

(株)レオテックにおける 半凝固加工プロセスの研究開発概況

難波 明彦／(株)レオテック

はじめに

「半凝固加工プロセス」¹⁾とは、液相と固相が共存した半凝固金属スラリーを製造し、それを直接成形加工して最終製品に近いものを作ろうとするプロセスである。このプロセスの特徴と期待する効果は、図1に示すように数多く挙げられている。(株)レオテックでは、このような期待に基づいて、1988年3月より官民共同のプロジェクトとして、半凝固金属の製造および加工プロセスに関する要素技術の研究開発を行っている。本稿では、最終段階にある研究開発状況を概説する。

半凝固金属の連続製造

半凝固金属を連続的に製造する方法として、電磁攪拌と機械攪拌の2方式を取り挙げ、その比較評価と、それぞれの方式での連続、安定製造に関する要素技術の研究開発している。また、新たに考案された剪断冷却ロール方式についても基礎実験を進めている。

電磁攪拌方式

電磁攪拌方式による半凝固金属の連続製造技術は、Al合金については工業化のレベルに達している所もある。レオテックにおいては、主としてCu合金、Fe合金の高融点金属を対象とした研究を進めている。その実験装置をストリップ・キャスターと連結した状態で図2に示す。溶湯はタンディッシュから電磁攪拌用コイルを装備した攪拌・冷却槽を経由し、下部の加熱ノズルからスラリー状で排出され、ストリップ・キャスターに直接供給される。溶湯が高速回転することにより壁面近傍に鋭く立上がるのを防止するため、耐火物製の中子を配備していることが特徴の1つであ

る。この装置を用いて、Cu-Sn合金、2.5%C鉄、0.1～0.6%C鋼、SUS310などの成分系について、半凝固金属を連続的に製造する実験を行い、いずれの成分系においても粒状の初晶が混在したスラリーとなり、固相率が0.3程度まで連続的に製造できることを確認した。図3に2.5%C鉄で、溶湯(スラリー)の回転速度と固相率の関係を調査した結果を示す。固相率が0.3を超えると回転速度は急激に低下しており、これはスラリーのみかけ粘度が上昇し連続的にノズルから排出できなくなる固相率とほぼ一致しており、本方式により製造できる固相率の限界を示すものと考えられる。

本装置で製造した半凝固金属を直接ストリップ・キャスティングし、溶湯を供給した場合と品質、操作性を比較評価する実験を進めている。現在までに、溶湯を供給した場合に比べ、 casting速度は大きくできること、castingの安定性(ブ

