高速双ロールキャスターで作製したアルミニウム合金板のエッジでのバリにサイドダムプレートが及ぼす影響*

山敷 拓也^{*1}, 白川 祐樹^{*2}, 羽賀 俊雄^{*3}, 熊井 真次^{*4}, 渡利 久規^{*5}

Effect of Side-Dam Plate on Burrs at Edges of Aluminum Alloy Strip Fabricated by a High Speed Twin Roll Caster

Takuya YAMASHIKI^{*1}, Yuki SHIRAKAWA, Toshio HAGA, Shinji KUMAI and Hisaki WATARI

^{*1} Graduate school of Osaka Institute of Technology, 5-16-1 Omiya Asahi-ku Osaka-city, 535-8585 Japan

A high speed twin roll caster is able to cast an aluminum alloy strip directly from a molten metal at high casting speed. However burrs at edges of the cast strip occurred depending on used aluminum alloy. It is the special problem, which a conventional twin roll caster didn't have. Burrs damages side-dam plate used in a high speed twin roll caster. In addition, it may affect down-stream process. We predicted that burrs are relating to flowability at semi-solidification. In this study, we adjusted side-dam plate lower end position at the casting, and investigated relationship between occurrence position of the burrs and amount of the Si. Additionally, it was added hole drilling for eliminating the burrs. We used AA6061, AC4CH, ADC12, Al-25%Si. As a result, occurrence positions of the burrs were different depending on amount of the Si. The Side-dam plate with the hole was possible to eliminate the burrs.

Key Words : Aluminum Alloy, Twin Roll Caster, Side-Dam Plate, Casting

1. 緒 言

双ロールキャスト法は溶融金属を2つの回転するロール間に注湯することにより、一工程で薄板の作製が可能である。双ロールキャスターは、おもに鉄鋼用とアルミニウム用がある⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾。先行研究よりアルミニウム用双ロールキャスターの研究を行っており、铸造速度を従来の2m/min程度と比較して30倍以上高速化した縦型高速双ロールキャスターが開発された⁽¹⁾⁻⁽³⁾。従来の双ロールキャスターはチップによる注湯のため、作製される板の幅はロール幅よりも狭い。一方、縦型高速双ロールキャスターはサイドダム方式のため、ロール幅と等しい薄板が得られる。また、縦型高速双ロールキャスターでアルミニウム薄板を铸造する場合、ブレイクアウトを防ぐためにも、鉄鋼用の双ロールキャスターと比較して10倍程度、板形成時にロール荷重が必要となる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。上記のような特徴から、合金によっては薄板のエッジにバリが著しい場合がある。形成されるバリが合金によって異なるため、バリの状態は、半凝固状態での流動性によって変化すると推測される。また、バリの影響でサイドダムプレートの一部が損傷する場合がある。損傷はロールキス部付近で顕著であることから、サイドダムプレートの位置を制御することで軽減できると推測した。

本研究では、サイドダムプレートの下端位置を調整し、バリの発生位置及び、バリの状態にSi量が及ぼす影響を調査した。また、下工程への影響を考慮し、铸造中に薄板のエッジからバリを除去し、バリの無い薄板の作製が可能か調査した。

* 原稿受付 2012 年 12 月 5 日

^{*1} 学生員, 大阪工業大学大学院 工学研究科 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1)

