

# 等通道弯曲路径对AZ31镁合金薄板组织和性能的影响

葛树瑾<sup>1</sup>, 陈帅峰<sup>2</sup>, 邓偲瀛<sup>2</sup>, 郑黎<sup>1</sup>, 宋鸿武<sup>2</sup>, 张士宏<sup>2</sup>

(1. 沈阳工业大学, 辽宁 沈阳 110870)

(2. 中国科学院金属研究所 师昌绪材料创新中心, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:** 本研究在150℃下对AZ31镁合金轧制薄板(2 mm)进行不同路径的等通道弯曲变形实验。系统对比研究5道次同一路径、绕法向旋转路径及绕轧向旋转路径下等通道弯曲变形板材微观组织及力学性能演变。结果表明: 经过5道次等通道弯曲变形后, 板材内部引入了大量拉伸孪晶(ETW)以及一定量的压缩孪晶(CTW)和二次孪晶(DTW), 能够有效改善基面组织, 经过退火处理后, 镁合金薄板材料的延伸率都有明显提升。特别地, 绕轧向旋转5道次等通道弯曲变形后, 板材中ETW面积占比可达28.74%, 退火后板材的断裂延伸率达到28.8%, 抗拉强度为235.7 MPa。相比初始板材, 断裂延伸率相对提升率为57.4%, 而抗拉强度仅下降了3.8%。

**关键词:** 镁合金板材; 等通道弯曲变形; 基面组织; 孪生; 力学性能

中图法分类号: TG146.22

文献标识码: A

文章编号: 1002-185X(2025)09-2361-07

## 1 引言

镁合金板材经常规轧制/挤压制备后常存在强基面组织, 因室温可开动滑移系数不足, 造成塑性差、成形性差等问题<sup>[1-4]</sup>。原理上, 镁合金薄板强基面组织形成与其基面滑移开动量大和稳定位置密切相关<sup>[5-6]</sup>。因此, 通过在塑性变形过程中引入剪切变形改变基面滑移的稳定位置, 已成为调控基面组织分布的有效手段之一。当前, 镁合金剪切变形工艺主要包括等通道挤压(ECAP)<sup>[7-8]</sup>、高压扭转(HPT)<sup>[9]</sup>、累积叠轧(ARB)<sup>[10]</sup>、异步轧制(DSR)<sup>[11-12]</sup>、非对称挤压(AE)<sup>[13]</sup>和挤压-剪切<sup>[14]</sup>等。孙德聪等人<sup>[15]</sup>对剪切加工工艺在镁合金板材中的应用以及不足进行了系统的总结对比。其中, HPT由于冲头的高压力以及扭转施加的限制, 不适用于加工板材<sup>[9]</sup>。DSR和ARB则需要依靠板材大的压下量来引入剪切变形, 因此不适用于薄板加工<sup>[10,12]</sup>。若DSR压下量较小, 则剪切变形引入有限, 板材基面组织强度虽有降低, 但镁合金晶粒 $c$ 轴偏离法向(ND)角度小于15°<sup>[16]</sup>。相比之下, ECAP能够在保持截面尺寸基本不变的情况下进行剪切变形累积, 被广泛应用于镁合金的晶粒细化和组织调整<sup>[3]</sup>。Hu等人<sup>[17]</sup>将普通挤压与ECAP相结合, 成功实现镁合金晶粒细化和组织弱化。但ECAP对试样尺寸有要求, 较难应用于金属薄板, 并且存在加工不连续、成本高等问题。

为实现薄板加工, 研究人员相继提出连续性ECAP

(ECAP-Conform)<sup>[18-19]</sup>、连续性限制条带剪切(C2S2)<sup>[20]</sup>、等通道轧制(ECAR)等多种改进型ECAP工艺, 但相关工艺研究仍然集中于塑性较好的纯Al、纯Cu板材<sup>[3]</sup>。为解决镁合金薄板累积剪切变形难题, Chen等人<sup>[21]</sup>将弯曲变形和动态ECAP结合, 提出了等通道弯曲变形技术(equal channel angular bending, ECAB)。ECAB能够成功激活镁合金薄板内部大量拉伸孪晶(ETW), 弱化基面组织, 提升力学性能。进一步, 采用不同ECAB变形温度, 系统研究单道次板材内部主导孪晶类型与ECAB变形温度之间的关系, 得出以下结论<sup>[22]</sup>: ECAB在室温和150℃下进行, 板材内部的主导孪晶类型为ETW; 在200℃时, 主导孪晶类型为压缩孪晶(CTW)和二次孪晶(DTW)。而且, 经过250℃/1 h退火处理后, 在150℃下ECAB退火薄板具有优异的延展性。类似于传统ECAP工艺, ECAB技术同样可通过路径和道次设计实现镁合金微观组织和组织调节<sup>[3,7,15]</sup>。因此, 有必要针对150℃下ECAB变形路径和道次设计对镁合金薄板组织、组织和性能进行系统研究, 探索ECAB路径差异性对镁合金薄板组织、组织和性能演变的影响规律。

本工作选取AZ31镁合金热轧薄板为实验对象, 在150℃下设计不同ECAB变形路径进行5道次变形实验, 分析组织性能演变规律。研究不同变形路径对镁合金薄板组织、组织以及孪晶的影响, 分析退火后不同变形路径下的镁合金薄板力学性能与组织分布的内在关联。

