

Sc と Zr を複合添加した Al-Mg-Si 系合金熱間圧延板に形成する析出物の形態

九州大学大学院総合理工学研究院 池田 賢一
 九州大学大学院生 大学院総合理工学府(現・JFE スチール) 高下 拓也
 九州大学大学院総合理工学研究院 光原 昌寿 波多 聰 中島 英治
 九州大学大学院工学研究院 山田 和広 金子 賢治

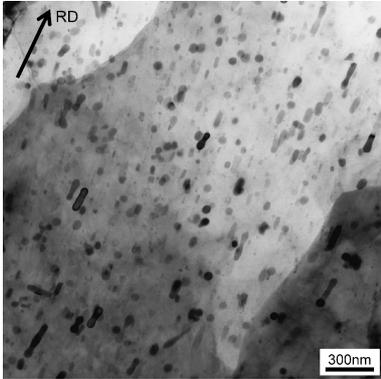


Fig. 1 熱間圧延板の BF-STEM 像.

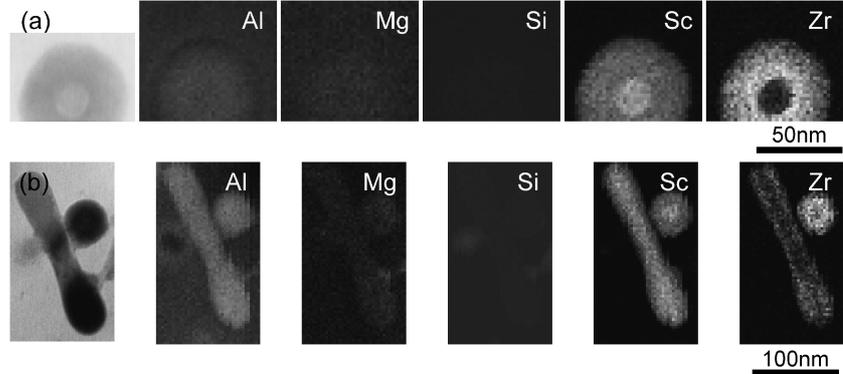


Fig. 2 熱間圧延板内に形成された Al₃(Sc, Zr) の STEM-EDS 分析結果.

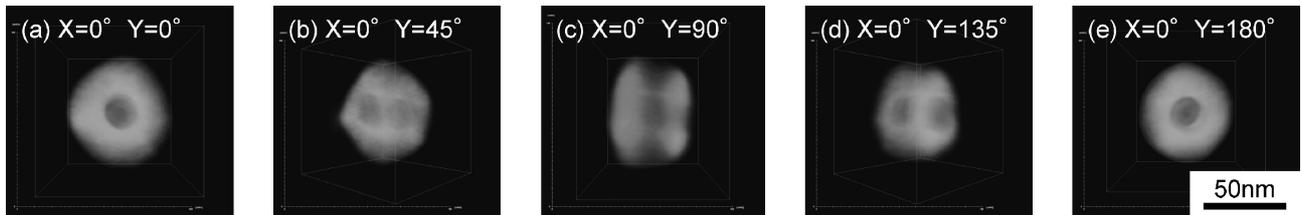


Fig. 3 Al₃(Sc, Zr) 球状析出物の HAADF-STEM を用いた 3 次元電子線トモグラフィ再構築像. 角度は(a)を X=0°, Y=0°とした場合の回転角度.

Al-Sc-Zr 三元系合金の研究において, Sc と Zr の複合添加による, 結晶粒微細化, 整合 Al₃(Sc, Zr) の析出による顕著な時効硬化が報告されている. 実用材への適用を考えて, Al-Mg-Si 系合金への Sc と Zr の複合添加によって, 良好な力学特性が得られることが期待されるが, 本系合金に Sc と Zr 複合添加を行った研究例は少なく, その析出挙動には不明な点が多い. そこで本研究では, Sc と Zr を複合添加した Al-Mg-Si 系合金の析出物の形態を明らかにすることを目的とした. 本研究では, 組成が Al-0.5Mg-0.5Si-0.3Sc-0.2Zr (mass%) の合金を均質化処理(550°C×4 h)後, 熱間圧延(開始温度400°C, 圧下率78%)を施した板材を試料として, 板幅方向から STEM-EDS や 3 次元電子線トモグラフィによる析出物の形態観察を行った.

観察の結果, 本合金の熱間圧延板には, L1₂ 構造をもつ Al₃(Sc, Zr) が形成されていることを確認した. これらの析出物は, Fig. 1 に示すように形態が棒状や球状など様々であり, Fig. 2 の STEM-EDS マッピング結果に示すように, 中心部に Sc の濃化領域, 外周部に Zr の濃化領域が形成されるコアシェル構造になっていることが明らかになった. また, Fig. 3 の 3 次元電子線トモグラフィ再構築像に示すように, 球状析出物の Sc 濃化領域が円柱状になっていることが確認された. したがって, 本合金は, 鋳造段階で形成される棒状 Al₃(Sc, Zr) が均質化処理や圧延によってその形態を球状化させていると考えられる.

(2009年7月21日受理)

The Morphology of Precipitations in Al-Mg-Si-Sc-Zr Hot Rolled Sheet; Ken-ichi Ikeda*, Takuya Takashita**, Masatoshi Mitsuahara*, Satoshi Hata*, Hideharu Nakashima*, Kazuhiro Yamada*** and Kenji Kaneko*** (*Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, Kasuga. **Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Kasuga (Present address: JFE Steel Corporation). ***Faculty of Engineering, Kyushu University, Fukuoka)
 Keywords: 3D-electron tomography, Al-Mg-Si-Sc-Zr alloy, precipitation
 TEM specimen preparation: twin-jet electropolishing in a solution of perchloric acid and ethyl alcohol (10-20 V, 233 K)
 TEM utilized: FEI TECNAI-F20 (200 kV)
 Observation condition: BF-STEM, dual-axis STEM tomography, EDS