

异步轧制对高纯铝箔冷轧织构的影响 *

吕爱强 蒋奇武 王 福 左 良 梁志德

(东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110004)

摘 要 通过异步轧制, 对高纯铝箔微取向流变行为进行了研究, 结果表明: 异步轧制与同步轧制的冷轧织构有较大差异. 高纯铝箔在异步轧制下慢辊和快辊两侧的织构类型明显不同, 尤其是旋转立方织构 $\{001\}\langle 110\rangle$ 在含量上的差异更大, 快辊侧随形变量的增加冷轧织构主要为: S 织构和 $\{102\}\langle uvw\rangle$ 织构; 而慢辊侧则主要为: 旋转立方织构 $\{001\}\langle 110\rangle$. 慢辊侧的旋转立方织构在相同的速比、相同的形变量下一般要大于快辊侧的旋转立方织构.

关键词 异步轧制, 高纯铝箔, 织构

中图法分类号 TG335.19

文献标识码 A

文章编号 0412-1961(2002)09-0974-05

EFFECT OF CROSS SHEAR ROLLING ON DEFORMATION TEXTURES OF HIGH PURITY ALUMINUM FOILS

LU Aiqiang, JIANG Qiwu, WANG Fu, ZUO Liang, LIANG Zhide

School of Material and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110006

Correspondent: LU Aiqiang, Tel: (024)83670655, E-mail: aiqianglu@sina.com

Supported by National Key Basic Research and Development Programme (No.G 1999064908)

Manuscript received 2001-12-14, in revised form 2002-03-15

ABSTRACT The behavior of micro-orientation flow during cross shear rolling in high purity aluminum foils was studied. The results show that there exists large difference between cold rolling textures formed during cross shear rolling and the symmetric rolling. By cross shear rolling, the textures formed near the slow roller side and the fast roller side are obviously different, especially in the content of the rotation-cube texture $\{001\}\langle 110\rangle$. With the increase of deformation near the fast roller side, the cold rolling textures are mainly S and $\{102\}\langle uvw\rangle$, however, near the slow roller side, the cold rolling textures are mainly $\{001\}\langle 110\rangle$ rotation-cube texture. The rotation-cube texture near the slow roller side is stronger than that near the fast roller side at the same speed ratio and with the same deformation.

KEY WORDS cross shear rolling, high purity aluminum foils, texture

长期以来材料科学工作者不断致力于高纯铝箔微取向流变行为的研究^[1-4], 以期获得较高的立方织构 $\{001\}\langle 110\rangle$, 尤其是最近几年在这一领域取得了很大的进展^[5,6]. 但是, 这些工作都是在同步轧制条件下进行的.

迄今, 对异步轧制高纯铝箔的研究未见报导. 东北大学把异步轧制成功应用于结构材料轧制之后^[7], 又开展了取向硅钢功能材料异步轧制的研究, 并取得了一定进展. 本文在此基础上开展工作.

异步轧制 (cross shear rolling-CSR) 是指上、下工作辊线速度不等的一种轧制方法. 具有轧制压力小, 产品精度高, 特别适于轧制薄带和超薄带, 对轧制高纯铝箔特

别有力. 因此, 探讨异步轧制对高纯铝箔冷轧织构的影响, 不仅具有理论意义, 而且具有实际意义和应用前景.

1 实验方法

材料为西南铝厂提供的 99.99% 的高纯铝, 厚度为 7.5 mm 的热轧板, 成份 (质量分数, %) 为: Fe 0.0012, Si 0.0008, Cu 0.0033 其余为 Al. 将其裁成三块, 分别按 1.06, 1.17, 1.28 速比轧制成不同厚度. 速比与形变量的关系如表 1.

织构的测定是在 D/max-III A 型 X 射线衍射仪上完成, 按 Schulz 反射法进行, 管电压为 35 kV, 管电流为 20 mA, 采用 $\text{CoK}\alpha$ 辐射, 测量 $\{111\}$, $\{200\}$, $\{220\}$ 3 张不完整极图, 扫描按同心圆步进方式进行, $\alpha = 0^\circ - 70^\circ$, $\beta = 0^\circ - 360^\circ$, $\Delta\alpha = \Delta\beta = 5^\circ$, 定量织构分析采用东北大学织构研究中心的分析软件, 采用二步法^[8] 计算进行.

