

HgCdTe 快速定向凝固过程的传热 数学模型及其数值分析

沈 杰 马可军 陈建中 余中和

(中国科学院上海技术物理研究所)

俞昌铭 殷晓静 何 评

(北京钢铁学院热能工程系)

本课题考虑的实际对象是盛于石英安瓿内的(Hg, Cd)Te, 处于熔点以上温度时, 以一定的典型冷却条件实现定向凝固。应用 Fourier 定律及其建立在能量守恒原则基础上的导热方程, 结合具体情形确定各自的边值条件, 求解试料体内的温度响应, 采用有限差分法, 以差商代替微商, 使 Fourier 导热微分方程转化为代数方程, 在 Apple-II 微机上完成各相应代数方程的求解。四种典型淬火方案的结果如下:

1) 理论上的纯端面冷却。设想熔体盛于圆筒形石英模内, 冷却源仅同其一端接触(以从理论上保证凝固界面为平面)。所得结果表示为凝固界面的位置 $s(\tau)$ 与凝固速度 $v(\tau)$ 随时间的变化(将液线温度和固线温度的等温度面视为凝固始波和终波界面, 下同)。影响 $s(\tau)$ 和 $v(\tau)$ 的主要因素是端部的冷却温度和试料的热扩散率 α_s 。降低端部冷却温度有利于提高凝固速度, 但凝固界面离冷却面一定距离后, 不再有明显的影响。对确定的材料, 只能在距冷端 1~2cm 内才满足快速定向凝固的工艺要求。

2) 实验上的端面冷却, 盛有试料的石英模仅在端部与冷却源接触, 凭籍冷却气流流经其结合部冷却熔体, 计及潜热释放和石英对红外辐射透热作用, 计算结果表明凝固界面呈凹形。客观实际是, 端部与圆周侧面冷却两者并存。沿试料轴线处的凝固速度随时间变化的特点是: 先由快变慢, 而后又由慢变快。不同高径比的试料, 凝固速度差异甚大; 粗短锭侧向凝固的影响甚微。

3) 单纯侧面冷却。仅在沿试料安瓿圆柱面的一部分侧面同冷却器接触, 意在克服方案 2) 凝固界面呈凹状的弊端, 计算结果得到不同时刻试料横截面上凝固界面的位置, 比方案 2) 平坦得多, 冷却器的伸张角对凝固速度和界面形状影响甚大, 而接触热阻以及石英模壁外空气对流的影响甚小。

4) 匀速下落锭。假设锭处在 850°C-绝热段-100°C 的温度场中匀速下落, 企图使凝固界面匀速推进。计算结果表明, 当下落速度较小时, 凝固界面平坦度很好, 但随下落速度增大, 逐渐演变为凹形。