

400~440℃, 此时钢的综合力学性能最好。

四、零件热处理工艺

图 2 为某歼击机襟翼舱销子, 由 0Cr16Ni6 钢棒加工而成。该零件属于 2 类特检关键零件, 工作条件不仅接触大气, 且承受复杂的载荷作用, 技术要求为  $\sigma_b=1080\sim1380\text{MPa}$ ,  $\sigma_{0.2}>930\text{MPa}$ ,  $\delta>12\%$ ,  $\psi>50\%$ 。

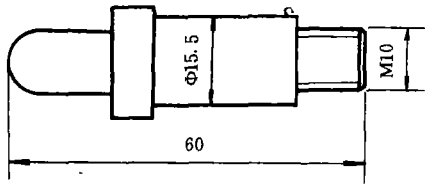


图 2 襟翼舱销子示意图

在上述材料分析、工艺试验的基础上, 生产中制订了如下的热处理制度: 固溶处理+深冷处理+回火。其具体工艺如下:

**固溶处理** 将零件及随炉力学性能试样一同装入不锈钢筛网中, 保持单层散放, 不经预热, 直接在高温箱式电炉中加热, 温度为  $1000\pm10^\circ\text{C}$ , 保温时间以到温计时, 按  $20\sim30\text{min}+1\sim2\text{min}/\text{mm}$  计算。保温后出炉淬入  $15\sim30^\circ\text{C}$  的流动清水中冷至水温, 取出吹干水分。

**深冷处理** 固溶状态的零件和试样, 应在 1h 内进行冷处理。我厂所用冷处理设备为自制的冷处理罐。内装干冰和酒精, 其加入量应没过零件。为保证温度达到  $-70\sim-80^\circ\text{C}$ , 并保持 2h 以上, 应注意始终保持过量的干冰。

**回火** 经深冷处理后的零件的试样, 待温度自然回升至室温后, 即可装入 RJJ-36-6 井式回火炉中进行回火。根据工艺试验的结果, 生产中采用的回火温度为  $420\pm5^\circ\text{C}$ , 保温时间按  $60\text{min}+2\sim3\text{min}/\text{mm}$  计算。回火后在空气中冷却。

经全程热处理后, 其力学性能列于表 5。

表 5 随炉所带试样力学性能

力学性能 热处理批次	$\sigma_b$	$\sigma_{0.2}$	$\delta$	$\psi$
	MPa		%	
870611	1352.4	1131	18.3	67.1
881012	1352.9	1127	17.1	66.5
890216	1327.9	1090.7	20.15	71.3
900716	1329.4	1104.5	19.4	72.3
910209	1326.5	1079	18.6	70.8
技术指标	1080~1380	>930	>12	>50

五、结 论

1.0Cr16Ni6 双相不锈钢的热处理制度为: 固溶处理+深冷处理+回火。经全程热处理后, 具有高强度、高韧性和良好的耐蚀性能, 在  $200\sim600^\circ\text{C}$  之间没有回火脆性, 在

$450^\circ\text{C}$  以下使用, 具有足够的稳定性。

2. 该钢热处理特点是: 固溶处理温度不能低于  $1000^\circ\text{C}$ ; 深冷处理是其强化的主要手段; 随后经  $400\sim440^\circ\text{C}$  回火, 可使强度进一步提高。

本文金相照片由厂中心试验室张庚午高级工程师制作。

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※

粉末冶金新技术

用于生产粉末冶金材料的两种新技术已得到美国缅因州戈勒姆新材料学会的认可, 这两种新技术就是加压加速烧结技术和热脉冲热等静压技术。

加压加速烧结 (pressure assisted sintering) 是一种低压粉末冶金致密技术, 它可以利用模压成形, 也可用于注射成形 (injection moulded)。戈勒姆新材料学会声称, 按设备成本、加工的经济情况和能耗要求, 加压加速烧结技术的优越性都大大超过传统的烧结技术和热等静压技术。

加压加速烧结技术为获得完全致密的粉末冶金材料提供一种良好的方法, 它所用的压力比传统的热等静压技术所用的压力要低一个数量级。施加压力时的温度大体上和烧结温度相同。这种方法在采用  $70\sim105\text{kg}/\text{cm}^2$  的压力时, 密致度可大于理论密度的 99%。

在烧结初始阶段, 材料形成稠密的孔隙度, 在随后的短暂加压阶段, 这些气孔被压扁。戈勒姆新材料学会声称, 这两个阶段加起来需要的时间大约是传统烧结工艺所需时间的 35~40%。开始烧结而不加压和随之加压进行烧结这两个阶段都在同一个压力炉内进行。且第二阶段紧跟在第一阶段立即进行。

在 3161 (材料) 坯块上的试验表明, 加压加速烧结工艺的效果相当于烧结后继续在  $1050\text{kg}/\text{cm}^2$  压力下在  $1100^\circ\text{C}$  持续 1 个小时的热等静压工艺。而加压加速烧结时, 在  $1300^\circ\text{C}$  只用 15 分钟。

据戈勒姆新材料研究学会说, 一家第一流的日本公司已成为加压加速这种工艺第一个外国领有许可证的厂商, 而且, 戈勒姆新材料学会还在进一步寻找合作伙伴以转让和推广这种工艺和另一种热脉冲热等静压工艺。

戈勒姆新材料学会开发的热脉冲热等静压工艺在 80 年代末已用于生产钕铁硼永磁材料, 该工艺后来成功地用于快速凝固钕铁硼合金, 接着又转向  $\text{Ni}_3\text{Al}$  合金。

所谓热脉冲就是把材料快速加热到较高的温度 ( $10\sim500^\circ\text{C}$  以上), 持续时间为几秒钟到几分钟, 温度的快速上升和短暂的保持时间可使大多数材料的扩散过程减少到这样的程度, 以致材料没有大的相变, 晶粒尺寸没有什么变化, 而大多数材料的屈服强度此时会降低, 以致可以用比传统的热等静压工艺较低的压实压力就能使材料致密化。热脉冲热等静压工艺的优点包括: 较短的工艺周期、较低的压力、较低的温度和较低的零件成本费用、较细的晶粒尺寸和良好的力学性能。

(刘先曙)