

# 国产化材料W2ZH (代替俄料B2\*耐磨钢) 的热处理工艺研究

赵得萍 王朝朋

中国航发西安动力控制科技有限公司 陕西 西安 710032

**摘要:** 本文对国产化材料W2ZH (中科院金属所研制的W2ZH材料替代俄料B2\*) 热处理加工参数进行研究, 研究了不同的回火温度与W2ZH硬度的影响关系, 以及不同时效温度下的显微组织, 通过分析确定该材料最佳的热处理工艺参数。

**关键词:** 国产化材料W2ZH 耐磨钢 热处理 硬度 金相组织

航空发动机是在高温、高压、高速旋转的恶劣环境下长期可靠工作的复杂热力机械, 在各类武器装备中, 航空发动机对材料和制造技术的依存度最为突出, 航空发动机高转速、高温的苛刻使用条件和长寿命、高可靠性的工作要求, 把对材料和制造技术的要求逼到了极限。材料和工艺技术的发展促进了发动机更新换代。

国产现役航空发动机都是多年前仿制国外或自行研制和改进改型的发动机, 经过较长时间的使用, 迫切需要进一步延长使用寿命, 保证我国空军的战斗力。在我公司研制生产的某型号发动机上, 由于原俄B2\*库存不足, 急需国产化新材料替代。根据我公司的技术要求, 由中科院金属研究所研制的W2ZH材料代替俄料B2\*耐磨钢。而新研材料 W2ZH的热处理处于空白技术, 故本项目就国产化材料W2ZH的热处理工艺进行研究, 分析时效温度对其性能的影响。

## 1 试验材料

试验用钢是中科院金属研究所研制的国产化材料W2ZH耐磨钢, 状态为铸态, 其化学成分如表1所示。热处理前对铸态原材料进行缺陷分析, 结果如表2所示。

表1 W2ZH耐磨钢的化学成分 (质量分数, %)

主要元素						其他元素		
C	Cr	Mo	V	Mn	Si	S	P	Ni
1.32-2.2	16-18	14-16	1.2-1.6	0.2-0.5	0.4-0.7	≤0.025	≤0.025	≤1

表2 W2ZH铸态化验分析结果

序号	试验项目	技术要求	试验结果	结论
1	化学	C:1.3-2.2 Cr:16.0-18.0 Mo:14.0-16.0 V:1.2-1.6 Mn:0.2-0.5 Si:0.4-0.7	C:1.86 Cr:16.88 Mo:15.63 V:1.58 Mn:0.38 S:0.70	合格
2	组织	与俄材料相当, 各相尺寸接近	与俄材料相当, 各相尺寸接近	合格

续表:

序号	试验项目	技术要求	试验结果	结论
3	硬度	不小于58HRC	12根硬度均大于58HRC	合格
4	X射线 (100%)	经X射线检测, 应无超标缺陷	经X射线检测, 未发现超标缺陷	合格 9根
5	纵截面缺陷检查	按技术协议执行	剖切纵截面上无杂质, 冷隔气泡和疏松等缺陷	合格

数据表明, 国产化材料W2ZH的化学成分、硬度、组织各相尺寸与俄料B2\*相近, 满足技术协议。且钢棒无内部缺陷了验收合格。

## 2 试验方案及结果

### 2.1 试验方案

热处理前领取 $\phi 10 \times 80$ mm的钢棒两根, 线切割切成中 $\phi 10 \times 10$ mm的样件, 共12个。工艺要求热处理后硬度达到HRC58-64, 由于W2ZH是俄料B2\*的替代材料, 故分析B2\*材料的热处理工艺参数, 制定国产化W2ZH的试验方案, 并将试验分为10组。其中淬火在盐炉进行, 时效在真空炉进行, 具体方案如表3所示:

