

试验研究

# 变形温度对钢板混晶组织的影响分析

于爽

(山钢股份济南分公司 技术中心, 山东 济南 250101)

**摘要:**针对钢板混晶组织,通过试验分析,研究不同变形温度对钢板组织的影响。结果表明,在变形量一定时,随着变形温度的提高,奥氏体再结晶分数增加,再结晶后的晶粒长大行为也很明显。为避免轧制过程中出现混晶组织,轧制应在完全再结晶区进行。

**关键词:**钢板;混晶组织;变形温度;变形率

中图分类号:TC142.1

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2016)03-0040-03

## 1 前言

混晶组织是钢材内部缺陷之一,表现为金属基体内晶粒大小混杂,粗晶细晶混杂,细晶粒夹在粗晶粒之间,或表面为粗晶,中心为细晶,也可能相反。一般认为,混晶组织是钢板内部的缺陷组织,严重混晶会使钢板强度降低,塑性和韧性变差<sup>[1]</sup>。本研究针对钢板出现的混晶组织,通过试验分析,探讨在变形量一定时,变形温度对钢板组织的影响。

## 2 试验材料及试验方案

试验材料为混晶组织钢板,其化学成分见表1。

表1 试验材料化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Ti	Nb
0.11	0.29	1.14	0.013	0.006	0.012	0.028

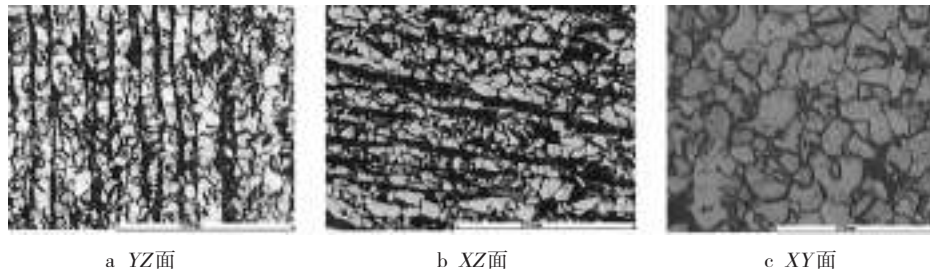


图1 混晶钢板试样金相组织

由图1可以看出,无论是试样的横断面、纵断面,还是表面,都存在着混晶现象,晶粒大小不一,尺寸相差很大(约1~1.5级),横断面和纵断面还存在着较为严重的带状组织,纵断面的带状组织更严重(见图1a)。有些混晶缺陷在正火处理后有所改善,严重的混晶缺陷易与分层缺陷相伴发生。

### 3.2 不同变形温度对混晶组织的影响

为研究变形量一定时,变形温度对混晶的影响,

在一定变形量下,观察不同变形温度下试样的微观组织,试验方案如表2所示。

表2 试验选取的工艺方案

变形量/%	变形温度/℃			
25	1 150	1 050	950	850
45.45	1 150	1 050	950	850
57.14	1 150	1 050	950	850
66.67	1 150	1 050	950	850
75	1 150	1 050	950	850

## 3 试验分析

### 3.1 混晶组织形貌

为了研究中厚板产生混晶的原因,分别对混晶的试样纵断面(YZ面)、横断面(XZ面)和表面(XY面)进行磨制抛光,并用4%硝酸酒精溶液腐蚀后在光学显微镜下观察,结果如图1所示。

响,进行了阶梯试样轧制试验:取钢坯试样,在连铸坯断面的1/4处取样,刨床加工出阶梯形试验件。阶梯形试样5个厚度分别为24 mm、18 mm、14 mm、11 mm、8 mm。加热温度1 200 ℃,保温30 min,设置辊缝为6 mm,热轧1道次,对应的变形量分别为75%、66.67%、57.14%、45.45%、25%。变形后的试样立即淬水,然后将试样纵向剖开,经研磨,侵蚀后观察一定变形量条件下,不同变形温度的微观组织。

