

Engineering material homework 2

于若涛

2001190137

工程科学创培 201

2-2: 晶体: 粒子 (原子、分子、离子) 在空间呈规则排列的物体。

单晶体: 只由一个晶核长成, 仅由一个晶粒组成的晶体。

多晶体: 由多个晶核长成, 含有多个晶粒的晶体。

晶体结构: 晶体中粒子 (原子、分子、离子) 在空间的具体排列情况。

空间点阵: 结点在空间的排列方式。

晶格: 点阵中的结点用一系列平行直线连接起来构成的空间格子。

晶胞: 构成晶格的最基本单元。

2-4: 同素异构转变: 同一元素在固态下随温度变化而发生的晶体结构的转变。

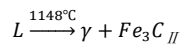
BCC: $\alpha - Fe$, $\delta - Fe$

FCC: $\gamma - Fe$

2-7: 匀晶转变: 由液相结晶出单相固溶体的过程。



共晶转变: 恒温下, 一定成分的液相同时转变为两种一定成分的固相的过程。

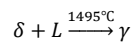


析出高温莱氏体, 即奥氏体与渗碳体组成的机械混合物;

奥氏体为粒状或杆状分布在渗碳体基础上;

硬度高, 塑性差。

包晶转变: 恒温下, 一定成分的液相与一定成分的固相相互作用, 生成另一个一定成分的新固相的过程。

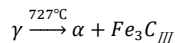


析出单相奥氏体;

由等轴状的多边形晶粒组成, 晶粒内有孪晶;

奥氏体状态下, 强度低, 塑性高, 便于发生塑性变形。

共析转变: 恒温下, 一定成分的固相同时转变为两种一定成分的新固相的过程。

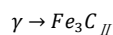


析出珠光体, 即铁素体和渗碳体组成的机械混合物;

立体形态为铁素体薄层和碳化物薄层交替重叠的层状复相物;

力学性能介于铁素体与渗碳体间, 强度较高, 硬度适中, 塑性和韧性较好。

固溶体的二次析出转变: 结晶过程中同种固溶体在不同温度下, 由其他固溶体转变, 第二次生成该固溶体的过程。



析出二次渗碳体;

立体形态一般为网状;

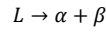
对性能影响不利, 使强度下降, 塑性、韧性较差。

2-8: (1) a 为二元共晶相图, b 为二元气包晶相图;

(2) 假设图中点 i 对应的 B 的质量分数为 w_i , 直线 ced 对应的温度为 T , 右图线与 AB 轴交点为 g。

同时, 不妨设 1、2、3、4 直线对应的 B 的质量分数分别为 w_1, w_2, w_3, w_4 。

1 处:



在 e 处发生共晶转变;

室温下的组织为 α, β 混合物;

当温度到达 T 时, 由杠杆定律, 组织生成物中 α, β 的质量分数

为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_1}{w_d - w_c} \times 100\%$$

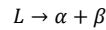
$$w_{\beta} = \frac{w_1 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

温度冷却至室温时, 由杠杆定律, 相组成物的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_1}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_1 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

2 处:



先发生匀晶转变, 后发生共晶转变;

匀晶转变过程中, 设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h, 与 ad 线交于点 i, 由杠杆定律, 液相中:

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_2}{w_i - w_k} \times 100\%$$

$$w_L = \frac{w_2 - w_k}{w_i - w_k} \times 100\%$$

当温度到达 T 时, 由杠杆定律, 组织生成物中 α, β 的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_2}{w_d - w_c} \times 100\%$$

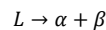
$$w_{\beta} = \frac{w_2 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

温度冷却至室温时, 由杠杆定律, 相组成物的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_2}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_2 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

