

新 SCR 機による半凝固処理材の製造 (せん断冷却ロール法による半凝固処理金属の製造— 4)

Manufacturing of Semi-solid Metals by New SCR Machine
—Manufacturing of Semi-solid Metals by SCR (Shear-Cooling Roll) Process-4—

杉 山 澄 雄*・木 内 学*・柳 本 潤*・田 辺 明 三*
Sumio SUGIYAMA, Manabu KIUCHI, Jun YANAGIMOTO and Akizo TANABE

1. はじめに

筆者らは、金属溶湯に半凝固化処理を施し、均一・微細かつ等軸結晶組織を有する金属素材を製造する技術に関する一連の研究を行っている。

既報では、せん断冷却ロール法 (SCR 法) により、アルミ合金^{1)・2)} および鉄合金⁴⁾ の半凝固処理材の製造を試み、製造法の長所・短所ならびに処理材の外観性状・内部組織について明らかにするとともに、処理材の一軸圧縮試験⁵⁾・押し出し加工試験³⁾を行い、その機械的特性および二次加工特性について検討した結果を報告した。

本報では、新たに製作した高速形せん断冷却ロール装置 (新 SCR 装置) を使用し、(1) 被加工材処理量の増加、(2) ロール回転速度すなわちせん断速度の高速化、などを実現しつつ半凝固処理金属の製造を試みたのでその結果について示す。

2. 新旧 SCR 装置の比較

新 SCR 装置は、旧 SCR 装置と同様に、ロール・固定冷却シュー・ストリッパから構成されている。図 1 に新 SCR 装置の概観を示す。旧 SCR 装置と比較し、ロール径・ロール幅・モータ出力がそれぞれ 1.5 倍、3 倍、5 倍大きくなったこと、ロール回転速度が約 3 倍、ロール周速度に換算すると約 4.4 倍高速化した点が主な相違点である。表 1 に新旧 SCR 装置の主な仕様を比較して示す。

3. 実験条件ならびに実験方法

被処理材にはアルミ合金 A2017 を用いた。A2017 はアルミ中に銅成分を約 4% 含むが、その化学成分を表 2 に示す。

製造条件因子としては、旧 SCR 装置の場合と同様に、(1) 溶湯温度、(2) 工具 (ロール・固定冷却シュー) の予熱温度、(3) ロールと固定冷却シューとで形成される

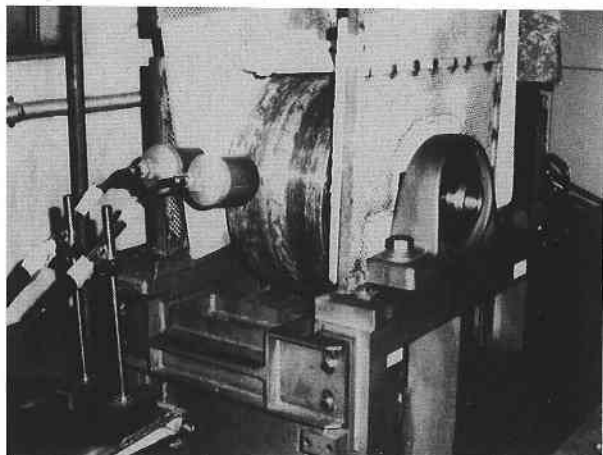
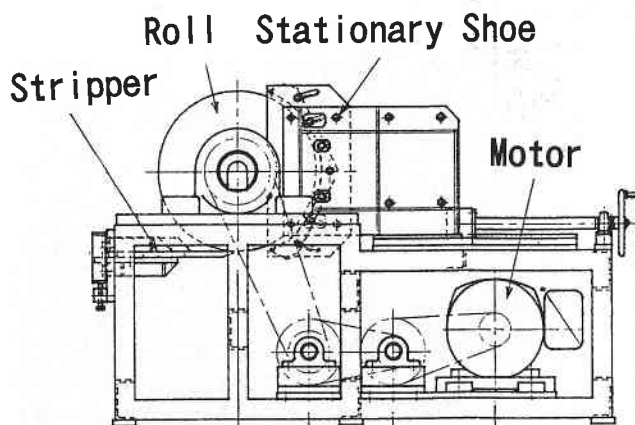


