

京都大学	博士 (工学)	氏名	志村 眞弘
論文題目	高張力鋼板の冷間圧延におけるスリップ発生機構の解明に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、自動車の軽量化と衝突安全性を両立する高張力鋼板を高圧下率で冷間圧延する際に、ワークロールと鋼板の表面が全面すべり状態となること（スリップと略す）が普通鋼の冷間圧延時よりも生じやすいという課題に対して、その原因を解明することを目的としている。この解明にあたり、高張力鋼圧延時と普通鋼圧延時のワークロールと鋼板界面の潤滑状態の差異に焦点を当て、実験結果および数値計算結果に基づいて考察を行っている。なお、本学位論文は以下の5章から構成されている。</p> <p>第1章では、研究背景および目的についてまとめている。はじめに、冷間圧延工程および圧延潤滑技術の概要を説明するとともに、圧延機の入側でロールや鋼板に供給された圧延油がワークロールと鋼板界面に引き込まれて潤滑効果を発揮する過程と、その過程で形成される圧延油膜の挙動に関する先行研究について整理している。そして、それらの先行研究を踏まえた上で、現時点における課題として、高張力鋼圧延に関する研究が少ないこと、中でも、高張力鋼圧延時にはスリップが発生しやすいがそのメカニズムが不明であることを述べ、本研究の目的として整理している。</p> <p>第2章では、高張力鋼圧延時において、特に高圧下率条件でスリップが生じやすい原因を解明するために、高張力鋼と普通鋼を供試材とした圧延試験を行っている。スリップ発生有無の判定指標となる先進率について、その変化に及ぼす圧下率および摩擦係数の影響を圧延試験により評価するとともに、その結果の妥当性について圧延理論解析を用いて検証している。その結果、圧延時の摩擦係数が低い場合には圧下率の増加とともに先進率が低下してスリップを生じること、また、高張力鋼圧延時には普通鋼圧延時よりも摩擦係数が低いことを明らかにしている。そして、それらが高張力鋼を高圧下率で圧延する際にスリップが生じやすい原因であることを示している。</p> <p>第3章では、高張力鋼圧延時の摩擦係数が低い理由について、ワークロールと鋼板界面における流体潤滑現象に着目して調査している。その調査の手段として、量子ドットを添加した圧延油を用いて圧延後鋼板表面における圧延油の油膜厚さ分布を可視化する手法を提案している。この手法を用いて圧延後の鋼板表面を観察したところ、高張力鋼表面では普通鋼に比べて油膜厚さの中央値が大きく、より均一に圧延油が分布しやすいことを明らかにしている。さらに、ワークロールと鋼板界面に閉じ込められた圧延油がマイクロプールから浸出する際の油膜厚さ（浸出油膜厚さ）を数値計算で求めるとともに、特に高張力鋼圧延時には面圧が高くマイクロプール内の圧延油が高粘度化することによって、浸出油膜厚さが厚く均一になりやすいことを実験と数値解析の両面から確かめている。これらの結果をもとに、高張力鋼圧延時には普通鋼圧延時</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	志村 眞弘
<p>よりもワークロールと鋼板の界面で圧延油が厚く均一に存在しやすいために、摩擦係数が低くなることを明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、高張力鋼圧延時の摩擦係数が低い理由について、ワークロールと鋼板界面における境界潤滑現象に着目して調査している。境界潤滑状態の摩擦を低減する油性剤に着目して、油性剤の一種である脂肪酸あるいは脂肪酸エステルを含む供試油を用いて高張力鋼と普通鋼の圧延試験を行っている。圧延後の鋼板表面に対して XPS や IRRAS 等の化学分析を行うことで、油性剤は高張力鋼表面とより化学結合しやすいこと、特に脂肪酸が化学結合しやすく高張力鋼圧延時に摩擦係数低減の効果があることを明らかにしている。また、高張力鋼は普通鋼よりも厚い油性剤吸着膜を形成することを中性子反射率法によって確認するとともに、高張力鋼の中でも Si や Mn などの合金元素をより多く含む材料ほど吸着膜厚や密度が大きいことを明らかにしている。最終的に、高張力鋼表面では普通鋼表面に比べて油性剤の反応性が高く、さらに厚い油性剤の吸着膜を形成することから、普通鋼よりも境界潤滑摩擦係数が低下する傾向にあることを示している。</p> <p>第 5 章では、本研究によって得られた成果を結論としてまとめている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文では、自動車の軽量化による低燃費化と衝突安全性を両立する高張力鋼板を高圧下率で冷間圧延する際に、ワークロールと鋼板が全面すべり状態となるスリップが普通鋼の冷間圧延時に比べて生じやすいという課題に対して、その原因を解明することを目的として各種の試験を行っている。得られた主な結果は以下のとおりである。

- (1) スリップ発生有無の判定指標となる先進率について、その変化に及ぼす圧下率及び摩擦係数の影響を圧延理論計算と圧延試験の両面から考察を行った。摩擦係数が低い場合には圧下率増大によって先進率は減少すること、高張力鋼圧延時には普通鋼圧延時よりも摩擦係数が低いことを示した。
- (2) 高張力鋼圧延時の摩擦係数が低い理由について、ワークロールと鋼板界面における流体潤滑現象に着目して調査した。その調査の手段として、量子ドットを活用して圧延後鋼板表面における圧延油の油膜厚さ分布を可視化する手法を提案した。最終的に、高張力鋼圧延時には普通鋼圧延時よりも均一で厚い油膜を形成することを示し、このことが摩擦係数の低下に寄与していることを示した。
- (3) 高張力鋼圧延時の摩擦係数が低い理由について、ワークロールと鋼板界面における境界潤滑現象に着目して調査した。境界潤滑状態の摩擦を低減する油性剤は高張力鋼表面とより化学結合しやすいことを XPS や IRRAS 等の化学分析により明らかにした。また、高張力鋼は普通鋼よりも厚い油性剤吸着膜を形成することを中性子反射率法によって確認した。最終的に、これらの油性剤の反応性と吸着膜厚の差異も高張力鋼圧延時の摩擦係数の低下に寄与する一因であることを示した。

以上のように、本論文は、普通鋼圧延時に比べて高張力鋼圧延時にスリップが生じやすい原因について明らかにすることを目的として、特に、高張力鋼及び普通鋼圧延時のワークロールと鋼板界面における流体潤滑油膜の形成状態や境界潤滑状態の摩擦係数に着目してこれらを比較し、そのメカニズムを解明したものである。

この高張力鋼圧延時のスリップ発生メカニズムの解明に関する研究は学術的、工学的に有用である。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年2月13日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めたことを報告する。