

高精度、细规格、金属模型高温母合金的研制

首钢总公司冶金研究院 王 文

本文简单阐明了细规格 K18C 母合金的技术要求, 并进一步论述了用金属模生产的该种产品具有尺寸精确、表面光洁、质地纯净等优点。该材料已批量应用于高温合金零件的生产中。

关键词: 高精度, 细规格, 金属模型高温母合金

Research of High Precision and Thin Size Superalloy Remelting Stock Made with Metallic Mold

Wang Wen

(Research Institute of Metallurgy, Shougang)

This paper introduces briefly the technological requirement for thin K18C remelting stock, and discusses that, when produced with metal model, it would possess precision size, smooth appearance and purest quality etc. A great amount of the material have been used in the production of spareparts of superalloy.

Keyword: high precision, thin size, superalloy remelting stock made with metallic mold

1 前言

$$\sigma_b \geq 77 \text{ kg/mm}^2 \quad \sigma_{0.2} \geq 70 \text{ kg/mm}^2 \quad \delta \geq 3\%$$

目前广泛应用于我国航空工业生产中的高温母合金绝大部分规格为 $\phi 75 \sim 85 \text{ mm}$ 。代表性的牌号为 K403、K418 等 13 种合金。这类规格的母合金只能适用于真空感应炉熔炼生产各种高温零件, 其缺点是生产效率低、合金料浪费大。随着科学技术突飞猛进的发展, 节约能耗、节约材料、高效快速发展各项事业已成为当前人们所关注的问题, 新的冶炼浇注技术不断被科学家们发现并应用于生产实践中, 为了适应一种新的无剩余浇注工艺技术要求, 我们特研制了高精度、细规格、金属模型高温合金母材, 现已批量应用于高温合金零件生产中, 并已全面取代进口材料。现以材质为 K18C 规格为 $\phi 31.5 \text{ mm}$ 为例进行论述。

表 1 化学成分 (wt%)

元素	C	Cr	Mo	Nb	Al	Ti	B	Zr	Ni
含量	0.08 /0.20	12.0 /14.0	3.8 /5.2	1.8 /2.8	5.5 /6.5	0.5 /1.0	0.005 /0.015	0.05 /0.15	余

2.3 产品规格及其表面要求

母材要求有严格的直径公差、较好的表面光洁度和较高的致密度, 具体要求如下:

- I $\phi 31.5 \pm 0.5 \text{ mm} \quad \times \geq 400 \text{ mm}$
- II 二次缩孔 $\leq 5 \text{ mm}$
- III 表面光洁无氧化皮、无夹渣等缺陷。

2 新材料的技术要求

2.1 主要化学成分范围

2.2 力学性能要求

持久性能: $980^\circ\text{C} \quad \sigma = 15.4 \text{ kg/mm}^2 \quad \tau \geq 30 \text{ h} \quad \delta \geq$

5%

瞬时性能: 室温

3 研制过程

一般地说制造以上细规格合金棒有以下三种方法:

- 1. 砂型铸造法, 其产品纯净度低, 尺寸不规范, 且工艺繁琐;
- 2. 精密铸造法, 其产品纯净度不高, 主要的缺点是成本高, 生产效率低;
- 3. 金属模铸造法, 其产品直径公差易控制、成本低廉、纯净度高、加工简便、生产效

率高、适合于大生产。

生产该型金属材料要经过精心选料、配料计算，并在真空感应炉中加以炼制，钢水在特制的金属模具中浇铸而成，铸棒经过精加工后进行化学成分、力学性能检验，合格后即可作为合格产品投入使用。

4 讨论

4. 1 新材料化学成分控制结果分析

任取 12 炉成品进行化学成分抽测，按 GB223《高温合金化学分析方法》或光谱分析方法进行。所得结果列于表 2 中。由此看出，在正常工艺操作下新材料产品完全符合上述“化学成分技术要求”。

4. 2 力学性能控制结果

表 3 列出了 12 炉力学性能测试结果，所列数据均为持久时间达到 30h 后加载 3~5 次、每次加载 600N 的测试结果。

表 2 成品成分分析结果比较 (wt%)

成 分 元 素 炉 号	C	Cr	Ti	Al	Mo	B	Zr	Nb	Ni
F92—512	0.17	13.16	0.84	6.17	4.77	0.012	0.14	2.50	余
F92—519	0.15	12.95	0.83	6.04	4.68	0.011	0.12	2.47	余
F92—412	0.15	12.83	0.83	6.09	4.68	0.014	0.11	2.50	余
F92—414	0.15	12.82	0.81	6.02	4.64	0.013	0.09	2.50	余
F92—1482	0.16	12.92	0.84	6.13	4.71	0.012	0.12	2.43	余
F92—1483	0.16	13.03	0.86	6.18	4.77	0.013	0.13	2.56	余
F92—1484	0.15	13.02	0.84	6.16	4.74	0.012	0.12	2.40	余
F92—1485	0.15	2.96	0.80	6.16	4.59	0.012	0.12	2.48	余
F92—1486	0.15	2.47	0.84	5.94	4.74	0.011	0.12	2.48	余
F92—1487	0.11	2.53	0.84	6.08	4.75	0.012	0.12	2.46	余
F92—1488	0.13	2.68	0.85	6.13	4.75	0.012	0.12	2.64	余
F92—1489	0.15	3.00	0.85	6.19	4.75	0.011	0.12	2.48	余

