

# 単ロール急凝固法によるアルクラッドおよび異厚広幅箔の成形加工とその塑性特性

早稲田大学理工学部機械学工科

教授 本村 貢

(昭和62年度研究開発助成 AF-87011)

## 1. 研究の背景

近年急凝固法は、次世代の加工法法として注目されているが、それは急凝固法が材質の改善と省工程メリットの2つの効果を有しているからである。材質の改善は、例えば、非晶質相を含む準安定相の出現、合金元素の固溶限の拡大、組織や析出物の微細化および均一分散、偏析の低減などが考えられ、材質の著しい向上が期待されている。一方省工程メリットとしては、熱延工程の簡素化あるいは省略、難熱延材の製造、鋳造ならびに圧延設備の簡略化などが考えられる。

代表的急凝固法は、単ロール法と双ロール法であるが、生産速度、箔の作製要因制御の容易さ、広幅の幅の作製の容易さなどの点では、単ロール法が優れているとされている。しかし、単ロール法による急凝固箔の成形に関する研究は、箔の幅が10mm以下のリボンに関するものがほとんどであり、成形因子に関してもロール回転数、溶湯噴出圧力などの基本的因子の調査、報告例が見られる程度である。しかし、実用材の開発のためには、幅100mm以上の急凝固広幅箔の成形技術の基礎研究が必要とされている。

## 2. 研究の目標

本研究においては、単ロール急凝固法による広幅箔の成形条件に主眼を置き、成形因子について詳細に調査・研究を行い、広幅で健全な箔を作製するための最適条件を明らかにする。また、急冷クラッド箔の応用技術についても検討を行う。