收稿日期: 2024-09-06

基金项目: 国家自然科学基金(52105412, 52105413); 中国科学院金属研究所人才引进项目(E055A501)

作者简介: 葛树瑾, 女, 1999年生, 硕士, 沈阳工业大学, 辽宁 沈阳 110870, E-mail: geshujin0314@163.com

## 2 实验

采用 2 mm 厚商用 AZ31 镁合金热轧板材作为实验材料,将板材切割成尺寸为 450 mm(RD)×40 mm(TD)×2 mm(ND)的长条坯料,并在箱式电阻炉中进行 450 °C/10 h+475 °C/2 h 完全退火处理。RD、TD、ND 分别代表轧制板材的轧向、横向、法向。图 1 为初始板材退火处理后 AZ31 镁合金板材的组织 and 织构。由图 1a 可知,初始板材为完全退火无孪生的再结晶组织,平均晶粒尺寸为 6.56  $\mu\text{m}$ 。(0001)极图(图 1b)显示出典型的热轧基面织构,强度为 15.77 mud,其中大部分晶粒  $c$  轴与 ND 夹角为 8.3°(红色虚线)。

图 2 为等通道弯曲变形关键参数及路径与道次设计示意图。图 2a 所示 ECAB 关键参数主要包括模具和工艺参数,其中  $L_0=L_1=35$  mm,  $L=20$  mm,  $\Phi=150^\circ$ ,  $R=3$  mm,

$r=1$  mm;上模开合速度  $V=100$  mm/min,上模打开高度为 10 mm,下压高度为 8 mm,板材送进步长为  $S=3$  mm/step。其中, $L_0$ 、 $L_1$  分别为模具平台长度, $L$  为模具倾斜平台直线长度, $\Phi$  为图示所标位置  $L_1$  和  $L$  夹角角度, $R$  为  $L_1$  和  $L$  平台衔接处圆角半径, $r$  为  $L_0$  和  $L$  平台衔接处圆角半径,图中所示  $T_0$  为上模具向下移动时距离下模具最低高度(对应 2 mm 厚 AZ31 镁合金热轧板材), $\varphi$  代表模具水平位置与倾斜位置夹角角度, $\Psi$  代表两条辅助线夹角角度(垂直上下模具水平位置所作辅助线与垂直上下模具倾斜位置所作辅助线)。为了在板材内部引入不同剪切变形,设计了 3 种不同变形路径(Ra、Rb、Rc),如图 2b。Ra 路径下,板材沿 RD 同一方向进行 5 道次相同 ECAB 变形,不同道次板材分别标记为 Ra-P1、Ra-P2、Ra-P3、Ra-P4、Ra-P5; Rb 路径下,每道次 ECAB 变形后板材绕 ND 旋转 180°,不

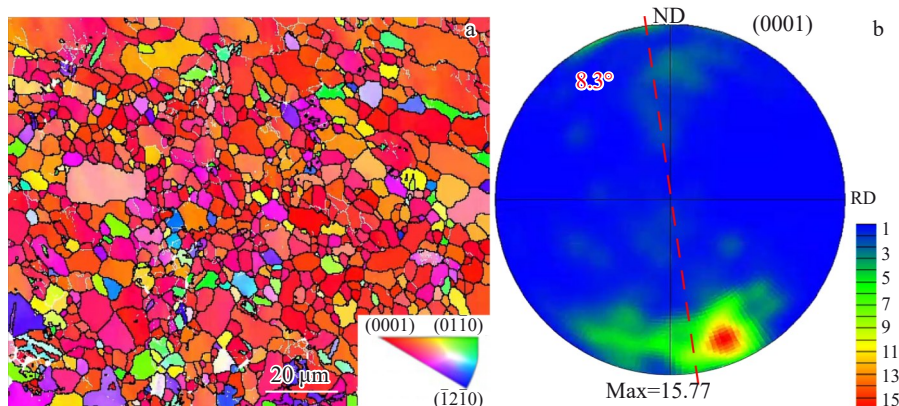


图 1 退火态初始 AZ31 板材 EBSD 结果

Fig.1 EBSD results of initial AZ31 sheet after annealing: (a) inverse pole figure (IPF); (b) (0001) pole figure (PF)