図 1 新 SCR 装置の概観

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

研究速報

表1 新旧SCR装置の比較

	New SCR Machine	Old SCR Machine
Roll diameter /mm	600	400
Roll barrel width /mm	300	100
Roll speed /rpm	0~300	3.9~112
Torque Kg·m	max. 100	max. 30
Rolling force /ton	max. 20	max. 2
Roll material	S45C	S45C
Motor power /Kw	37	7.5

表2 A2017の化学成分 (Wt. %)

Si	Fe	Cu	Mu	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr+Ti	Al
0.72	0.31	3.82	0.68	0.52	0.02	0.09	0.02	0.02	Re.

表3 実験条件一覧表

Spec. mat.	Melting point/°C	T/T _L	T _T /T _L	L/mm	R/rpm (m·s ⁻¹)
A2017	635	1.00~1.07	0.03~0.63	13	74~324 (2.3~10.2)

T : Temperature of supplied molten metal.
 T_L : Liquidus temperature of tested alloy.
 T_T : Average temperature of roll and shoe surfaces.
 L : Gap between roll and shoe at intermediate position.
 R : Revoluntional speed of roll.

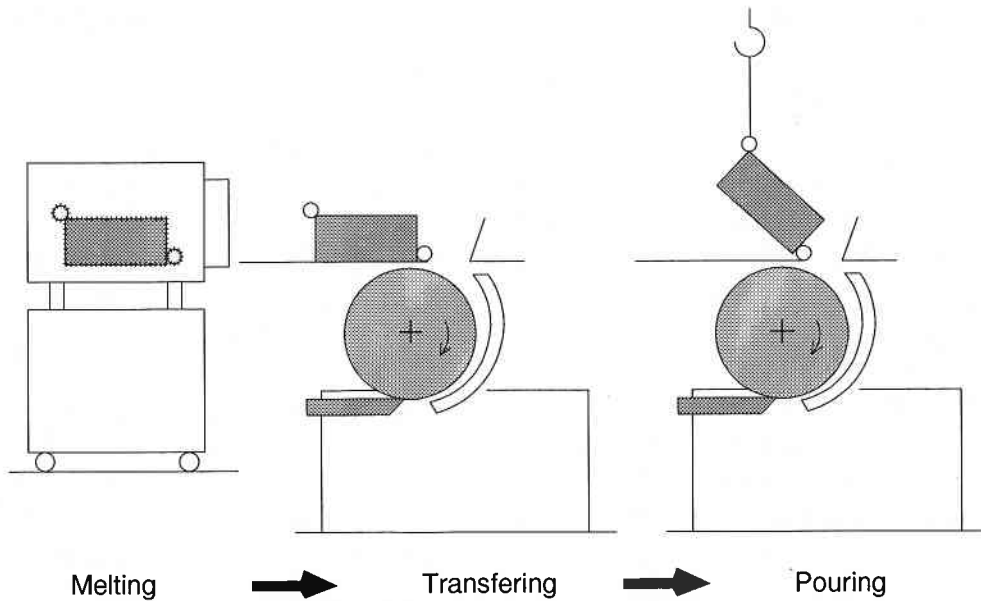


図2 実験方法の概略

間隙の形状寸法, (4) ロール回転速度, が挙げられる。今回の実験では, 溶湯温度ならびにロール・固定冷却シューの間隙は一定とし, 工具の予熱温度とロール回転速度を表3に示す範囲内で変化させ実験を行った。なお, ロールと固定冷却シューとが形成する間隙は, 入口部が30mm, 中央部が13mm, 出口部が17mmになるように設定した。

