

图 15 8号试验方案饼坯中心部位高倍组织(原毛坯为等轴组织)500×

2. 不论原毛坯的高倍组织如何, 采用 $\beta$ 锻造获得的饼坯均具有低倍粗晶组织和高倍魏氏组织, 因此饼坯不

宜采用 $\beta$ 锻造。

3. 在常规锻的条件下, 饼坯高、低倍组织的改善, 可采取提高模具预热温度的办法。

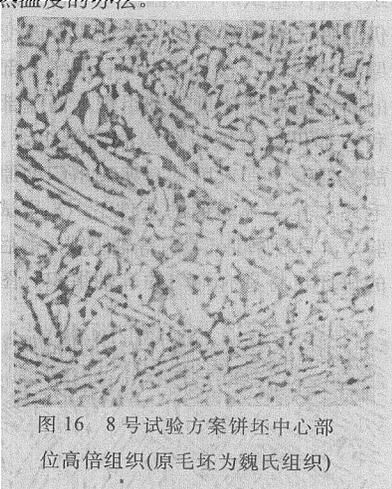


图 16 8号试验方案饼坯中心部位高倍组织(原毛坯为魏氏组织)

4. 采用等温锻和超等温锻, 是改善饼坯低、高倍组织的有效办法之一, 它可消除低倍组织缺陷: 剪切带和局部粗晶, 使饼坯具有均匀细晶的低倍组织和等轴的高倍组织。

5. 获得最佳低倍和高倍组织的锻造工艺参数搭配是: 锻造加热温度 $930^{\circ}\text{C}$ , 变形程度 76%, 保压 10min, 模具温度 $930^{\circ}\text{C}$ ; 或者锻造加热温度 $860^{\circ}\text{C}$ , 变形程度 76%, 保压 15min, 模具温度 $860^{\circ}\text{C}$ ; 或者锻造加热温度 $860^{\circ}\text{C}$ , 变形程度 40%, 保压 5min, 模具温度 $930^{\circ}\text{C}$ 。

本文研究工作得到北京六二一研究所刘建宇高级工程师, 江翠娣和崔健工程师的大力帮助, 特此表示衷心的感谢。

## 粉末冶金零件中缺陷的无损检验

在 1988 年的粉末冶金研讨会上对黑色金属粉末冶金零件中裂纹的无损探伤进行了讨论, 现摘录 R.C.O'Brien 和 Volker Arnhold 博士的发言以供参考。

Hoeganaes 公司的 R.C.O'Brien 指出: 粉末冶金零件中的典型缺陷归纳起来有: 放射性裂纹、密度变化、显微分层和烧结不良 4 种。粉末零件生产史上已经发表过的无损试验方法有: 电阻测量、磁粉检验、透气性和 X 射线密度测定 4 种。他认为最有希望的粉末冶金无损检验方法是: 电阻试验、涡流和磁桥试验、磁粉检验、超声检验、X 射线照相检验、透气性试验和 $\gamma$ 射线密度测定; 指出: 直流电阻试验对湿的和已烧结的零件是最有希望的方法, 既能检测裂纹, 又能按硬度和密度进行分类。涡流试验虽不能发现内部裂纹, 但能检查贯穿零件表面的裂纹。计算机控制的层析 X 射线摄影法和实时 X 射线成像法具有检测湿零件和烧结零件中裂隙的潜力, 但这种设备的成本高, 可能会妨碍它在粉末冶金工业中的应用。磁粉检验能查出烧结件中的表面裂纹, 但尚未自动化。透气性试验需要专门的夹具和装卸时间, 自从 1970 年第一次介绍以来, 似乎未发现广泛应用。

超声试验无法检查湿的粉末零件, 但适合于评价烧结零件。C 扫描和 SLAM 法对黑色金属粉末冶金零件也很有效。

Volker Arnhold 博士介绍了 Krebsöge 工厂使用的检验方法, 即: 目视法 (包括 SEM、磁粉检验、液体渗透检验); 超声试验; 电气试验 (涡流);  $\gamma$  射线试验。

SEM 法目前用于检查极小零件中的表面裂纹, 主要用于回答一些基本问题如工具的设计, 避免在压实过程中开裂, 很少用作生产线上的无损检验装置。

磁粉检验是粉末冶金工业中最常用的检查裂纹的无损检验方法。Krebsöge 厂习惯上用于检查凸轮轴主动轮中肉眼难于看见的横向裂纹。下面给出磁粉检验查出的废品率。

零件	典型批 (件数)	废品数 (带裂纹)
泵叶轮	30 000	2 490(8.3%)
凸轮轴主动轮	25 000	375(1.5%)

液体渗透检验用于由真空烧结或粉末锻造法生产的密度较高的零件。用户采用这种方法 100%地检验为战斗机生产的真空烧结件。至今, 已生产数千件 (未采用热等静压法愈合缺

陷), 未发现裂纹。

超声试验习惯上用于检查水泵凸缘。这是一个评价高密度零件的好方法。如果需要进行 100% 的检查, 还可根据零件的几何尺寸进行自动化检查。

涡流试验原则上可以检查所有的导电材料。典型用途是检查筒式输送带或阀座环。这些零件由振动器送入斜槽, 停止在两个传动辊上使环旋转。由一个分开而独立的传感器监测表面两侧的完整性。检查后推出阀座环并由电子设备系统进行分选。该系统完全自动化, 检测速度为每小时 1000 件。

$\gamma$  射线试验用于检测局部地区的密度。厂内安装 5 台设备, 其中 4 台用来检查锻造连杆用的预成形粉末坯这样的粉末冶金零件。另外一台用于检查废水泵用的凸轮环。目前, 根据零件材料和尺寸, 密度的测量精度可达 $\pm 0.2\sim 0.7\%$ 。对确定声衰性质、成像分析和 X 射线计算机控制层析摄影法以及其它可能的方法的研究工作也正在进行中。总的目的是寻求可以在湿状态下进行无损试验的方法。

(埃摘译)