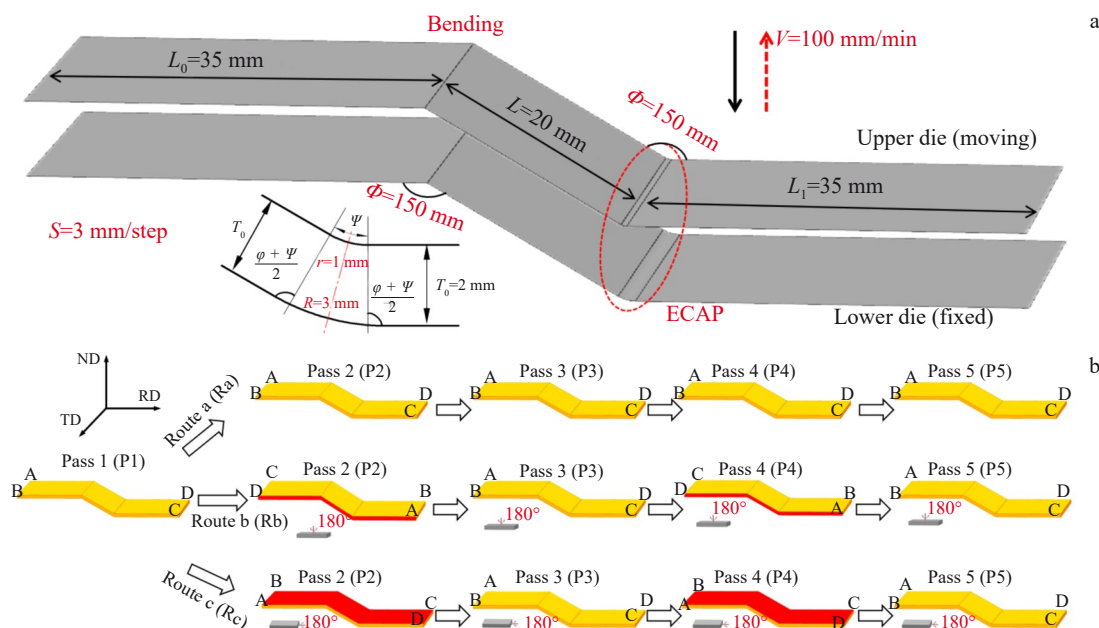


图 2 ECAB 工艺示意图

Fig.2 Schematic of ECAB process: (a) die and processing parameters; (b) design of different deformation paths



同道次板材标记同上;Rc 路径即板材每道次 ECAB 变形后绕 RD 旋转 180°,不同道次板材标记同上。

对 AZ31 镁合金板材在 150 ℃ 下进行单道次 ECAB,记为 ECAB-150。ECAB 变形过程中,模具通过嵌入模具的电阻棒加热到 150 ℃,并通过热电偶和温控器进行变形温度控制。由于之前研究发现<sup>[21]</sup>,经过 250 ℃/1 h 退火处理后,150 ℃ 下 ECAB 退火薄板具有优异的延展性,因此将不同变形路径的板材同样进行 250 ℃/1 h 退火处理,研究 150 ℃ 下 ECAB 退火薄板的不同变形路径对其组织性能的影响。退火处理后的板材沿 RD 方向切割标距 30 mm、宽度 4 mm 的拉伸试样,进行拉伸试验,应变速率为  $1\times 10^{-3}\text{ s}^{-1}$ 。

微观组织和织构表征由 EBSD 进行。EBSD 试验的加速电压设置为 20 keV,扫描步长为 0.4 μm。所有 EBSD 数据均采用 Channel 5 软件进行处理。选择 10° 作为临界取向差角来区分低角晶界 (LAGBs, 2°~10° 白线) 和高角晶界 (HAGBs, >10° 黑线)。使用典型偏差角 ±5° 进行孪生识别。需要注意的是,ECAB-150 试样 EBSD 测量选取区域为步长中心和边界区域(中心和边界距离为 1.5 mm,即 1/2 S)。如无特别说明,所有的 EBSD 测量区域均位于 RD-ND 平面的中性层。

3 结果与讨论

3.1 单道次等通道弯曲变形同一步长内组织和织构特征

图 3 为 ECAB-150 板材步长内中心和边界区域

EBSD 观测结果,其中不同孪生类型边界用不同颜色进行标记区分。ECAB-150 板材中心区域(图 3a)基体中部分晶粒中存在蓝色和绿色透镜状结构,大部分晶粒不存在该结构。对比图 3b 孪晶界标定结果可知,这些透镜状结构为孪晶,主要以 ETW 为主,结合 Image J 软件测量得 ETW 相对面积分数为 8.84%。相应地,由于 ETW 的激活,板材基面织构发生偏转(图 3c),与 ND 夹角约 20°,织构强度为 14.87 mud,比初始板材织构强度(图 1b)降低。

图 3e 可知,ECAB-150 板材边界区域部分晶粒中存在蓝色和绿色透镜状结构,同图 3f 进行对照,透镜状结构主要为 ETW。ETW 面积占比为 16.78%,比中间区域 ETW 面积增加了约 1 倍,且边界区域 ETW 比中间区域 ETW 分布更加均匀。对比图 3d 和图 3h,图 3h 中 80°~90° 取向误差角相对占比较高,能够说明边界区域 ETW 数量多。受 ETW 影响,部分织构发生偏转(图 3g),偏转组分与 ND 夹角为 30°,偏转角度大于中间区域织构偏转角度,织构强度也降低,为 10.94 mud。图 3d 和 3h 说明,ECAB-150 板材内部 LAGBs 所占比例较小,且边界区域 LAGBs 数量 ( $f_{\text{LAGBs}}=0.072$ ) 大于中心区域 ( $f_{\text{LAGBs}}=0.058$ ),说明 ECAB-150 板材中间区域内部能量低于边界区域。

综上所述,由于 AZ31 镁合金板材在 ECAB 变形时中间区域与边界区域所受应力不同,ECAB-150 板材边界区域能够引入更多的 ETW,对基面织构优化效果更显著。且 ECAB-150 板材边界区域 LAGBs 数量较多,说明

