

## 第二章习题解答

1. 已知某半无限大板状铸钢件的热物性参数为：导热系数  $\lambda=46.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，比热容  $C=460.5 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ ，密度  $\rho=7850 \text{ kg/m}^3$ ，取浇铸温度为  $1570^\circ\text{C}$ ，铸型的初始温度为  $20^\circ\text{C}$ 。用描点作图法绘出该铸件在砂型和金属型铸模（铸型壁均足够厚）中浇铸后  $0.02\text{h}$ 、 $0.2\text{h}$  时刻的温度分布状况并作分析比较。铸型的有关热物性参数见表 2-2。

解：（1）砂型：  $b_1 = \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} = 12965$   $b_2 = \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2} = 639$

界面温度：  $T_i = \frac{b_1 T_{10} + b_2 T_{20}}{b_1 + b_2} = 1497^\circ\text{C}$

铸件的热扩散率：  $a_1 = \frac{\lambda}{c\rho} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

根据公式  $T_1 = T_i + (T_{10} - T_i) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_1 t}}\right)$  分别计算出两种时刻铸件中的温度分布状况

见见表 1。

表 1 铸件在砂型中凝固时的温度分布

与铸型表面距离 (m)		0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
温度 ( $^\circ\text{C}$ )	t=0.02h 时	1497	1523	1545	1559	1566	1569
	t=0.20h 时	1497	1505	1513	1521	1528	1535

根据表 1 结果做出相应温度分布曲线见图 1。

（2）金属型：  $b_1 = \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} = 12965$   $b_2 = \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2} = 15434$

界面温度：  $T_i = \frac{b_1 T_{10} + b_2 T_{20}}{b_1 + b_2} = 727.6^\circ\text{C}$

同理可分别计算出两种时刻铸件中的温度分布状况见表 2 与图 2。

表 2 铸件在金属型中凝固时的温度分布

与铸型表面距离 (m)		0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
温度 ( $^\circ\text{C}$ )	t=0.02h 时	727.6	1030	1277	1438	1520	1555
	t=0.20h 时	727.6	823	915	1005	1080	1159

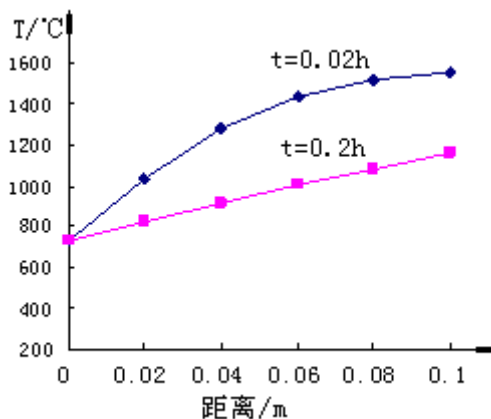
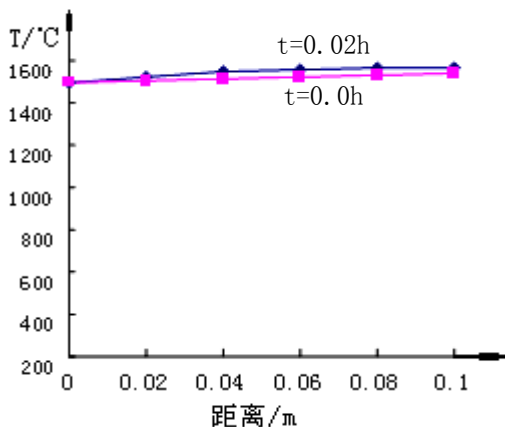


图1 铸件在砂型中凝固时的温度分布曲线 图2 铸件在金属型中凝固时的温度分布曲线

(3) 分析: 采用砂型时, 铸件金属的冷却速度慢, 温度梯度分布平坦, 与铸型界面处的温度高, 而采用金属铸型时相反。原因在于砂型的蓄热系数  $b$  比金属铸型小得多。

2. 采用 (2-17)、(2-18) 两式计算凝固过程中的温度分布与实际温度分布状况是否存在误差?

分析误差产生的原因, 说明什么情况下误差相对较小?