表3 试验方案

淬火	失效
盐炉:预热温度 $790 \pm 10^\circ\text{C}$ , 预热8-10分钟, 淬火温度 $1150 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温15-17分钟, 油冷。	① $550 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	② $600 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	③ $650 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	④ $700 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	⑤ $750 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	⑥ $800 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	⑦ $850 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	⑧ $900 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷
	⑨ $950 \pm 10^\circ\text{C}$ , 保温50-60分钟, 气冷

### 2.2 试验结果

热处理结束后, 将每组时效温度后的样件进行硬度检测, 用洛氏硬度计, 型号206MX进行检测, 每组样件

检测5个硬度值,结果如表4所示:

表4 不同时效温度下的硬度值

时效温度	实测			硬度值HRA J		实际值HRC	要求值HRC\
	550℃	80.4	81.0	82.1	80.9	81.4	59-62
600℃	82.4	82.1	82.3	82.2	82.3	62-62.5	
650℃	79.5	79.3	79.6	79.9	79.7	56.5-57.5	
700℃	80.5	80.4	80.4	80.5	80.2	58-59	
750℃	79.7	79.7	79.4	79.6	79.3	56.5-57.5	
800℃	79.5	79.1	79.3	79	78.9	56-57	
850℃	78.9	78.9	78.7	78.7	78.6	55-56	
900℃	79.6	78.9	78.9	78.9	78.8	55.5-57	
950℃	83.7	84.0	84.0	83.9	83.9	64.5-65.5	
1000℃	84.7	84.7	84.7	84.5	84.4	66-66.5	

经过10组试验,分析试验结果,W2ZH在1000℃时效后硬度为66-66.5HRC,在950℃时效后硬度为64.5-65.5HRC,均高于要求值HRC58-64;在900℃时效后硬度为55.5-57HRC,低于要求值HRC58-64.故增加一组试验,在940℃进行时效。准备尺寸为Φ10x10mm的样件2个,在盐炉进行淬火,淬火前用790+10℃预热8-10分钟,后转入高盐,在1150±10℃下保温15-17分钟,油冷。清洗干净后转入真空回火炉进行时效,时效温度为940±10℃,保温50-60分钟,气冷。热处理后取出样件用洛氏硬度计,型号206MX进行检测,结果如表5所示。

表5 940℃时效后的硬度

样件编号	实测硬度值HRA					HRC
	1#	82.3	82.1	82.4	82.3	82.2
2#	82.5	82.4	82.1	82.7	82.7	62.5-63

### 3 硬度分析

分析不同时效温度与硬度的关系,如图1所示:

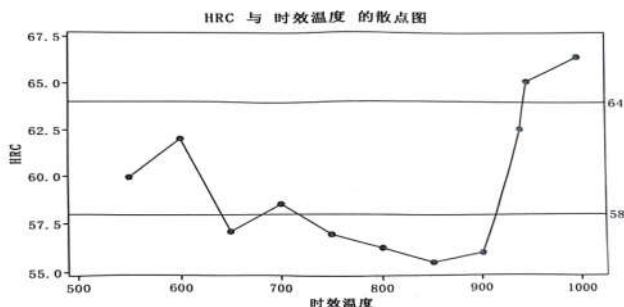


图1 时效温度与硬度关系图

国产化材料W2ZH经过1150℃淬火后,在550-1000℃之间进行时效,结果表

明,与传统材料不同的是,随着时效温度的升高,W2ZH的硬度值并非呈线性下

降的趋势,而是呈U型曲线分布的。在940℃时效

后,硬度能满足工艺要求的+U

HRC58-64。

### 4 组织分析

将淬火后和不同时效温度下的样件进行制样,并经4%硝酸酒精溶液进行腐蚀后用金相显微镜进行观察。图2是淬火后的显微组织。采用不同温度时效后的W2ZH,显微组织如图3~图5所示。从图中可以看出,时效温度不同,W2ZH的

