AZ31B マグネシウム合金薄板のセミソリッドスラリーによる連続 casting

Continuous Casting of AZ31B Magnesium Alloy Using Semisolid Slurry

茂木 徹一 ・ 千葉工大

Tetsuichi MOTEGI, Chiba Institute of Technology

城戸 太司 ・ 千葉工大

Futoshi KIDO, Chiba Institute of Technology

Key Words: *Magnesium, Semisolid, Continuous casting, Twin roll*

1. 緒言

1-1 背景

地球環境問題に配慮するために自動車の燃費向上を目的として軽量化が求められており、実用合金中で最も軽量のマグネシウム合金が注目されている。しかしながら、マグネシウム合金は塑性加工性の悪さが大きな問題とされ、 casting によって製品の大部分を製造しているのが現状である。したがって、マグネシウム合金の薄板材は、圧延用のスラブを casting し、熱間および温間圧延を繰返し行って製造しているため、製造プロセスの少工程化、短時間化およびコスト削減が強く求められている。このことから、マグネシウム合金の需要拡大のためには、加工性の改善が急務であり、そのためには結晶の微細化が有効であることが一般に知られている。また、溶解時に大気と反応して燃焼することも問題である。これらの問題を解決するには、セミソリッド casting 法が適していると考えられ、この方法にはセミソリッドスラリーが必要である。

著者は、非常に簡易にセミソリッドスラリーを作製する方法として、傾斜冷却板法を考案した。これは、熔融金属を一定温度に保持した傾斜板上に流下させることによって、傾斜板上での結晶核の生成および結晶遊離が起こることを提唱した結晶遊離説を応用した方法である。

1-2 目的

熔融した AZ31B マグネシウム合金を傾斜冷却板上に流下させてセミソリッドスラリーを作製して、双ロールにより 2mm 厚さの薄板を連続 casting によって作製する。

2. 実験方法

2-1 水平連続 casting 実験

本実験に用いた水平連続 casting 装置概略図を Fig.1 に示す。本実験装置は、溶解用電気炉、傾斜冷却板、タンディッシュおよび双ロールにより構成されている。手順は、ステンレス鋼製坩堝に AZ31B マグネシウム合金を 6kg 入れ、溶解用電気炉内で溶解した。これにヒーターを内蔵した湯面制御棒を装入し、溶湯を坩堝上部からオーバーフローさせて傾斜冷却板上に流下させた。これによって作製したセミソリッドスラリーをタンディッシュに流し込み、双ロールに供給することによって薄板を連続的に作製した。薄板の連続 casting の可否および铸肌に与える、タンディッシュの設置位置およびロール周速度の影響について調査した。

2-2 板幅拡張実験

連続 casting により作製することのできる薄板の寸法拡大のため、板幅を拡張することを試みた。そのため、タンディッシュに流し込むスラリー供給量およびタンディッシュ設置角度を変化させ、その影響について調査した。なお、スラリー供給量は、湯面制御棒の降下速度を変化させることによって制御した。

2-3 薄板圧延実験

セミソリッド状態からの連続 casting により作製した薄板の塑性加工性を調査するため、圧延実験を行った。実験手順は、薄板を所定の温度に加熱してある保持炉内で 10 分間予熱した後、直ちに圧延を行い加熱保持炉内に戻す、という工程を繰り返した。なお、圧延機は 2 段ロール圧延機を用い、ロールの加熱は行なわずに圧下量 0.05mm/pass で圧延を行い、薄板に端割れ等の欠陥が目視で確認された時点で実験終了とした。実験前の板厚と実験終了時の板厚から、限界累積圧下率を計算し、予熱温度との関係を調査した。

また、同様の圧延機および手順によって、連続 casting により作製した薄板が 1pass で圧延することのできる最大圧下率も調査した。限界累積圧下率および最大圧下率の調査のそれぞれについて、完全溶融状態からの重力 casting により作製した薄板を比較材として用いた。

Fig. 1 Schematic diagram of horizontal continuous casting apparatus to produce strip.

