

氏 名	三宅保彦
授与学位	工学博士
学位授与年月日	昭和55年 ¹¹ 月12日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和34年3月 大阪大学工学部冶金学科卒業

学位論文題目 **アルミニウム被覆鋼線の前方張力付加押しに関する研究**

論文審査委員 東北大学教授 田中英八郎 東北大学教授 高橋 裕男
 東北大学教授 和泉 修 東北大学助教授 志村 宗昭
 東北大学助教授 池田 圭介

論 文 内 容 要 旨

架空送電線も近年になって海岸線，臨海工業地帯で使用される場合が多くなり，従って送電線材料としての亜鉛めっき鋼線も耐食性に優れ，アルミ線との接触腐食が起り難く，かつ，高強度の材料が要求されるようになった。このような情況に対応して，米国では，中炭素鋼線の周囲にアルミ粉末を焼結，圧延，さらに伸延したアルモウエルド線が開発され，我国でも，成形アルミ線を亜鉛めっき鋼線の周囲に圧延圧接したいわゆる AS 鋼線が出現し，いずれも国内外で広く使用されるようになった。これらの一般化と相まって，最近の大容量送電線には，電流容量の点から，さらに厚肉のアルミ被覆鋼線が必要不可欠な材料といわれるまでになった。

このような情勢下にあつて当然の成行きとして，より能率的なアルミ被覆鋼線の製造法の開発が要望されて来た。

著者は既存の上記2種の製造法の欠点を解消することをも含め，これらの方法で採用されている圧延法とは，変形様式の全く異なる熱間押し法による製法を研究した。

一般に材料を複合する場合，一旦界面が接着したものの，断面減少をとまなう加工は難しいとされている。特にアルミと高強度鋼線の組合せのように変形抵抗差が著しい場合は加工が極めて困難となる。したがってアルミ被覆鋼線の製造では，1つの加工工程で圧接と成形を同時に行なうことが必要であり，さらに工業的見地からは各種寸法構成のものを同じ工程で作りが得ることが

望ましい。押出法はこれらの条件を満す可能性のある加工法といえる。しかし、その反面、工具による材料の拘束度が高く、摩擦による影響が複雑であることなどの点から、この種の加工は顧られなかったのが実情である。

以上の観点から、変形抵抗差の著しい複合材製造の熱間押出し加工への適用を試みた。

まず、アルミ被覆鋼線押出し時の変形の特徴を調べ、これを基に、鋼線に“前方張力”を付加しながら押出しする複合線製造法、“前方張力付加押出し法”を見出した。

本研究は、前方張力付加押出し法を工業的加工法として確立するとともに、この加工法の特徴を調べ、その塑性加工学的意味を明らかにすることを目的としている。

本論文は9章より成る。第1章は緒論で本研究の置かれている位置と目的を明らかにした。

第2章では、アルミ被覆鋼線押出しの基礎的事項として、ポートホールダイのように複雑な工具を使用する場合の押出し変形抵抗、摩擦力、変形力の速度依存性について、前方押出し、側方押出しに関して得られた結果を述べた。

第3章では、最初に、アルミ被覆鋼線の熱間押出しを行なった結果について述べた。各種アルミ断面積のアルミ被覆鋼線の押出しを行なったところ、押出し圧力はいずれの押出し比の場合も、中実線の値よりもはるかに高いが、断面積が十分大きい時は通常の熱間押出し同然に正常な押出しができるのに対して、断面積が小さくなるとともに押出し圧力が著しく増加し、押出し比の対数との関係は、高押出し比側で直線関係より大きく上にそれるようになり、それ以上押出し圧力を増加しても押出しは不可能となる。この時、ダイス・ニップル間隔を小さくすれば押出し可能になる場合もあるが、押出し圧力は著しく高く、本質的には正常な押出しは困難となることなどがわかった。

押出し圧力は、また、ダイス・ニップル間隔によって著しい変化を示し、本押出し時の特徴としてダイス・ニップル間隔部近傍のアルミの変形挙動が押出し性に極めて大きな影響を与えることが明らかとなった。

また、このようにして押出しされる場合、鋼線は全く変形されず、アルミのみが変形するものこの押出しの大きな特徴である。

以上の結果から、アルミ断面積が小さく、押出し不可能なサイズ構成のもの押出しをする場合、鋼線に前方張力を加えると押出しできることを見出し、前方張力付加押出し法を提案した。