1)变形率为25%时,不同变形温度的微观组织见图2,晶粒度变化曲线见图3。

由图2、图3可知,变形率为25%时,由于变形量

收稿日期:2016-04-18

作者简介:于爽,女,1980年生,2003年毕业于鞍山科技大学金属材料专业。现为山钢股份济南分公司技术中心工程师,从事产品开发工作。

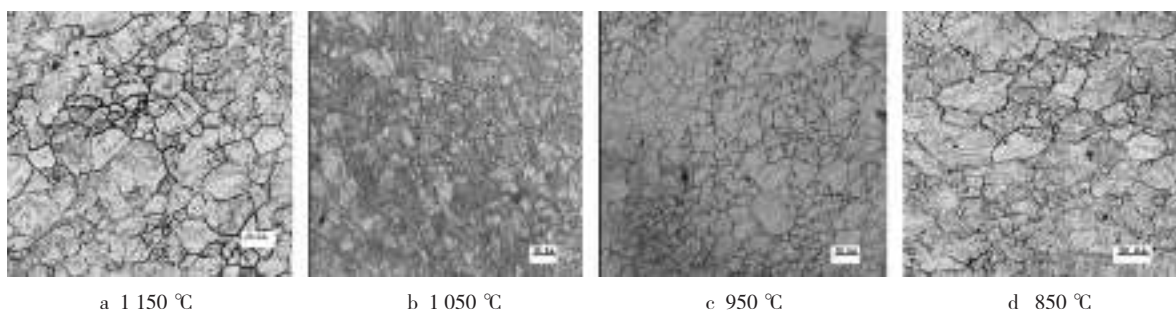


图2 变形率25%时试验钢不同变形温度的微观组织

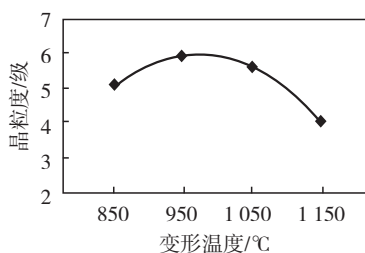


图3 变形率25%时试验钢的晶粒度变化

较小,无论在什么温度下轧制,奥氏体的晶粒度都较低(4~6级),而且晶粒的尺寸非常不均匀,混晶现象比较明显,特别是在较低温度(850 °C)和较高温(1150 °C)轧制时,晶粒度级别较低,晶粒出现异常的粗大尺寸,混晶现象严重。

初步分析认为:对于厚板轧制来说,由于变形量较小,变形不能深透,组织不能完全破碎,会出现混晶现象,且晶粒度较低;在850 °C轧制时,温度较

低,塑性相对较差,加之变形不能深透,只有部分奥氏体晶粒变形后变细,但大多数晶粒没有变形,故尺寸较大,混晶严重(见图2d);950~1150 °C轧制时,塑性相对较好,参与变形的晶粒较多,晶粒相对均匀(见图2b、图2c)。另外,此温度区间也是再结晶温度区间,随变形温度的提高,变形的部位也会发生再结晶和晶粒长大现象,在适宜的条件下会使晶粒趋于均匀。

随变形温度的提高,奥氏体再结晶的临界变形量降低,如果温度相对更高(1150 °C),变形后晶粒的再结晶现象会较为明显,未变形的晶粒在高温下也会长大,所以晶粒尺寸较大,且不均匀严重,晶粒度非常低。