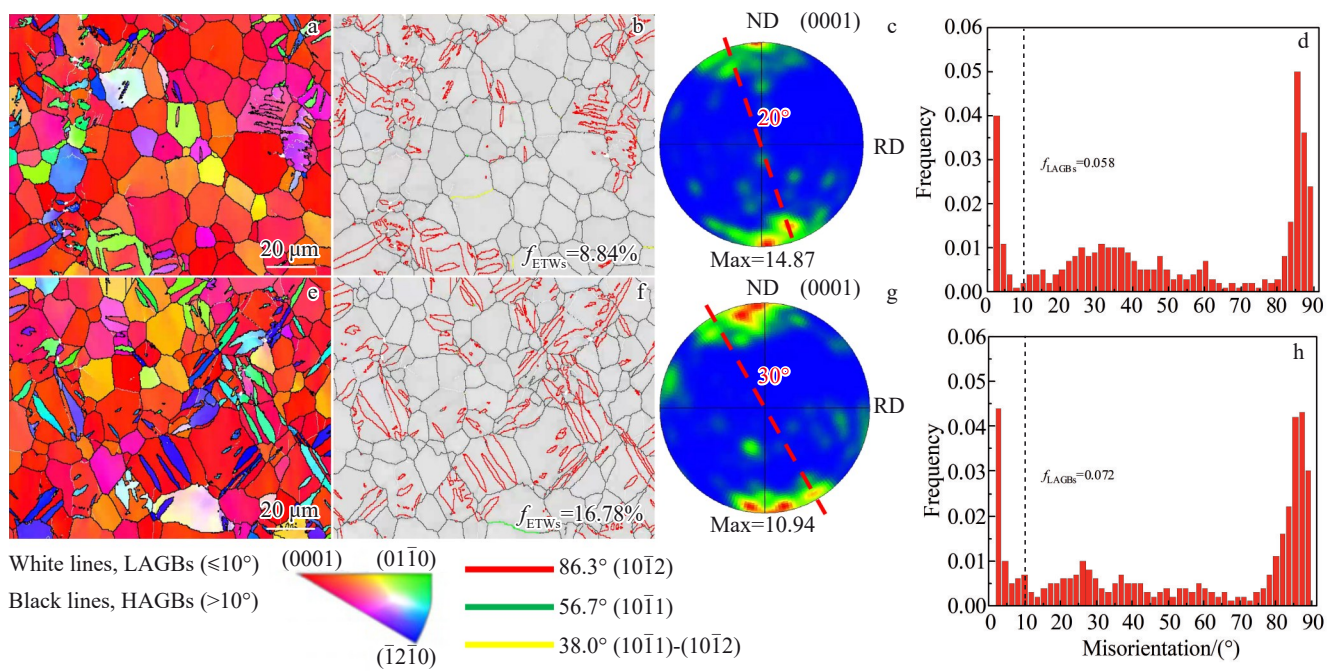


图3 ECAB-150 板材反极图、孪晶识别图、(0001)极图和取向误差角分布

Fig.3 IPFs (a, e), twin identifications (b, f), (0001) PFs (c, g) and misorientation angle distributions (d, h) of central regions (a–d) and boundary regions (e–h) of ECAB-150 sheet



该区域位错含量较多,残余应力相对较高。

### 3.2 不同路径 5 道次等通道弯曲变形板材组织和织构演变

图 4 为不同变形路径下进行 5 道次 ECAB 变形板材 EBSD 结果。从图中可以看出,经过 5 道次 ECAB 剪切应变累积,晶粒中蓝绿色透镜状结构比单道次 ECAB(图 3e)显著增加。图 4b 中红色晶界居多,说明 Ra 路径 5 道次 ECAB 变形后板材内部主要激活 ETW 进行协调变形。ETW 面积占比为 18.19%,ETW 比 ECAB-150 板材 ETW 多(图 3f),说明镁合金板材经过 5 道次 ECAB 变形,相较于单道次 ECAB 变形更能够引入 ETW。对应 ETW 激活,部分织构发生偏转,偏转组分与 ND 方向夹角为  $66^\circ$ ,织构强度减弱,约 12.83 mud。图 4d 中  $c$  轴与 ND 夹角为  $80^\circ\sim 90^\circ$  的晶粒含量较多,能够说明部分晶粒发生大角度偏转。

对照图 4e 和 4f, Rb 路径 5 道次 ECAB 变形后板材内部主要激活 ETW 进行协调变形。ETW 面积占比为 13.98%,小于 Ra-P5 板材,且孪晶分布不均匀。因此织构偏转角度较小,偏转组分与 ND 方向夹角为  $32^\circ$ ,织构强度为 13.34 mud,  $c$  轴与 ND 夹角为  $80^\circ\sim 90^\circ$  的晶粒含量较

少。由图 4i、4j 可知, Rc 路径 5 道次 ECAB 变形后板材内部较平均地分布着大量孪晶,主要为 ETW, ETW 面积占比为 28.74%。图 4j 中含有少量绿色晶界,且 Rc-P5 板材中绿色晶界含量明显大于 Ra-P5 和 Rb-P5 板材中的含量。说明 Rc 路径下的 5 道次 ECAB 变形能够激活除拉伸孪晶外的压缩孪晶和二次孪晶,图 4l 中也可以发现角度为  $50^\circ\sim 60^\circ$  以及  $80^\circ\sim 90^\circ$  的晶界数量相对 Ra-P5 和 Rb-P5 板材较多。多种孪晶共同作用下,基面织构得到优化。

