



高锰钢复合变质的作用及动力学条件

Compound Modification Function and Dynamics Condition of High-Mn Steel

王仲珏

(安徽工程科技学院, 芜湖 241000)

摘要:采用 RE-Ca-Ti-Al 对高锰钢进行复合变质。在炉内、炉外实行“二步法”处理并按变质合金异质形核的生核能大小设计分级处理的顺序,起到了控制碳化物的析出量和改善析出形态,净化钢液,净化晶界,细化晶粒等良好的变质效果。这些变化主要是复合变质所产生的动力学效应对其影响的结果。这种变质作用受制于复合变质在冶金处理过程中所应具备的相关的动力学条件。

关键词:高锰钢;复合变质;动力学条件

中图分类号:TG243;**文献标识码:**B;**文章编号:**1006-9658(2005)02-02

Abstract: RE-Ca-Ti-Al alloy elements have been used in high-Mn steel for compound modification. “Twain-step” technique and step process order designed on energy of alloy non-uniformity forming core in inside and exterior furnace have been practised, playing favorable modification effect of controlling separate out and improving shape; purifying steel liquid and grain boundary; refining grain. The changes have been mainly brought by dynamics effect of compound modification. The modification function has been restricted by corresponding dynamics condition that compound modification should possess in metallurgy process.

Keywords: High-Mn steel; Compound modification; Dynamics condition

高锰钢经过复合变质,减少了夹杂,改变了夹杂形态,避免或消除了碳化物的网状析出,显著地细化了晶粒,从而为水韧处理创造了良好的改善组织的条件^[1]。这种变质作用受制于复合变质在冶金处理过程中所应具备的相关的动力学条件。

1 复合变质的作用

改性高锰钢的冶金任务主要是:①减少碳化物析出量;②控制碳化物析出形态;③通过细化奥氏体、强化奥氏体、稳定奥氏体,实现在实际工况,材料呈现较小变形情况下就能体现出良好的加工硬化的特性。因此,变质与孕育是冶金处理技术中十分重要的内容。

在改性高锰钢的冶金处理中,变质与孕育应该是两个看似相仿,其实各有侧重的对材料施行改性处理的方法。在过程中,它们共同发挥着相辅相成的作用^[2]。

此类高锰钢采用 RE-Ca-Ti-Al 复合变质剂,在炉内、炉外实行“二步法”处理并按变质合金异质形

核的生核能大小设计分级处理的顺序。

1.1 改善碳化物形态

RE 合金中含有大量的表面活性元素,它们吸附在新生碳化物表面,阻碍了熔体中的 Fe、C、Cr 等

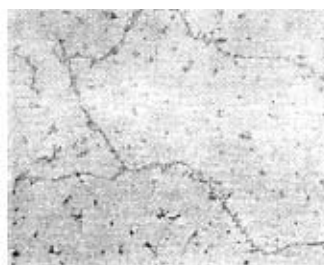


图1 变质后碳化物分布形态 400×

碳化物形成元素的原子向碳化物的晶体扩散,降低了碳化物在[001]择优长大方向的长大速度,使其难以连结成网状。图1为变质后,碳化物分布的二维形态。

1.2 减少夹杂,净化钢液

未经稀土变质的高锰钢夹杂含量高,多属 Al_2O_3 、FeO、MnO 和 FeS、MnS 的复合夹杂,形态不规则,夹杂物表面呈多角状、性脆,这类夹杂物熔点低,多分布在凝固的枝晶间和奥氏体晶界,使晶界弱化。通过变质处理,一方面变质元素与钢液中的非金属夹杂形成体容大、比重小的氧化物、硫化物及复合夹杂物上浮至渣中;一方面熔点高残存在钢中含有 Ti、Al、Ca 和 Ce 的硫、氧、稀土类硅酸盐复合夹杂物 ($MgO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot CeS \cdot Ce_2O_3$) 将如图2所示呈粒状,散乱分布在基体中,部分此类夹杂还可作为初晶奥氏体的晶核基底,使奥氏体晶核数增

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金项目资助(2004kj048)