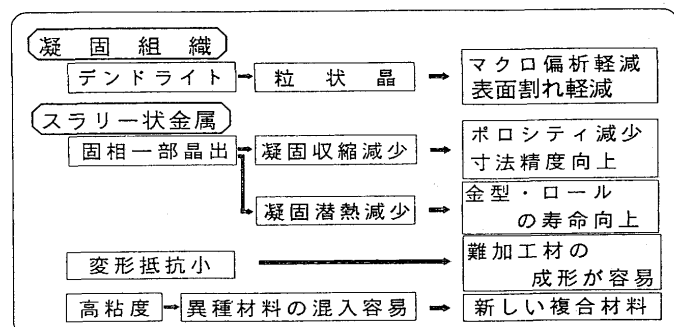


図1 半凝固加工プロセスの特徴と期待する効果

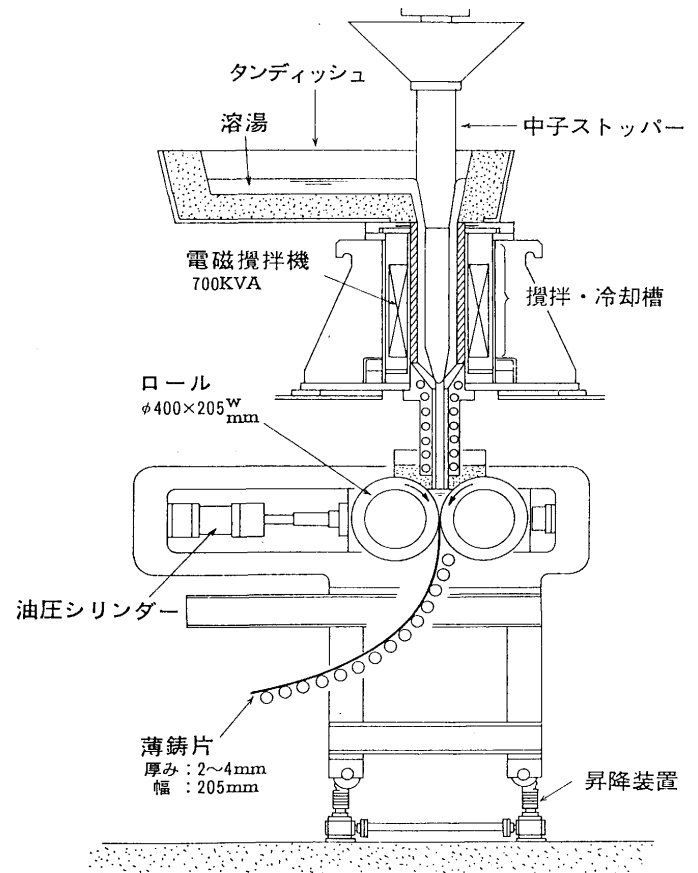


図2 電磁攪拌式半凝固金属製造装置とストリップ・キャスター

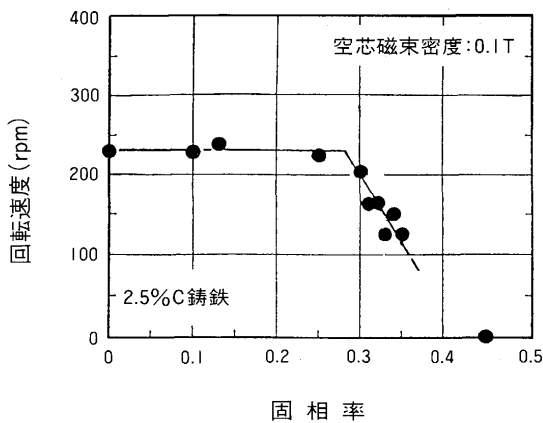


図3 電磁攪拌方式における固相率と回転速度の関係

レークアウト、バルジング)に優れ、品質(表面割れ)に有利であることなどを見出している。

機械攪拌方式

攪拌を機械的に行う方式についても図4に示す装置を用いて調査・研究を行っている。本方式の特徴の1つは、低固相率から高固相率まで広範囲の半凝固金属が製造できることである。スラリー中の初品の粒状化は電磁攪拌方式により得られたものとほぼ同様である。Al合金では固相率0.4までの連続製造が可能なことを確認し、高融点金属のCu合金、鋳鉄系については、その到達固相率を確認中である。

剪断冷却ロール方式²⁾

機械攪拌方式の1種ではあるが、高固相率、高冷却速度で半凝固金属を製造する狙いで新たに考案された剪断冷却ロール方式について基礎研究を進めている。図5に示すように、溶湯はロールにより冷却されるとともに、固定板との間で剪断力が加えられスラリー状で送り出される。また、ロール表面に成長する凝固シェルはスクレーパーによりスラリーとともに下方へ排出される。この装置を用いたAl-10% Cu合金の実験で得られた、冷却速度と初晶粒の換算粒径(スラリー中の初晶粒が凝固完了まで単純成長したと仮定した粒径)の関係を図6に示す。本方式は他の機械攪拌方式に比べ、高冷却速度でより微細な初品を含む半凝固金属を製造できる。また固相率はロール回転数を変えることにより制御でき、最高0.5の固相率で連続製造することができた。高融点金属で実験を現在継続中である。

金属基複合材料の製造(コンポキャスト法)