この前方張力付加押出しにおける前方張力の主な効果を挙げると、不可能な押出しを可能にするほか、押出し圧力を著しく低下させること、押出し比10,000以上という通常の熱間押出しでは例を見ない高押出し比の押出しも可能になること、さらに押出し速度も著しく上昇させ得ることである。

第4章では、本加工法に及ぼす温度の効果に関する研究であるが、特に鋼線の温度に主体を置いて調べた。

前方張力付加押出しにおいて前方張力を大きくすると押出し材速度は大きくなるが、一定以上の速度にするとアルミが寸断された状態で押出される。しかし鋼線を予熱することにより、アルミが被覆できる押出し速度の限界が著しく拡張されることを見出した。この理由を考察し、健全

な被覆をするための鋼線加熱条件を調べた結果、押し出し材速度の如何にかかわらず、温度一定に保持することが必要であることをつきとめた。

次に鋼線加熱温度一定範囲の条件下で、アルミに押し出し圧力を加えながら、引取速度を任意に上昇させた時の押し出し可能性を調べたところ、著しく高速で引取りしても健全な複合線が得られることを見出した。すなわち、鋼線を一定温度に予熱し、一実の押し出し圧力を付加した状態で引取速度を上昇させながら、前方張力値を測定すると、はじめ引取速度上昇とともに急速に上昇するが、一定以上の引取速度になるとほぼ一定値を示し、時間経過に対しても大きな変動はなく、定常な加工が行なわれることがわかった。この引取速度に対する前方張力値の変化はアルミ被覆鋼線の寸法構成、温度条件によって多少異なる傾向を示すが、本質的には同様である。このように、アルミに常に一定の押し出し圧力を加えてダイス・ニップル間の鋼線を把持した状態で、鋼線に前方張力を付加し、高速度で引取りする複合線の製造法は、全く新しい概念の加工法である。

この加工法における、前方張力に及ぼすアルミ温度と鋼線温度の影響を調べたところ、アルミ温度上昇により前方張力は明らかに低下するが、鋼線温度によっても前方張力は著しく低下することが明確になり、このことは加工速度に及ぼす鋼線加熱の効果を裏付けたことになる。

第5章では、前方張力に及ぼす温度以外の因子の解明とその影響度を調べ、ダイス・ニップル間隔、ベアリング長さ、鋼線径の増加により、それぞれの影響度はちがうが、前方張力が直線的に増加することを示した。

また、前方張力は押し出し比によって変化し、押し出し比の増加とともに上昇する。ある押し出し比の付近ではその変化率も比較的小さく、また押し出し圧力に無関係にほぼ一定値になる。厚肉アルミ被覆鋼線では押し出し圧力の影響を強く受け、押し出し圧力が高いほど前方張力は低下する。一方、極端にアルミ断面積の小さい極薄肉アルミ被覆鋼線では、逆に押し出し圧力の増加とともに前方張力が高くなるという逆依存性が現われた。このようにサイズ構成により大きく3つの場合に分類できることを示した。

以上、第4章、第5章の前方張力に及ぼす各種因子の考察から、本加工はダイス・ニップル間近傍の局所的な変形現象が支配的役割を果たしていると考えられた。

第6章では、厚肉アルミ被覆鋼線における、前方張力と押し出し圧力（ステム圧力）の関係を明らかにした。また、押し出し時における前方張力と、アルミ被覆鋼線のアルミ厚さの間に強い相関性があることを見出し、これを基に、張力一定型前方張力付加押し出し法を考案し、これにより一定外径の押し出しができることを確認した。これらの結果からステム圧力一定型と張力一定型の押し出しにつき、ステム圧力—前方張力の関係、押し出し材寸法—前方張力の関係を比較し、両方式とも本質的に同等のものであることを確認した。

第7章では、最初に、アルミ被覆鋼線押し出し時におけるアルミの流れの特徴を調べ、これまでに推察されていたとおり、主要な変形はダイス・ニップル間の鋼線近傍であることを確認した。

これらをさらに詳細に検討するため、まず厚肉アルミ被覆鋼線押し出し時の流れを観察し、その特徴として、鋼線がアルミを引きづり変形したことによる界面近傍のせん断変形層があること、周囲からこれを覆うように押し出し圧力による流れがあり、せん断変形層と合体してダイスから押し