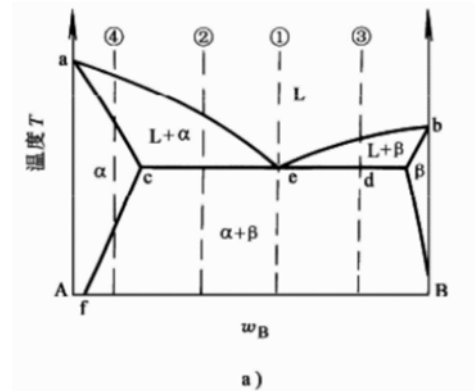
3 处:



先发生匀晶转变, 后发生共晶转变;

匀晶转变过程中, 设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h, 与 ad 线交于点 i, 由杠杆定律, 液相中:

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_3}{w_i - w_k} \times 100\%$$



$$w_L = \frac{w_3 - w_{\hat{k}}}{w_i - w_{\hat{k}}} \times 100\%$$

当温度到达 T 时，由杠杆定律，组织生成物中 α, β 的质量分数为：

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_3}{w_d - w_c} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_3 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

温度冷却至室温时，由杠杆定律，相组成物的质量分数为：

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_3}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_3 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

4 处：

$$L \rightarrow \alpha$$

$$\alpha \rightarrow \beta$$

先发生匀晶转变，待温度下降到一定程度后，发生 α 至 β 的转变；

匀晶转变过程中，设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h，与 ad 线交于点 i，由杠杆定律，液相中：

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_{\hat{k}}}{w_i - w_{\hat{k}}} \times 100\%$$

$$w_L = \frac{w_4 - w_{\hat{k}}}{w_i - w_{\hat{k}}} \times 100\%$$

温度冷却至室温时，由杠杆定律，相组成物的质量分数为：

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_4}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_4 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

- (3) 假设图中点 i 对应的 B 的质量分数为 w_i ，直线 ced 对应的温度为 T 。同时，不妨设 1、2、3 直线对应的 B 的质量分数分别为 w_1, w_2, w_3 。

1 处：

$$L \rightarrow \alpha$$

$$L + \alpha \rightarrow \beta$$

先发生匀晶转变，后在 e 处发生包晶转变；

匀晶转变过程中，设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h，与 ad 线交于点 i，由杠杆定律，液相中：

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_1}{w_i - w_{\hat{k}}} \times 100\%$$

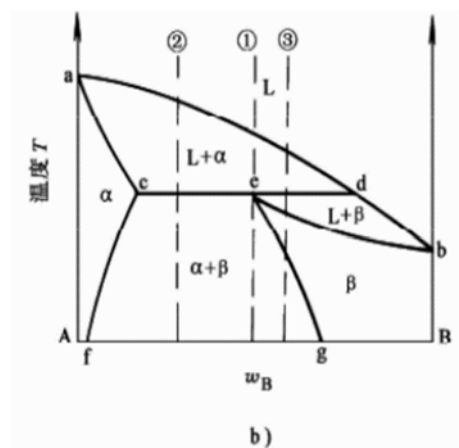
$$w_L = \frac{w_1 - w_{\hat{k}}}{w_i - w_{\hat{k}}} \times 100\%$$

当温度到达 T 时，由杠杆定律，组织生成物中 α, β 的质量分数为：

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_1}{w_d - w_c} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_1 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

温度冷却至室温时，由杠杆定律，相组成物的质量分数为：



$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_1}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_1 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

2 处:

$$L \rightarrow \alpha$$

$$L + \alpha \rightarrow \beta$$

先发生匀晶转变, 后发生包晶转变;

匀晶转变过程中, 设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h, 与 ad 线交于点 i, 由杠杆定律, 液相中:

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_2}{w_i - w_h} \times 100\%$$

$$w_L = \frac{w_2 - w_h}{w_i - w_h} \times 100\%$$

当温度到达 T 时, 由杠杆定律, 组织生成物中 α, β 的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_2}{w_d - w_c} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_2 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

温度冷却至室温时, 由杠杆定律, 相组成物的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_2}{w_g - w_f} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_2 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