実験方法の概略を図2に示す。被処理材の溶解には, 箱形坩堝 (50×30×20cm) を使用し, これを溶解炉に入れて行った。ロールと固定冷却シューの予熱は, プロパンガスバーナー (口径φ100mm, ガス消費量9.0kg/h) を数本用い行った。今回の実験ではロールと固定冷却シューの予熱温度がほぼ同じになるようにし, 最高400°C程度まで予熱

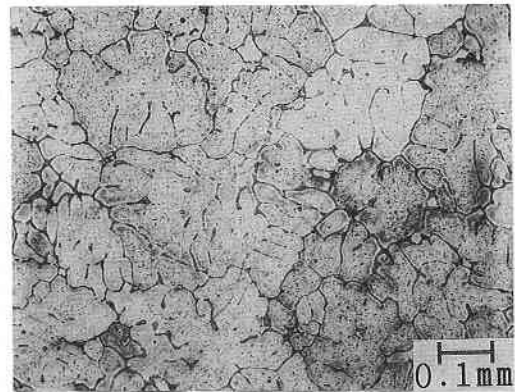
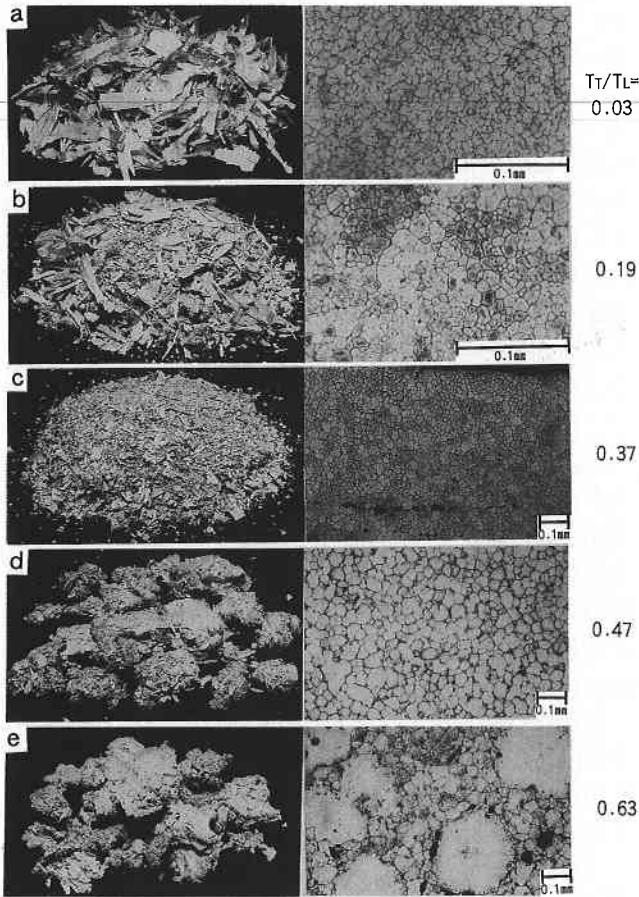


図3 A2017供試材 (鑄造材) の内部組織



R=324rpm, $T/T_L=1.00\sim 1.03$

図 4 ロール・固定冷却シューの予熱温度が製品性状におよぼす影響

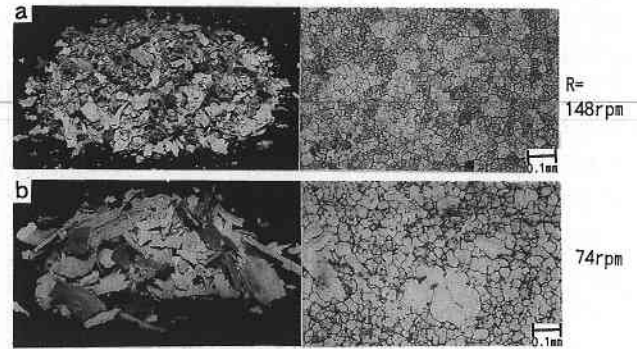
した。溶湯ならびにロールと固定冷却シューの予熱が所定の温度に達した後、坩堝を炉から取り出し、速やかにロールの上方まで移動させ、注湯は、坩堝を傾斜させ、溶湯がロールと固定冷却シューの間隙からあふれ出ない程度に、ロールの上部に直接滴下させて行った。間隙を通過した処理材は、ロールの下方に設置した容器に収納し、大気中放冷により冷却した。