显微组织有所不同。随时效温度从550℃提高至940℃,W2ZH的组织先细化后粗化。



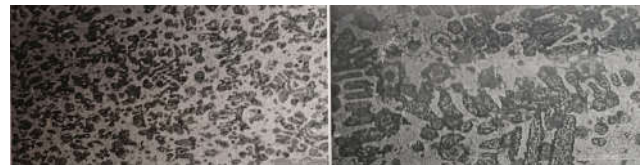
a.固溶态 200× b.固溶态 500×

图2 固溶态下的组织形貌



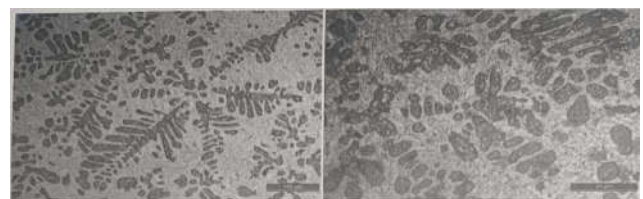
c.550℃时效 200× d.550℃时效 500×

图3 550℃时效后的组织形貌



e.650℃时效 200× f.650℃时效 500×

图4 650℃时效后的组织形貌



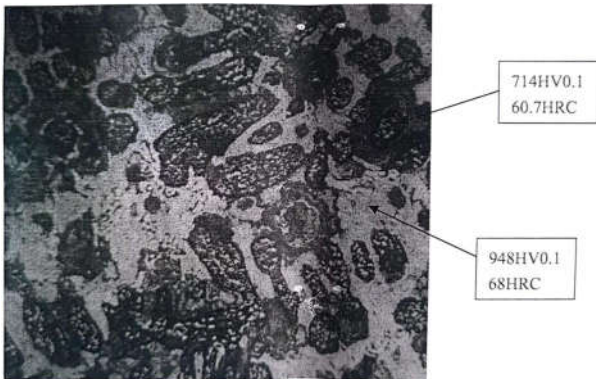
g.940℃时效 200× h.940℃时效 500×

图5 940℃时效后的组织形貌

由图2可以看出,W2ZH在1150℃处理后组织完全固溶,通过不同的时效温度使得碳化物析出,提升材料的硬度。图2显示进行550℃时效后,组织影响很小,基本保持原1150℃固溶的组织不变。经过650℃时效后,黑色相析出明显,从图4中可以看出,在940℃时效后黑色相和白色基体中均有碳化物析出,使得材料硬度大大提升。

将图中黑色相和白色基体进行显微硬度检测,发现白色基体硬度高,黑色相为低硬度相。

显微硬度检查：黑色低硬度和60.7HRC,白色基体68HRC



经过对不同时效温度的显微组织进行分析,发现659℃时效后黑色相析出明显,硬度提升较小。随着时效温度的升高,时效温度越高,黑色相上的碳化物析出越充分,极大的提升材料硬度。在940℃时效后,黑色相和白色基体中均有碳化物析出,细小颗粒弥散分布。

## 5 结论

1)国产化材料W2ZH经过1150℃淬火后,在550-1000℃之间进行时效,随着时效温度的升高,W2ZH的硬

度值呈U型曲线分布。在940℃时效后,硬度能满足工艺要求的HRC58-64。

2)国产化材料W2ZH在1150℃火后组织完全固溶,通过不同的时效温度使得碳化物析出,提升材料的硬度。在940℃时效后黑色相和白色基体中均有碳化物析出,使得材料硬度大大提升。

## 参考文献:

- 1.刘大响,一代新材料,一代新型发动机:航空发动机的发展趋势及其对材料的需求[J],材料工程,第45卷第10期,2017年10月,第1-5页
- 2.武中豪,热处理对7Cr14马氏体不锈钢组织与性能的影响[J],中北大学,2021
- 3.栾威威<sup>1</sup>,李宁,浅析Cr元素对05Cr17Ni4Cu4Nb时效硬化型不锈钢组织与性能的影响[J],管理与其他,271-272页
- 4.4.李荣之,曹征宽,何银珍,张全新,时效工艺对17-4PH不锈钢组织和硬度的影响[J],工程技术研究,2021年第8期,3-4页