

获得细晶组织的工艺措施:
a. 向熔体中加入强生核剂 (生核剂类型有4种)
b. 控制浇注工艺和增大铸件冷却速度:
① 采用较低的浇注温度; ② 采用合适的浇注工艺; ③ 改进铸型冷却倾向和铸型结构;
④ 动态下结晶 (振动、搅拌)。

$$2. \text{条件: } \frac{G}{R} < \frac{m_0 G_0 (1-k)}{D_L k}$$

对生长方式影响: 随着 G/R 比值的减小和杂质浓度的增加, 界面前方成分过冷区加宽, 此时, 凸起的晶胞将向熔体内伸展更远, 原来胞晶的柱状界面逐渐变得不稳定。晶胞生长方向开始转向原先的结晶生长方向, 胞晶的横截面积也受晶界生长因素影晌而呈现出凸缘机构, 当成分过冷加强时, 凸缘上又会出现锯齿状结构, 即二次枝晶。出现二次枝晶的胞晶称为胞状树枝晶, 或柱状树枝晶。当固液界面前方出现大范围成分过冷时, 成分过冷最大 ΔT_{max} 将大于液体中非均匀质点核所需要的过冷度 ΔT_n , 在过冷液体中由枝核生长, 并长成树枝晶, 称为自由树枝晶, 也称等轴晶。此后的凝固过程便是等轴晶不断向液体内部推进的过程。

3. 提高焊缝金属强度与韧性:

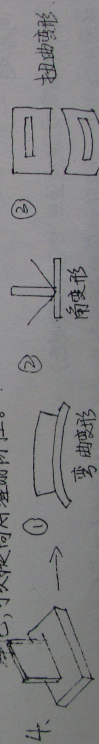
- ① 焊接冶金: 保证焊缝金属的熔态强度与韧性。固溶强化、细晶强化、弥散强化、相变强化等。
- ② 变质处理: 可有效的细化焊缝组织, 提高韧性。
- ③ 工艺措施: 通过调整焊接参数的方法提高焊接性能, 如振动结晶、焊后热处理等。

Ps: 控制焊接冶金冶金过程提高焊接质量:

- ① 控制焊缝金属中夹杂物的种类、直径大小, 作为形核质点, 细化焊缝金属晶粒, 提高焊缝的强度与韧性。
- ② 适当降低焊缝的 C 含量, 并最大限度的排除焊缝中的 S、P、O、N 等杂质, 使焊缝净化, 可以提高焊缝的韧性。

防止变形的工艺措施: (针对本题中的焊件)。

- ① 反变形法; ② 刚性固定法; ③ 预留收缩量; ④ 选择合理的焊接参数, 采用适当的
- ⑤ 两边同时焊; ⑥ 有焊缝采用多层焊。



$$5. I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z, \quad I_2 = I_{xy}^2 + I_{yz}^2 + I_{zx}^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x$$

物理意义:
 $I_3 = \sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2 I_{xy} I_{yz} I_{zx} - \sigma_x I_{yz}^2 - \sigma_y I_{zx}^2 - \sigma_z I_{xy}^2$

$$6. \text{等效应变 } \bar{\epsilon} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + (\epsilon_y - \epsilon_z)^2 + (\epsilon_z - \epsilon_x)^2 + 6(I_{xy}^2 + I_{yz}^2 + I_{zx}^2)}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + (\epsilon_y - \epsilon_z)^2 + (\epsilon_z - \epsilon_x)^2}$$

塑性功: $W = \int_0^{\bar{\epsilon}} \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}$

$$= \int_0^{\bar{\epsilon}} (\sigma_x \epsilon_x + \sigma_y \epsilon_y + \sigma_z \epsilon_z + 2 I_{xy} I_{yz} + 2 I_{yz} I_{zx} + 2 I_{zx} I_{xy}) d\epsilon_{ij}$$

7. 影响金属塑性的因素:

- ① 化学成分 (碳和杂质元素, 合金元素)
- ② 组织状态: (相组成、晶粒度、铸造组织)
单相组织 (纯金属或固溶体) 比多相组织塑性好; 细晶组织比粗晶组织塑性好;
铸造组织 (由于具有粗大的柱状晶粒和偏析、夹杂、气泡、疏松等缺陷, 塑性差)。
- ③ 变形温度、总应变速率: 随着温度的升高, 塑性增加, 但在加热过程中某些温度区间, 往往由于相变或晶粒边界状态的变化而出现脆性区, 使金属塑性降低。
- ④ 应变速率: (应变速率变化)
增加应变速率, 会使金属的真实应力提高, 从而降低塑性;
增加应变速率, 由于没有足够的时间回复或再结晶, 因而软化过程不充分, 降低塑性;
增加应变速率, 会使应变速率硬化和金属温度升高, 提高塑性。
- ⑤ 应力状态: 主应力状态下, 应力数越多, 数值越大, 塑性越好。 (静水压力越大, 塑性越好)。
- ⑥ 其它因素: (不连续变形、尺寸效应) 因素。

8. M 与 T 准则的联系与区别:

- 联系: ① 均与主应力选择无关; ② 均与应力球张量无关 (即与静水压力无关);
③ 在应力空间中同有一根对称轴; ④ 双等应力状态下, 两准则一致。
- 区别: ① 几何形状: M 在空间中为一个与三坐标轴等倾的圆锥面, 在 T 平面上为一个圆; 六棱柱面, --- 正六边形;
② 物理意义: M 为能量观点 (塑性状态变化能准则); T 为力学观点 (最大切应力准则);
③ 中间主应力: M 考虑中间主应力影响, T 不考虑;
④ M 准则不小于 T 准则, 纯剪或平面变形时差别最大;
⑤ $M: \sigma_3 = \sqrt{3}k; T: \sigma_3 = 2k$ 。

2009年

一、名词解释

1. 物质迁移——在液相和固相界面处，原子或分子在热力学不平衡条件下，由高能区向低能区迁移的过程。
2. 反应性气孔——在冶金过程中，金属与熔渣或熔剂之间发生化学反应而产生的气孔。
3. 晶界偏析——合金凝固过程中，溶质元素在晶界处富集，使晶界与晶内化学成分出现差异，这种成分不均现象称为晶界偏析。
4. 塑性——金属材料在外力作用下产生永久变形而不破坏其完整性的能力。
5. 加工硬化——金属塑性变形过程中，随着变形程度的增加，金属的强度、硬度增加，塑性降低的现象。
6. 平面变形——变形时，金属的厚度方向尺寸保持不变，而长度和宽度方向尺寸发生变化的现象。
7. 焊接速度及其表示方法——焊接时，焊炬或焊枪沿焊缝移动的速度，通常用 v 表示，单位为 cm/min 。
8. 焊接热影响区的回火脆化——焊接热影响区在冷却过程中，由于某些合金元素的存在，导致该区域在冷却过程中发生脆化，这种现象称为回火脆化。
9. 焊接裂纹——在焊接过程中，由于各种原因，导致焊缝或热影响区产生裂纹，这种现象称为焊接裂纹。
10. 焊接残余变形——焊接过程中，由于不均匀的加热和冷却，导致焊件产生永久性的形状和尺寸变化，这种现象称为焊接残余变形。

二、简答题

1. 液态合金的充型能力是指，液态金属充满铸型的能力。影响充型能力的因素有：(1) 合金的流动性；(2) 铸型的性质；(3) 浇注温度；(4) 铸件的几何形状。
 - ① 合金的流动性：合金的流动性越好，充型能力越强。合金的流动性与合金的成分、浇注温度、铸型的性质等因素有关。
 - ② 铸型的性质：铸型的性质越好，充型能力越强。铸型的性质与铸型的材料、铸型的预热温度等因素有关。
 - ③ 浇注温度：浇注温度越高，充型能力越强。浇注温度与合金的成分、铸型的性质等因素有关。
 - ④ 铸件的几何形状：铸件的几何形状越复杂，充型能力越弱。铸件的几何形状与铸件的设计、制造等因素有关。

