

3004 铝合金铸轧板均匀化后冷轧的组织与组织^①

张 明 温熙宇 王玉林 郑扬曾

(燕山大学材料系, 秦皇岛 066004)

李秀芹

(渤海铝业有限公司, 秦皇岛 066000)

摘 要 用普通金相, 电镜和取向分析技术研究了 3004 铝合金铸轧板均匀化后冷轧的组织 and 组织。结果表明: 在晶粒内有 MnAl_6 析出, 晶粒沿轧向明显被拉长, 在析出相边缘有网状位错分布, 并且存在位错缠结; 在该冷轧板中存在有 $\{001\}\langle 140 \rangle$, $\{101\}\langle uvw \rangle$, $\{533\}\langle uvw \rangle$ 等组织。此外分析了以上组织产生的原因。

关键词 3004 铝合金 铸轧 均匀化 冷轧组织

目前, 生产 3004 铝合金板材多数先采用铸造方法铸锭, 然后经一系列热轧开坯和热处理制度与冷轧的精确配合制成板材, 这一工艺已十分成熟, 但较为先进的技术是用铸轧法生产 3004 铝合金的带板, 然后经冷轧制成最终尺寸, 从而免除了昂贵的热轧工序^[1]。但用后法生产板材还有许多问题, 世界上不少学者对这些问题进行过研究, 例如 Kwag Y 和 Morris G J 研究了 3004 铝合金连续铸造带的基体过饱和度和随热处理温度的变化, 发现在 490 °C 获得的最小过饱和度, 对应于高硬度, 退火产生的晶粒结构使晶粒在铸轧后沿轧向被拉长^[2]; Zaidi M A 等研究了轧制变形区域中的微观结构的变化, 结果表明组织的变化显著改变性能, 热加工产生亚结构, 第二相粒子存在有助于亚晶的形成^[3]。此外, Pfeiler W 等人研究了大变形轧制工业纯铝的微观结构, 认为变形强化导致胞壁与位错之间新的增殖方式相结合的状态, 同时存在位错产生和消失之间的动态平衡^[4]。

但关于铸轧工艺的报道很少, 本文对用铸轧板生产铝合金的深冲薄板工艺的不同阶段进行研究^[5-8], 它是一系列研究报道中的一部

分, 有关板材的最终性能等的研究结果将另有报道。

本文还对 3004 铝合金均匀化后的冷轧状态微观组织和组织进行了分析, 为用铸轧法生产高质量 3004 铝合金罐用板材提供一定的理论依据。

1 实验条件及方法

均匀化温度 620 °C, 板厚 6.3 mm, 保温 24 h; 冷轧在日本产单向四辊轧机上进行, 线速度为 280 m/min, 轧辊直径 280 mm, 轧后板厚 4.5 mm。普通金相观察在 Nephoto 21 金相卧式显微镜上进行。在日本产 H800 型透射电镜上进行显微组织观察。取向分布函数(ODF)的极图测算是在 Philips 公司的 APD 型 X 射线衍射仪上进行的; 利用 PW1078 组织附件, 经改造后建立的织构自动测量系统进行自动测量, α 以 5° 为间隔从 0° 到 70°, β 以 5° 为间隔从 0° 到 9°, 用 CoK_α 辐射, 管电压 35 kV, 管电流 35 mA, 最后在 IBM/386 微机上计算了 ODF 并绘成恒 φ 图组。

① 收稿日期: 1994-12-02, 修回日期: 1995-02-06

2 实验结果

图1是均匀化前后冷轧板的纵向偏光照片,可看到晶粒明显拉长,产生轧制特征。从图2中可看出析出相 $MnAl_6$ 边缘有网状位错分布;图3显示了无析出相区域的位错缠结,这是由于轧制变形位错受析出相阻碍及在无析出相阻碍情况下产生的空间立体缠结。图4显示出均匀化板中存在 $\{001\}\langle 100 \rangle$, $\{001\}\langle 120 \rangle$, $\{101\}\langle uvw \rangle$, $\{353\}\langle uvw \rangle$ 等多种织构类型,其强度最高达6级。分布也都较漫散,另外还有几种相对较弱的织构。从图5分析知冷轧板中存在 $\{001\}\langle 140 \rangle$, $\{101\}\langle uvw \rangle$, $\{531\}\langle uvw \rangle$ 等主要织构,此

