

Title	Niめっき鋼線の伸線加工における表面光沢の向上および耐食性の向上に関する研究
Author(s)	中野, 元裕
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/451">https://hdl.handle.net/11094/451</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	中野元裕
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第24574号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	Niめっき鋼線の伸線加工における表面光沢の向上および耐食性の向上に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 宇都宮 裕 (副査) 教授 田中 敏宏 教授 藤本 慎司

## 論文内容の要旨

本論文は、Niめっき鋼線に対して要求される表面光沢および耐食性に対して、実験および有限要素解析を用いて、Niめっき後に施される伸線加工の各種加工要因が及ぼす影響を調査したものであり、本論文で得られた成果は以下の通りである。

第1章では、伸線加工および伸線加工時に使用される潤滑剤についての従来の知見をまとめるとともに、Niめっき鋼線の製造方法と特性について述べ、本研究の背景と目的を言及した。

第2章では、Niめっき鋼線のばね加工等での潤滑性と表面光沢を両立させるために最終パスまでは固体潤滑剤を、最終パスではエマルジョン型の液体潤滑剤を用いて伸線するプロセスを提案し、最終パスでの加工条件について基礎的な調査を行った。その結果、表面光沢に液体潤滑剤濃度が及ぼす影響は小さく、ダイスのアプローチ角が最も影響を与えることが明らかとなった。有限要素解析から、表面光沢はミーティングポイント(線とダイスの接触開始部分)における摩擦せん断応力に支配されていると考察された。すなわち、アプローチ角度が大きく加工度が小さくなるにつれて、ミーティングポイント前の弾性拘束の増加により、最大接触圧が増加し、かつ、粉末潤滑剤と液体潤滑剤の引込み量が減少して摩擦係数が大きくなることにより、摩擦せん断応力が増加して表面光沢が向上する。

第3章では、2枚のダイスを用いるタンデムパス伸線条件がNiめっき鋼線の表面光沢に及ぼす影響について調査を行った。その結果、表面光沢と第2ダイスのミーティングポイントでの最大摩擦せん断応力との間に比例関係が認められた。また、同程度の表面光沢が得られる条件では、タンデムパスの方がシングルパスに比べてミーティングポイントでの最大摩擦せん断応力は小さいことを明らかにした。したがって、タンデムパスによりダイス寿命の向上が期待できる。

第4章では、伸線条件が耐食性に及ぼす影響について調査した。その結果、伸線条件により耐食性の向上が可能であることが明らかとなった。また、耐食性はNiめっき-母材界面の凹凸よりも、最表面の粗さの影響を受けた。ただし、伸線条件による耐食性の改善は限定的であった。

第5章では、伸線プロセスの途中でめっき処理、すなわち、中間Niめっきによる耐食性の向上を検討した。その結果、めっき厚さが2~4 $\mu\text{m}$ と薄い場合、めっき後の減面率を10%程度に抑えて伸線を行うことにより耐食性が向上することが明らかとなった。

本論文は、Niめっき鋼線に対して要求される表面光沢および耐食性に対して、実験および有限要素解析を用いて、Niめっき後に施される伸線加工の各種加工要因が及ぼす影響を調査したものであり、以下の成果を報告している。

1. Niめっき鋼線のばね加工等での潤滑性と表面光沢を両立させるために、最終パスまでは固体潤滑剤を、最終パスではエマルジョン型の液体潤滑剤を用いて伸線するプロセスを提案している。最終パスでの加工条件について調査を行い、表面光沢に液体潤滑剤濃度が及ぼす影響は小さく、ダイスのアプローチ角が最も影響を与えることを明らかにしている。有限要素解析から、表面光沢はミーティングポイント(線とダイスの接触開始部分)における摩擦せん断応力に支配されると考察している。すなわち、アプローチ角度が大きく加工度が小さくなるにつれて、最大接触圧が増加し、かつ、粉末潤滑剤と液体潤滑剤の引込み量が減少して摩擦係数が大きくなり、摩擦せん断応力が増加して表面光沢が向上することを見出している。

2. 2枚のダイスを用いるタンデムパス伸線条件がNiめっき鋼線の表面光沢に及ぼす影響について調査を行っている。表面光沢と第2ダイスのミーティングポイントでの最大摩擦せん断応力との間に比例関係が存在することを見出している。加えて、同程度の表面光沢が得られる条件では、タンデムパスの方がシングルパスに比べてミーティングポイントでの最大摩擦せん断応力が小さいことを見出している。

3. 伸線条件が耐食性に及ぼす影響について調査し、伸線により耐食性の向上が可能であることを明らかにしている。耐食性はNiめっき-母材界面の凹凸よりも最表面の粗さの影響を受けることを見出している。しかしながら、伸線条件の最適化による耐食性の改善効果が限定的であることも報告している。

4. 伸線プロセスの途中でめっき処理、すなわち、中間Niめっき法による耐食性の向上を検討し、めっき厚さが2~4 $\mu\text{m}$ と薄い場合、めっき後の減面率を10%程度に抑えて伸線を行うことにより耐食性が向上することを明らかにしている。

以上のように、本論文は、伸線加工中の表面光沢向上のメカニズムを明らかにし、タンデムパスがダイス寿命の点で有利であることを考察している。また、耐食性向上についても、中間Niめっき法を提案し、めっき厚さが2~4 $\mu\text{m}$ と薄い場合、めっき後の減面率を10%程度に抑えて伸線を行うことにより耐食性が向上することを明らかにしている。

これらの研究成果は、実操業におけるNiめっき鋼線の高品質化に貢献しており、学術的にも実用的にも重要な知見を多数含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。