^{*2} 学生員, 大阪工業大学

^{*3} 正員, 大阪工業大学

^{*4} 東京工業大学

^{*5} 群馬大学

E-mail: mlm11436@st.oit.ac.jp

2. サイドダムプレートの位置によるバリの状態の調査

2・1 実験装置及び、実験条件

図1に本研究で使用する縦型高速双ロールキャスター (Vertical type High Speed Twin Roll Caster: HSTRC) の概略図を示す。装置は一对のロール、ノズルプレート、サイドダムプレート (Side-dam plate: SP)、荷重ばねから構成される。ロールは直径 300mm、幅 50mm で、材質は銅である。本研究で用いる SP の概略図を図2に示す。板厚 3.2mm の軟鋼板にガラス繊維断熱材を被覆している。本研究では薄板エッジでのバリを分類した (図3)。(a)縦バリ、(b)横バリ、(c)バリなしとする。 casting 時、縦バリが発生した場合には SP のロールキス部付近に削られた跡が残る (図2(b))。SP 下端の位置を調整することで、縦バリが横バリに変化する範囲、すなわち、バリの発生開始範囲の特定が可能であると推測した。縦バリが横バリとなる SP 下端の位置を調査するため、ロールの中心間を結ぶ線上を基準位置 L_C として、SP を上方に 25mm まで 5mm 間隔で調節可能にしている (図1)。まず、バリの発生開始位置をある程度推測するため、SP 下端を位置 L_C に合わせて実験を行い、バリによってできた跡の SP 下端からの高さを計測した。供試材は、Al-1%Si (6061), Al-7%Si (AC4CH), Al-11%Si (ADC12), Al-19%Si (AC9B) である。主となる casting 条件は、注湯温度スーパーヒート 20℃、ロール周速 60m/min、凝固距離 100mm、初期荷重 376.8N/mm とした。

Fig.1 Vertical type High Speed Twin Roll Caster

Fig.2 Side-dam plate. (a)Before experiment, (b)After experiment

Fig.3 Shape of burrs at edges of cast strips

2・2 サイドダムプレートの位置がバリの状態に及ぼす影響

各合金で SP 下端を位置 L_C で実験を行い、SP にみられる跡の L_C からの高さについて計測した。結果は、6061 合金では 15mm 程度であり、その他の合金は 25mm 程度であった。計測で得た高さをバリが発生開始する推測位置 L_D とした。SP 下端の位置を位置 L_D に合わせ、各合金で実験を行った。いずれの合金においても、SP の下端から溶湯の漏れや、as-cast 板の板厚が薄く、金属光沢が少ない状態であった。推測位置 L_D から、縦バリが発生するまで 5mm 間隔で SP 下端の位置を下げて実験を行った。6061 合金では基準位置 L_C から 5mm、他の合金においては 15mm から横バリとなり、SP に跡がなくなかつ、金属光沢のある薄板の作製が可能であった。上記よりも低い位置では縦バリとなり、SP に跡が残ることから、6061 合金では L_C から 5mm、その他の合金では 10mm から 15mm の範囲でバリがはみ出し始めると考えられる。図4に SP 下端位置 L_C から 5mm の条件で作製した 6061 合金薄板、 L_C から 15mm の高さで作製した AC4CH, ADC12, AC9B 薄板を示す。合金によって、薄板の板幅方向にはみ出したバリの状態に差がみられたため、はみ出したバリの長さを計測した。6061 合金薄板では 1mm から 2mm、その他の合金は 4mm から 5mm であった。Si 量が 7%以上の Al-Si 系合金においては Si 量の増加に関係なく、はみ出したバリの長さに差異がなかった。バリの発生位置やはみ出した長さが Si 量によって変化することから、半凝固状態での流動性の差がバリの状態に影響していると考えられる。6061 合金は、液相線直下の準固相領域で半

Fig.4 As-cast strips with horizontal burrs. Upper: Surface of as-cast strips, Lower: Around burrs at edges of as-cast strips

凝固状態の流動性がなくなるため、ロール荷重が最も加わるロールキス部付近でバリがはみ出し、Si 量 7%以上の合金では、半凝固状態の流動性が高いため、半凝固層が合流すると推測されるロールキス部から比較的高い位置でバリがはみ出したと考えられる。Si 量 7%以上の合金は、それぞれ固液相線範囲が異なるがバリの発生位置、大きさに差異がなかった。これには半凝固状態での流動抵抗が関係していると考えられるため、今後、調査の必要があるといえる。バリの状態は横バリとなったが、バリの厚みは 6061 合金で板厚とほぼ等しく、Si 量 7%以上の合金では板厚よりもバリは厚かった。