2)变形率为45.45%时,不同变形温度的微观组织见图4,晶粒度变化曲线见图5。

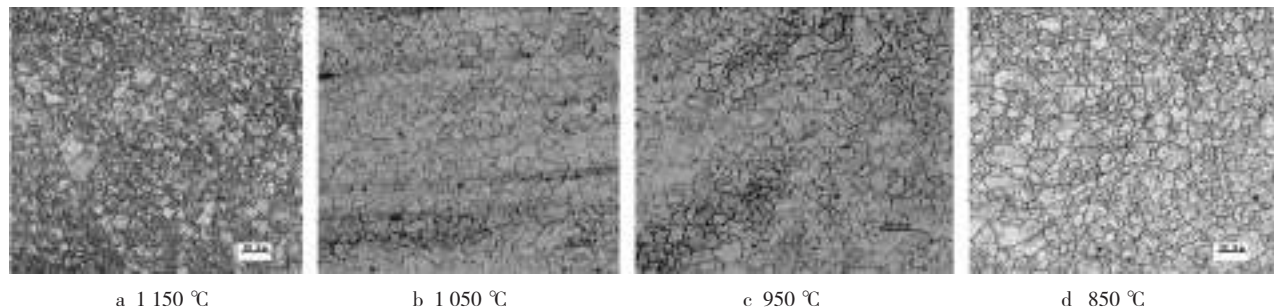


图4 变形率45.5%时试验钢不同变形温度的微观组织

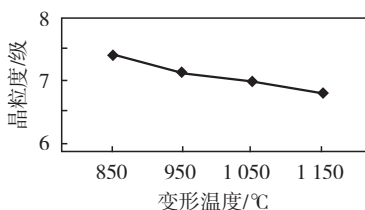


图5 变形率45.5%时试验钢的晶粒度变化

从图4、图5可以发现,当变形量达到45%左右时,在各个温度下变形时的晶粒尺寸趋于均匀,混晶现象下降,只在局部区域有较大尺寸的晶粒,晶粒度也有所提高,达到(6.5~7.5级),而且随着变形温度的提高,晶粒度级别逐渐降低。主要原因是变形量增加时,变形的深透能力增加,加之较高温下的再结晶行为,使得粗大的奥氏体晶粒得以破碎,粗大晶粒减少,混晶现象减少,但随着温度的升

高,再结晶分数增加,再结晶后晶粒长大行为也会很明显。温度越高,晶粒会长得越大,故高温下的晶粒度级别相对小些。

3)变形率为66.67%时,不同变形温度的微观组织见图6,晶粒度变化曲线见图7。

当变形量达到67%左右时,晶粒变得更加均匀、细小,混晶完全消失。随着温度的增加晶粒度虽然变小,但已趋于平缓,说明变形已经完全渗透,粗大的奥氏体晶粒完全破碎,加之奥氏体的再结晶行为,使得晶粒变得细小、均匀,混晶现象消失。

通过以上分析可知,在变形量一定时,随变形温度的升高,奥氏体再结晶分数增加,奥氏体再结晶的临界变形量降低。为避免轧制过程中出现混晶组织,轧制应在完全再结晶区进行,而且变形量