* 国家重点基础研究发展规划资助项目 G1999064908

收到初稿日期: 2001-12-14, 收到修改稿日期: 2002-03-15

作者简介: 吕爱强, 男, 1973 年生

表 1 不同样品的厚度、速比对应的形变量 (%)

Table 1 The deformation corresponding to thickness and speed ration of the samples

Speed ratio	Thickness, mm				
	1.5	0.80	0.25	0.10	0.06
1.06	89.3	96.7	98.7	99.2	
1.17	89.3	96.7	98.7	99.2	
1.28	80.0	89.3	96.7	98.7	99.2

2 实验结果及讨论

图 1—3 是在异步轧制下速比分别为： 1.06, 1.17, 1.28, 形变量为 99.2% 时的恒 ψ -ODF 截面图。从图 1—3 可知，对于形变量为 99.2% 的高纯铝箔，快、慢辊侧的织构类型明显不同。尤其在旋转立方织构的含量上差异更大。慢辊侧强区均集中在 $\theta = 0^\circ$ ，并以 $(0^\circ, 0^\circ, 45^\circ)$ 的旋转立方织构 $(001)[1\bar{1}0]$ 为最强，同时含有少量的 S 织构和 $\{102\}[uvw]$ 织构，铜织构含量甚微。快辊侧较漫散，大都集中在 $(\bar{2}73)[\bar{7}\bar{8}14]$, $(001)[1\bar{2}0]$ 和 $(\bar{7}42)[\bar{4}\bar{1}\bar{1}8]$ 等。虽然也有旋转立方织构 $\{001\}\langle 110 \rangle$, S 织构、 $\{102\}[uvw]$

织构和铜织构，但很少。

从轧面反极图定量计算，在形变量 99.2% 时， $\{001\}$ 丝织构体积分数 ($V, \%$)，随速比的变化如图 4，慢辊侧近似呈线性增加，而快辊侧则波动较大；在速比 1.28 时， $\{001\}$, $\{112\}$, $\{102\}$ 丝织构体积分数 ($V, \%$)，随形变量的变化，如图 5。

图 5a, b 上可以看出，尽管两图上的对应曲线走向大致相同，但数字差异很大。形成这种差异的原因是异步轧制时搓轧区的存在，即在上下接触弧上摩擦阻力方向完全相反的区域。作用于该区域上的轧制压力，摩擦力和张力的影响与常规轧制不同，它使轧制过程中金属流动产生了特殊变化。快速辊侧首先产生流动，且存在着很大的剪切变形，因而快速辊侧的织构较漫散，而在慢速区域上的轧制压力，摩擦力和张力的影响与常规轧制不同，它使轧制过程中金属流动产生了特殊变化。快速辊侧首先产生流动，且存在着很大的剪切变形，因而快速辊侧的织构较漫散，而在慢速辊侧表面几乎不产生剪切变形，形成以 $(0^\circ, 0^\circ, 45^\circ)$ 为主的旋转立方织构。在该区上、下表面，外摩擦力方向相反，慢速辊侧板带的摩擦力指向入口，快速辊侧的摩擦力指向出口。正如图 6 所示， (111) 极图的强区在慢辊侧偏向轧向反方向，而快速辊侧则偏向轧向正方向。当速