3 处:

$$L \rightarrow \alpha$$

$$L + \alpha \rightarrow \beta$$

$$L \rightarrow \beta$$

$$\beta \rightarrow \alpha$$

先发生产物为 α 的匀晶转变, 后发生包晶转变, 再发生产物为 β 的匀晶转变, 待温度下降到一定程度后, 发生 β 至 α 的转变。

$L \rightarrow \alpha$ 的匀晶转变过程中, 设某温度 T_1 与 ac 线交于点 h, 与 ad 线交于点 i, 由杠杆定律, 液相中:

$$w_{\alpha} = \frac{w_i - w_3}{w_i - w_h} \times 100\%$$

$$w_L = \frac{w_3 - w_h}{w_i - w_h} \times 100\%$$

当温度到达 T 时, 由杠杆定律, 组织生成物中 α, β 的质量分数为:

$$w_{\alpha} = \frac{w_d - w_3}{w_d - w_c} \times 100\%$$

$$w_{\beta} = \frac{w_3 - w_c}{w_d - w_c} \times 100\%$$

$L \rightarrow \beta$ 的匀晶转变过程中, 设某温度 T_2 与 eb 线交于点 j, 与 db 线交于点 k, 由杠杆定律, 液相中:

$$w_{\alpha} = \frac{w_k - w_3}{w_k - w_j} \times 100\%$$

$$w_L = \frac{w_3 - w_j}{w_k - w_j} \times 100\%$$

温度冷却至室温时，由杠杆定律，相组成物的质量分数为：

$$w_{\alpha} = \frac{w_g - w_3}{w_g - w_f} \times 100\%$$

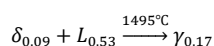
$$w_{\beta} = \frac{w_3 - w_f}{w_g - w_f} \times 100\%$$

2-9: 铁碳相图如右所示。

不妨对各交点进行编号：每一条 w_c 对应的直线，与图线的交点从上到下均从1开始递增。

(1) $w_c = 0.3\%$ 时：

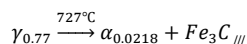
合金在1-2点按匀晶转变结晶出 δ 铁素体，冷却至2点时，在恒温下发生包晶转变



包晶转变结束时的过剩液相冷却时，继续转变为奥氏体，冷却至3点时，合金全部由 $w_c = 0.3\%$ 的奥氏体组成。继续冷却，发生同素异构转变



温度到达S点时，发生共析转变



形成珠光体。温度再下降时，析出三次渗碳体，其量可忽略。

室温下，相分为 $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ 两相，由杠杆定律：

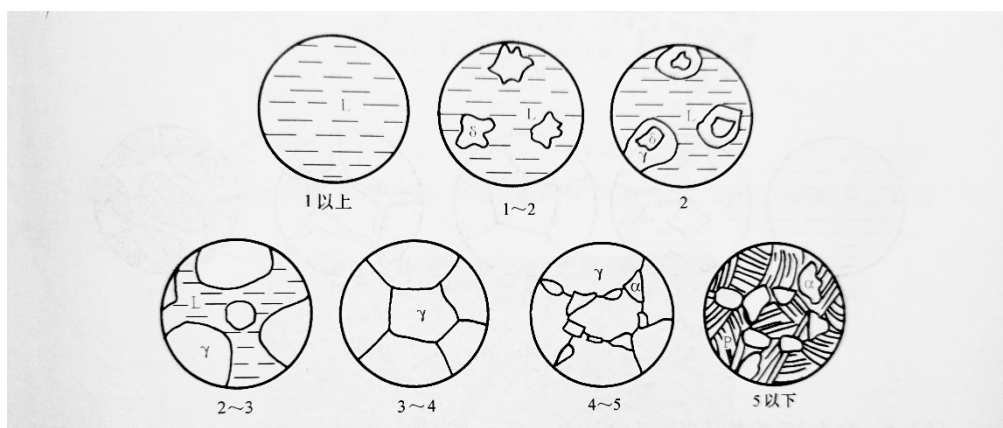
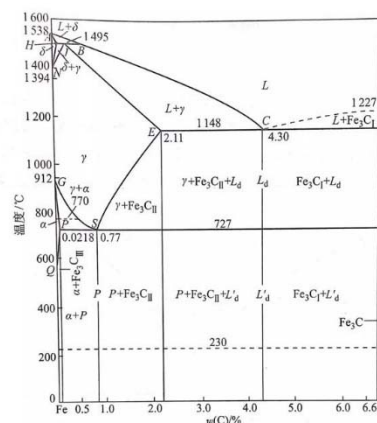
$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 0.3}{6.69 - 0} = 95.52\%$$