收稿日期:2004-11-18

文章编号:2004-192

作者简介:王仲珏(1952-)男,教授,硕士生导师,主要从事金属材料工程和成型技术的研究

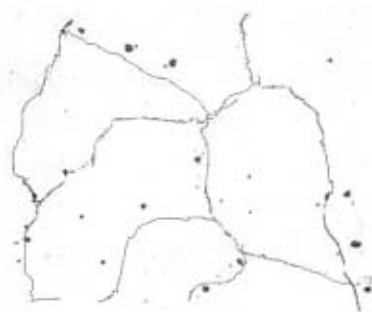
加,晶粒细化。

1.3 细化晶粒

从现象上看,添加 RE 的钢不仅使钢的过冷度小,而且凝固所需的时间短,也就是说在同一过冷度下,加入稀土使晶核增多,使钢的组织 and 晶粒得以细化。经检测传统高锰钢晶粒度 1 级,改性后高锰钢晶粒度 4 级,结果对比如图 3(a)、(b)所示。



图 2 变质后球粒状夹杂物 800×



(a) 传统高锰钢晶粒度 100×



(b) 变质后高锰钢晶粒度 100×

图 3 传统与变质后晶粒度对比

1.4 稳定合金元素

由于钒等合金元素对细化高锰钢晶粒、提高加工硬化能力作用显著,故采用钒渣一方面用作微合金化处理;一方面又用作组成以钒渣为主的复合孕育剂对钢液实施进一步处理。钒渣在熔化的同时与 [C]、[Al]、[Si]、[Fe]、[Mn] 等元素发生还原反应生成 V 进入钢液中,但在熔炼温度下,[V]很容易被重新氧化成 V_2O_5 进入渣中,因此稀土强烈脱氧作用有利于稳定 (V_2O_5) 的还原效果,亦有利于提高和稳定其它合金元素的吸收率^[3]。

1.5 分级变质,强化效果

(1)从现象上看,添加 RE 的钢不仅使钢的过冷度小,而且凝固所需的时间短,也就是说在同一过冷度下,加入稀土使晶核增多,使钢的组织 and 晶粒得以细化。究其原因,主要是由于 RE 的熔点低,原

子半径较大,是强成分过冷元素,同时也是非碳化物形成元素,在凝固过程中由于溶质元素再分配而富集在奥氏体结晶前沿的液体中,提高了奥氏体的形核率,使奥氏体基体细化^[4]。同时,RE 具有较强的脱硫去氧、净化钢液的能力,而脱硫去氧后形成的复合夹杂部分还可作为初晶奥氏体的晶核基底使奥氏体晶核数增加,晶粒细化。

(2)RE 合金中含有大量的表面活性元素,它们吸附在新生碳化物表面,阻碍了熔体中的 Fe、C、Cr 等碳化物形成元素的原子向碳化物晶体扩散,降低了碳化物在 [010] 择优长大方向的长大速度,使其难以连结成网状。

(3)变质处理后,钢液中 O、S、N 元素含量急剧下降,从而有效地避免了由于主孕育元素钒、钛的氧化、硫化、氮化而形成的化合物吸附在钒钛碳化物上,阻止形成异质晶核的局面,为孕育处理后出现的异质形核创造了良好的条件。

2 动力学条件

实践证明,复合变质的效果不仅取决于复合变质剂的组织及其加入量,而且还与加入方法,加入顺序的加入时钢液温度、气体含量、成分等状态有关。说到底,所谓复合变质的效果,在工程意义上,主要意味着在合适的钢液成分、温度条件下:①能否削弱、避免或消除碳化物网状分布;②能否减少夹杂和改变夹杂形态;③能否细化晶粒。

2.1 改变碳化物数量、形态的动力学条件

在多元合金中,由于各种元素的相互作用,对物质的扩散系数也有一定的影响。如,碳在奥氏体中的扩散系数随 C、Si、Ni 等元素的增加而增大,但随 Al、Cr、Mn、Mo、V、Ti 等元素的增加而减小,故在温度一定的条件下,改变基本成分、合金成分就是调节碳在奥氏体中扩散速度的主要动力学条件^[4],因为在凝固过程连续冷却的条件下,扩散速度减小就意味着碳的析出量的减少;由良好的孕育效果形成的一定量的异质形核质点将导致奥氏体脱溶的碳原子和因钢液中浓度起伏出现的碳原子集团优先向其扩散,从而使碳化物转向以异质形核为主的结晶方式;再加上稀土等活性元素吸附在新生碳化物表面,使其难以连结成网状。

