

形小。由于预冷段能控制产品在相变区的冷改善，强度和韧性显著提高。

(2) 渗硼使DT合金冷镦模表面硬度提高，在相同工艺条件下，与未渗硼锻造模具比，寿命提高5倍以上。

(3) 硼-硫复合渗使DT合金冷镦模具

性能得到更充分发挥，硫化物在高硬度硼化物层的支撑下，进一步提高了合金模具耐磨性、抗粘结、抗咬合性能。生产实践表明，硼-硫复合渗与单纯渗硼模具相比，寿命提高约10%。

• 参加本试验工作的有鹏程、万意等同志。

烧结电炉的节能改造

陈国平

(金华粉末冶金厂，浙江 321001)

烧结工序消耗的能量占整个粉末冶金制品能量消耗的60%左右。我厂1990年生产铁基制品526.13t，全厂总耗电108万kW·h，而烧结电炉耗电67.14万kW·h，占62%。因此，如何根据客观实际改造现有的烧结电炉，取得既能控制质量、提高产量，又能降低电耗、降低烧结成本的效果，具有十分迫切的现实意义。近年来，我厂先后改造了两台烧结电炉，取得了明显的效益。

1 改造前的现状及能耗分析

60年代生产的RJT-84-13推杆式烧结电炉是我厂改造前的主要烧结设备。该炉额定功率84kW，额定生产率20kg/h，最高工作温度1300℃。炉膛尺寸(宽×高)为430×330mm，工作室尺寸为4000×200×220mm，料盒尺寸为185×185×150mm，炉体外形尺寸为4000×1200×800mm(炉墙高)。

根据20年的生产实践，发现该炉存在下述问题：

(1) 炉体保温性能差。因炉墙热阻小，炉壁表面平均温升大于50℃。该炉墙的耐火层用厚100mm的粘土砖，高温保温层用QN-1.0轻质粘土砖，绝热层为厚180mm的硅藻土保温砖，耐火保温层总厚度小于400mm，高度方向小于300mm，且选用的耐热保温材料容重大，导热系数大。

(2) 生产率低。受产品结构及料盒容

积的限制，平均生产率不能达到额定值。

(3) 硅碳棒引伸端的密封和保温差，气体泄漏严重，耗气量一般需要20~30m³/h。

(4) 产品质量差。由于炉子温差大、气密性差，预冷部位无控温手段等原因，使烧结坯的变形大，氧化脱碳严重。

(5) 运行费用高。石墨料盘和料盒消耗大，硅碳棒价格高，烧结成本年平均达0.7~0.8元/kg。

生产数据表明，该炉每小时耗电25~35kwh，生产率为10~25kg/h。所以烧结产品电耗为1320~3400kW·h/t。1989年为1491kW·h/t。

在正常烧结条件下对该型电炉热平衡测试两次，结果如下：

(1) 热效率视装盒重量的多少在8~16%范围内；

(2) 炉体散热损失50~56%，炉壁表面温升平均为53℃，炉底、炉顶的温升超过70℃；

(3) 硅碳棒外伸端表面的温升大于300℃，热损失为8%；

(4) 保护气氛吸热损失为12%；

(5) 消耗在加热石墨料盘和料盒上的热量为15~20%。

总结实践经验，分析能耗流向，可看到节能改造工作应从提高生产率、减少炉壁散热、减少加热辅件，减少保护气氛吸热及减

少外伸电极热损失等方面入手，并结合产品质量和技术创新进行改造。

2 改造方法及措施

(1) 提高生产率降低单耗

在热稳定状态下电炉的空载损耗是一恒值，其大小反映了炉体、电极引出端散热量的多少。正常工作时，大于恒值部分的电耗主要被用于加热产品、辅件及保护气氛。这时增大炉子的生产率（辅件，气体流量不变）所增加的电耗几乎都用于有效热。如当装盒密度从 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 提高到 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，热效率比前者提高20%。但在生产实践中往往受烧结产品的几何形状和工艺的限制而无法增大装盒密度。我们在改造时将料盒容积增大1.7倍，即将料盒尺寸定为 $250 \times 250 \times 140\text{ mm}$ ，并依工艺要求设计预热段长 2160mm ，烧结段长 2800mm ，增设预冷（定碳）段长 1140mm ，为减少出料炉门开启次数，将冷却水套加长到 6000mm 。保留五段控温，仅把后三个烧结带中靠出料端的烧结带改为预冷段。

料盒容积比改造前增加1.7倍，在烧结同种产品条件下，生产率可提高两倍，但此时辅件的重量只增加1.4倍，因而可使因辅料吸热造成的热损失减少30%。在目前无法取消辅件的条件下，只有通过提高生产率达到减少加热辅件热量损失的目的。