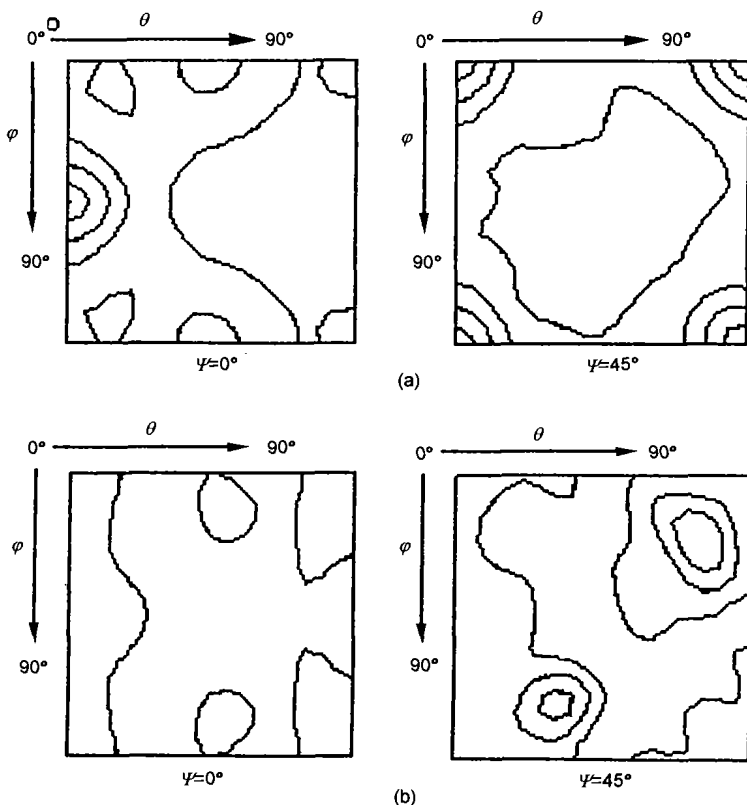


图 1 速比 1.06、形变量 99.2% 时，慢、快辊侧的恒 ψ -ODF 截面图

Fig.1 Constant ψ -ODF sections of the slow roller side and the fast side for speed ratio of 1.06 and deformation of 99.2% (a) slow side, $I_{max}=7.99$, levels: 1,3,5,7... (b) fast side, $I_{max}=4.42$, levels: 1,2,3...

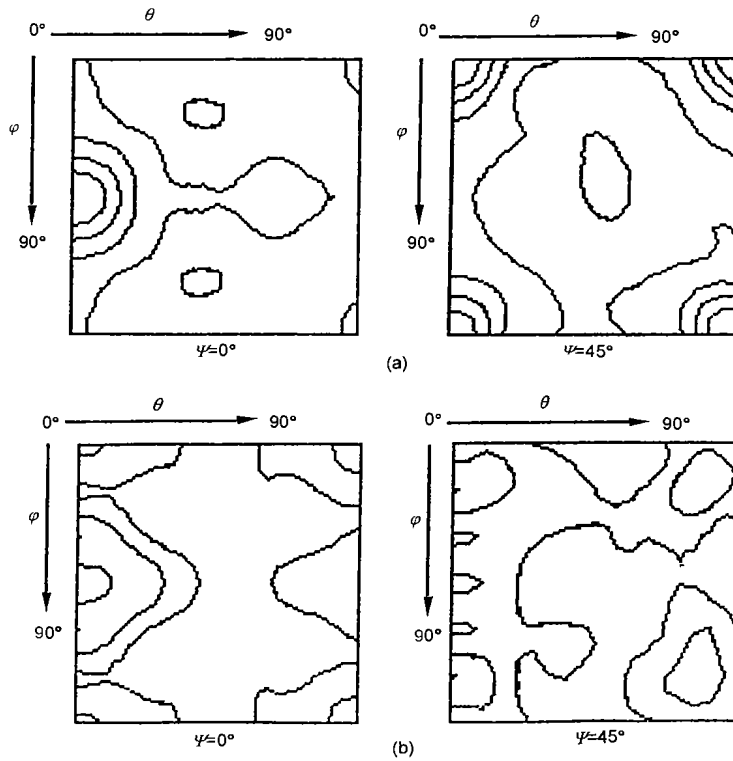


图2 速比 1.17、形变量 99.2% 时，慢、快辊侧的恒 ψ -ODF 截面图

Fig.2 Constant ψ -ODF ψ sections of the slow roller side and the fast side for speed ratio of 1.17 and deformation of 99.2% (a) slow side, $I_{\max}=9.50$, levels: 1,3,5... (b) fast side, $I_{\max}=3.25$, levels: 1,2,3...

