縦型双ロールキャスターによる Al-25%Si 合金板の作製*

原田 英人^{*1}, 中村 寛紀^{*2}, 羽賀 俊雄^{*3}, 渡利 久規^{*4}

Casting of Al-25%Si Alloy Strip by a Vertical Type Twin Roll Caster

Hideto HARADA^{*1}, Hiroki NAKAMURA, Toshio HAGA and Hisaki WATARI^{*1} Graduate School of Gunma Univ. Dept. of Production Science and Technology
Hon-cho 29-1, Ota-city, Gunma, 373-0057 Japan

This study was aimed at investigating of Casting of hypereutectic Al-Si alloy strip by a vertical type twin roll caster. Hypereutectic Al-Si alloy has some useful advantages i.e., low thermal expansion, better thermal conductivity and wear resistant. Recently, the plate of hypereutectic Al-Si alloy which thickness is thinner than 1mm, is demanded. The hypereutectic Al-Si is hard and brittle. Therefore, only the many times of hot rolling was useful process to make thin plate. In the present study, the roll casting of Al-25%Si strip was tried by a vertical type high speed twin roll caster from the point of energy saving. The twin roll size of the roll was $\phi 300 \times W100$. Roll-load was set low enough to prevent the sticking of the strip. The roll speed was operated at 20m/min and 40m/min. The solidification length was 100mm. The Al-25%Si strip, which thickness was about 1.7mm, was cast directly from the molten metal. The primary Si was not dispersed uniformly. The eutectic Si became fine and globular. The roll cast Al-25%Si was expected superior ductility.

Key Words : Aluminum Alloy, Molding Methods, Casting Alloy, Roll Caster, Al-Si, Hypereutectic, Vertical Type

1. 緒 言

過共晶 Al-25%Si 合金の利点は耐摩耗性が高く、熱膨張係数が低い事があげられる。しかし硬く脆い材料であるため難加工性材料の一つである。現在、薄板を作製する方法として、粉末冶金法が用いられている。粉末冶金法によって作製される製品は、組織が微細化し、均一な組織を得ることが出来る利点がある。一方で溶湯をアトマイズ法によって粉末化しその後焼結させ成形するため多工程、高コストかつ生産性の低さが問題となっている。そこで、省工程で薄板を作製するために双ロール法に着目した。Al-25%Si は硬く、また過共晶合金であるため Si 添加により融点は上昇し、固液相線間が広くブレイクアウトが起こりやすいため、従来の双ロールキャスターでは薄板の作製が困難であった。過去の研究により、冷却能を向上させれば 2 種類の双ロールキャスターで薄板作製が可能であることがわかっている。双ロールキャスターで作製した薄板の内部組織は急冷凝固したため初晶 Si と共晶 Si が共に微細化した。本研究では、生産性の向上が期待できる高速铸造可能な縦型双ロールキャスターを使用して薄板の作製を行った⁽¹⁾。ロール周速とロールキャスト性の関係、初期荷重が内部組織に与える影響を調査した。

2. 実験装置と実験条件

本研究の縦型双ロールキャスターを図 1 に示す。 $\phi 300 \times W100$ の軟鋼製ロールを使用した。軟鋼製ロールの熱伝導率は $60W/(m \cdot K)$ である。これは従来の双ロールキャスターで使用されている熱間工具鋼(SKD61)より 2 倍の冷却能となっている。ノズルをロール上部に設置することで凝固距離を変更できるようにした。これによって板厚の調節が出来る。溶湯プールをノズルとサイドダムで囲い溶湯ヘッドを高く設定できるように配置した。注湯

* 原稿受付 2010 年 12 月 9 日

^{*1} 学生員, 群馬大学大学院 工学研究科 (〒373-0057 群馬県太田市本町 29-1)^{*2} 大阪工業大学 工学部 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1)^{*3} 正員, 大阪工業大学^{*4} 群馬大学

E-mail: t11802207@gunma-u.ac.jp

時に溶湯ヘッドによる静水圧が溶湯とロール間の熱伝達の向上につながり casting 速度の高速化に寄与する。また静水圧がかかることによってメニスカスの振動を抑制する。ノズルとサイドダムは軟鋼製の板に断熱ペーパーと断熱クロスを張り付けたものを使用した。バリの発生がロールへの固着の原因の一つであると考えたため、板厚方向のバリの発生を抑制するためにロール間隙付近のみ、けい酸カルシウム系の断熱材を使用した。 casting 中に高荷重がかかると薄板とロールが固着しやすくなる。予備実験より Mg を添加することで固着の防止に寄与することがわかっている。周速 40m/min での実験試料は Al-25%Si 合金に 5% の Mg を添加した。周速 20m/min では Mg を添加せず、Mg コーティングを施したロールでの薄板作製を行った。ロール表面を図 2 に示す。

ロール周速は 20m/min と 40m/min とした。片方のロールは可動式であり、バネによる荷重がかかっている。初期荷重は 28kN と 56kN とした。Al-25%Si 合金は固液相線間温度が広く流動性が高い。ブレイクアウトを防ぐためにより低温での注湯を行うことが有効であると考えた。注湯温度を 740℃とし半凝固注湯をおこなった。初期ロールギャップはブレイクアウトを防ぐために 0.5mm とした。初晶 Si 晶出温度に及ぼす Si 含有量の影響の計算式は $14.1 \times \text{Si 量} + 403.8^\circ\text{C}$ である⁽²⁾。Al-25%Si 合金の時の初晶 Si 晶出温度は 756.3℃となる。よって注湯時には初晶 Si が晶出し始めている状態である。半凝固注湯を行うことによりロール間隙通過後の凝固の進展によるひけ巣の抑制が期待できる。凝固距離、注湯温度は固定値とした。実験条件を表 1 に示す。