$$w_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{0.3 - 0}{6.69 - 0} = 4.48\%$$

室温下的组织组分为 $\alpha + P$ ，由杠杆定律：

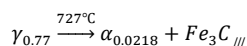
$$w_{\alpha} = \frac{0.77 - 0.3}{0.77 - 0.0218} = 62.82\%$$

$$w_P = \frac{0.3 - 0.0218}{0.77 - 0.0218} = 37.18\%$$



(2) $w_c = 0.77\%$ 时：

合金在1-2点按匀晶转变结晶出奥氏体 γ ，继续冷却至2点时，合金全部由 $w_c = 0.77\%$ 的奥氏体组成。3-4点间，奥氏体中析出 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{III}}$ ，呈网状分布。温度到达S点时，发生共析转变



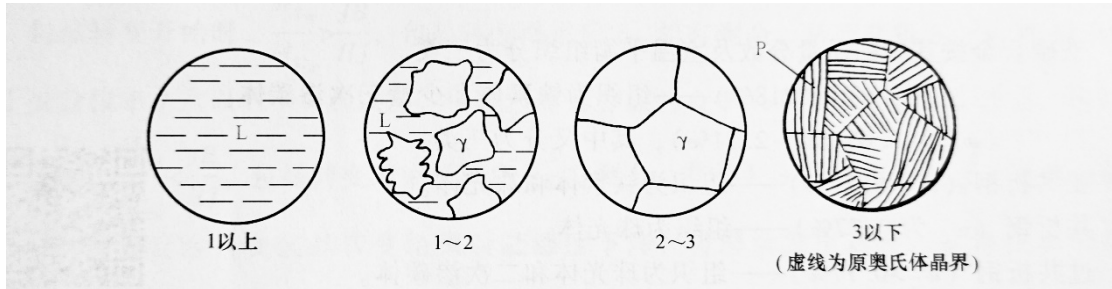
形成珠光体。

室温下，相分为 $\alpha + Fe_3C$ 两相，由杠杆定律：

$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 0.77}{6.69 - 0} = 88.49\%$$

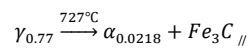
$$w_{Fe_3C} = \frac{0.77 - 0}{6.69 - 0} = 11.51\%$$

室温下的组织组分为100%的P。



(3) $w_c = 1.2\%$ 时：

合金在 1-2 点按匀晶转变结晶出奥氏体 γ ，继续冷却至 2 点时，合金全部由 $w_c = 1.2\%$ 的奥氏体组成。3-4 点间，奥氏体中析出 Fe_3C_{II} ，呈网状分布。温度到达 S 点时，发生共析转变



形成珠光体。

室温下，相分为 $\alpha + Fe_3C$ 两相，由杠杆定律：

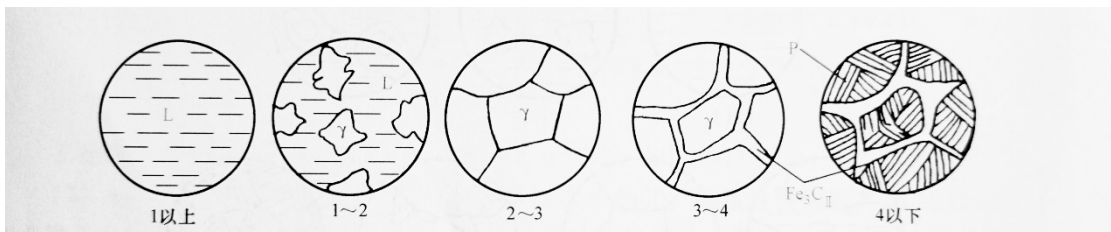
$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 1.2}{6.69 - 0} = 82.06\%$$

