機械的攪拌法による半凝固7075アルミニウム合金ビレットの開発

上谷保裕* 高木英俊** 松田健二*** 池野 進****

1. はじめに

近年アルミニウム合金を中心に、固液が共存する状態でニアネット加工を行う半熔融・半凝固加工が注目されている⁽¹⁾⁽²⁾。従来、この半凝固・半熔融加工は主に鋳造用のAl-Si-Mg系合金で基礎および実用化研究が活発になされ、最近では日本においても自動車用部品などに実際に利用されている⁽³⁾⁽⁴⁾。一方、展伸用アルミニウム合金、特に難加工材の高強度合金に対しても、半凝固・半熔融加工の適用が期待されており、高価な電磁攪拌装置による半熔融加工用の高強度7075アルミニウム合金ビレットの製造が試みられている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。しかし、7075アルミニウム合金においては、半熔融加工に適した非樹枝状の均一微細な粒状組織を有するビレットは未だほとんど製造されていない。このため、著者らは微細粒状組織を有する7075アルミニウム合金のより安価なビレットの開発に着手し、最近、簡便な機械的攪拌法を用いてかなり微細な粒状組織を有する半凝固ビレットが製造可能となった。ここでは、その製造法と半凝固ビレットの組織的特徴や半熔融加工性能について簡単に紹介する。

2. 半凝固連続鋳造

(1) 鋳造装置

図1に、本合金の半凝固ビレットの鋳造に使用した装置の鋳造部を模式的に示す。鋳造法は、均一微細な鋳造組織が得られる断熱鋳型を用いた半連続鋳造装置⁽⁷⁾に組み込んだ軟鋼製のドリル形状をした攪拌子で攪拌しながら鋳造するという簡便な方法である。

(2) 半凝固ビレットの製造

表1に示すような組成のDCビレットを再溶解し、主として表2の鋳造および攪拌条件にて鋳造実験を行った。攪拌子

の形状、回転速度、攪拌位置および円筒形の断熱材で囲まれた攪拌領域の体積を変えることにより、鋳造中、図2に示す攪拌領域内の温度が本合金の液相線温度直下で安定するように、かなり固相率は低い半凝固状態で攪拌を行った。その結果、図3(a)に示すように、かなり滑らかな鋳肌のビレット

図1 (a) 鋳造部の模式図と(b) 改良後の黒鉛鋳型形状。

表1 使用した試料の化学分析組成。(質量%)

	Zn	Mg	Cu	Si	Fe	Mn	Ti	Zr	Al
7075合金	5.37	2.44	1.56	0.01	0.00	0.00	0.00	0.21	Bal.

表2 鋳造および攪拌条件。

鋳造温度	ビレット降下速度	冷却水量	攪拌子回転速度
1033 K	16.7 mm/s	4×10^{-4} m ³ /s	20/s

* 富山県立大学助教授(〒939-0398 富山県射水郡小杉町黒河5180)

** 富山合金株式会社技術部技術課主任

*** 富山大学工学部物質生命システム工学科助教授

**** 富山大学工学部物質生命システム工学科教授

Development of a Semi-solid Cast 7075 Aluminum Alloy Billet by Mechanical Stirring Method; Yasuhiro Uetani*, Hidetoshi Takagi**, Kenji Matsuda***, Susumu Ikeno****(*Toyama Prefectural University, Kosugi-machi, Toyama. **Toyama Alloy Co., Ltd., Toyama. ***Toyama University, Toyama)

Keywords: semi-solid casting, 7075 aluminum alloy, semi-continuous casting, mechanical stirring, solidification structure, thixotropy

2000年5月8日受理

トが铸造可能となり，図3(b)の横断面のマクロ組織から分かるように，半径方向に沿って均一で大きい铸造欠陥のない健全性の高いビレットが得られるようになった。

(3) 半凝固ビレットの評価

この長さが約700 mmのビレットの攪拌開始位置から約

図2 攪拌領域における温度分布.