三、分析论述题

1. 析出性气孔：液态金属在凝固过程中，因气体溶解度下降，析出的气体来不及逸出而产生气孔。
 - 特征：在铸件断面上大面积分布，在冒口附近和热节等温度较高的区域分布比较密集。气孔形状有圆形、梨形、条状、片状、蝌蚪状等。
 - 形成机理：在凝固过程中，特别是凝固后期，气体溶解度急剧下降，析出的气体来不及逸出而产生气孔。析出的气体在铸件内部形成气孔，当气孔聚集到一定程度时，就会形成气孔。
 - 防止措施：
 - (1) 消除与铸件来源：保持炉料清洁干燥，控制型砂、芯砂的水分，限制铸型中有机的挥发物的用量和树脂的用量，加强保护，防止空气侵入液态金属中。
 - (2) 金属熔炼时控制熔炼温度不宜过高，或采用真空熔炼，可降低液态金属含气量。
 - (3) 对液态金属进行除气处理，如用真空法、氮气法、氯化法。
 - (4) 阻止液态金属内气体的析出：提高金属凝固时的冷却速度和压力。
2. S 的危害：S 以 FeS 或 FeS-FeO 的共晶形式存在，呈片状或链状存在于钢的晶粒边界，降低了钢的冲击韧度和耐腐蚀性。此外，由于 FeS 熔点低，容易形成热裂纹。
 - 措施：① 限制焊接材料中的 S 含量：严格按照标准选用药皮、焊丝或药芯焊丝材料。
 - ② 冶金方法脱 S：
 - 1. 有渣冶炼条件下，渣中 CaO 起脱 S 作用： $(\text{CaO}) + (\text{FeS}) \rightarrow (\text{CaS}) + (\text{FeO})$ ，脱 S 反应是吸热反应，随着温度升高，有利于脱 S。随着脱 S 反应的进行，渣中的 (FeS) 含量逐渐减少，于是钢液中 $[\text{FeS}]$ 就会自动向熔渣中扩散转移，即 $[\text{FeS}] \rightarrow (\text{FeS})$ ，达到脱 S 目的。
 - 2. 焊接中脱 S 主要靠 Mn： $[\text{Mn}] + [\text{FeS}] \rightarrow (\text{MnS}) + [\text{Fe}]$ ，反应产物 MnS 不溶于钢液，大部分进入熔渣，少量残留在焊缝中。但因 MnS 熔点高，以点状弥散分布，危害较小。
 - 3. 使用磷元素：磷元素可以用来脱 S 和改变 S 化合物形态、尺寸分布，还可以提高焊缝的韧性。

一、名词解释

1. 液态收缩——液态金属从浇注温度开始冷却到液相线以下产生收缩。
2. 固态收缩——铸件在凝固过程中, 由金属的液态收缩和凝固收缩, 在铸件最后凝固的部位出现的细小而分散的孔洞。
3. 表面缺陷——从形状和剖视图上, 在整个凝固过程中因凝固不均匀而不断产生着表面缺陷。
4. 电渣焊接物理过程——利用焊条(丝)与工件间产生电弧热, 将工件和焊条(丝)熔化, 从而使两工件产生原子间结合, 形成永久性连接。
5. 焊接热循环及主要参数——在焊接中, 焊件上某点的温度由低到高达到峰值后又由高到低(随时间)的变化过程。
加热速度 V , 最高温度 T_m , 相变温度以上停留时间 t , 冷却速度 V_c 或冷却时间 t_c 。
6. 熔化的熔合比——焊接中熔化的母材所占的比例。
7. 评定金属材料焊接性的碳当量法——把钢中的合金元素(含 C)按其淬硬性(包括淬裂、淬硬)的影响以 C 为基准加以折算相加。
8. 塑性——金属材料在外力作用下发生永久变形而不破坏其完整性的能力。
9. 理想弹性材料——在弹性变形阶段, 应力与应变呈线性关系, 而在塑性变形阶段没有加工硬化的金属材料。
10. 加工硬化——在金属压力加工过程中, 变形抗力随变形而增加的现象, 即材料的屈服应力与后续屈服应力随着其有效应变增大而逐渐增加的现象。