$$w_{Fe_3C} = \frac{1.2 - 0}{6.69 - 0} = 17.94\%$$

室温下的组织组分为 $P + Fe_3C_{II}$ ，由杠杆定律：

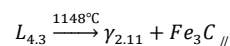
$$w_{Fe_3C_{II}} = \frac{1.2 - 0.77}{6.69 - 0.77} = 7.26\%$$

$$w_P = \frac{6.69 - 1.2}{6.69 - 0.77} = 92.74\%$$

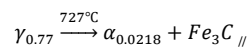


(4) $w_c = 3.0\%$ 时：

合金在 1-2 点按匀晶转变结晶出初生奥氏体，继续冷却至 2 点时，在恒温下发生共晶转变



形成莱氏体。2-3 之间，不断有 Fe_3C_{II} 析出。温度达到 S 点时，所有奥氏体成分均为 $w_c = 0.77\%$ ，发生共析转变



形成珠光体。

室温下，相分为 $\alpha + Fe_3C_{II} + L'_d$ 三相，无法直接应用杠杆定律，故分段计算。

温度 $T = 1148^{\circ}\text{C}$ 时，发生共晶转变，由杠杆定律确定 γ 与 L_d 的相对含量：

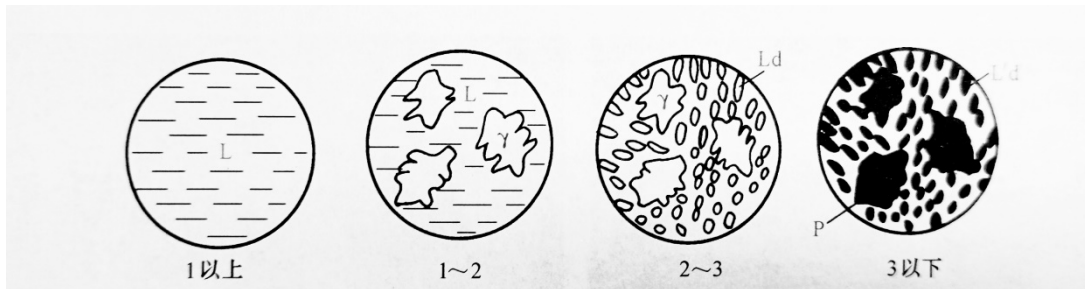
$$w_{L_d} = \frac{3 - 2.11}{4.3 - 2.11} = 40.64\%$$

$$w_{\gamma} = \frac{4.3 - 3}{4.3 - 2.11} = 59.36\%$$

在 1148°C 下继续冷却时，初生奥氏体不断在其外围或者晶界上析出 $\text{Fe}_3\text{C}_{\parallel}$ ，同时 L_d 中的奥氏体也不断析出 $\text{Fe}_3\text{C}_{\parallel}$ 。温度 $T = 727^{\circ}\text{C}$ 时，所有奥氏体的成分变为 0.77% ， γ 发生共析转变，莱氏体 L_d 转变为变态莱氏体 L'_d ，而 γ 不参与反应。由杠杆定律确定 $\text{Fe}_3\text{C}_{\parallel}$ 与 P 的相对含量：