4. 実験結果ならびに考察

図 3 は、購入した A2017 鋳造材の内部組織を示す。結晶粒は樹枝状を呈し、その大きさはおよそ 0.1~0.3mm であることがわかる。

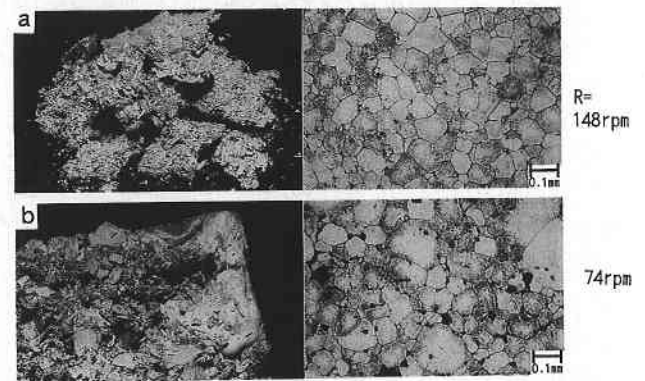
4.1 ロール・固定冷却シューの予熱温度が製品性状におよぼす影響

図 4 は、ロール・固定冷却シューの予熱温度が処理材の外観性状と内部組織におよぼす影響について示す。予熱温



$T_T/T_L=0.17\sim 0.19, T/T_L=1.01\sim 1.07$

図 5 ロール回転速度が製品性状におよぼす影響



$T_T/T_L=0.47\sim 0.56, T/T_L=1.01$

図 6 ロール回転速度が製品性状におよぼす影響

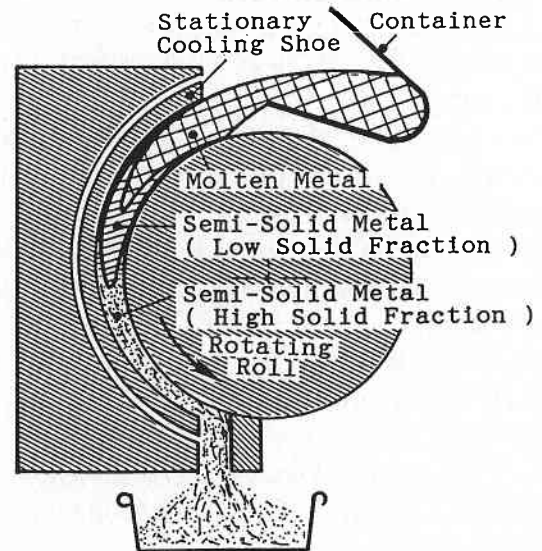


図 7 製造過程の様子

研究速報

度の上昇とともに外観性状は、箔片状→粉末状→スラリー状と変化している。内部組織をみると、箔片状に排出された処理材は直径10 μm 程度の等軸晶になっており、粉末状処理材では30 μm から50 μm の球形の等軸晶、スラリー状処理材では30 μm から50 μm の等軸晶と150~200 μm の等軸晶が混在していることがわかる。

4.2 ロール回転速度が製品性状におよぼす影響

図5は、ロール・固定冷却シューの温度が約100 $^{\circ}\text{C}$ ($T_T/T_L=0.17\sim 0.19$)の際の、ロール回転速度が異なる場合の、半凝固処理材の外観性状と内部組織を示す(図4b参照)。ロールの回転速度が遅くなるほど、外観性状は、箔片状→チップ状→板状に変化している。内部組織については、ロールの回転速度が低くなると、結晶粒が10~30 μm から20~50 μm さらにに100 μm 以上の等軸晶となり、粗大化することがわかる。

