2層クラッド材を用いた半溶融成形

石原 拓也^{*1}, 柘植 浩志^{*2}, 羽賀 俊雄^{*3}, 熊井 真次^{*4}, 渡利 久規^{*5}

Two layer clad strip for Semi solid forming

Takuya ISHIHARA^{*1}, Hiroshi TSUGE^{*2}, Toshio HAGA^{*3},Shinji KUMAI^{*4} and Hisaki WATARI^{*5}

Graduate school of Osaka Institute of Technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585 Japan

^{*3}Osaka Institute of Technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585 Japan^{*4}Tokyo Institute of Technology, 4259, Nagatsuda, Midoriku, Yokohama city, 226-8502 Japan^{*5}Gunma University, 1-5-1, Tenjin, kiryu city, 376-8515 Japan**Key Words** : Semi solid forming, clad strip, Twin roll caster, Aluminum alloy

1. 結 言

地球温暖化の観点から、CO₂排出削減が課題となっている。CO₂は、主に工場などから排出されている。工場ではCO₂排出削減をするためには部品を省工程で製造する必要がある。多くの工程を経て製造される板材にアルミニウム合金クラッド材が双ロールキャスターを用いて省工程で作製可能と報告されている⁽¹⁾。本研究ではスクレイパーを装備した縦型双ロールキャスターを用いて融点が異なる 3003 合金と AC4C 合金を用いた 2 層クラッド材の作製を行った。2 層クラッド材を用いて新しい加工プロセスとして 2 層クラッド材を用いた半溶融成形を考案した。2 層クラッド材を用いた半溶融成形は薄物の成形が可能で生産性が高いことからダイカストのリブ立ちなどの薄物の加工が可能である⁽²⁾利点とプレス成形が持つダイカストと比べ生産性が高い⁽³⁾利点の 2 つの加工プロセスの利点がある。また、融点が異なる 3003 合金と AC4C 合金を用いた 2 層クラッド材を用いることで、AC4C 合金が半溶融状態となるまで加熱しても 3003 合金は固相線を超えない。このことから 3003 合金を下側にして加熱することで 2 層クラッド材は容易に搬送が可能と考えられる。本研究では、スクレイパーを装備した縦型双ロールキャスターを用いた 2 層クラッド材の作製と 2 層クラッド材を用いたリブ立ちの作製の可能性を調査した。

2. 2 層クラッド材の作製

2・1 スクレイパーを装備した縦型双ロールキャスター

スクレイパーを装備した縦型双ロールキャスターとスクレイパーの周辺の様子を図1に示す。装置はロール、スクレイパー、荷重ばね、バックダムから構成されている。スクレイパーは回転支持とすることでロールの表面に形成される凝固層の厚みに追従する。スクレイパーの自重によりロール面に対して垂直方向に荷重をかけることで、凝固層上に存在する半凝固層をかき取ることが可能である。ロール上に成形された第1層の凝固層を引きだすことで第1層が空気に触れることなく第2層の溶湯プールに挿入することが可能である。ロールの材質は銅で、寸法は直径300mm、幅45mmである。

^{*1} 学生員, 大阪工業大学大学院 工学研究科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)^{*2} 大阪工業大学大学院 工学研究科^{*3} 正員, 大阪工業大学^{*4} 東京工業大学^{*5} 正員, 群馬大学

E-mail:m1m11404@st.oit.ac.jp

(a) Schematic illustration of a vertical type twin roll caster with a scraper

(b) Schematic illustration of a scraper

Fig.1 Schematic illustration of a vertical type twin roll caster with a scraper

2・2 実験条件と実験結果

AC4C 合金（固相線：555℃，液相線：610℃）と 3003 合金（固相線：643℃，液相線：655℃）を用いた 2 層クラッド材の作製を試みた。AC4C 合金の注湯温度は 610℃（液相線温度+15℃），3003 合金の注湯温度は 670℃（液相線温度+15℃）に設定した。ロール荷重 4.4kN，ロール周速 30m/min，スクレイパー自重 2.0kg とし実験を行った。実験条件と実験結果を図 2 に示す。作製したクラッド材の断面状態を観察した結果界面に剥離が見られないことから接合していると判断した。よって，2 層クラッド材の作製は可能であった。

(a) Experiment condition of two-layer clad strip casting

(b) Observe of cross section of a two-layer clad strip

Fig.2 Schematic illustration of two-layer clad strip operation of a clad strips casting