(2) 减少炉壁散热提高热效率

炉壁散热损失是最大的热损失，降低炉壁表面的温升是改造的关键。选用导热系数小的材料，增加绝热层厚度增大热阻是节能改造的主要方法。改造方案是：采用厚 115mm 的LZ-65高铝砖作耐火层，高温保温用PM-04超轻质高铝泡沫砖，用低温导热系数极小的硅酸铝纤维制品作绝热层，总厚度 450mm ，从而增加热阻，并兼顾连续式工作炉的热容量要大与散热要小的要求，设计炉壁表面温升小于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，单位面积上的散热损失应从改造前的 $2425\text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 降到 $1229\text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

砌筑施工时要求砖缝细小、接缝位置错开。炉底承重部位的绝热层用PM-0.4砖与硅酸铝砖，毡应交错叠置。

(3) 减少外伸电极的散热

硅碳棒引出端的密封和保温困难，且硅碳棒成本高，消耗大。我们用高温电热丝替代硅碳棒，电热丝在炉膛的安装，既要考虑减少引出端的数量，又应考虑到拆换简单方便。126支螺旋加热器横穿式安装，用高铝套管加硅酸铝隔热圈保温，特制高铝平面套管加硅酸铝垫片密封定位。铝夹具、铝板连接成三相Y形。结果，引出部位温升小于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 减少保护气氛带走的热量

在不影响工艺要求的条件下减少保护气氛在炉中的流量。改造方案是，炉壳全部采用连续焊接，并提高电极引出端的气密性，达到无泄漏。此外，减少炉膛容积（从改造前的 0.5m^3 减少到 0.3m^3 ），加强刚玉炉管凹凸接合部位的气密性，减少炉管内气氛外溢。这样，使耗气量控制在 $5 \sim 10\text{m}^3/\text{h}$ 。

改造后炉子设计额定功率 65kW ；额定生产率 $60\text{kg}/\text{h}$ ；最高工作温度 $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；空炉升温时间 $\leq 12\text{h}$ ；空炉损耗功率 $\leq 15\text{kW}$ ；工作室尺寸 $6000 \times 270 \times 175\text{mm}$ ；料盒尺寸 $25 \times 250 \times 140\text{mm}$ ；组合后全炉外形尺寸 $14000 \times 1400 \times 1800\text{mm}$ 。电器部分仍采用原用电器。

3 节能效果

运行一年多的生产实践和对改造后的两台电炉平衡测试结果表明，此项技术改造完全达到并超过了设计要求。表1表明，生产率提高1倍，每小时电耗却下降 $2 \sim 3\text{kW}\cdot\text{h}$ ，也就是说，在不降低生产率的情况下，电耗比改造前降低 $7 \sim 10\%$ 。吨产品电耗比改造前下降54%。

由于改造后炉温均匀程度提高，炉体气密性改善，使产品氧化和脱碳减少，烧结变

表 1

烧结炉改造前后的能量测算

	生产率, kg/h	每小时电耗, kW·h	吨产品电耗 kW·h	热效率, %	炉体散热 损失, %	炉壁平均 温升, °C	空载损耗 功率, kW
改造前	20	30.2	1510	13.74	52	52.3	20
改造后	40	27.43	685.75	30.55	30.03	25.5	14

却速率, 使烧结坯的强度提高

改造后电炉气密性的提高, 使控制气氛的流量下降到 $3\sim10\text{ m}^3/\text{h}$ 。同时石墨垫板、料盒的消耗明显减少, 发热件的费用比用硅碳棒每年可节资1万余元。平均烧结成本可降至0.5元/kg, 下降30%。

改造的第一台电炉已烧结300吨产品, 节电20万kWh。改造一台电炉的全部费用约5

万元, 仅节电一项, 一年内就能收回改造的投资。

当然, 目前仍存在刚玉炉管的使用寿命短(一年左右), 炉膛内挥发物易泄漏到电热元件上, 造成腐蚀熔毁。电极引出端数量多, 这部分的热耗失仍较大及辅件无法取消等问题, 这些有待于今后进一步解决。

• 动态 •

耐热钛基材料

日本科学技术厅国家金属研究所制成了一种用钛钼化合物粉粒增强的耐高温钛合金, 它在 650°C 也不软化。

为了生产这种合金, 将含钼、锡、锆和钼的高温钛合金加工成棒状电极, 并使其以20000转/min的速度旋转。然后在该电极和另一电极之间外加电压, 以便产生熔化电极的氯气电弧等离子体。液滴飞出电极, 经氯气冷却生成 $100\sim200\mu\text{m}$ 球形粒子。

用相似的方法制备由 $100\mu\text{m}$ 球形钛钼化合物粒子构成的增强粉末。混合这两种粉末, 然后在 100 MPa 、 930°C 热等静压3小时制成合金。

在 650°C 时, 新合金的抗拉强度和蠕变抗力分别比传统材料高1.2%和10倍, 这表明它的使用寿命更长。

今后, 该研究所计划用陶瓷增强粒子研制耐热性更好的高强度材料。

赖高惠译自《New Materials Japan》1992年4月版

《粉末冶金技术》合订本第1、2、5、8、9卷(定价分别为7.50、7.50、8.50、11.00、11.00元)尚有部分存书, 购者从速。