11. 残余应力——由于塑性变形各部分之间的不均匀与变形受到整体性的限制, 在各部分之间必产生相互平衡的应力(附加应力), 当引起该应力的外因去除后, 在物体内部残余的应力叫残余应力。

12. 最小阻力定律——在变形过程中, 物体各质点将向着阻力最小的方向移动。

二、简答题

1. 铸件断面宏观组织特征(三种状态)

表面细晶粒区: 紧靠铸型壁的激冷组织, 由规则排列的细小等轴晶组成。

柱状晶区: 垂直于剖壁(沿热流方向)且彼此平行排列的柱状晶粒所组成。

内部等轴晶区: 由各向同性的等轴晶组成, 等轴晶尺寸比表面细晶粒区的晶粒尺寸粗大。

(2) 铸型性反方面的因素:

- ① 铸型的蓄热系数: 蓄热系数越大, 激冷能力越强, 充型能力下降。
- ② 铸型的温度: 预热铸型能减小金属与铸型的温差, 提高充型能力。

(3) 浇注条件方面的因素:

- ① 浇注温度: 浇注温度越高, 充型能力越好。
- ② 充型压力: 充型金属在重力方向上所受的力越大, 充型能力越好。
- ③ 浇注系统的结构: 结构越复杂, 流动阻力越大, 充型能力越差。

(4) 铸件结构方面的因素

- ① 铸件的折算厚度: 铸件壁厚越小, 折算厚度越小, 充型能力越好。
- ② 铸件的壁厚: 铸件结构复杂, 则型腔结构复杂, 流动阻力大, 充型能力差。

提高充型能力的措施:

- ① 减小铸型的蓄热系数, 或预热铸型。
- ② 提高浇注温度, 提高充型压力, 降低浇注系统结构的复杂程度。
- ③ 适当提高铸件壁厚, 降低铸件的复杂程度。

2. 缩松的形成原因: 金属的液态收缩和凝固收缩之和大于固态收缩, 金属纯金属凝固范围较宽, 倾向于形成缩松。

防止措施:

① 原方通过 A 壳扩散到共晶团中使石墨球状。当共晶团状列相互后, 石墨化膨胀所产生的膨胀力, 只有小部分作用在晶周液体上, 而大部分作用在相邻的共晶团上或 A 壳晶上, 趋向于把它们分开。因此, 石墨球状在凝固后期, 石墨球状列在相邻的共晶团上或 A 壳晶上, 趋向于把它们分开。因此, 石墨球状在凝固后期, 石墨球状列在相邻的共晶团上或 A 壳晶上, 趋向于把它们分开。因此, 石墨球状在凝固后期, 石墨球状列在相邻的共晶团上或 A 壳晶上, 趋向于把它们分开。

防止措施: ① 控制石墨球状的尺寸, 使其在凝固过程中, 石墨球状列在相邻的共晶团上或 A 壳晶上, 趋向于把它们分开。

② 采用刚度大的铸型, 提高自补缩效果。

③ 增加补缩压力, 可减小缩松。

④ 调整液壳金属的浇注温度和浇注速度, 加快同时凝固。(新式直浇道快速凝固)