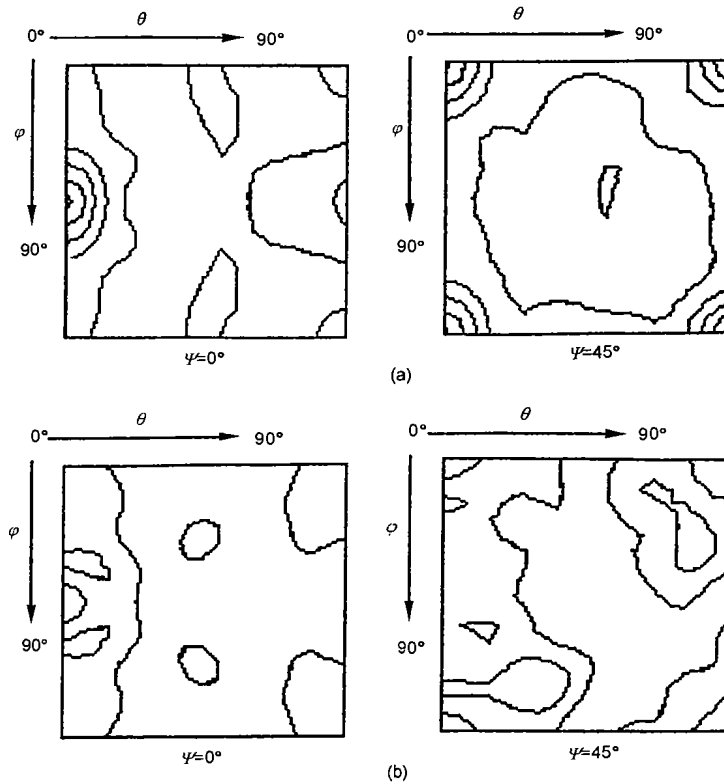


图3 速比 1.28、形变量 99.2% 时，慢、快辊侧的恒 ψ -ODF 截面图

Fig.3 Constant ψ -ODF sections of the slow roller side and the fast side for speed ratio of 1.28 and deformation of 99.2% (a) slow side, $I_{\max}=12.60$, levels: 1,4,7... (b) fast side, $I_{\max}=3.59$, levels: 1,2,3....

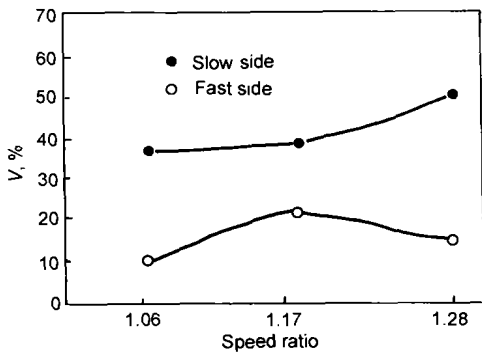


图 4 {001} 丝织构体积分数随速比的变化 (形变量 99.2%)

Fig.4 The change of volume percentage of {001} fiber texture with the increase of speed ratio under the deformation of 99.2%

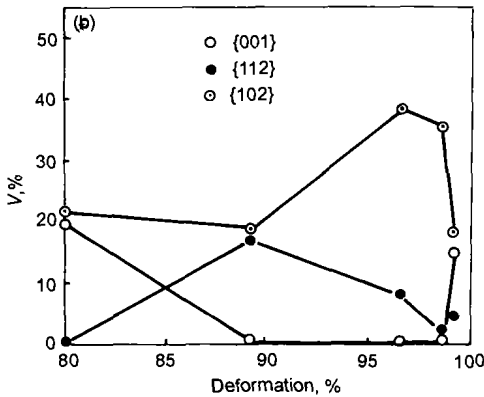
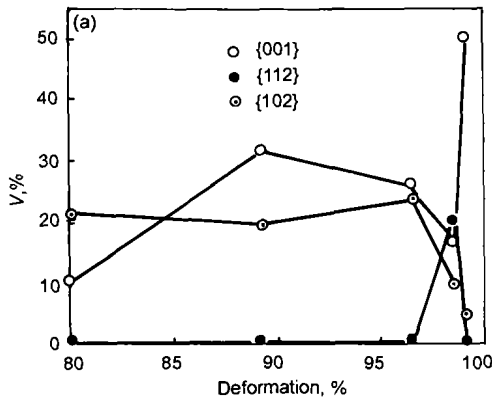