図6は、ロール・固定冷却シューの温度が約300 $^{\circ}\text{C}$ ($T_T/T_L=0.47\sim 0.56$)の際の、ロール回転速度が異なる場合の、半凝固処理材の外観性状と内部組織を示す(図4d参照)。粉末状→チップ状から次第にスラリー状となっている。内部組織をみると、ロールの回転速度が遅くなるにつれて、結晶粒が20~50 μm から70~130 μm さらにに150 μm 以上の等軸晶となり、粗大化していることがわかる。

4.3 製造過程中的被処理材の挙動

上記に示した外観性状および内部組織をもつ半凝固処理材の製造過程については以下のように推定される。図7にその様子を模式的に示す。

- (1) ロール表面ならびに固定冷却シューに接触した溶湯は瞬時に冷却され、ロール表面ならびに固定冷却シュー上の一部に凝固層が形成される。
- (2) 形成された凝固層の一部または多くは、はく離して溶湯中に分散し、新たな凝固層が形成される。このような現象が繰り返される。
- (3) 溶湯すなわち被処理材はロールの回転によってせん断力を受け、攪拌あるいはせん断を受けつつ間隙の奥(下方)に移動する。
- (4) ロールならびに固定冷却シューとの新たな接触によって被処理材はさらに冷却され、完全溶融域が消滅し、半凝固状態に変化する。
- (5) 高固相率(約0.6以上)状態にある半凝固材をさらに冷

却しつつ、せん断力を付加すると、結晶粒界が容易に分離し、被処理材は分断される。

(1)から(4)または(5)までの一連の状態が、抜熱速度との関係で、間隙内のどの位置で完了するかによって、処理材の外観性状が、箔片状・チップ状・粉末状・スラリー状になるものと推測される。結晶粒の微細化には冷却速度が大きく影響することが一般的に知られているが、SCR法では、冷却効果とせん断効果がバランスが良く作用する結果、結晶粒の微細化と等軸晶化が他の半凝固処理法と比較して一層促進されているものと思われる。

5. ま と め

新たに製作した高速形せん断冷却ロール装置(新SCR装置)を使用し、半凝固化処理金属の製造を試みた。その結果、ロールならびに固定冷却シューの予熱温度が高くなるにしたがい、また、ロールの回転速度が遅くなるにしたがい、箔片状→チップ状→粉末状→スラリー状と外観性状が変化し、結晶粒は、等軸晶で、10 μm から150 μm 以上に粗大化してくることがわかった。

高速形の新SCR機を用いた半凝固処理金属の製造に関する研究は始まったばかりであり、いまだその処理特性が不明な点が多い。一部に、旧型の試験機により得た知見と異なる点もある。今後、

- (1) ロール速度をさらに高速化した場合、
 - (2) ロールおよび固定冷却シューの予熱を違えた場合、
 - (3) ロールと固定冷却シューの間隙の形状寸法を変えた場合、
 - (4) 被処理材(溶湯)の加熱温度をさらに高くして注湯した場合、
- などに関する検討を進める予定である。

なお、最後に、注湯装置等の製作にあたり御協力いただいた東京大学生産技術研究所・試作工場 白髭岩男技術官に謝意を表する。
(1994年6月23日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内 学・杉山澄雄：平3春塑加講論，(1991)，1。
- 2) 木内 学・杉山澄雄：平3春塑加講論，(1991)，5。
- 3) 杉山澄雄・木内 学・柳本 潤：43回塑加連講論，(1992)，465。
- 4) 杉山澄雄・木内 学・柳本 潤：平5春塑加講論，(1993)，269。
- 5) 杉山澄雄・木内 学・柳本 潤：44回塑加連講論，(1993)，667。