⑤ 使用冒口并缩和冷铁。

7. 根据该裂纹的延迟特征以及裂纹表面有明显的金属光泽, 可判断出该裂纹种类为全应力集中氢致裂纹。

其产生机理包括三大因素: 钢的淬硬倾向、氢含量及其分布、拘束应力状态。

① 钢的淬硬倾向: 该钢种为 18MnMoV, 合金成分含量最高, 尽管其含 C 量不高, 但其淬硬倾向大, 很容易形成马氏体组织, 氢脆敏感性较强。

② 氢含量及其分布: 焊接时, 高温熔池中熔入了大量的 H, 在冷却凝固过程中, 由于溶解度的急剧下降, 使大量的氢来不及逸出而残留在金属中, 并以过饱和的状态存在于金属中, 氢在金属的晶格中能自由扩散, 称为“扩散氢”, 对氢致裂纹起决定性的作用。

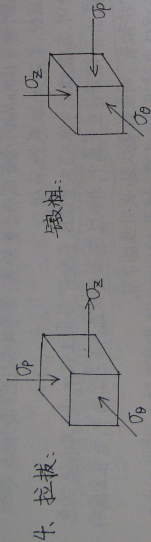
③ 拘束应力: 由于焊件为球形压力容器, 板厚为 25mm, 故拘束度较大, 焊接时容易产生拘束应力, 增大裂纹倾向。

基于上述三大因素, 又由于在焊接过程中, 加热和冷却不均匀使金属内部各部分存在着应力与相变的不同, 同步以及内应力的不均匀, 在“相变诱导扩散”、“应力诱导扩散”、“浓度诱导扩散”驱动力的作用下, 将导致在工件中出现氢致裂纹。

焊接接头中, 由于焊缝中存在着大量的氢, 而母材中氢含量少, 致使氢由焊缝向 HAZ 进行扩散。又焊缝的 C 含量低, 母材的 C 含量高, 故焊缝比母材在较高的温度下发生相变 $A \rightarrow F$ 。由于氢在 F 中溶解度小, 将进一步促使氢向 HAZ 进行扩散。此时 HAZ 仍处于 A 状态, 未发生相变, 但因氢扩散速度较慢, 不能扩散到离焊缝较远的母材中, 于是在焊缝与母材的交界处 (即熔合区) 形成了富氢区。当该区发生相变 $A \rightarrow M$ 时, 氢以过饱和状态留在 M 中。

由于金属内部存在晶格缺陷、微空穴等缺陷, 提供了裂纹的起源, 在缺陷的前沿会形成应力集中的三向应力区。于是在应力的诱导下, 使氢向高应力区扩散, 并发生聚集。当氢浓度达到一定值时, 将使位错移动或增殖。当氢的浓度达到临界值时, 便发生局部开裂现象, 导致裂纹向前扩展, 并在裂纹尖端形成新的三向应力区, 使氢向新的三向应力区内扩散聚集。此时裂纹暂时向前扩展, 只有当裂纹尖端局部的氢浓度达到临界值时, 裂纹才能进一步扩展。由此可见氢致裂纹的扩展需要一段孕育时间 (即潜伏期), 而且裂纹的扩展是一个断裂的过程。

应力张量一次不变量 $I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$
应力张量二次不变量 $I_2 = \frac{1}{2}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_z\sigma_x)$
物理意义: $I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = 3\sigma_m$, $\frac{1}{3}I_1$ 表示静水压力, 应力不变量与坐标选取无关。



4. 拉伸:
单晶体应力状态中, 应力张量数目越多, 数值越大, 则变形能力越大。
拉伸为双向应力, 一向拉压力; 锻粗为三向压应力。
锻粗的变形能力较大。

5. $[Mn] + [Fe] = [Fe] + [MnO]$

在还原性熔渣中, 由于含有较多的 SiO_2 和 TiO_2 , 它们能与脱氧产物 MnO 生成低熔点复合物 $MnO \cdot SiO_2$ 或 $MnO \cdot TiO_2$, 从而使 MnO (通过 MnO 的活度系数) 减小, 促使反应向右进行, 因此脱氧效果好。

6. 16Mn 钢为不易淬硬钢, 其 HAZ 分为 4 区:

