



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Structure refinement of Al-coated Mg-Li alloy by multi extrusion-rolling process and its superplastic characteristics [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 天龍
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13390号
Issue Date	2018-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/72369
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tianlong_Zhang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 張 天龍

審査担当者 主 査 特任教授 松浦 清隆
 副 査 教 授 三浦 誠司
 副 査 教 授 中村 孝
 副 査 准教授 大野 宗一

学位論文題名

Structure refinement of Al-coated Mg-Li alloy by multi extrusion-rolling process and its superplastic characteristics

(押出圧延複合プロセスによる Al 被覆 Mg-Li 合金の組織微細化と超塑性特性)

Mg 合金は、軽量および高強度ゆえに有力な構造材料でありながら、工業上広く利用されるに至っていない。その最たる理由は、著しく低い耐食性と乏しい塑性加工性にある。耐食性においては塗装や被覆が改善策として用いられるが、Mg の極度に高い化学的活性が災いするため、厳しい使用環境であっても丈夫で長持ちするような塗装や被覆は強く望めない。これに関し本論文の著者は、本主査らにより最近開発された Al 被覆法に着目し、これを Mg-Li-Zn 合金への被覆に応用することを試みた。この Al 被覆法では、Mg 合金基材と Al 被覆材が高压下で強く接触したまま高温で押出加工されるために両者が強固に接合され、Mg 表面に Al と同等の優れた耐食性を付与できる。一方、Mg-Li-Zn 合金は共晶系合金ゆえに二相組織を有し、しかも微細析出物粒子の分散を有するので、加工と再結晶を適切に利用することにより超微細組織を形成させ、それによる塑性加工性の向上が期待できる。本研究では、Mg-Li-Zn 合金に Al 被覆を施し、それを薄板に加工して、耐食性と加工性を評価している。以下に本論文各章の要約を述べる。

第 1 章では、本研究の背景が説明され、Mg 合金を工業上広く利用するためには耐食性と塑性加工性の改善が不可欠であることが詳しく述べられている。

第 2 章では、熱間押出法による Al 被覆の方法が紹介されている。本方法を用いて Mg-Li 系の LZ80 合金に Al 被覆した角棒が試作され、その被覆層厚さが約 $200\mu\text{m}$ で均一であること、被覆層と基材の接合が強固であること、その角棒が塩酸水溶液を用いた耐食試験において Al と同様の優れた耐食性を示すことが、それぞれの実験結果とともに詳細に述べられている。

第 3 章では、前章で試作された Al 被覆 LZ80 合金角棒が熱間圧延により薄板に加工されている。薄板に圧延加工された後も Al 被覆層と Mg 合金基材の接合界面は健全であり、割れなどの欠陥がないことが微細組織写真とともに示されている。この薄板に対しても、塩酸水溶液を用いた耐食性試験が行われ、圧延加工という過酷な塑性加工を受けた後においても Al 被覆層が健全に残り優れた耐食性を保っていることが、詳細な実験データとともに示されている。

第 4 章では、Al 被覆 LZ80 合金薄板の機械的性質が述べられている。圧延された Al 被覆 LZ80 合金薄板は、室温・大気中で $0.001/\text{s}$ のひずみ速度で引張試験したとき、被覆が剥離することなく 35 パーセントの伸びを示した。引張試験温度を 573K としたとき、大気中では 200 パーセント、アルゴン雰囲気中では 400 パーセントの伸びをそれぞれ示した。押出と圧延による強加工のために

微細結晶粒組織が形成し、これが大きな伸びの原因となったと考察されている。

第 5 章では、Mg-Li-Zn 系合金である LZ82 合金および LZ85 合金に Al 被覆を施した薄板を試作し、これらの引張変形特性を調査している。Mg-Li 二元系合金と比べ、これら Zn 添加の三元系合金に Al 被覆を施した薄板は強度、延性ともに優れた性質を示すことが詳細な実験データとともに述べられている。

第 6 章では、本論文の著者が本研究の中で開発した押出圧延複合プロセスが紹介され、これを用いると超微細な結晶粒組織が形成できることが示されている。特に、Zn をより多く含む LZ85 合金においては、超微細な α/β 二相組織ゆえに温度 473K、ひずみ速度 0.001/s の条件で 1400 パーセントもの超塑性伸びが観測されたことが述べられている。これよりもっと低い温度および高いひずみ速度の条件であっても同様の超塑性の発現が認められたので、工業的に実用可能性が高いことが強調して述べられている。この三元系 Mg 合金に Al を被覆した場合の伸びは 400 パーセントと大きかったが、それにもかかわらず引張試験後の被覆界面は健全であり、界面には割れなどの欠陥が認められなかったことが述べられている。このような超塑性現象のメカニズムとして、ひずみ速度感受性指数の解析から、転位の上昇運動を伴う粒界滑りが支配的であると推察されている。

第 7 章では、本論文の結論がまとめられており、そこでは Mg 合金の抱える著しく低い耐食性と乏しい塑性加工性の問題を解決できる有効な方法として、本研究で開発された押出圧延複合プロセスを利用した Al 被覆が有効であることが提案されている。

これを要するに、著者は、Mg 合金に超微細結晶粒組織を付与できる新しい薄板加工プロセスを考案し、それを用いて試作した Mg-Li-Zn 系二相合金の薄板が 1400 パーセントもの超塑性伸びを示すことを見出し、さらにその表面に肉厚の Al 被覆を強固に接合させることに成功し、Al 被覆 Mg-Li-Zn 系二相合金が高い耐食性と優れた塑性加工性を持つことを示した。これにより著者は、軽量・高強度の構造材料でありながら耐食性と塑性加工性の問題ゆえにこれまで工業上広く利用されるに至っていない Mg 合金に対し、大いなる用途拡大の可能性を示した。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。