Fig.1 A vertical type twin roll caster

Table1 Experiment condition

Molten metal		Al-25%Si, Al-25%Si+5%Mg
Roll velocity[m/min]		20,40
Molten metal temperature [°C]		740
Roll	Initial load [kN]	28,56
	Initial gap[mm]	0.5
Solidification length[mm]		100

(a) Without Mg coating on the roll surface

(b) Mg coating on the roll surface

Fig. 2 Mg coating and without Mg coating on the roll surface

3. 実験結果

縦型双ロールキャスターを用いて Al-25%Si 合金の薄板の作製は可能であった。周速 20m/min では連続的な薄板の作製が可能であった。しかし周速 40m/min では連続的な薄板の作製は困難であった。ロール周速 40m/min で薄板がロールへ固着した様子を図 3(a)に薄板表面状態を図 3(b)に示す。薄板の表面状態に凹凸があり、ツヤがなかった。ロールが溶湯を均一に冷却していなかったためだと考えられる。ロール周速が速いためにロールが板固着温度まで上昇したためだと考えられる。薄板表面状態に凝固のムラが見られたのはロールの冷却能が不足、凝固距離が不足していたと考えられる。ロール周速 20m/min では Mg コーティングを施し薄板作製を行った。Mg コーティングは一度 5000 系の Al 合金でロールキャストしてロール表面を薄く白濁させたものである。ロール周速 20m/min では Mg コーティングすることで Mg を添加することなく連続的な薄板を作製する事が可能であった。Mg コーティングは離型作用があることを確認できた。

Fig. 3 Roll velocity 40m/min

周速 20m/min で作製した薄板の表面状態を図 4(a)と図 5(a)に示す。初期荷重が 28kN と 56kN で作製した薄板の板厚は中央部で 1.7mm, エッジ近傍では 1.9mm であった。本研究で設定した初期荷重では板厚への影響はなかった。薄板表面の板幅方向での中央近傍には小さな窪みが見られた。板幅方向に中央部で板厚方向に中央近傍での凝固が終了していなかったため、凝固収縮により窪みが発生したと考えられる。熱膨張によってロールが膨張することを考慮すると、ロール幅方向に中央近傍の熱伝達が良好であることが考えられる。しかし、ロール端部で成形された薄板表面状態は光沢があり窪みがなかった。よって本研究で設定した初期荷重は薄板表面の窪みにあたえる影響は少ないと考えられる。

内部組織の観察を行った。図 4(b)(c)に 28kN の初期荷重で作製した薄板の内部組織を示す。図 5(b)(c)に 56kN の初期荷重で作製した薄板の内部組織を示す。各実験条件で初晶 Si は板幅方向に中央付近で多く塊状に晶出していた。これは凝固速度が遅かったためだと考えられる。初晶 Si のサイズは初期荷重による違いはなく、40~100 μm であった。初晶 Si が多く晶出しているところで巣が発生する場合もあった。本研究で設定した初期荷重は初晶 Si のサイズ、晶出する場所には影響しなかった。

図 6 に as cast 板の共晶 Si を示す。28kN の初期荷重で作製した薄板の共晶 Si のサイズは板厚方向に中央近傍で 2~4 μm であった。ロール端部及び板表面付近では 1~2 μm であり粒状化していた。図 7 に as cast 板の共晶 Si を示す。56kN の初期荷重で作製した薄板の共晶 Si のサイズは板幅方向に中央近傍で 1~3 μm であった。板のエッジでは 1 μm 以下で粒状化していた。荷重を 28kN から 56kN に変更することによって共晶 Si が微細になることが確認できた。これは、荷重を上げることによって熱伝達が向上し、板厚方向に中央近傍の未凝固層を押し出した事に起因すると考えられる。

Fig. 4 Surface and cross section of as cast strip at Initial road of 28kN

Fig. 5 Surface and cross section of as cast strip at initial road of 56kN

Fig. 6 Micro structure of the cross section of as cast strip at initial road of 28kN

Fig. 7 Micro structure of the cross section of as cast strip at initial road of 56kN

4. 結 語

縦型双ロールキャストで初期荷重を変更して薄板を作製することが可能であった。ロール周速が 20m/min の時は連続的に薄板が作製可能であり、40m/min の時は連続的に薄板を作製する事が困難であった。初期荷重 28kN, 58kN で作製した as cast 板にはともに小さな窪みが共に見られた。本研究で設定した初期荷重は板表面状態および初晶 Si のサイズに影響を与えていなかった。Mg コーティングは離型作用があった。初晶 Si のサイズは初期荷重による違いはなく、40~100 μ m であった。28kN の初期荷重で作製した薄板の共晶 Si のサイズは板厚方向に中央近傍で 2~4 μ m であった。ロール端部及び板表面付近では 1~2 μ m であり粒状化していた。56kN の初期荷重で作製した薄板の共晶 Si のサイズは板幅方向に中央近傍で 1~3 μ m であった。板のエッジでは 1 μ m 以下で粒状化していた。

参 考 文 献

- (1) Haga, T., Takahashi, K., Ikawa, M., and Watari, H., "A vertical-type twin roll caster for aluminium alloy strip", *Journal of Materials Processing Technol.*, Vol140, (2003) pp. 610-615.
- (2) 甲藤晴康, 過共晶 Al-Si 系合金ダイカスト部材及びその製造方法, 日本国特許第 3416503 号 (2003)