① 熔合区: 焊缝与母材的相界面, 最高温度 1200°C , 处于固相线与液相线之间, 由于晶界与晶内局部熔化, 成分与组织不均匀分布, 过热严重, 塑性差, 是焊接接头的薄弱环节。

② 过热区: 温度范围处于固相线到 1100°C 左右, 由于加热温度高, A 过热, 晶粒严重长大, 又由于“粗晶区”。冷却后, A 相变产物也因晶粒粗化使塑性、韧性下降, 使接头出现脆性组织, 也是焊接接头的薄弱环节。

③ 相变重结晶区: 温度处于 $1100^\circ\text{C} \sim A_{c3}$ (约 900°C) 之间, 母材完全 A 化, A 晶粒细小, 空冷后得到晶粒细小而均匀的 F+P (相当于热处理时的正火组织), 塑性、韧性很好。

④ 不完全重结晶区: 温度在 $A_{c1} \sim A_{c3}$ 范围, 部分母材组织发生相变重结晶 $F+P \rightarrow A$, 且 A 晶粒细小, 冷却转变后得到细小的 F+P, 而未 A 化的 F 受热后长大, 使该区域晶粒不均匀, 且受热不均匀但性能不如相变重结晶区。

一、名词解释

1. 液态金属的充型能力——液态金属充满型腔, 获得形状完整、轮廓清晰铸件的 能力。
2. 二次夹杂物——液态金属在浇注及成型过程中因氧化而产生的夹杂物。
3. 均匀形核——在没有任何外来晶核的均匀熔体中自发形核过程。
4. 焊缝金属的定向晶——在高速焊接条件下, 柱状晶成长方向可垂直于焊缝应力, 直到焊缝中心, 被称为“定向晶”。
5. 焊接热循环及其主要参数——在焊接中, 焊件上某点的温度由低到高达到最大值后又由高到低随时间的变化过程。
 加热速度 V 、最高温度 θ_m 、相变温度以上停留时间 t_H 、冷却速度 V_c 或冷却时间 t_c 。
6. 焊接拘束应力——焊接过程中, 由于不均匀的加热、冷却过程而产生应力。并持热应力和相变应力称为内拘束应力, 而将结构拘束力、受载等条件产生的应力称为外拘束应力。
7. 焊缝金属的层状偏析及其影响——焊缝金属横截面的化学成分不均匀, 称为层状偏析或结晶层偏析, 层状偏析会产生气孔, 也会引起焊接的力学性能不均匀, 而淬硬性下降以及断裂韧性降低等。
8. 塑性加工——利用金属的塑性, 使其在锻压外力作用下成形, 获得具有一定力学性能所需工件的加工方法。
9. 包辛格效应——金属材料经过预先加载产生少量塑性变形 (残余应变 ϵ_p 约 1%~4%), 卸载后再同向加载, 规定残余伸长应力 (即屈服强度或屈服极限) 增加; 反向加载, 规定残余伸长应力降低的现象。
10. 理想弹性材料——在弹性变形阶段, 应力与应变呈线性关系, 而在塑性变形阶段没有加工硬化的金属材料。

二、问答题

11. 影响液态金属粘度的主要因素: ①化学成分: 难熔化合物的液体粘度较高, 而熔点低的共晶成分合金的粘度低。②温度: 液态金属的粘度随温度的升高而降低。③非金属杂质: 液态金属中呈固态的非金属夹杂物使液态金属的粘度增加。
 粘度对铸件质量的影响: 液态金属中各种夹杂物及气泡等, 必须尽量除去。杂质及气泡与金属液的密度不同, 一般比金属液小, 总是力图离开液体, 以上说的为分熔。杂质上浮速度符合斯托克斯公式: $v = \frac{2r^2(\rho_1 - \rho_2)g}{9\eta}$ 。可见, 液态金属粘度越小, 杂质上浮速度越大, 有利于净化。粘度对铸件质量的影响: 液态合金的粘度大, 其流动阻力也大, 粘度越大, 液态合金的流动性越差。