3. 実験結果および考察

3-1 水平連続 casting 実験結果

傾斜冷却板法によって作製したセミソリッドスラリーを用いて薄板の連続 casting を行い、タンディッシュの設置位置およびロール周速度の影響について調査した。その結果、タンディッシュ設置位置が高いほど、スラリーはタンディッシュから流出してからロールによって拘束されるまでの時間が

短くなることから、スラリーはロール上で板幅方向および鋳造方向に広がらずに高さも変化しなくなるため、十分に双ロールに拘束され、目的とする板厚の薄板を作製することができる。一方、ロール周速度が遅いほど、スラリーはロール上で鋳造方向に広がらずに高さが変化しにくいため、双ロールに拘束されやすくなり、目的とする板厚の薄板を作製することができる。これらの結果から、板厚 2mm、板幅 70mm、長さ 2000mm の薄板を連続的に鋳造することに成功した。

作製した薄板は、Fig.2 に示すようなマイクロ組織を観察することができた。図中の濃灰色領域が、傾斜冷却板法の効果による微細粒状化した初晶 α -Mg である。この初晶 α -Mg の平均結晶粒径は約 $35\mu\text{m}$ であることが分かった。

3-2 板幅拡張実験結果

板幅を拡張する事を目的として、タンディッシュに流れ込むスラリー供給量およびタンディッシュ設置角度を変化させて実験を行った。その結果、スラリー供給量を増加させることは、タンディッシュ内におけるスラリーの湯流れを不安定にさせることから、必ずしも板幅の拡張に有効ではないことが分かった。一方、タンディッシュ設置角度の変化については、その角度が大あるいは小であることが板幅の増加につながるような、単純な結果は得られなかった。したがって、ロール周速度、スラリー供給量およびタンディッシュ設置角度を変化させ、最適な条件を用いることによって、Fig.3 に示すような平滑な鋳肌で、板厚 2mm、板幅 200mm、長さ 1000mm の薄板を連続的に鋳造することに成功した。

3-3 薄板圧延実験結果

まず、比較用薄板のマイクロ組織を観察するため、マイクロ組織観察を行なった。その結果、初晶 α -Mg は粗大なデンドライトであることを確認した。

限界累積圧下率の調査の結果、室温においては重力鋳造により作製した薄板（比較用薄板）は圧下率 16%程度だったのに対し、本方法により作製した薄板（作製薄板）は圧下率 20%以上を達成した。また、薄板の予熱温度が 200°C 以下のとき、作製薄板は比較用薄板より 6~10 ポイント程度高い圧下率を示すことが明らかとなった。予熱温度と累積圧下率の関係を Fig.4 に示す。一方、1pass で圧延することのできる最大圧下率を調査した結果、室温において比較用薄板は 15%程度だったのに対し、作製薄板は 17%を上回った。以上のことから、本方法により作製した薄板は、塑性加工性が優れていることが明らかとなった。

4. 結言

傾斜冷却板法を用いて、AZ31B マグネシウム合金のスラリーを作製し、双ロールにより板厚 2mm の薄板を連続鋳造することを試みた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) セミソリッドスラリーを双ロールに供給することによって、板厚 2mm の薄板を連続鋳造することが可能である。
- (2) セミソリッドスラリーを用いて作製した薄板は、平均粒径 $35\mu\text{m}$ の初晶 α -Mg を多数有している。
- (3) タンディッシュ設置位置、ロール周速度、スラリー供給量およびタンディッシュ設置角度は、作製される薄板の形状に影響を与える。
- (4) セミソリッドスラリーを用いて作製した薄板は、塑性加工性に優れている。

Fig.2 The microstructures of strip produced.

Fig.3 The appearance of strip produced.

Fig.4 The results of rolling test carried out at reduction of 0.05mm per pass.