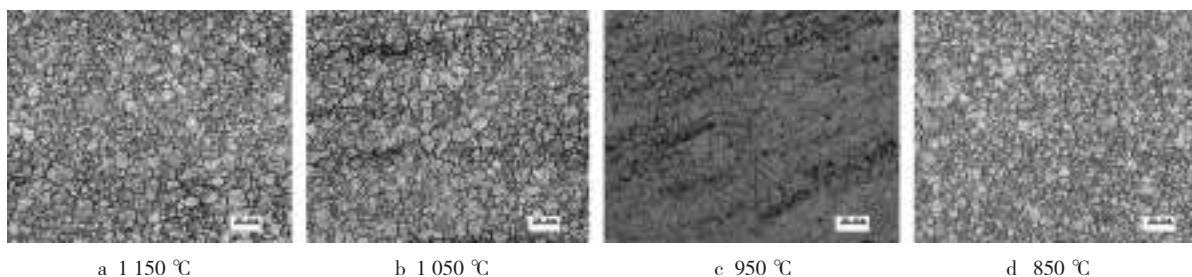


图6 变形率66.67%时试验钢不同变形温度的微观组织

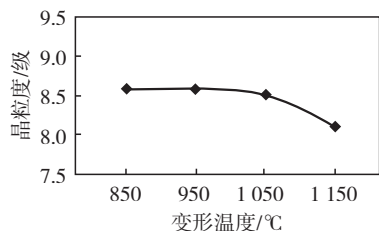


图7 变形率66.67%时试验钢的晶粒度变化

应保证变形应能完全深透。

#### 4 结论

厚板如果在奥氏体再结晶温度范围内终轧,则通过回复再结晶可以得到均匀的奥氏体晶粒;如果

是在奥氏体未再结晶温度范围内终轧,则奥氏体不能再结晶,晶粒被拉长,晶内出现变形带;但如果是在奥氏体未完全再结晶温度范围内终轧,则一部分奥氏体再结晶,一部分奥氏体未再结晶,从而出现混晶组织,晶粒大小不均。如果是在两相区终轧,由于铁素体和奥氏体的变形能力不同,也会产生大小不一的混晶组织。因此,控制好终轧温度和终轧压下率也是防止产生混晶组织的重要措施。

#### 参考文献:

- [1] 王倩,姜敏凤,冯勇,等.Q460C钢板的混晶组织特征和成因探讨[J].山东冶金,2011,33(1):34-35.

## Analysis of the Influence of Deformation Temperature on the Mixed Grain Structure of Steel Plate

YU Shuang

(The Technology Center of Jinan Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

**Abstract:** The mixed grain structure of steel plate was analyzed by experimental analysis, the effects of different deformation temperature on the microstructure of steel plate were studied. The results showed that at the certain amount of deformation, the percentage of austenite recrystallization was increased with increasing of the deformation temperature, and then the grain growth behavior will be very obvious. In order to avoid the mixed crystal structure, rolling should be carried out in the complete recrystallization region.

**Key words:** steel plate; mixed grain structure; deformation temperature; deformation rate

(上接第37页)渣黏度,改善流动性。在高炉配料调整二元碱度时,要结合三元碱度变化。结合唐钢实际, $R_2$ 为1.2时,MgO含量应低于8.69%,能保证炉渣的熔化性温度低于炉缸实际温度。

4.3 根据唐钢3 200 m<sup>3</sup>高炉的生产实际,炉渣成分在Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量约为15%、MgO含量为6%~9%时,在 $R_2 \geq 1.2$ 的范围内有一个低黏度区,与高炉的生产指标较为对应。

#### 参考文献:

- [1] 游锦洲,王希珍.柳钢高炉炉渣性能的研究[J].炼铁,1998,17(Z):71-73.  
 [2] 郑修悦.论高炉炉渣性能[J].武钢技术,1992(2):51-54.  
 [3] Dimitri Papanastassiou.高炉渣中Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MgO含量对渣特性的影响[J].世界钢铁,2001(3):20-24.  
 [4] 黄希祜.钢铁冶金原理[M].北京:冶金工业出版社,1989:123.

## Tangshan 3 200 m<sup>3</sup> Blast Furnace Slag Composition and Performance Analysis

LI Xiubing, ZHAO Jun

(The Iron Making Department of Tangshan Iron and Steel Group Co., Ltd., Tangshan 063000, China)

**Abstract:** In recent years, the burden structure of 3 200 m<sup>3</sup> blast furnace in Tangshan Steel has changed. The content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in slag is up to 16%, that has affected the performance of slag, and influenced the stability of production. By detecting the composition and performance of the slag and integrated with phase diagram theory, the effects of the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $R_2$  and MgO style on the properties of slag was analyzed. The results show that the  $R_2$  is under 1.15, the slag at lower temperatures have better liquidity;  $R_2$  is 1.2, the content of MgO style should be lower than 8.69%. The about 15% content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, the 6%~9% content of MgO style, and the type slag  $R_2 \geq 1.2$  chosen in Tanggang blast furnace is more appropriate.

**Key words:** blast furnace slag; viscosity; consumable temperature; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;  $R_2$ ; MgO