外还存在其它相对弱一些的织构。

3 讨论

在轧制变形过程,晶粒沿轧向被拉长(如图1所示),并且在晶内有析出相存在(如图2所示);在均匀化过程中有 $MnAl_6$ 析出^[6],经冷轧变形,相结构不产生变化,大量位错塞积在析出相附近,在无析出相的区域由于变形作用产生位错缠结。由图4和图5的分析结果知,这两个状态下存在的织构类型如附表所示。由附表的分析结果知,在均匀化板中有 $\{001\}\langle uvw \rangle$, $\{110\}\langle uvw \rangle$, $\{411\}\langle uvw \rangle$, $\{112\}\langle uvw \rangle$ 和 $\{351\}\langle uvw \rangle$ 五种类型的织

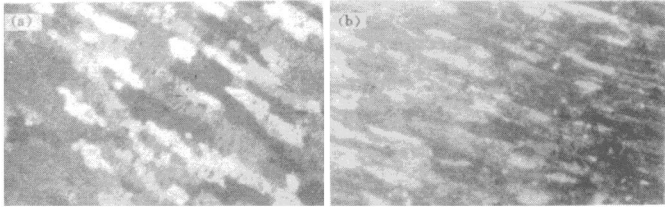


图1 板材纵向偏光组织, 200×
(a)—均匀化板; (b)—冷轧板

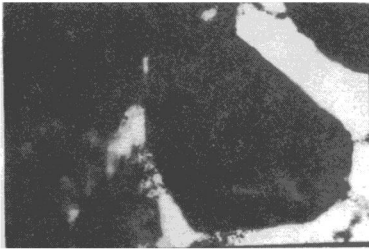


图2 冷轧板中 $MnAl_6$ 析出相及附近的位错, 20 000×

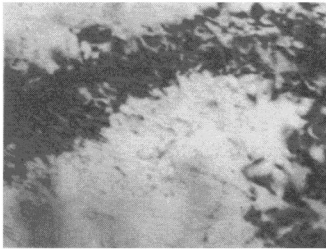
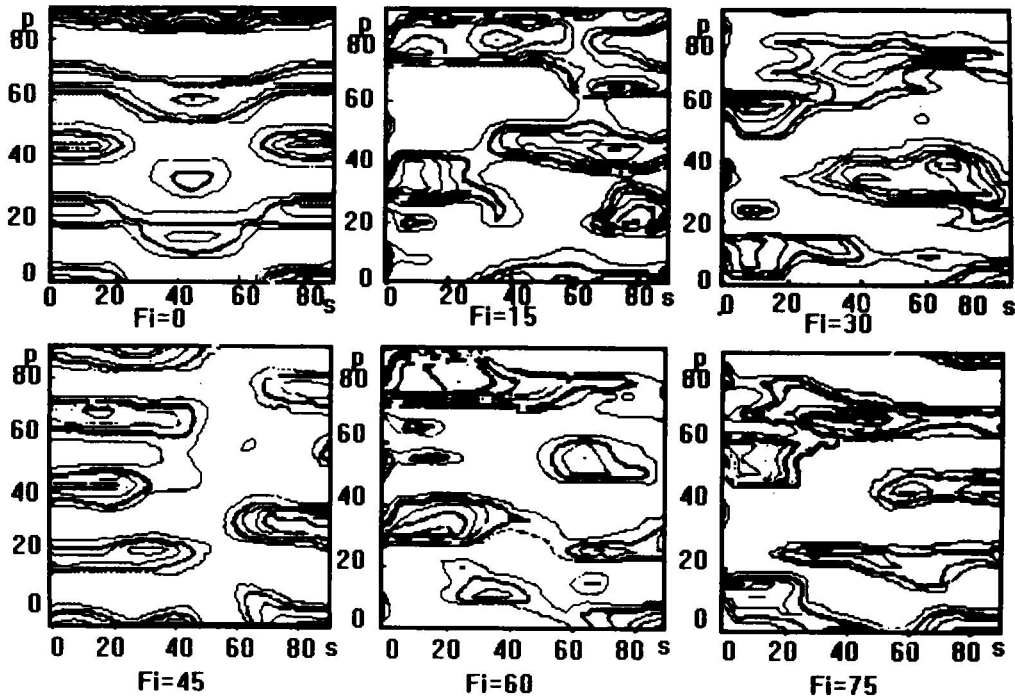