半凝固金属の高粘度を利用して、セラミックなどの異相材を添加、混合し、均一分散した複合材料を製造するための研究を行っている。さらに、複合した鋳塊を再溶解後連続鋳造してビレット状にし、それを半溶融状態に再加熱して静水圧押し出し法で棒状複合材料を製造し、その特性を調査している。マトリックスはAl合金で、異相材としては40 μ m

から1 μ m径のSiC粒子またはSiCウィスカを用いて実験し、それぞれの均一分散条件(雰囲気、固相率、添加速度など)を把握した。また、押し出し加工により、伸びを伴った剛性の大きいAl合金基の複合材料を得ることができた。

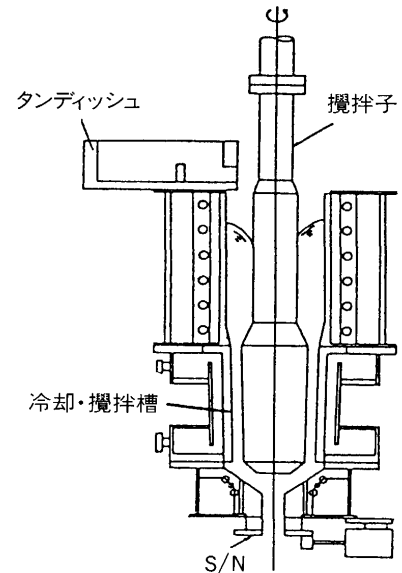


図4 機械攪拌式半凝固金属製造装置

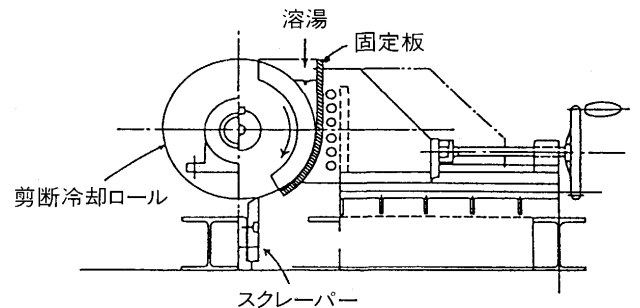


図5 剪断冷却ロール式半凝固金属製造装置

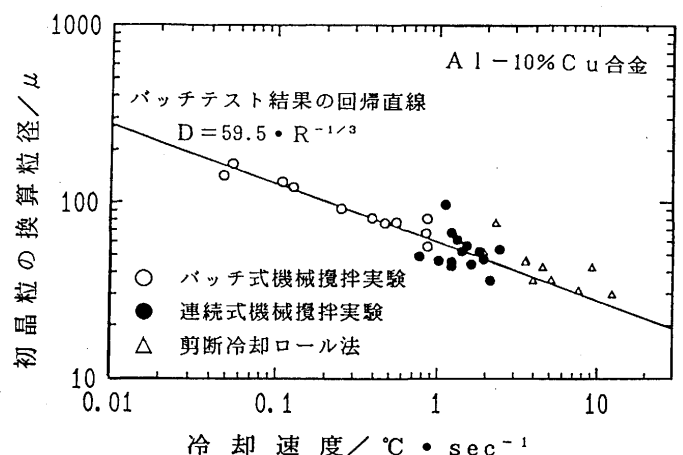


図6 半凝固金属製造時における冷却速度と換算粒径の関係

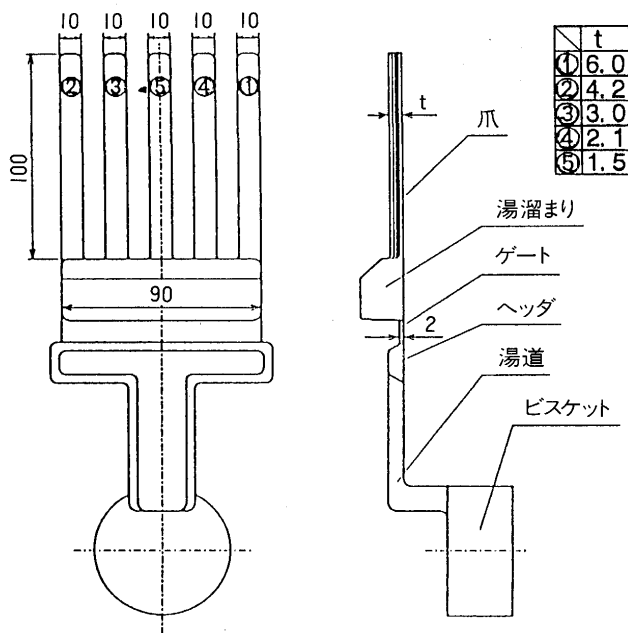


図7 ダイカスト製品形状

半凝固金属の加工

半凝固金属の加工プロセスとしては、半凝固金属をスラリー状態のまま直接加工装置に供給し成形するレオフォーミング法と、半凝固金属を一旦ビレット連铸などで凝固完了させた後、固液共存領域まで再加熱し加工するチクソフォーミング法がある。両法について、Al合金からより高融点金属である鋳鉄、SUS系までを対象に、主としてダイカストにおける適正な加工条件と品質の調査を行っている。

