着的能力略强一些。另外,试验无磁钢的硬度明显高于工厂无磁钢,因而抗压性及抵抗磨削犁削的能力均强于后者,即耐磨性较高。如用磨痕宽度评价耐磨性,则试验无磁钢的相对耐磨性比工厂无磁钢提高约 38 %。

表 3 磨损试验结果

Table 3 The results of wearing test

试样	摩擦因数	磨痕宽度/mm
试验无磁钢 ¹⁾	0.35~0.97	1.30
工厂无磁钢 ²⁾	0.28~0.96	1.79

1) 含 1.4 %V, 700 C × 25 h 时效;

2) 取自马鞍山磁性材料总厂。

2.6 磁导率

测定了试验无磁钢经固溶时效处理后的相对磁导率,均小于 1.05,其中含 1.4 %V、1180 C × 0.5 h 固溶、700 C × 25 h 时效的

试验无磁钢,其相对磁导率为 1.0056,完全满足无磁模具对无磁性的要求(相对磁导率 ≤ 1.05)^[3-5]。

2.7 工艺性能

7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢中含 2 %~3 %Al,在一般浇注温度(约 1450 C)下成膜倾向很大,金属液流动性较低,铸坯易产生非金属夹杂物、冷隔和缩松。试验无磁钢因不含铝,故可避免铝所造成的不利倾向。实际浇注试验证明,在 1450 C 左右浇注时,7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢极易粘包,试样表面皱折较严重;试验无磁钢因流动性增加而没有出现这种现象。因此,试验无磁钢可以采用较低的浇注温度,这样有利于晶粒细化,提高组织的致密度,并且便于铸造。

试验无磁钢的机加工性能(主要是切削性能)与 7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢差别不大。退火(1180 C × 6 h)后硬度(HRC)为 26~32,可使用硬质合金刀具进行切削加工。在实际生产中,厂家要求供货态硬度(HRC) ≥ 43 ,采用线切割进行加工,因此对机加工性能没有要求。

3 经济效益分析

以1995年材料价格计算,试验无磁钢与7Mn15Cr2Al3V2WMo钢标准成分相比,每吨材料节约钼铁(60%Mo)10~20 kg,价值1200~2400元;节约铝20~30 kg,价值400~600元;节约钨铁(70%W)7~14 kg,价值70~140元,节约合金总价值约1670~3140元。如考虑铸造性能改善所降低的废品率,实际经济效益将更大。

4 结论

(1)用钒合金化,可显著提高无磁钢(14.5%~16.0%Mn,0.65%~0.75%C,

1.0%~1.5%Cr,0.6%~0.8%Si)的硬度。含1.4%V、经1180℃×0.5h固溶、700℃×25h时效,钢的硬度可稳定地达到HRC44~48,相对磁导率<1.05,达到了同类无磁模具钢的先进水平,能够满足实际生产的需要。

(2)在本文的试验条件下,试验无磁钢的耐磨性比工厂无磁钢提高约38%。

(3)与7Mn15Cr2Al3V2WMo标准成分相比,试验无磁钢每吨材料可节约合金价值1670~3140元,并且由于铸造性能得到改善,有利于模具铸造质量的提高。

参 考 文 献

- 1 曾德麟. 粉末冶金材料. 北京:冶金工业出版社,1989.
- 2 张振亚,魏果能,朱泉川,等. 无磁模具钢7Mn15Cr2Al3V2WMo的研究. 钢铁研究总院学报,1982(1):55.
- 3 姜祖康,陈再枝,任民恩,等. 模具钢. 北京:冶金工业出版社,1988.
- 4 袁 汲,何葆祥,汪曾祥,等. 小件的热处理. 北京:机械工业出版社,1984.
- 5 钢铁研究总院编. 合金钢手册(上册). 第三分册. 北京:冶金工业出版社,1972.

第九届全国炼钢学术会议

THE 9th ANNUAL MEETING ON STEELMAKING

第九届全国炼钢学术会议于1996年12月2~6日在广州召开。来自全国厂矿、科研设计院所、大专院校的150多名代表参加了会议。大会共收到论文140余篇。此次会议由中国金属学会炼钢学会主办,广州钢铁集团公司承办,中国科学院、工程院院士邵象华致开幕词。

会议采用大会发言和分组讨论的形式进行。研讨的主要内容包括炼钢生产技术的发展方向,炼钢

工艺的现代化、合理化与结构优化,炼钢科学技术的进步和科研成果。

此次大会加强了学术交流,促进了冶金学科的发展,探讨了炼钢学科面向21世纪如何发展。炼钢学会召开了理事会议,总结了过去两年的工作,并初步议定了1998年炼钢学术会议的中心议题及会址。

(本刊讯)