图3 冷轧板无析出相区域的位错缠结, 60 000×

图4 均匀化板的ODF恒 φ 图组

附表 均匀化板和冷轧板中织构类型

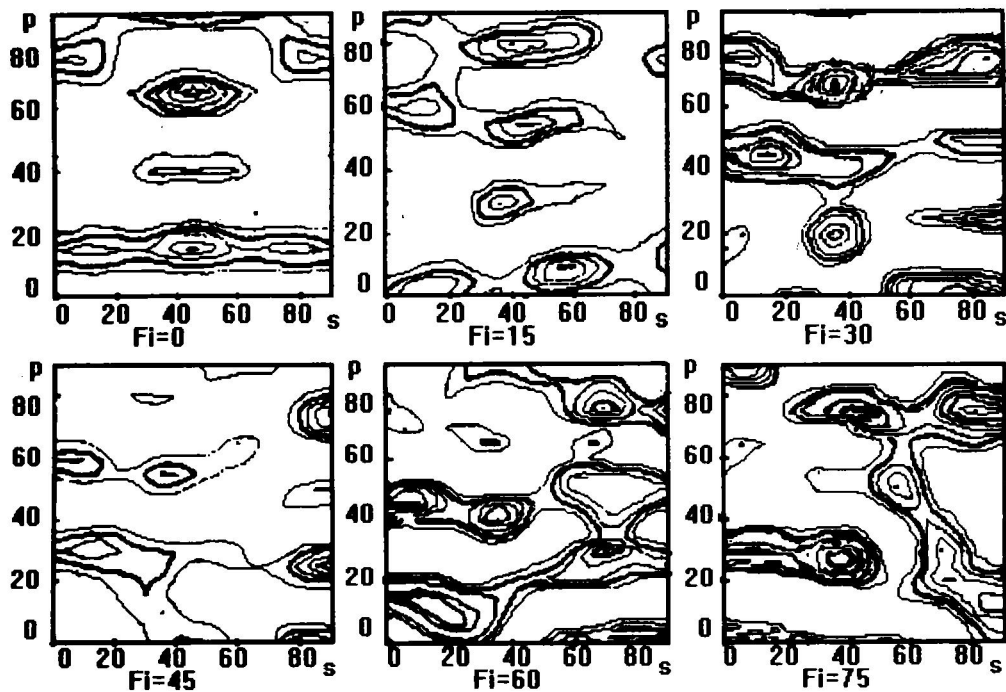
均匀化板	冷轧板
$\{001\}\langle 100 \rangle$ $\{001\}\langle 210 \rangle$ $\{001\}\langle 410 \rangle$ $\{001\}\langle 610 \rangle$	$\{001\}\langle 100 \rangle$ $\{001\}\langle 210 \rangle$ $\{001\}\langle 410 \rangle$ $\{001\}\langle 310 \rangle$ $\{001\}\langle 720 \rangle$ $\{001\}\langle 910 \rangle$
$\{110\}\langle 001 \rangle$ $\{110\}\langle 111 \rangle$ $\{110\}\langle 112 \rangle$ $\{110\}\langle 113 \rangle$	$\{110\}\langle 001 \rangle$ $\{110\}\langle 111 \rangle$ $\{110\}\langle 113 \rangle$ $\{110\}\langle 331 \rangle$
$\{110\}\langle 331 \rangle$ $\{110\}\langle 220 \rangle$	$\{110\}\langle 445 \rangle$ $\{110\}\langle 552 \rangle$
$\{410\}\langle 001 \rangle$ $\{410\}\langle 142 \rangle$ $\{411\}\langle 140 \rangle$ $\{411\}\langle 011 \rangle$	$\{410\}\langle 141 \rangle$ $\{414\}\langle 142 \rangle$ $\{415\}\langle 191 \rangle$ $\{416\}\langle 186 \rangle$
$\{411\}\langle 126 \rangle$ $\{412\}\langle 021 \rangle$ $\{413\}\langle 526 \rangle$ $\{414\}\langle 241 \rangle$	
$\{415\}\langle 615 \rangle$	
$\{510\}\langle 001 \rangle$ $\{510\}\langle 135 \rangle$ $\{123\}\langle 365 \rangle$	
$\{112\}\langle 110 \rangle$ $\{112\}\langle 111 \rangle$ $\{112\}\langle 132 \rangle$ $\{113\}\langle 110 \rangle$	$\{112\}\langle 131 \rangle$
$\{113\}\langle 361 \rangle$	
$\{353\}\langle 035 \rangle$ $\{352\}\langle 136 \rangle$ $\{353\}\langle 565 \rangle$	$\{350\}\langle 532 \rangle$ $\{350\}\langle 539 \rangle$ $\{350\}\langle 355 \rangle$ $\{351\}\langle 952 \rangle$
$\{122\}\langle 411 \rangle$ $\{122\}\langle 210 \rangle$ $\{210\}\langle 001 \rangle$	$\{351\}\langle 417 \rangle$ $\{351\}\langle 718 \rangle$ $\{351\}\langle 321 \rangle$ $\{351\}\langle 433 \rangle$
$\{320\}\langle 001 \rangle$ $\{218\}\langle 241 \rangle$	$\{352\}\langle 136 \rangle$ $\{353\}\langle 358 \rangle$ $\{353\}\langle 431 \rangle$ $\{353\}\langle 565 \rangle$
	$\{355\}\langle 596 \rangle$ $\{357\}\langle 772 \rangle$ $\{358\}\langle 263 \rangle$ $\{358\}\langle 621 \rangle$
	$\{358\}\langle 121 \rangle$

