

● 试验与研究

圆钢锭浇铸工艺试验

张 珉 王乃斌*

(成都无缝钢管厂)

在不同锭型钢中 Al 含量及 S 含量、浇铸温度及浇铸时间等试验工艺条件下,对模铸20管钢、 $\phi 450\text{mm}$ 、2.1t(圆波浪形)钢锭裂纹率的影响进行了分析与讨论,并确定了主要工艺参数。

关键词 浇铸 圆钢锭 工艺

EXPERIMENT ON ROUND INGOT CASTING

Zhang Min Wang Naibin

(Chengdu Seamless Steel Tube Plant)

The article analyses and discusses the influences of the experimental process conditions such as Al and S contents of various kinds of steel ingots, casting temperature and time on cracks of 450mm diameter, 2100kg weight rippled round ingots of 20 steel by mould casting, and also determines the basic process parameters.

Key words casting round ingot process

1 概述

随着国内外铸坯及轧管技术水平的不断提高,尤其是国内外连铸坯的广泛使用,周期式轧管机组直接采用圆铸坯轧管越来越显得必要。为了探索周期式轧管机组用圆铸坯生产无缝钢管的新工艺,成都无缝钢管厂在 $\phi 318\text{mm}$ 周期式轧管机组的斜轧穿孔机上进行了20钢、 $\phi 450\text{mm}$ 、2.1t圆锭直接穿管试验。

众所周知,20管钢对裂纹的敏感性极强,特别是在浇铸大圆形钢锭时,因其凝固表面积较相同截面积的其他锭型小,在生产过程中,极易产生纵向热裂,致使铸锭合格率较低。影响圆锭产生纵向裂纹的原因较多,诸如锭型、冶炼工艺、浇铸工艺等因素。为此,成都无缝钢管厂从1987年开始,在70t

平炉上开展了20管钢、 $\phi 450\text{mm}$ 、2.1t圆锭浇铸的工艺试验,使平炉模铸大圆锭的合格率达到95%的水平。

本文旨在对各试验工艺条件下模铸圆(圆波浪)锭裂纹率的影响进行了分析讨论,并确定其主要工艺参数。

2 试验一般工艺要求

2.1 冶炼

- (1) 脱氧前终点 $C \geq 0.10\%$;
- (2) 成品 $S \leq 0.030\%$;
- (3) 终脱氧用Al量 0.80kg/t ;
- (4) 出钢温度 $1630 \sim 1640^\circ\text{C}$ (修订后为 $1610 \sim 1630^\circ\text{C}$)。

2.2 浇铸

- (1) 圆形锭模和圆波浪形锭模可同板摆放或分摆;

参加本试验工作的还有:赵殿玺、赵小俊、李敬代、刘蜀宝、罗如辉、冯先锦、夏尚华等。

- (2) 浇铸温度以喷粉或吹氩后温度为
准, 1560~1575℃(修订后为
1560~1570℃);
- (3) 锭身浇铸时间 6min30s~8min
(修订后为7~8 min), 填充时
间≥1min;
- (4) 帽高100mm(修订后为160~180
mm)。

3 各工艺条件对浇铸圆(圆波浪)钢锭型 裂纹率的影响

3.1 锭型

钢锭是通过锭模散热而凝固的, 不同的
锭模又决定了钢锭凝固温度场的变化, 因此
不同锭型的模铸合格率有较大的差异。

试验结果表明, 采用圆波浪形锭模, 其
平均模铸合格率较圆形锭模高出约25%。圆
波浪形锭较圆形锭的凝固散热表面积增加约
4~6%, 同时, 由于钢锭凝固时形成了波浪
状的温度场分布, 而使钢锭的波峰先于波谷
凝固形成条状的筋壳带, 收缩应力则分散作
用于后凝固的各个波谷, 从而减缓了裂纹的
倾向。其中奇数边波浪形又较偶数边的合格
率高, 这是偶数边波浪形钢锭的凝固薄弱处
——波谷是对称状而易产生裂纹的缘故。

3.2 钢中Al含量

(1) 钢锭裂纹的形成与钢中Al含量
十分相关。图1所示为钢中Al含量对圆(波
浪形)锭裂纹率的影响。

随着钢中Al含量的增加, 铁素体的耐
热性降低, 促使奥氏体晶界上脆性AlN相
的生成, 生成AlN相对产生的相变应力又
将导致裂纹的形成。另一方面, 钢中Al含
量的增高, 将显著降低产生裂纹时钢的延伸
率^[1, 2], 以及增加脱氧产物——串状Al₂O₃
非金属夹杂物在晶间上的沉淀^[1], 从而加
大了钢锭裂纹的倾向。