综上所述, Rc 路径绕轧向旋转的交叉剪切变形能够引入更多 ETW, 并且能够激活多种孪晶类型协调变形,对板材基面织构的优化效果更显著。Rb 路径由于绕法向旋转,板材在进行下一道次 ECAB 变形时,会抵消部分上一道次 ECAB 所发生的变形,因此 Rb-P5 板材内部孪晶分布不均匀,激活 ETW 的数量较少。Ra-P5 板材在同一路径下所受剪切力比较单一,因此板材内部 ETW 数量明显少于 Rc-P5 板材。

### 3.3 不同路径 5 道次等通道弯曲变形退火板材组织和织构演变

图 5 为不同变形路径下进行 5 道次 ECAB 变形的板

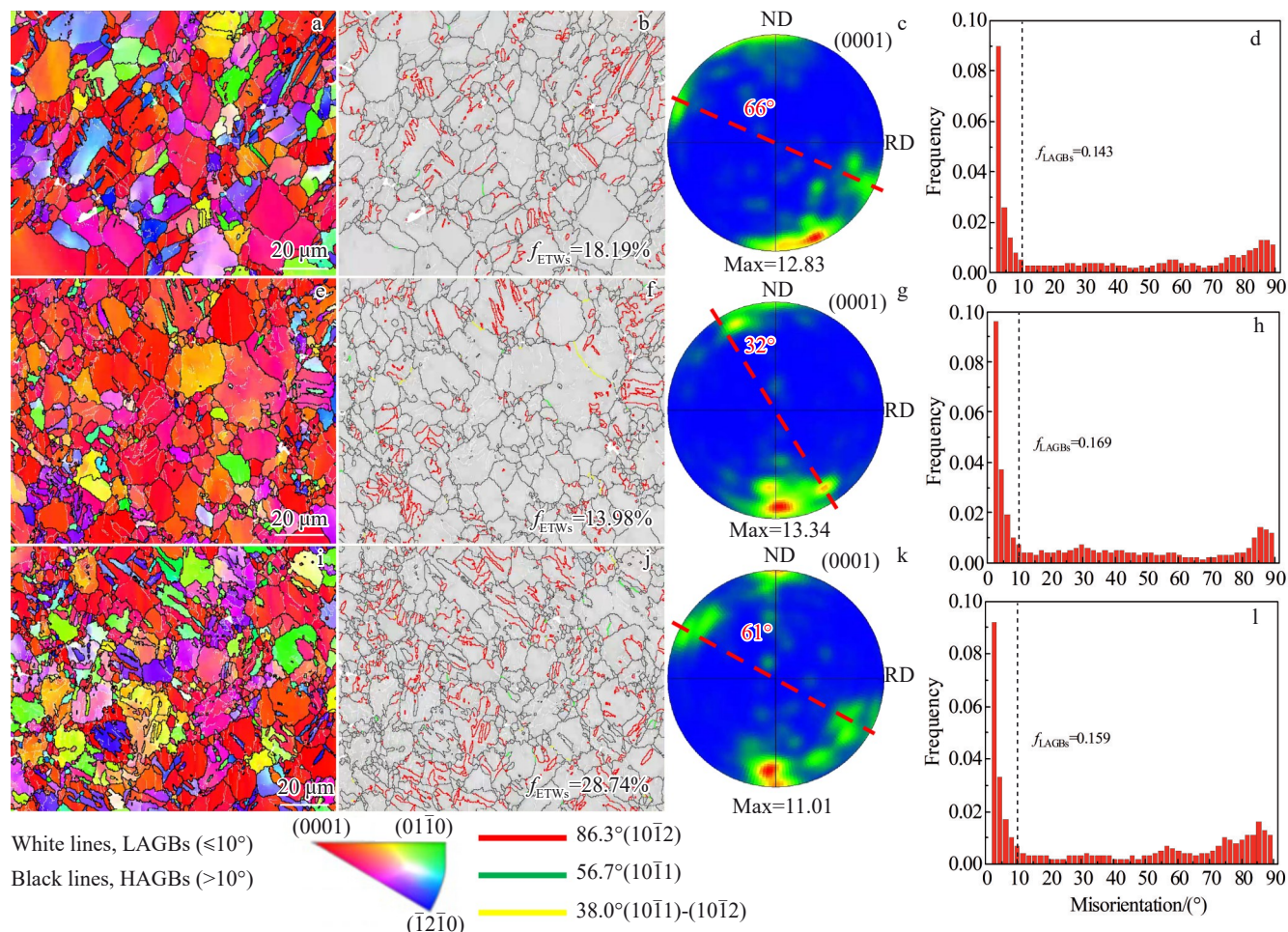


图 4 不同变形路径下 5 道次 ECAB 的板材反极图、孪晶识别图、(0001)极图和取向误差角分布

Fig.4 IPFs (a, e, i), twin identifications (b, f, j), (0001) PFs (c, g, k) and misorientation angle distributions (d, h, l) of 5-pass ECAB sheet under different deformation paths: (a-d) Ra-P5; (e-h) Rb-P5; (i-l) Rc-P5