解: 是有误差的。因为在推导公式时做了多处假设与近似处理, 如:

①没有考虑结晶潜热。若结晶潜热小, 则误差就小;

②假设铸件的热物理参数  $\lambda_1$ 、 $c_1$ 、 $\rho_1$  与铸型的热物理参数  $\lambda_2$ 、 $c_2$ 、 $\rho_2$  不随温度变化。

若它们受温度影响小, 则误差就小;

③没有考虑界面热阻。若界面热阻不大, 则误差就小;

④假设铸件单向散热, 因此只能用于半无限大平板铸件温度场得估算, 对于形状差异大的铸件不适用。

3. 凝固速度对铸件凝固组织、性能与凝固缺陷的产生有重要影响。试分析可以通过哪些工艺措施来改变或控制凝固速度?

解: ① 改变铸件的浇注温度、浇铸方式与浇铸速度;

② 选用适当的铸型材料和起始 (预热) 温度;

③ 在铸型中适当布置冷铁、冒口与浇口;

④ 在铸型型腔内表面涂敷适当厚度与性能的涂料。

4. 比较同样体积大小的球状、块状、板状及杆状铸件凝固时间的长短。

HUST WuKeyi 2012

解：一般在体积相同的情况下上述物体的表面积大小依次为： $A_{球} < A_{块} < A_{板} < A_{杆}$

根据  $\sqrt{\tau} = \frac{R}{K}$  与  $R = \frac{V_1}{A_1}$

所以凝固时间依次为： $t_{球} > t_{块} > t_{板} > t_{杆}$ 。

5. 在砂型中浇铸尺寸为  $300 \times 300 \times 20$  mm 的纯铝板。设铸型的初始温度为  $20^\circ\text{C}$ ，浇注后瞬间铸件-铸型界面温度立即升至纯铝熔点  $660^\circ\text{C}$ ，且在铸件凝固期间保持不变。浇铸温度为  $670^\circ\text{C}$ ，金属与铸型材料的热物性参数见下表：

热物性 材料	导热系数 $\lambda$ W/(m·K)	比热容 $C$ J/(kg·K)	密度 $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	热扩散率 $a$ m <sup>2</sup> /s	结晶潜热 J/kg
纯铝	212	1200	2700	$6.5 \times 10^{-5}$	$3.9 \times 10^5$
砂型	0.739	1840	1600	$2.5 \times 10^{-7}$	

试求：（1）根据平方根定律计算不同时刻铸件凝固层厚度  $s$ ，并作出  $s - \tau$  曲线；

（2）分别用“平方根定律”及“折算厚度法则”计算铸件的完全凝固时间，并分析差别。

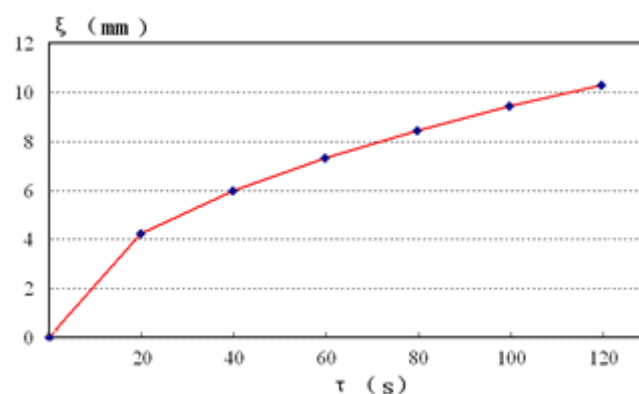
解：（1）代入相关已知数解得： $b_2 = \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2} = 1475$ ，

$$K = \frac{2b_2(T_i - T_{20})}{\sqrt{\pi}\rho_1[L + c_1(T_{i0} - T_s)]} = 0.9433 \text{ (mm}/\sqrt{s}\text{)}$$

根据公式  $\sqrt{\tau} = \frac{\xi}{K}$  计算出不同时刻铸件凝固层厚度  $s$  见下表， $\xi - \tau$  曲线见图 3。