图 5 {001}, {112}, {102} 丝织构体积分数随形变量的变化 (速比 1.28)

Fig.5 The change of volume percentage of {001}, {112}, {102} fiber textures with the increase of deformation at speed ratio of 1.28

(a) slow side (b) fast side

比和形变量加大时, 其差异将减小, 如图 7. 在变形区尽管减少了外摩擦所形成的水平压力对变形的阻碍作用, 由于方向相反的摩擦力, 造成了搓轧区上、下表面金属流动

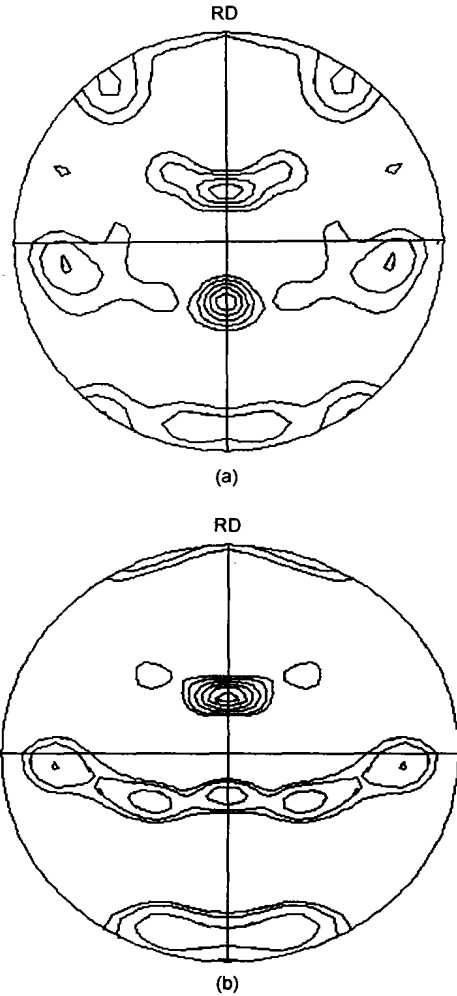


图 6 速比 1.17、形变量 98.7% 的 {111} 极图

Fig.6 {111} pole figures for speed ratio of 1.17 and deformation of 98.7%

(a) slow side, $I_{max}=5.819$, levels: 1, 2, 3, 4, 5

(b) fast side, $I_{max}=6.728$, levels: 1, 2, 3, 4, 5, 6

速度不同, 因而在变形区内引起剪切变形, 导致了金属表面质量、金相组织、晶体位向和力学性能的变化 [7]. 异步轧制可看成是由拉伸压缩以及剪切变形的迭加而成. 因此异步轧制所产生的织构应是同步轧制产生的织构和纯剪切产生的织构的迭加, 这种迭加不一定是简单的代数和相加, 有可能是相互抑制或增强.

根据文献 [2, 3, 4, 8], 剪切变形中除常见铜织构 {112}<111> 外, 还出现旋转立方织构 {001}<110>. 这与实验结果基本一致, 但有差异, {102} 丝织构的出现是上述文献没提到, 同时旋转立方织构含量较大, 且快、慢辊侧的旋转立方织构差异较大. 这些说明: 异步轧制中的搓轧区激发更多的滑移系参与滑移和交滑移引起了旋转立方织构的增强和 {102} 丝织构的出现, 削弱了铜织构 {112}<111>, 黄铜织构 {011}<211> 基本消失, 同时由于