3 2 層クラッド材を用いた半溶融成形

3・1 AC4C 合金が半溶融状態における 2 層クラッド材の形状

板厚が 2mm から 3mm の AC4C 合金板を半溶融状態まで加熱すると AC4C 板が垂れ下がるために搬送することは困難である。そこで融点が異なる材料として 3003 合金と AC4C 合金を用いた 2 層クラッド材を使用することで AC4C 合金が半溶融状態の温度では 3003 合金の固相線まで達していない。そのため 3003 合金を下側に，AC4C 合金を上側にして AC4C 合金を半溶融状態まで加熱しても 2 層クラッド材を持って搬送が可能であると考えた。図 3 のように，2 層クラッド材を炉内で水平方向に固定して 600℃まで加熱して観察した。2 層クラッド材は折れ曲がっていないことから，AC4C 合金を半溶融状態まで加熱してもクラッド材のエッジを持って搬送が可能であると考えられる。

Fig.3 Two-layer clad strip heated up to 600°C

3・2 2層クラッド材を用いた半溶融成形のプロセス

実験手順の概略図を図4に示す。本研究での実験手順は作製した2層クラッド材を用いて冷間圧延を行い、2層クラッド材から1辺が20mmの正方形の実験試料を切り出す。試料を電気炉で加熱し、金型を設置したプレス機まで搬送し試料を下型に設置する。プレス機を用いて荷重をかけることで実験を行った。2層クラッド材に半溶融成形に使用した金型の写真を図5に示す。材質は軟鋼とした。金型の凸部に幅1mm、深さ5mm、長さ15mmの溝を加工した。

Fig.4 Schematic illustration of the experiment procedure of semi solid forming

Fig.5 Photo of forming dies

3・3 実験条件と実験結果

2層クラッド材のAC4C合金に厚さ1mm、高さ5mm、長さ1mmのリブ立ちの作製が可能となる温度の調査を行うために試料と金型を同じ温度に加熱した。試料と金型の温度は固相線近傍、固相線と液相線間の温度、液相線近傍の温度に設定をした。実験条件は金型と試料の温度が560℃、580℃、600℃に設定した。荷重は20MPaとした。実験結果を表1に示す。試料と金型の温度560℃では、リブの高さが0.7mmとなり他の条件と比べ低い。試料と金型の温度580℃、600℃では作製されたリブの高さがそれぞれ4.8mm、5.0mmとなり試料と金型の温度560℃と比べリブ立ちが高くなっている。これはAC4C合金が一定の温度を超えると液相率が急激な増加を示すからであると考えられる。金型の溝の深さと同じ高さになっていることから600℃では2層クラッド材に1mmのリブ立ちの作製が可能となると考えられる。このため試料の温度は600℃で実験を行うことにした。

次に金型の温度を下げて実験を行った。型の温度は600℃から50℃ずつ低下させて実験を行った。350℃までリブ立ちの作製が可能であった。金型が350以下でリブ立ちを作製した実験結果を表2に示す。金型温度が300℃までリブ立ちの作製が可能であった。

Table1 Effect of convex height on proper temperature for semi solid forming

Surface condition
Temperature of experiment sample and forming dies (°C)	560	580	600
Cross section of the convex
convex height (Max 5mm)	0.7	4.8	5.0

Table2 Effect of convex height on temperature of forming dies

Surface condition
Temperature of forming dies (°C)	250	300	350
Temperature of experiment sample (°C)	600	600	600
Cross section of the convex
convex height (Max 5mm)	4.1	4.6	5.0

4. 結 言

本研究で考案したスクレイパーを装備した縦型タンデム双ロールキャスターを用いて、低融点材と高融点材の2層クラッド材の作製が可能であった。2層クラッド材に幅1mmのリブ立ちの作製が可能となる温度を調査した。試料の温度が600℃で実験を行うとリブ立ちの作製が可能であった。2層クラッド材を用いた半溶融成形が可能である。金型の温度を下げて実験を行った。300℃までは成形が可能であったことから金型の温度を下げて2層クラッド材を用いての幅1mmのリブ立ちの作製が可能であると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 中村亮司, 羽賀俊雄, 熊井真次, 渡利久規 “クラッド材作製用縦型タンデム双ロールキャスターの特性”
日本機械学会論文集 第57巻, 第779号 (2011-7), pp1065-1068
- (2) 西直美 “ダイカストの歩み” 軽金属(2007) Vol.57, No. 4 pp163-170
- (3) 半谷禎彦・北川総一郎, 天田重康 “圧縮荷重負荷によるアルミニウム合金ダイカストの注巣欠陥の低減”
軽金属(2006) Vol.56, No. 2, pp112-116
- (4) 鎌土 重晴・小島 陽, 軽金属の半溶融・半溶融加工 軽金属(2000) Vol.50, No. 12, pp682-688