$\tau$ (s)	0	20	40	60	80	100	120
$\xi$ (mm)	0	4.22	6.00	7.31	8.44	9.43	10.3

图 3  $\xi - \tau$  关系曲线



（2）利用“平方根定律”计算出铸件的完全凝固时间：

取  $\xi = 10$  mm，代入公式解得： $\tau = 112.4$  (s)；

利用“折算厚度法则”计算铸件的完全凝固时间：

HUST WuKeyi 2012

$$R = \frac{V_1}{A_1} = 8.824 \text{ (mm)} \quad \tau = \left( \frac{R}{K} \right)^2 = 87.5 \text{ (s)}$$

采用“平方根定律”计算出的铸件凝固时间比“折算厚度法则”的计算结果要长，这是因为“平方根定律”的推导过程没有考虑铸件沿四周板厚方向的散热。

6. 右图为一灰铸铁底座铸件的断面形状，其厚度为 30mm，利用“模数法”分析砂型铸造时底座的最后凝固部位，并估计凝固终了时间。

解：将底座分割成 A、B、C、D 四类规则几何体（见右下图）

查表 2-3 得： $K=0.72 \text{ (cm}/\sqrt{\text{min}}\text{)}$

对 A 有： $R_A = V_A / A_A = 1.23 \text{ cm}$

$$\tau_A = R_A^2 / K_A^2 = 2.9 \text{ min}$$

对 B 有： $R_B = V_B / A_B = 1.33 \text{ cm}$

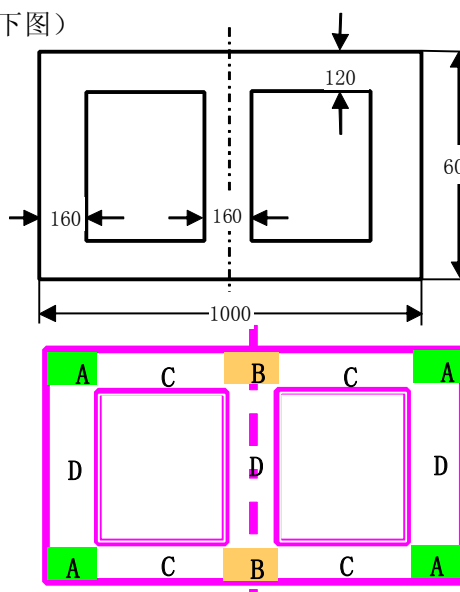
$$\tau_B = R_B^2 / K_B^2 = 3.4 \text{ min}$$

对 C 有： $R_C = V_C / A_C = 1.2 \text{ cm}$

$$\tau_C = R_C^2 / K_C^2 = 2.57 \text{ min}$$

对 D 有： $R_D = V_D / A_D = 1.26 \text{ cm}$

$$\tau_D = R_D^2 / K_D^2 = 3.06 \text{ min}$$



因此最后凝固部位为底座中肋 B 处，凝固终了时间为 3.4 分钟。

7. 对于低碳钢薄板，采用钨极氩弧焊较容易实现单面焊双面成形（背面均匀焊透）。采用同样焊接规范去焊同样厚度的不锈钢板或铝板会出现什么后果？为什么？

解：采用同样焊接规范去焊同样厚度的不锈钢板可能会出现烧穿，这是因为不锈钢材料的导热性能比低碳钢差，电弧热无法及时散开的缘故；

相反，采用同样焊接规范去焊同样厚度的铝板可能会出现焊不透，这是因为铝材的导热能力优于低碳钢的缘故。

8. 对于板状对接单面焊焊缝，当焊接规范一定时，经常在起弧部位附近存在一定长度的未焊透，分析其产生原因并提出相应工艺解决方案。

解：（1）产生原因：在焊接起始端，准稳态的温度场尚未形成，周围焊件的温度较低，电弧热不足以将焊件熔透，因此会出现一定长度的未焊透。

HUST WuKeyi 2012

(2) 解决办法：焊接起始段时焊接速度慢一些，对焊件进行充分预热，或焊接电流加大一些，待焊件熔透后再恢复到正常焊接规范。生产中还常在焊件起始端固定一个引弧板，在引弧板上引燃电弧并进行过渡段焊接，之后再转移到焊件上正常焊接。

HUST WuKeyi 2012