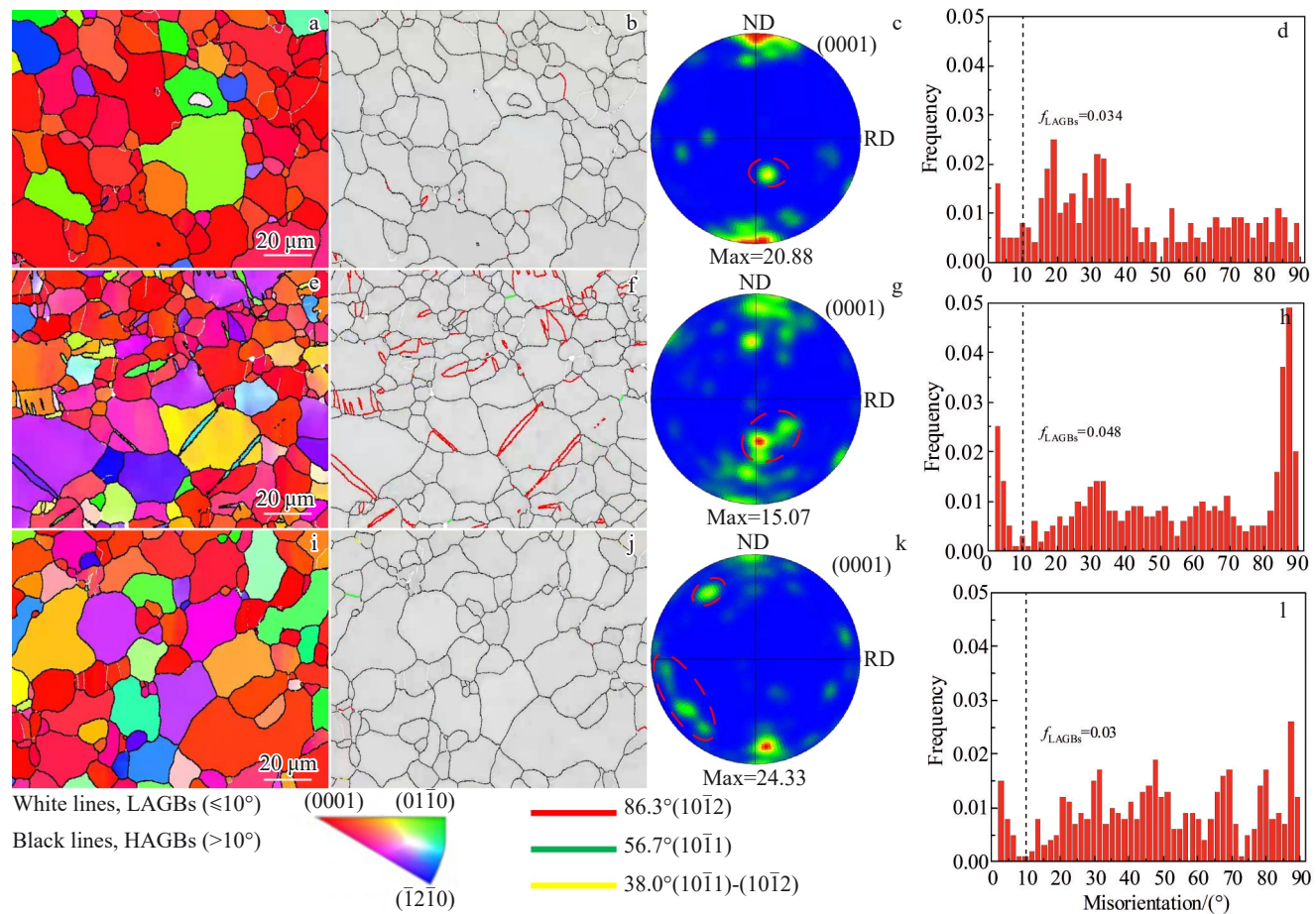


图5 不同变形路径下5道次ECAB退火后板材的反极图、孪晶识别图、(0001)极图和取向误差角分布

Fig.5 IPFs (a, c, i), twin identifications (b, f, j), (0001) PFs (c, g, k) and misorientation angle distributions (d, h, l) of 5-pass ECAB sheet after annealing under different deformation paths: (a–d) Ra-P5; (e–h) Rb-P5; (i–l) Rc-P5

材退火处理后的EBSD结果。图5a可知,退火后的Ra-P5板材蓝绿色晶粒变少,内部孪晶几乎消失。图5b中能够发现极少的红色孪晶界,说明退火过程中发生了再结晶,吸收了板材内部孪晶。Rb-P5退火板材内部还存在蓝绿色透镜状结构(图5e),即少量ETW。相对应织构强度低于Ra-P5和Rc-P5退火板材。图5i中发现,Rc-P5退火板材内部存在较多其他颜色的晶粒,图5l可知板材内部取向误差角分布也较均匀。Rc-P5退火板材部分织构发生偏转(图5k红色虚线内)。而Ra-P5和Rb-P5板材退火后晶粒c轴偏转更倾向于TD方向(分别见图5c、图5g红色虚线内)。