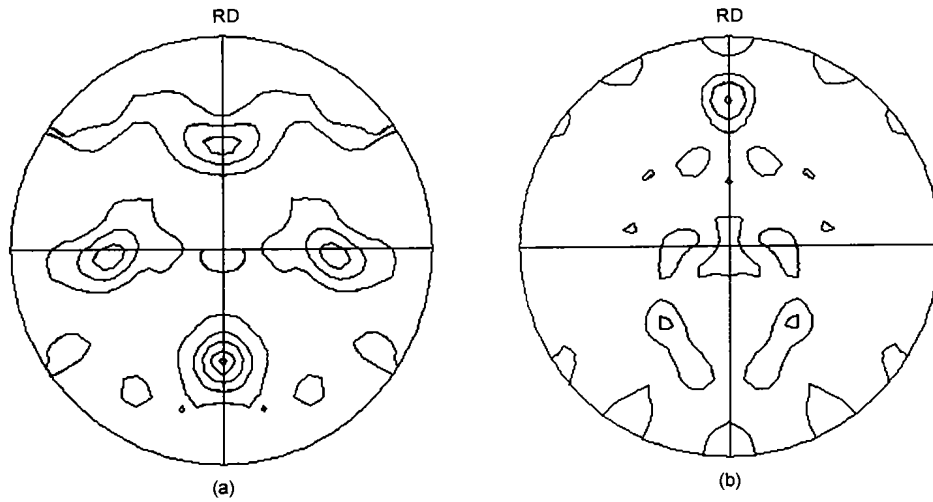


图7 速比 1.28、形变量 99.2% 的 (111) 极图

Fig.7 (111) pole figures for speed ratio of 1.28 and deformation of 99.2%

(a) slow side, $I_{\max}=4.704$, levels: 1.0, 2.0, 3.0 (b) fast side, $I_{\max}=2.625$, levels: 0.5, 1.5, 2.0, 2.5

非均匀变形也引起了快、慢辊侧的旋转立方织构差异较大, 则无对称性。

3 结论

(1) 异步轧制下, 快、慢辊侧的织构类型明显不同, 慢辊侧强区均集中在 $\theta=0$, 以旋转立方织构 $\{001\}\langle 1\bar{1}0\rangle$ 为最强。快辊侧较漫散, 并集中在 $(\bar{2}73)\langle 7\bar{8}14\rangle$, $\{001\}\langle 1\bar{2}0\rangle$ 和 $(\bar{7}42)\langle 4\bar{1}\bar{1}8\rangle$ 附近。

(2) 高纯铝箔在异步轧制下, 快、慢辊侧的旋转立方织构基本上随形变量的增加而增加, 且慢辊侧的旋转立方织构大于快辊侧的旋转立方织构。对于形变量为 99.2% 的高纯铝箔慢辊侧的旋转立方织构 $\{001\}\langle 110\rangle$ 随速比的增加呈近似线性增长。

(3) 同步轧制与异步轧制的冷轧织构主要不同在于: 异步轧制出现旋转立方织构和 $\{102\}$ 取向的织构, 且基本上不出现黄铜织构 $\{011\}\langle 211\rangle$ 。

参考文献

- [1] Dillamore I L, Katou H. *Met Sci*, 1974; 8: 73
- [2] Montheillet F, Gilormini P, Jonas J J. *Acta Metall*, 1985; 33: 705
- [3] Montheillet F, Cohen M, Jonas J J. *Acta Metall*, 1984; 32: 2077
- [4] Hjelen J, Rsund R, Nes E. *Acta Metall Mater*, 1991; 39: 1377
- [5] Dong N L. *Scr Metall Mater*, 1995; 32: 1689
- [6] Liu C M, Zhang X M, Chen Z Y, Zhou Z P, Li C L, Lin L, Chen W. *Trans Nonferr Met Soc Chin*, 2001; 11: 10
(刘楚明, 张新明, 陈先永, 周卓平, 李成利, 林林, 陈文. 有色金属, 2001; 11: 10)
- [7] ZHU Q. *Iron Steel*, 1980; 15: 1
(朱泉. 钢铁, 1980; 15: 1)
- [8] Liang Z D, Xu J Z, Wang F. *Three Dimensional Orientation Distribution Analysis of Textured Materials*. Shenyang: Northeastern University Press, 1986: 108
(梁志德, 徐家祯, 王福. 织构材料的三维取向分析术. 沈阳: 东北工学院出版社, 1986: 108)