単ロール急冷凝固法における広幅箔の成形因子に関する研究を模式的に示すと図1のようになる。

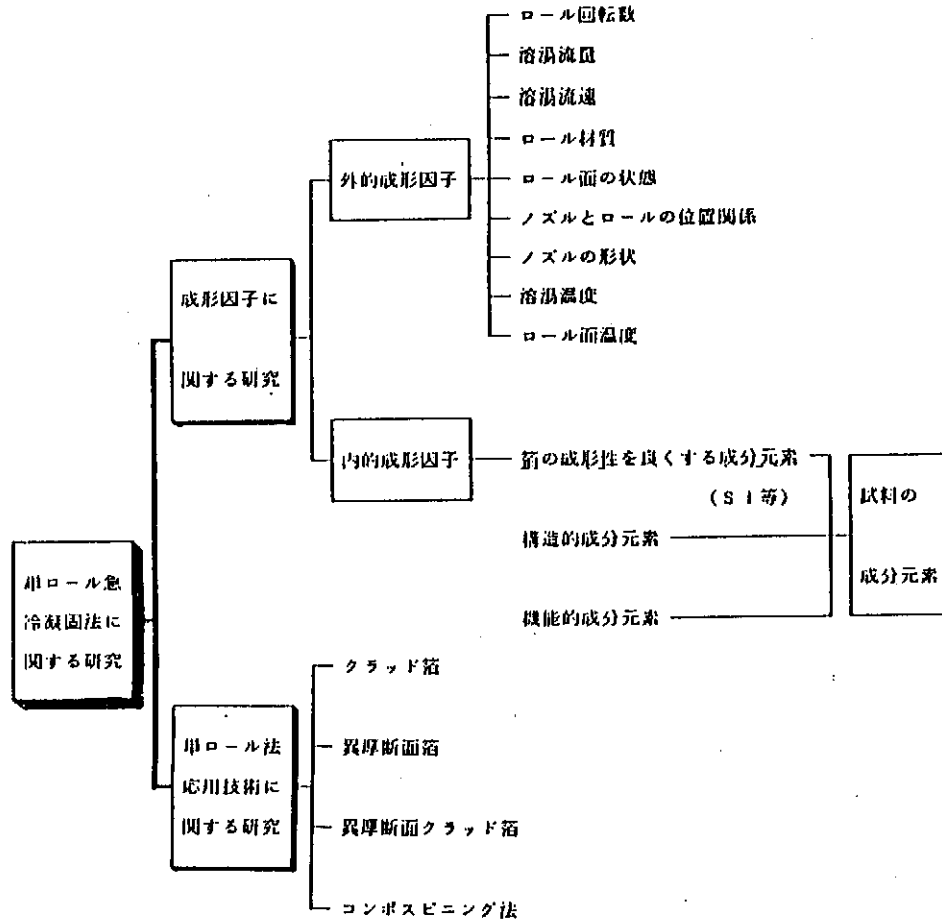


図1. 単ロール急冷凝固法による箔作製の影響因子

図1の応用技術に関する研究に対しては、外的成形因子と内的成形因子が関与している。

上記因子分析による影響因子を詳細に研究する事を目標とする。

本年度で行う研究は、

- (1) 幅方向一定厚さのクラッド箔の作製に関する研究

(2) アルミニウム合金広幅箔の表面状態と形状に及ぼすノズル形状の影響

(3) アルミニウム合金箔の表面状態に及ぼす成形因子の影響

(4) アルミニウム合金インレイクラッド箔の作製

を行い、本研究をベースにして、今後半凝固加工、半凝固急冷加工技術へ発展させることを目標とする。

### 3. 成果の概要

#### 3. 1 幅方向一定厚さクラッド箔の作製

単一箔作製のさいのノズルを右図のようにロール直上に2個設置し、母材用溶湯を先にロールに噴出し、その後に表材用溶湯を噴出することにより急冷凝固広幅(幅160mm)クラッド箔が作成された。

クラッドになることにより箔厚が厚くなり、ロールからの離距離は長くなる傾向にあるが、箔幅は単一箔と同様にスリット幅により決まり、かつ表材の噴出圧力は接合の可否に影響されない。金属組織的には、母材の組織は一枚の箔の組織と同様に微細化しているが、表材の組織は母材のそれより大きく、表

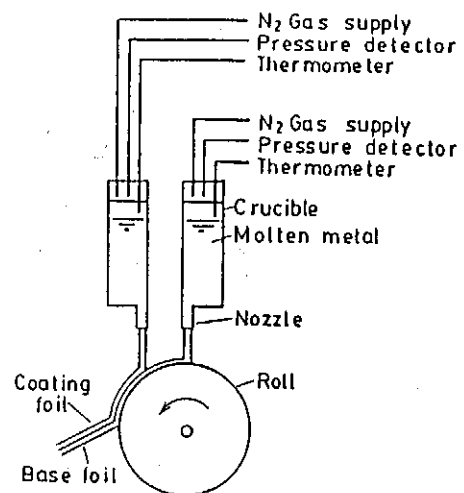


図2. 急冷凝固クラッド箔作製装置の概略

材の冷却速度は母材ほど大きくなっていな

い。クラッド箔の界面で2種金属は混合することなく、界面は明確になっていた。ただし、Al-12%SiとZn-22%Alとのクラッド箔は、混合相が確認され、母材のSiが表材全体に拡産している。これは、母材の冷却状態が不十分のうちに、表材となる溶湯が母材上に噴出されたためと考えられる。なお、クラッド広幅箔(幅160mm)の引張強さは、従来の線形複合則にのっとっていることが確認できた。表材の

厚さの効果については、過度に厚くなると接合界面が不明確になり、表材の表面の状態は凹凸が激しく不良になるが、接合の可否には影響はない。母材と表材のノズル間距離が過度に小さくなると、接合界面が不明確になり、極度に大きいと接合界面に隙間ができる。ロール回転数は大きい方が接合界面の隙間は小さく、かつ明瞭に異なる組織からなるクラッド箔になり易い。

このような結果は、幅160mmのクラッド箔にも、また母材の上に各種幅の、さらに2つのオーバーレイのクラッド箔についても共通に言えることである。

### 3. 2 アルミニウム合金広幅箔の表面状態と形状に及ぼすノズル形状の影響

本法においては、ステンレス製ノズルを使用しているので、急冷箔製作に重要なノズル形状を精密に加工でき、ノズル形状の箔作成への影響を詳細に調査して、次の成果を得た。(1)ノズルのスリット長さ、スリットの入口形状は作製する箔の状態に影響を与えない。(2)ノズルの内部形状が変わると、ある厚さの箔、またはある表面状態の箔を作製するのに適した溶湯噴出圧力は変る。(3)ノズルから噴出された溶湯はロール面上でパドルとなり、そこからロールによって極薄の凝固層が引き出され箔となるので、ノズルのスリット形状の影響は溶湯が箔になるまでに箔の形状へ伝達される。(4)ノズルのスリット形状と比較して小さい溝や突起物の影響は箔が薄い場合に著しい。(5)ノズルのスリットの幅方向の非平行度が箔の幅方向の厚さ分布へ与える影響は、箔が薄い場合に著しい。(6)良好・健全な広幅箔を作製するための最適ノズル形状として、①スリットの先端に切欠きがないこと、②スリット間隙は作製する箔の厚さによって選択すること、③スリット間隙は幅方向で一定であること、等を明らかにした。