3. 四角穴を付与したサイドダムプレートがバリの状態に及ぼす影響の調査

3・1 実験条件

SP の位置を調整することでバリの状態は横バリとなり、SP の損傷を軽減できることは可能であった。しかし、バリの厚みが板厚よりも厚くなるため下工程に影響する。そこで、SP に四角穴を付与することにより、 casting 中、バリになると推測される未凝固物が四角穴から放出され、四角穴の下端において未凝固物をせん断して除去できるのではないかと考えた。図 5 に四角穴付き SP、図 6 に推測される casting 中の様子の概略図を示す。四角穴の条件は、高さによる影響のみを調査するため幅は 10mm とし、四角穴の下端は L_c で固定し、上端を L_E と定義して L_c から 5mm, 10mm, 15mm, 20mm で実験した。断熱材は、成型性の良いセラミックファイバー製紙状断熱材に変更した。SP の材質は軟鋼板である。供試材は、上記試料の中でバリが最も発生する ADC12 とした。 casting 条件は、注湯温度スーパーヒート 20℃、ロール周速 60m/min、凝固距離 100mm、初期荷重 376.8N/mm とした。

Fig.5 Side-dam plate with quadrilateral hole

Fig.6 Schematic of the casting

3・2 サイドダムプレートの四角穴がバリの状態に及ぼす影響

四角穴上端 L_E が 10mm から 20mm の条件では連続した薄板の作製が可能であった。薄板のエッジの状態は、15mm, 20mm でバリなし、10mm では稀に縦バリがみられた。 L_E が 5mm では断続した薄板となり、縦バリが顕著にみられた。 L_E が 5mm ではバリの発生位置より低いため縦バリが形成される。10mm では、バリの発生位置よりも低いため縦バリが形成されるが、 L_E が 5mm の場合と比較して固相率が低かったため、四角穴を通過する際にある程度は除去され、わずかに縦バリが残存したと考えられる。図 7 に L_E が 10mm 及び、15mm の条件で作製した薄板とそれらのエッジの状態を示す。エッジの状態から L_E は 15mm から 20mm が適切であると判断したが、 casting 中の四角穴から放出される未凝固物の放出量に差異があったため、それらを採取し、薄板の重量に対する放出量の割合を比較した。 L_E が 15mm では 12%, 20mm では 34% であった。 L_E が高くなるに伴い、液相率が高くなるため、四角穴からの放出量が増え、歩留りが低くなると考えられる。 L_E をバリの発生位置よりもわずかに高く設定することにより、歩留りが高く、良好な薄板の作製が可能であると考えられる。

Fig.7 As-cast strips cast with the use of SP with quadrilateral hole

4. 結 言

本研究では、Al-Si 系合金を供試材とし、SP 下端の位置を調整することで薄板エッジのバリの発生位置及び、バリの状態に Si 量が及ぼす影響を調査した。また上記の実験結果より、SP に四角穴を付与し、 casting 中にバリの除去が可能であるかの調査も行った。

バリの発生開始位置をある程度特定し、SP の下端位置をバリの発生位置よりもわずかに上方に調整することで、薄板エッジのバリの状態を縦バリから横バリに変化させることが可能であった。Si 量によって、バリの発生位置やバリの大きさに差異がみられた。Si 量 1% の合金は Si 量 7% 以上の合金と比較し、バリの発生位置は低く、バリの大きさは小さかった。Si 量 7% 以上ではバリの発生位置及び、バリの大きさに差異がなかった。

バリの状態を横バリにすることは可能であったが下工程への影響を考慮し、バリを除去するため、SP に四角穴を付与した。四角穴の下部でバリになると推測される未凝固物をせん断することは可能であった。四角穴の条件によっては歩留まりが低くなるため、歩留まりを高くするための最適な四角穴の大きさ、または、穴の形状を調査することが課題である。

文 献

- (1) 羽賀俊雄, “アルミニウム合金用双ロールキャスタ”, 軽金属学会, Vol. 59, No.9 (2009), pp. 509-520.
- (2) T. Haga, H. Sakaguchi, H. Watari, S. Kumai, “High speed twin roll caster for aluminum alloy thin strip”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol.24(2007), pp. 365-371.
- (3) T. Haga, M. Ikawa, H. Watari, S. Kumai, “High speed twin roll casting of Al-3Si-0.6Mg strip”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol.17(2006), pp. 337-340.
- (4) 溝口利明, 宮沢憲一, “18Cr-8Ni ステンレス鋼の双ロール casting における凝固組織の形成”, 鉄と鋼, Vol.81, No.1 (1995), pp.58-63.
- (5) 溝口利明, 宮沢憲一, 上島良之, “双ロール式ストリップ casting における铸片表面性状とメニスカス形状の関係” 鉄と鋼, Vol.81, No.6 (1995), pp.31-36.