図7に型内充填状況調査を主目的にしたダイカスト製品形状を示す。この製品をチクソフォーミング法でダイカストする時、素材として樹枝状晶と粒状晶の凝固組織を持つ2種類の材料を用いて、固相と液相の流動状況を比較した結果を図8に示す。樹枝状晶素材の場合、固相である樹枝状晶が互いに絡み、特にゲート入口のように絞られる場所ではその傾向が著しく、液相だけが優先的に先へ進み、固液の偏在、成分の偏析が生じている。一方、粒状晶素材の場合は、固液が比較的均一に流動し、大きな偏在は認められない。このように、素材の凝固組織はダイカスト製品の

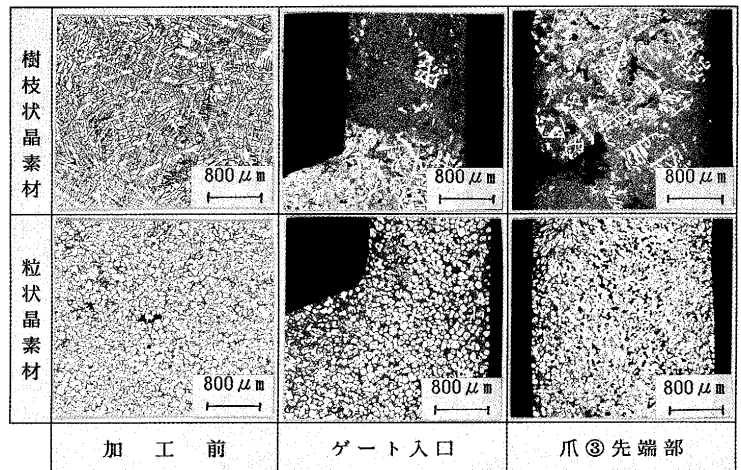


図8 加工前素材とダイカスト製品の凝固組織の関係

内部品質に大きく影響する。

一方、粒状晶の素材について、固相と液相が均一に流動する加工条件について、カップ状製品の鍛造実験で調査した。低速度(ラム速度:40mm/s)の加工では、製品内で固相と液相が均一には流動せず、液相が優先的に先へ進み、それに伴う偏析が生じた。この偏析は加工時の固相率を変えても大幅な改善は得られないが、高速度(1m/s以上)で加工を加えると固液の偏在はほとんど解消した。

このような基礎的な変形流動挙動の調査とともに、Al合金での実用製品の試作、高融点金属での加工条件、装置材料・構造などの研究開発を進めている。

おわりに

レオテックにおける半凝固金属の製造と加工プロセスの基盤技術の研究開発状況を概説した。広い技術分野にわたり多くの知見を蓄積しつつあり、半凝固加工プロセスの工業化のみに限らず、広範な応用先が期待されるところである。

文 献

- 1) 難波明彦, 市川 洵: 金属, (1989), 2, p.54
- 2) 木内 学, 杉山澄雄: 材料とプロセス, 4 (1991), p.691

(平成5年7月22日受付)