### 3. 3 アルミニウム合金箔の表面状態に及ぼす成形因子等の影響

成形因子の影響については、(1)ロール回転数は同一で溶湯噴出圧力のみが異なる場合、箔表面の溝の形状には溶湯噴出圧力が影響している。(2)箔の溝は、ロール回転数が増すほど、また溶湯噴出圧力が大きくなるほど小さくなる傾向がみ

られる。(3) ロール回転数が低いほど、箔表面の凹凸の局部ノッチは幅広く、深くなる。このノッチは溝に対応しており、ロール接触面の箔表面のウェットティングパターンの一つ一つの溝は、ロール回転数が増すにしたがい、小さく浅くなっている。(4) あらさはロール回転数を増すに従い小さくなるが、ロール回転数によらず長手方向より幅方向のそれは大きい。(5) ウェットティングパターンから画像処理により求めた箔のロールとの接触面積率は、ロール回転数が大きくなるほど接触面積率が增大している。(6) ロール接触面の箔表面は、3500、2500 rpmでは一様に金属光沢があるが、1500 rpmでは金属光沢の鈍い部分とそれが混在し、やじり状の模様になる。この相違により非ロール接触面では凹凸として観察される。

添加Si量の影響については、(1) Si添加量が4%以下の箔にはあばた状のくぼみがあり、Si添加量が少ないほど著しい。(2) 箔の幅方向とロール回転方向の中心線平均あらさは、Si量が4%までは、それが増すに従いあらさは小さくなるが、それ以上になるとほぼ一定の値になる。しかし、Si量によらずロール回転方向のあらさは幅方向のそれより小さい。(3) 箔の表面あらさのこのような傾向は、ロール回転数によらず変らない。(4) ロール接触面の箔表面のウェットティングパターンの溝の形状には、Si量による顕著な相違はみられず、ロール回転数と溶湯噴出圧力の影響が大きい。(5) 単ロール急冷凝固法により作製したAl-Si合金箔では、Siを4%以上添加することにより箔の表面状態は良好になる。

### 3. 4 アルミニウム合金インレイクラッド箔の作製

3. 1に述べた矩形断面ノズルの替りに、凹、凸形断面ノズルを用いてインレイクラッド箔の作製を試み、次の結果を得た。(1) 凹、凸形断面ノズルにより溶湯から直接凹、凸形断面箔の作製が可能であった。(2) その箔の作製の可否はノズルのスリット間隔の異厚比に大きく依存し、それが大きくなるほど、割れが発生し易く、凹、凸形断面箔が作製できない。(3) 箔の異厚比はロール回転数、溶湯噴出圧力に影響される度合いは小さい。(4) インレイクラッド箔の作製の可否は母

材となる凹、凸形断面箔の作製の可否と同様である。(5) インサート材表面はあ  
らく、インサート金属と母材の境界で欠陥が生ずるが、母材側に矩形断面ノズル  
を、表材側に凹、凸形断面ノズルを用い、インサート金属を先に噴出する方法を用  
いと、インサート面はフラットになり、インサート金属と異形断面部の表面の境  
界での溝の欠陥も発生せず、健全な成形面とインレイクラッド箔が作製できた。

#### 4. 発表論文

1. 本村・羽賀・橋本：単ロール急凝固法により作製したアルミニウム合金箔の  
表面状態に及ぼす成形因子の影響、軽金属学会第75回春季大会講演、1989.5
2. 本村・羽賀・橋本：単ロール急凝固法により作製したAl-Si合金箔の表面状態  
に及ぼすSi量の影響、軽金属学会第75回春季大会講演、1989.5
3. 本村・羽賀・中塚：単ロール急凝固法によるアルミニウム合金インレイクラ  
ッド箔の作製、軽金属学会第75回春季大会講演、1989.5

#### 5. 投稿（“軽金属”へ投稿の原稿）

1. 本村・羽賀：単ロール急凝固法におけるロール回転数と溶湯噴出圧力が箔の  
表面状態に及ぼす影響
2. 本村・羽賀：単ロール急凝固法により作製したAl-Si合金箔に及ぼすSi添加  
量の影響