12. “成分过冷”判别式: $\frac{G}{k} \leq \frac{m_c C_0}{L + C_0 k}$ (只有扩散而无对流时: $\frac{G}{k} \leq \frac{m_c C_0 (1-k)}{Lk}$)

单相合金呈树枝晶生长: 条件: $\frac{G}{k} \leq \frac{m_c C_0 (1-k)}{Lk}$
 成分过冷对其生长方式的影响: 随着 C_0 比值的减小, 溶质浓度的增加, 界面前方成分过冷区加宽, 此时, 凸起的晶胞, 持向熔体内部伸展更速, 原来胞晶, 抛物状界面逐渐变得不稳定。晶胞生长方向开始转向优先的结晶生长方向, 胞晶的横切面也持受晶界生长因素的影响而呈现出伞状结构, 当成分过冷加强时, 凸缘上又会出现锯齿状凸缘, 即二次枝晶。持出现二次枝晶的胞晶, 称为胞状树枝晶或柱状树枝晶。当固液界面前方出现大范围成分过冷时, 成分过冷最大值 ΔT_{max} 将大于液体中非晶生核所需要的过冷度 ΔT_n , 在过冷液体中自由成核生长, 并长成树枝晶, 称为自由树枝晶, 也称等轴晶。此后的凝固过程便是等轴晶不断向液体内部推进的过程。

13. 析出性气孔: 液态金属在冷却凝固过程中, 因气体溶解度下降, 析出的气体来不及逸出而产生的气孔。

固相无扩散、液相无对流而只有有限扩散, 气体溶质在固液界面前沿分布特征:

$$C_L = C_0 \left[1 + \frac{L}{k} \exp\left(-\frac{R}{V}\right) \right]$$

气体溶质分布特征如右图所示, 即使气体的原始含量 C_0 小于饱和含量 S_L , 由于金属凝固时存在溶质再分配, 某一时刻, 固液界面处液相中所富集的气体的含量会大于饱和含量。

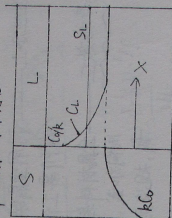
形成机理: 结晶前沿, 特别是枝晶间的液体溶质富集区中的气体含量将超过其饱和含量, 被凝固封闭的液相内则具有更大的过饱和析出压力, 而凝固界面处气体的含量最高, 并存在于其他溶质的偏析及非金属夹杂物, 当枝晶间产生凝固收缩时, 该处极易析出气泡, 且很难排除, 从而保留下来形成气孔。

14. 与铸件断面宏观组织成为细小等轴晶的措施及原理:

(1) 向熔体中加入强生核剂 (目的是强化非均匀形核)

① 直接作为外晶核的生核剂: 通常是与被细化相具有界面共格对应的高熔点物质或同族金属、非金属材料, 与被细化相具有较小的界面能, 润湿角小, 直接作为有效基底促进非晶生长。

② 能形成高熔点稳定化合物: 生核剂中的元素能与液态金属中的元素形成较高熔点稳定化合物, 这些化合物与被细化相具有界面共格对应关系, 和较小的界面能。



① 塑性变形: ① 应力与应变关系是非线性的, 且塑性变形是不可逆的, 与应变速度有关, 应力应随条件不再保持单值关系。② 塑性变形时可以用应力和不变, 即应变硬化量为零, 泊松比 $\nu=0.5$ 。③ 对于应变硬化材料, 卸载后重新加载时的屈服应力就是上次卸载时的屈服应力, 比初次屈服应力要高。

⑤ 熔池的反应区：熔池的平均温度比熔滴低，比表面积极小，化学反应强烈程度比熔滴反应区、熔池中温度分布极不均匀，熔池头部处于升温阶段，有利于吸热反应进行，而熔池尾部发生金属的凝固，有利于放热反应的进行；反应物的相对浓度比熔滴反应区小，反应速率也小；熔池的反应时间较长，存在着对流和搅拌现象，有助于熔池成分均质化和冶金反应的进行。