2.2 改变夹杂数量、形态的动力学条件

复合变质改变夹杂数量、形态的动力学条件是加快夹杂物、气泡上浮速度;改善残留夹杂形态。稀土复合变质处理能显著净化钢液的主要原因:

(1)稀土等变质元素能有效降低钢液粘度、减少上浮阻力。

高强度壳体铸铁件裂纹的成因分析及对策

Analysis on the Causes of High Strength Cast Iron Hull and Countermeasure

程俊伟

(中国一拖集团公司工艺材料研究所, 洛阳 471004)

摘要: 壳体铸件在实际生产中受熔炼、浇注、砂芯、结构等影响, 造成应力集中, 引起裂纹, 应采取综合对策。

关键词: 壳体铸铁件; 裂纹; 对策

中图分类号: TG250.6; 文献标识码: B; 文章编号: 1006-9658(2005)02-02

高强度壳体铸铁件多为框架结构, 由于强度高, 壁厚相差大, 凝固过程中易产生应力集中, 生产中形成裂纹。在公司造型线生产的 HT250 壳体件中, 其中有两个零件, 由于结构的原因生产中随着材料的变化, 裂纹废品时高时低, 最高时废品达 20% 以上。尽管采取了 100% 无损探伤, 时效处理等手段, 但无法从根本上降低废品率。因此先后进行了大量的试验比较与工艺验证。

收稿日期: 2005-02-01

文章编号: 2005-017

1 裂纹出现部位与特征

(1) 裂纹出现部位: 两个轴孔之间与大小方孔的圆角处。

(2) 裂纹出现特征: 以冷裂为主, 热裂小于 10%, 裂纹长在 10mm 以内占 80% 左右的比例, 直接用眼睛观察到裂纹占 10% 左右, 其余必须采取无损探伤进行检测。

(3) 裂纹出现频率: 轴孔间裂纹最多, 大小方孔圆角处裂纹交替出现。

2 铁液冶金质量的影响及对策

(2) 稀土等变质元素能与钢液中的非金属夹杂形成体容大、比重小、熔点高的夹杂物。

(3) 夹杂与气泡等形成上浮共载体。

(4) 残留钢液中少量的稀土复合夹杂呈粒状均匀分布。

2.3 细化晶粒的动力学条件

复合变质细化晶粒的动力学条件是细化初晶组织; 加大结晶前沿成分过冷; 增加高熔点的固相质点。稀土复合变质处理能显著细化晶粒的主要原因:

(1) RE 具有较强的脱硫去氧、净化钢液的能力, 而脱硫去氧后形成的复合夹杂部分可作为初晶奥氏体的晶核基底, 使奥氏体晶核数增加, 晶粒细化。

(2) RE 的熔点低, 原子半径较大, 是强成分过冷元素, 同时也是非碳化物形成元素, 在凝固过程中由于溶质元素再分配而富集在奥氏体结晶前沿的液体中, 提高了奥氏体的形核率, 使奥氏体基体细化。

(3) 作为复合孕育剂溶入钢液的合金元素和作为微合金化溶入钢液的合金元素除发挥各自的冶

金处理作用外, 大多是强成分过冷元素, 和 RE 元素一样富集在奥氏体结晶前沿的液体中, 进一步提高了奥氏体的形核率, 有的强碳化物高熔点元素以固相质点存在于组织中, 既增加了凝固热应变期晶体抗裂能力, 又细化了晶粒。

3 结语

影响高锰钢复合变质效果, 主要三方面: 钢液基本成分; 变质剂组成及处理方式; 孕育和微合金化效果的反作用。借助分析复合变质在冶金处理过程中所应具备的相关动力学条件, 可以使这三方面实现更好的配合, 使高锰钢在“三位一体”综合优化的冶金处理下获得更为优越的性能。

参 考 文 献

- 1 茅洪祥, 等. 微合金化技术在高锰钢中的应用[J]. 热加工工艺, 1997(6): 26~28
- 2 王仲珏. 显著提高高锰钢零件使用寿命的稀土变质处理[J]. 机电工程技术, 2001(2)
- 3 雷永泉. 铸造过程物理化学. 新时代出版社[M]. 1985, 87~94
- 4 赵振亚. 合金钢设计. 北京: 国防工业出版社[M], 1999, 57~84