Rc-P5退火板材基本发生完全再结晶,内部LAGBs数量最少,说明绕RD旋转引入的交叉剪切可促进后续静态再结晶的发生。Rb-P5退火板材内部仍然存在ETW,内部LAGBs数量也较多,说明退火过程再结晶不完全。绕ND旋转引入的交叉剪切作用在板材内部引入的能量较低,退火过程中不易激活静态再结晶行为。

3.4 力学性能

图6为不同路径5道次ECAB变形板材退火后力学性能及应变硬化率曲线,为研究不同板材力学性能变化,

在表1中列出了屈服强度( $\sigma_{0.2}$ )、抗拉强度( $\sigma_{UTS}$ )、屈强比、均匀伸长率( $\delta_u$ )、断裂伸长率( $\delta_f$ )以及伸长率比值。由图6a可知,退火处理后板材的均匀伸长率和断裂延伸率均显著提高,屈服强度和抗拉强度相应下降。图6b中Rb-P5和Rc-P5退火板材的应变硬化速率曲线与初始板材、Ra-P5退火板材不同,屈服点处存在明显弯曲(红色虚线)。板材达到屈服强度后应变硬化速率放缓,应变硬化率较高。其中Rc-P5退火板材应变硬化速率最高,对应Rc-P5板材退火后均匀伸长率最高。

结合图6a和表1可知,Rc-P5退火板材均匀伸长率和断裂伸长率(28.8%)提高最大,比初始板材分别提高53.8%和57.4%。抗拉强度(235.7 MPa)下降最小,为3.8%,但屈服强度下降最多,下降了约31.9%。由图5k可知,Rc-P5退火板材织构偏转组分(红色虚线内)与ND方向夹角明显大于图5c和图5g的偏转夹角,因此Rc-P5退火板材断裂伸长率较高。说明绕RD旋转路径下进行5道次ECAB变形能够有效提高AZ31镁合金板材的力学性能。与Rc-P5退火板材对比,Rb-P5退火板材均匀和断裂伸长率均较低,分别为20.6%和23.7%,屈服强度相对较高,由于退火后板材内部还存在孪晶,且内部

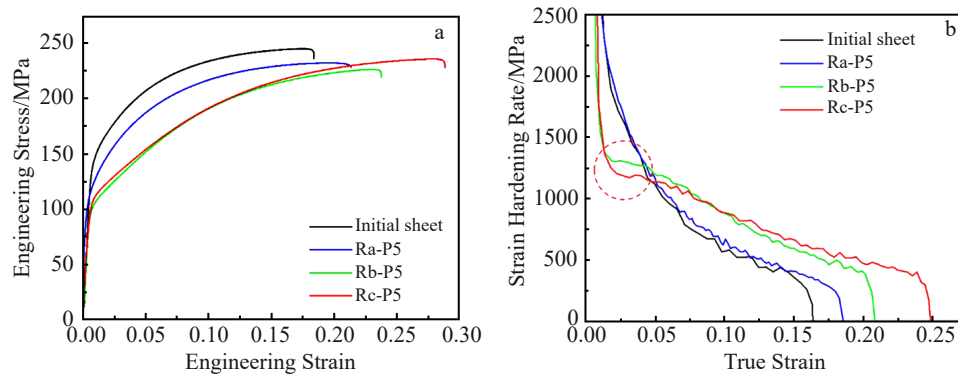


图6 不同路径5道次ECAB变形板材退火后力学性能及应变硬化率曲线

Fig.6 Mechanical properties of 5-pass ECAB sheet after annealing under different deformation paths: (a) engineering stress-engineering strain curves; (b) strain hardening rate curves

表 1 不同变形路径 ECAB 退火态板材力学性能

Table 1 Mechanical properties of annealed sheets under different deformation paths

Sample	Strength/MPa		Stress ratio, $\sigma_{0.2}/\sigma_{UTS}$	Elongation		Elongation ratio, $\delta_u/\delta_f$
	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{UTS}$		$\delta_u$	$\delta_f$	
Initial sheet	139.7	245.1	0.570	0.160	0.183	0.874
Ra-P5	116.8	232.2	0.503	0.180	0.213	0.845
Rb-P5	103.0	226.3	0.455	0.206	0.237	0.869
Rc-P5	95.1	235.7	0.403	0.246	0.288	0.854

LAGBs 数量相对高,使得板材抗拉强度较低。Ra-P5 退火板材均匀和断裂伸长率均较低,但屈服强度和抗拉强度比 Rb-P5 和 Rc-P5 退火板材高。由于 Ra-P5、Rb-P5 退火后板材内部晶粒取向部分向 TD 方向偏转,一定程度上降低板材的伸长率。

## 4 结论

1) 同一路径不同变形道次的 ECAB 板材内部组织、结构不同。对比单道次 ECAB 变形,5 道次 ECAB 变形更能够在镁合金板材中引入拉伸孪晶。

2) 不同变形路径 5 道次 ECAB 变形内部组织、结构不同,引入孪晶类型和数量不同。绕轧向旋转路径下 5 道次 ECAB(Rc-P5)板材在交叉剪切作用下,能够引入更多 ETW,ETW 面积占比约 28.74%。并且能够引入其他孪晶类型来协调变形,优化结构。