50, 250および450 mmの各位置における横断面の光顕組織観察結果を図4に示すが，いずれの位置においてもかなり均一で微細な粒状組織となっていることが分かる．この粒状組織の平均粒径は測定位置によらず，約30 μm となっていた．また，ビレットの攪拌開始前の部分では通常の半連続铸造の場合と同様に，ビレットの外表面近傍にはチル層が形成されるが，本攪拌方式で铸造した場合には，明瞭なチル層は観察されず，外表面のごく近傍まで粒状組織となっていることが

図3 (a) 半凝固ビレットの外観と(b) 横断面マクロ組織.

図4 半凝固ビレットの攪拌位置から約50 mm(a, b, c), 250 mm(d, e, f)および450 mm(g, h, i)の横断面における光顕組織.

図5 半凝固ビレットの攪拌位置から約50 mm(a), 50 mm(b), 250 mm(c)および450 mm(d)の横断面における各溶質元素の濃度分布.

注目される(図4(c)と(i)の矢印部分参照). 図5は, 図4と同じ横断面で溶質元素の亜鉛, マグネシウムおよび銅の偏析状態をEPMAで調べた結果であるが, ビレットのいずれの位置においても横断面における各溶質元素の濃度は中心から外側にかけてほぼ一定であり, また, ビレットの長手方向の位置による相違もほとんど見られない. このように, casting中に安定して図2で見たような温度分布をとるように機械的に攪拌することにより, 平均粒径が約30 μm とかなり微細で均一な粒状組織を有し, マクロ的な偏析の小さい7075アルミニウム合金ビレットを製造することが可能となった.

3. 半溶融押出し

本半凝固ビレットの半溶融加工性能を調べるために, 半溶融押出しを行った一例を図6に示す. この場合の半溶融押出し条件では, 通常の樹枝状晶組織ビレットは, 押出し材が細かく分断されてダイス穴から噴出し, 健全な半溶融押出しは全く不可能であった. これに対して, 本半凝固ビレットでは, 図6(a)に見るように麺のように細い線状の半溶融押出し材が得られ, 図6(b)から分かるように, 表面状態が滑らかで, また内部に欠陥の無い健全な半溶融押出しが可能である. 従って, 本半凝固ビレットは優れた半溶融加工性能を有していることが推察される. また, 図7はこのような半溶融押出し材の一つにT6処理を施して室温で引張試験した結果であるが, 熱間押出し材と比較して伸びは小さいが, 熱間押出し材に匹敵する強度が得られている.

4. おわりに

半凝固状態での簡便な機械的攪拌法により, 製造した半溶融加工に適した平均粒径が約30 μm の非樹枝状晶粒状組織を有する7075アルミニウム合金ビレットとその優れた半溶融押出し事例を紹介した. 本半凝固ビレットは簡便な装置でかなり安価に製造できる利点があり, 今後は, 本方式を他の展伸用アルミニウム合金ばかりでなく, casting用合金の半凝固ビレット製造にも応用していきたいと考えている.

図6 (a) 半凝固ビレットを853 Kで直径30 mmから直径2.5 mmに, ラム速度5 mm/sで押出したときの半溶融押出し材の外観と(b) 走査電顕像.

図7 T6処理後の半溶融押出し材と熱間融押出し材の公称応力-公称ひずみ曲線. SSA, SSBは機械的攪拌した小型鋳塊, MMは金型鋳塊の低速の半溶融押出し材の結果.

文 献

- (1) 難波明彦: 軽金属, 45(1995), 346.
- (2) 岡野 忍: 軽金属, 47(1997), 598.
- (3) アルミニウム・マグネシウム合金の半溶融・半凝固加工技術-プロセス技術と材料特性, 軽金属学会第57回シンポジウムテキスト, (鈔)軽金属学会, (1999).
- (4) 佐藤正和, 斉藤政昭, 安永晋拓, 木山 啓, 井手籠 隆: 軽金属, 50(2000), 121.
- (5) G. Bertrand and P. Patric: *Proc. of the 4th Int. Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites*, Sheffield, June, (1996), p. 169.
- (6) X. P. Niu, B. H. Hu, S. W. Hao, F. C. Yee and I. Pinwill: *Proc. of the 5th Int. Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites*, Golden, Colorado, June, (1998), p. 114.
- (7) 山下友一, 渡辺 亨, 近藤芳弘, 穴田 博, 池野 進, 多々静夫, 中平 昊: 軽金属, 46(1996), 494.