金相分析表明, 酸溶铝在钢的横截面上

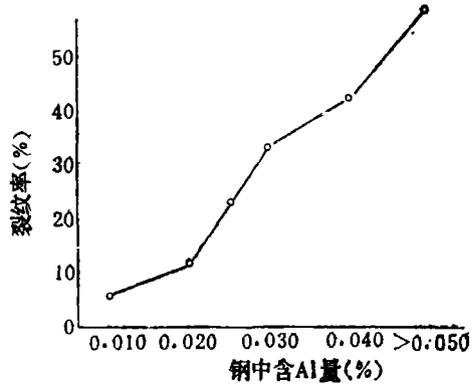


图1 钢中Al含量对圆(波浪形)
锭裂纹率的影响

波动幅度较大, 并且随其含量的增加而加大,
不利于防止钢锭纵裂。

资料^[2, 3]介绍, 当Al含量超过0.025%
时, 钢锭裂纹倾向极大, 图1结果也表明Al
含量超过0.030%, 圆锭裂纹率较高。但钢
中残余Al含量不宜控制太低, 如太低, 与
平衡的O含量势必增加。因此, 钢中Al含
量控制在0.020%左右是适宜的。

(2) 基于减少钢中Al含量及波动幅
度, 提高钢的高温塑性及细化晶粒, 采用了
加入部分TiFe代替Al。试验表明, 钢锭裂
纹率有所下降, 激冷细晶区与等轴细晶区
增加不多, 而Ti夹杂则有增加的趋势。

(3) 脱氧前终点C量的多少, 直接控
制钢液中氧浓度。在炼钢温度1580~1620℃
下, 碳氧积为: [%C]·[%O]=0.0025^[4]。
碳浓度与氧浓度呈双曲线变化。当[%C]
大于0.1%, 其氧浓度小于250 ppm, 而当
[%C]小于0.06%, 其氧浓度将大于400
ppm。氧浓度的增大, 必然增加脱氧产物
——串状Al₂O₃非金属夹杂物在晶间上的
沉淀破坏作用, 而导致圆(波浪形)锭裂
纹的发生。试验表明, 脱氧前终点C含量
大于0.1%是适宜的。

3.3 钢中S含量

(1) 不言而喻, 钢中S含量的增加,

将使钢中硫化物夹杂量增加而恶化钢质，增大了钢锭裂纹的倾向。图2示出了钢中S含量对圆（波浪形）锭裂纹的影响。

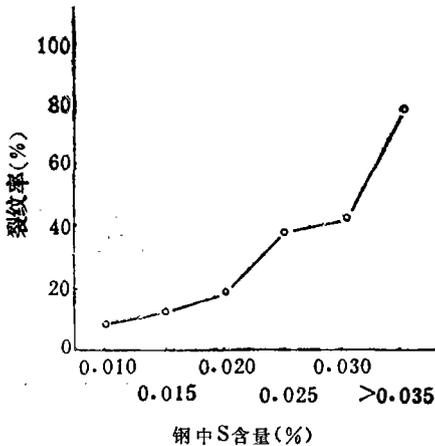


图2 钢中S含量对圆（波浪形）锭裂纹率的影响

随着钢中S含量的增加，圆（波浪形）锭裂纹率增加，当 $S > 0.035\%$ 时，裂纹率高达78.10%。金相及能谱分析裂纹表明，裂纹尾端及两侧存在大量低熔点的FeS、MnS、FeS·MnS夹杂和FeS+FeO共晶夹杂。这些夹杂物的存在，破坏了金属基体的连续性而形成薄弱环节，在凝固过程中所产生的横向收缩应力作用下，从夹杂含量多的薄弱处开裂。因此，控制钢中S含量小于0.025%是必要的。

(2) 采用钢包喷吹CaSi粉，不但能有效地去除钢中S含量，降低硫化物夹杂，同时通过搅拌使其夹杂物上浮，均匀钢液温度，减少钢液过热度，能够有效地防止圆（波浪形）锭裂纹的产生。