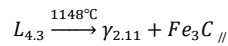
$$w_{\text{Fe}_3\text{C}_{\parallel}} = \frac{3 - 0.77}{6.69 - 0.77} = 37.67\%$$

$$w_P = \frac{6.69 - 3}{6.69 - 0.77} = 62.33\%$$

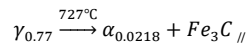


(5) $w_c = 4.3\%$ 时：

合金冷却至C点时，在恒温下发生共晶转变



转变结束时，全部为莱氏体。1-2 间从共晶莱氏体中析出二次渗碳体，继续冷却至温度到达S点时，在恒温下发生共析转变



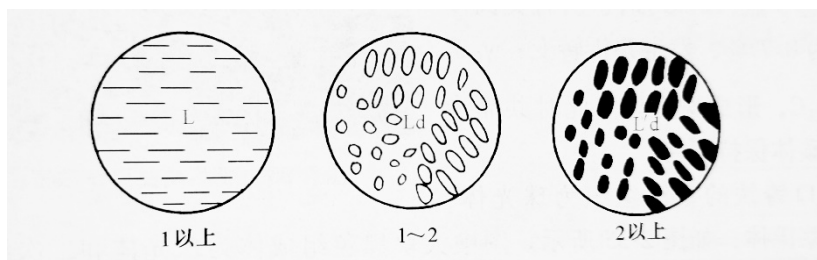
形成珠光体。

室温下，相分为 $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ 两相，由杠杆定律：

$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 4.3}{6.69 - 0} = 35.72\%$$

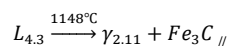
$$w_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{4.3 - 0}{6.69 - 0} = 64.28\%$$

室温下的组织组分为100%的 L'_d 。

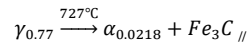


(6) $w_c = 5.0\%$ 时：

合金在 1-2 点间结晶出一次渗碳体 $\text{Fe}_3\text{C}_{\perp}$ ，冷却至C点时，在恒温下发生共晶转变



转变结束时，全部为莱氏体。2-3 间从共晶莱氏体中析出二次渗碳体，继续冷却至温度到达 S 点时，在恒温下发生共析转变



形成珠光体。

室温下，相分为 $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ 两相，由杠杆定律：

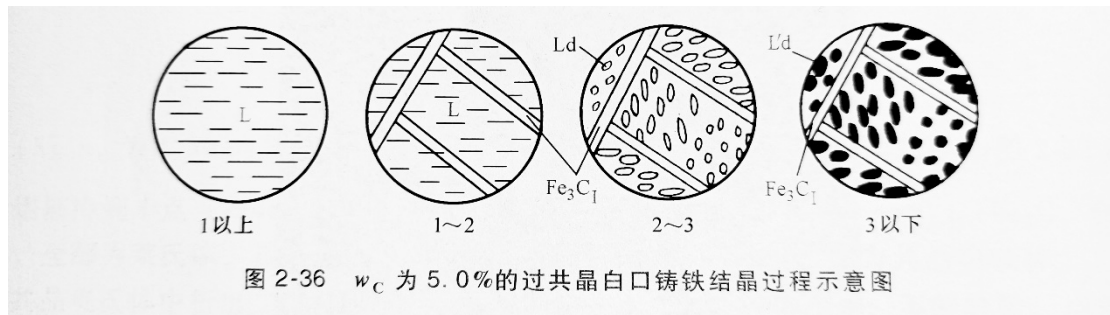
$$w_{\alpha} = \frac{6.69 - 5}{6.69 - 0} = 20.29\%$$

$$w_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{5 - 0}{6.69 - 0} = 70.71\%$$

室温下的组织组分为 $L'_d + \text{Fe}_3\text{C}$ ，由杠杆定律：

$$w_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{5 - 4.3}{6.69 - 4.3} = 54.39\%$$

$$w_{L'_d} = \frac{6.69 - 5}{6.69 - 4.3} = 45.61\%$$



2-15：应进行低温去应力退火。

作用：稳定弹簧的尺寸，使材料定型，提高其抗应力松弛性能；

降低材料内部残留内应力；

改善经冷变形加工而发生加工硬化的材料本身的力学性能。