构,而冷轧板中也对应应有五种织构,并且两者的织板类型大致相同,由于变形对晶粒的取向变化有很大影响,但对不同晶粒的取向变化影响的差异很大,可分为两大类:一类是晶粒绕某一晶向发生转动,另一类是晶面发生转动、在均匀化板冷轧过程中发生如下的几种取向变化:

(1) $\{001\}$ 晶面平行于轧面的晶粒绕 $\{001\}$ 面的法线转动;

(2) $\{110\}$ 面平行于轧面的晶粒绕 $\{110\}$ 面的法线转动;

(3) $\{353\}\{352\}$ 晶面平行于轧面的晶粒分别向两个方面转动,一种向 $\{351\}$ 和 $\{350\}$ 晶面平行于轧面的方向转动,另一种向 $\{355\}$ 、

图5 均匀化后冷轧板的 ODF 恒 φ 图组

$\{357\}$ 、 $\{358\}$ 晶面平行于轧面的方向转动,并且相应晶粒取向作相应的转动;

(4) $\{410\}$ 、 $\{411\}$ 、 $\{412\}$ 、 $\{413\}$ 和 $\{414\}$ 晶面平行于轧向的晶粒;其中 $\{413\}$ 、 $\{414\}$ 和 $\{415\}$ 晶面平行于轧面的晶粒向 $\{415\}$ 和 $\{416\}$ 晶面平行于轧面的取向转动,而 $\{411\}$ 和 $\{412\}$ 晶面平行于轧面的晶粒则绕其本身取向转动;

(5) $\{112\}$ 晶面平行于轧向的晶粒绕其面法向向 $\{131\}$ 转动;

(6) $\{210\}$ 、 $\{212\}$ 、 $\{218\}$ 晶面与 $\{351\}$ 、 $\{352\}$ 、 $\{353\}$ 晶面取向相差不大,也向 $\{351\}$ 、 $\{352\}$... $\{358\}$ 晶面的取向转动,同时晶向的取向也作相应的转动以适应晶面取向的变化。

4 结论

(1) 冷轧板晶粒沿轧向明显被拉长,并且在析出相 MnAl_6 边缘有网状位错分布,并且有位错的缠结。

(2) 在冷轧板中存在有 $\{001\}\langle uvw \rangle$ 、 $\{110\}\langle uvw \rangle$ 、 $\{411\}\langle uvw \rangle$ 、 $\{112\}\langle 131 \rangle$ 和 $\{351\}\langle uvw \rangle$ 五种类型的织构。

(3) 在织构转动过程有晶面转动和绕晶面法线转动两个情况。

参考文献

- 1 US4517034. 1985.
- 2 Kwag Y, Morris J G. Materials Science and Engineering, 1986, 77: 59.
- 3 Zaidi M A, Sheffard T. Metal Science, 1982, 16(5): 229.
- 4 Pfeiler W, Zehetbaner M. J Shrank Scripta Metallurgic, 1985, 19: 505.
- 5 王玉林等. 东北重型机械学院学报, 1992, 16(4): 348.
- 6 温熙宇等. 金属热处理学报, 1994, 15(3): 44.
- 7 温熙宇等. 机械工程材料, 1994, 18(3): 27.
- 8 温熙宇等. 轻金属, 1994, (3): 39.

(编辑 朱忠国)