试验表明，钢液喷吹CaSi粉1kg/t，将使合格率提高25%以上。

3.4 浇铸温度及浇铸时间

(1) 浇铸温度即钢液的过热度，直接影响到钢锭表面的激冷层及组织结构，对圆（波浪形）锭的开裂表现更为敏感。浇铸温度对圆（波浪形）锭裂纹率的影响见图3。

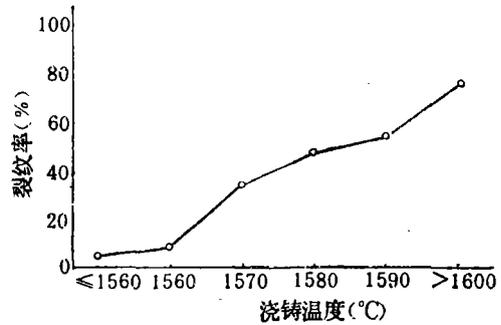


图3 浇铸温度对圆（波浪形）锭裂纹率的影响

钢液过热度大，包晶反应得到的奥氏体晶粒必然粗大，魏氏组织形成时体积突变将产生较大的组织应力；内外层体积收缩不同产生的热应力将随着过热度的增大而增大；凝固速度的不同步也将随之而增加，使未凝固的钢液以更大的静压力方式作用于已凝固的外层。上述三种应力的合成形成较大的横向收缩应力，而圆锭具有单位体积的最小表面积，其凝固表层薄，当横向收缩应力超过了凝固层所具有的强度和塑性，或者在凝固层的薄弱处（如夹杂多的区域），便使钢锭开裂。

试验结果表明，浇铸温度控制在1560~1570℃为好。

(2) 浇铸速度过快，铸时越短，除上述三种应力仍将形成较大的横向收缩应力外，凝壳因受热冲刷，其生长速度慢而导致凝固表面激冷层薄，不利于结晶潜热的导

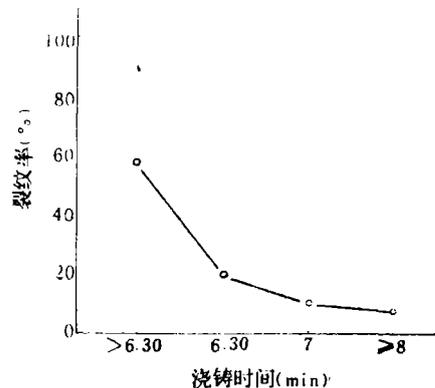


图4 浇铸时间对圆（波浪形）锭裂纹率的影响

出,因而圆(波浪形)锭在凝固过程中的裂纹倾向更大。图4所示为浇铸时间对圆(波浪形)锭裂纹率的影响。

试验结果表明,锭身浇铸时间应控制在 $\geq 7\text{min}$ 。

为减缓浇铸时钢水对钢锭底部的热冲刷,增加钢锭底部凝固表面激冷层厚度,应采取先慢后快的浇铸原则。

4 各工艺对圆(波浪形)锭裂纹的综合影响

锭型、钢中Al含量及S含量、浇铸温度及浇铸时间等都对圆(波浪形)锭裂纹有不同程度的影响。采用圆波浪形锭模浇铸的合格率必然比圆形锭模高,而钢中Al、S含量高时,控制好浇铸温度及浇铸速度能减少裂纹的产生;反之,当浇铸温度高、浇铸速度快时,钢中Al、S含量低也能减缓裂纹的形成;又当浇铸温度高时,适当降低浇铸速度或者浇铸速度快,而浇铸温度低些也都能减少裂纹的产生。

5 结语

模铸20管钢、 $\phi 450\text{mm}$ 、2.1t圆锭,由

于钢种的特点和锭模的特性,使得影响圆钢锭产生纵向裂纹的因素较复杂,试验结果分析表明:①圆波浪锭优于圆形锭;②钢中Al含量应控制在0.020%左右;③钢中S含量应控制在0.025%以下;④浇铸温度应控制在1560~1570℃为好;锭身浇铸时间应控制在7min以上。

根据以上工艺参数,我厂已生产6万余t合格的圆(波浪形)钢锭,证明工艺是可行的。

6 参考文献

- 1 S.C.Desai. Crack on Steel Ingot Surface Journal of the Iron and Steel Institute. 1959 (191) 3
- 2 B.L.Biggs. Crack of Steel Ingot. Journal of the Iron and Steel Institute. 1959, 8, 361~377
- 3 徐昭华,陆正中. 45钢铸锭纵裂原因的分析研究. 热加工工艺, 1987, 2
- 4 黄希祐. 钢铁冶金原理(下). 重庆: 重庆大学出版社, 1986, 78

(收稿日期: 1991-12-24)