3) 不同变形路径 5 道次 ECAB 板材经过 250 °C/1 h 退火后,均匀伸长率和断裂伸长率均显著提升。特别是 Rc-P5 退火板材,均匀伸长率和断裂伸长率分别比初始板材提高了 53.8% 和 57.4%。抗拉强度仅降低了 3.8%,说明绕轧向旋转路径下进行 5 道次 ECAB 变形能够有效提高 AZ31 镁合金板材的力学性能。

## 参考文献 References

[1] Ren Yi(任 怡), Xue Song(薛 松), Peng Yi(彭 奕) *et al. Journal of Plasticity Engineering*(塑性工程学报)[J], 2023, 30(7): 32

[2] Shen Wenjin(沈文锦), Xue Fengmei(薛凤梅), Kang Jincheng(康锦程) *et al. Journal of Plasticity Engineering*(塑性工程学报)[J], 2023, 30(5): 135

[3] Estrin Y, Vinogradov A. *Acta Materialia*[J], 2013, 61(3): 782

[4] Ke Jing(柯 静), Guo Lintong(郭林通). *Materials China*(中国材料进展)[J], 2024, 43(4): 336

[5] Xing Xiuwei(邢秀伟), Huang Chen(黄 晨), Liu Yang(刘 阳) *et al. Journal of Plasticity Engineering*(塑性工程学报)[J], 2023, 30(5): 66

[6] Chen Ming(陈 明), Sun He(孙 贺), Zhao Hongyang(赵红阳) *et al. Scientia Sinica Technologica*(中国科学:技术科学)[J], 2022, 52(10): 1571

[7] Sun Z Q, Li Y J, Ma M L *et al. Materials Letters*[J], 2024, 357: 135775

[8] Li B, Duan Y H, Zheng S J *et al. Journal of Alloys and Compounds*[J], 2023, 966: 171607

[9] Zhilyaev A P, Langdon T G. *Progress in Materials Science*[J], 2008, 53(6): 893

[10] Zhang A X, Li F, Niu W T *et al. Journal of Central South University*[J], 2024, 31(2): 369

[11] Chen S F, Song H W, Zhang S H *et al. Journal of Alloys and Compounds*[J], 2019, 805: 138

[12] Xu Zhixin(许智鑫), Chen Zhongjia(陈忠家), Zhang Di(张 迪) *et al. Journal of Plasticity Engineering*(塑性工程学报)[J], 2022, 29(11): 102

[13] Wang Q H, Song J F, Jiang B *et al. Materials Science and Engineering A*[J], 2018, 720: 85

- [14] Li Z C, Wu G Q, Yu J M *et al. Journal of Magnesium and Alloys*[J], 2023, 11(7): 2558
- [15] Sun Decong(孙德聪), Chen Shuaifeng(陈帅峰), Song Guangsheng(宋广胜) *et al. Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2024, 53(3): 882
- [16] Li S, Luo C, Bashir M U *et al. Rare Metals*[J], 2021, 40(10): 2947
- [17] Hu H J, Zhang D F, Yang M B *et al. Transactions of Nonferrous Metals Society of China*[J], 2011, 21(2): 243
- [18] Xu C, Schroeder S, Berbon P B *et al. Acta Materialia*[J], 2010, 58(4): 1379
- [19] Lee H H, Yoon J I, Kim H S. *Scripta Materialia*[J], 2018, 146: 204
- [20] Lee J C, Seok H K, Han J H *et al. Materials Research Bulletin*[J], 2001, 36(5–6): 997
- [21] Chen S F, Song H W, Zhang S H *et al. Materials Letters*[J], 2019, 255: 126514
- [22] Chen S F, Song H W, Cheng M *et al. Journal of Materials Science & Technology*[J], 2021, 67: 211

## Effect of Equal Channel Angular Bending on Microstructure and Properties of AZ31 Magnesium Alloy Sheet

Ge Shujin<sup>1</sup>, Chen Shuaifeng<sup>2</sup>, Deng Siying<sup>2</sup>, Zheng Li<sup>1</sup>, Song Hongwu<sup>2</sup>, Zhang Shihong<sup>2</sup>

(1. Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

(2. Shi-changxu Innovation Center for Advanced Materials, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** The equal channel angular bending (ECAB) of AZ31 magnesium alloy rolled sheet (2 mm) under different paths was conducted at 150 °C. The evolutions of microstructure and mechanical properties of the sheet were investigated after 5-pass ECAB along the same path, normal direction rotation path and rolling direction (RD) rotation path. The results show that after 5-pass ECAB, a large amount of extension twinning (ETW) and a certain amount of contraction twinning (CTW) and double twinning (DTW) are introduced into the sheet, which can effectively improve the basal texture of the base plane. After annealing treatment, the elongation of the sheets undergone ECAB is obviously improved. In particular, the area fraction of ETW in the deformed sheet rotated 5 passes around the rolling direction (RD) can reach 28.74%, and after annealing, the elongation can reach 28.8% with a tensile strength of 235.7 MPa. Compared with the original sheet, the relative increase ratio of the elongation is 57.4%, while the tensile strength is only 3.8% lower.

**Key words:** magnesium alloy sheet; equal channel angular bending; basal texture; twinning; mechanical property

Corresponding author: Chen Shuaifeng, Ph. D., Associate Researcher, Shi-changxu Innovation Center for Advanced Materials, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, P. R. China, Tel: 0086-24-83970203, E-mail: sfchen@imr.ac.cn