表 3 力学性能数据

性 能 炉 号	持 久 980℃				室 温 瞬 时		
	τ, h	δ, %	加载次数	σ, N/mm ²	σ _b , N/mm ²	σ _{0.2} , N/mm ²	δ, %
F92—512	34°30′	8.0	5	151.00	825	735	8.0
F92—519	34°50′	12.0	5	151.00	860	715	10.0
D91—412	35°20′	10.0	4	151.02	940	775	8.0
—414	34°57′	13.0	5	151.02	935	750	11.0
F92—1482	32°55′	17.0	3	150.00	845	695	7.2
—1483	33°35′	13.0	4	150.00	837	776	6.0
—1484	32°45′	10.0	3	150.00	862	724	9.6
—1485	33°40′	18.0	4	150.00	870	720	10.0
—1486	33°05′	13.0	4	150.00	855	730	6.3
—1487	33°45′	12.0	4	150.00	875	730	7.4
—1488	34°17′	18.0	4	150.00	880	715	5.1
—1489	34°50′	15.0	5	150.00	925	810	6.0

从而不难看出 K18C 具有优良的力学性能，并在塑性方面尤为突出。

4.3 直径公差控制结果

以下为任取6支精正后的 $\phi 31.5\text{mm}$ 棒料在任意部位实测直径数据统计(单位, mm):

31.54	31.38	31.46	31.58	31.52	31.40
31.34	31.58	31.44	31.32	31.30	31.58
31.54	31.30	31.34	31.50	31.50	31.38
31.40	31.30	31.30	31.40	31.38	31.38

以上数据表明用这种方法制得的铸棒直径公差完全符合 31.5 ± 0.5 (mm) 范围工艺要求。

4.4 疏松

图1为该合金金属模成品棒料上下断面晶粒大小及疏松情况,可以看出用金属模铸造成型可获得较为细小的晶粒及致密的棒材成品。

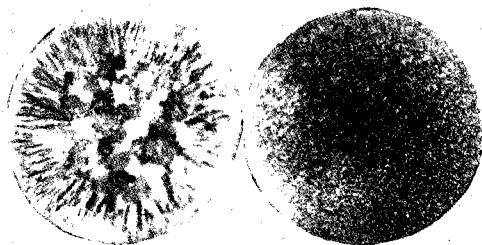


图1 断面晶粒大小 (1 \times)

(a) 棒料上部横截面 (b) 棒料下部横截面

4.5 组织

通过K18C铸造样品金相分析,该合金为典型的树枝晶铸造组织,合金内部基体上呈现弥散分布的 γ 相和条状、块状TiC和NbC。

4.6 成品夹杂及纯净度

成品经浮渣检验全部炉次钢液面纯净度测定为22~23级。

取成品棒纵剖面测定合金夹杂等级为0.5级。图2a, b为同一视场同一放大倍数合金内部夹杂评级图。图2a为合金中碳化物和夹杂物混合在一起的图相。图中细小弥散分布在晶界的颗粒为碳化物,中间较大颗粒

为夹杂。图2b为图2a视场经过一定技术处理后去掉碳化物干扰所拍的夹杂照片。从而不难看出用金属模铸造成型的合金母材具有较高的纯净度。因为这种方法最大可能地避免了污染源的存在。

图2 合金内部夹杂评级图 (100 \times)

5 结论

(1) 细规格金属模型高温母合金产品具有尺寸精确、表面光洁、材质致密、质地纯净等优点。

(2) 该型母合金为国内首创,填补了国内空白,已完全替代了进口材料。

镁复合材料研制新动向

近些年来,复合材料在航空发动机中的应用倍受人们重视。在镁复合材料的研制工作中,正在研究粒状增强剂对材料性能的影响。这种粒状增强剂,多为不同性能与类型的陶瓷,将之渗入液态镁合金并铸成零件,可代替粉末冶金方法。用该法制取的材料,重量要比铝合金轻25%、弹性模量相当;无论是铸态还是变形的镁复合材料,其室温屈服强度均高于未增强的镁合金,而弹性模量却提高40~50%。现在,这种镁复合材料已进入商业应用阶段。

变焦距透射电子显微镜 EM906

世界著名的德国蔡司公司最近研制出一种变焦距的透射电子显微镜,型号为EM906。该仪器汇集了电子光学与智能计算机技术的最新成就,可对仪器的各种成像参数进行连续控制。如:在不做图象转动的条件下,可将视区从40 \times 连续放大到600000 \times ;无论选定的图象放大倍率是多少,其亮度始终不变;照相焦距可连续变化;在一定放大倍率范围内,图象可连续转动。

(祝印兰)