されていること、また、ダイス前面にデットメタルが発生することで、ダイス孔でのアルミ断面積が小さくなるとともに上記の流れが相互に変化し、それにより、アルミ断面積による前方張力の変化する理由を考察した。

さらに、ダイス・ニップル間隔、鋼線径による流れの変化も同様な傾向を示し、ダイス孔におけるアルミ断面積とダイス・ニップル間隔の比に対応した流れの一致が認められた。

次に、この集中変形領域の変形を平面歪と仮定し、ごく簡単な速度場を設定し、上界接近法による解析を行ない、前方張力の、押し出し比ならびに押し出し圧力依存性をはじめ、本研究で見出されたいくつかの現象の説明を試みた。

第8章では、以上の結果を応用して、前方張力付加押し出し法によるアルミ被覆鋼線製造用工業化装置を作り、それをを用いた押し出し実験結果、ならびに押し出し材の性能について述べ、さらに本装置の従来製造法に比べたときの特徴について簡単に説明した。

第9章は以上の結果をまとめて結論とした。

審 査 結 果 の 要 旨

アルミニウム被覆鋼線は、送配電用導電材料として開発されたが、優れた耐食性が注目され、導電材料以外の用途も拡大の一途にある。その製造法としては、幾多の方法が模索されながら、圧延圧接の範ちゅうに入る2方法に限定されていた。しかし圧延圧接法では、生産性、そして何よりも多様化する用途の拡大への対応の面で難点があるから、代るべき方法が望まれていた。著者は押し出し法の利点に着目し、前方張力付加押し出し法というアルミニウム被覆鋼線の新しい加工技術を開発した。本論文はこれらの研究の結果をまとめたもので、全編9章よりなる。

第1章は緒論であり、本研究が行われるに至った背景と目的を述べている。

第2章では、アルミニウム被覆鋼線の熱間押し出しに関する基本概念を述べ、以後の研究の基礎となる押し出し特性についての実験結果をまとめている。

第3章では、アルミニウム被覆鋼線の熱間押し出しにおける各種加工因子の実験的解析を行い、押し出し力のみによる加工には限界があることを明らかにし、前方張力の付加が加工範囲の拡大に極めて有効であるという重要な知見を得た。

第4章では、前方張力を付加した押し出しにおいて、アルミニウムの健全な被覆を得るためには、鋼線の予熱温度が重要な因子であることを見出し、鋼線予熱温度を一定に保持することによって、加工速度の限界が著しく拡張され、付加する前方張力は加工速度には依存せず一定になるという結果を得た。

第5章においては、前方張力と押し出し力の関係が、アルミニウムと鋼線の断面積比に応じて3つに大別されることについて述べている。すなわち被覆アルミニウムが厚肉の範囲では、前方張力と押し出し力は相補的な関係にあるが、被覆厚さの減少につれ前方張力が押し出し力に依存しなくなること、さらに薄肉の領域では、押し出し力の増加が前方張力の増加をもたらすことを明らかにした。

第6章では、厚肉アルミニウム被覆鋼線の前方張力付加押し出しについてのべている。すなわち、線径が前方張力、押し出しに依存して変化する現象について研究し、定常的に一定線径を維持するには、前方張力を一定に保持するように押し出し力を制御する方法が最も有効であることを実験的に示し、厚肉から薄肉まで、一貫して前方張力一定型の制御方式が適用できるという重要な知見を得た。

第7章においては、アルミニウム被覆鋼線押し出し時におけるアルミニウムの流れの特徴を調べ、被覆アルミニウムの厚さの減少に伴う前方張力と押し出し力の関係の推移に対応した流れの変化を明らかにし、その結果をもとに上界法に基づく塑性力学的解析を行い、実験結果との良い対応を得た。

第8章では、前章までの基礎研究の工業的規模での応用を試みた結果について述べており、前方張力付加押し出し法が従来のアルミニウム被覆鋼線製造法を凌駕する加工法であることを実証した。

第9章は総括である。

以上要するに、本論文は複合材料であるアルミニウム被覆鋼線の製造法として前方張力付加押し出し法という新規な塑性加工法を確立する経過をまとめたもので、金属工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。