

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第11075号
------	-----	---------

氏 名 申田 仁

論 文 題 目

線材圧延における表面疵発生メカニズムの研究

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	石川 孝司
委員	名古屋大学	教授	金武 直幸
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	准教授	湯川 伸樹

論文審査の結果の要旨

申田仁君提出の論文「線材圧延における表面疵発生メカニズムの研究」は、線材の圧延材要求品質の一つである表面疵について、発生メカニズムとそれを判断する評価指標、および代表的な圧延条件が疵発生に及ぼす影響を論じたものであり、全6章よりなる。

第1章では序論であり、本研究の背景と選定した対象について述べた。線材の表面疵は素材段階で発生している疵と圧延工程で発生しているものに分類される。研究対象として、後者の内、従来から発生原因が明確になっておらず、また研究対象として上げられてこなかった「しわ疵」を選定した。

第2章では、圧延変形前後の表層メタルフローをFEMで計算される各表面節点での速度ベクトルと幾何学形状から、素材表面法線方向の変位増分で表現し、この値が表面周方向に対して局所値を持つときに表面疵が発生するとの評価指標を開発した。本手法で予測した表面疵発生位置と、基礎実験での表面疵発生位置とが良好に一致することで妥当性を検証するとともに、表面疵の発生原因が、圧延変形初期の段階での自由面でのメタルフローの不連続点であることを導き出した。これらの結果から、線材圧延における表面疵の発生を回避する孔型設計の評価を可能とした。

第3章では、従来から表面疵との関連が指摘されていたスケールに対し、圧延ロールバイト入側で鋼材表層に作用する垂直応力によるスケール剥離有無を評価するための、高温状態でのスケール/母材間の密着性を定量化できる実験手法を確立した。2つの円柱試験片を所定時間加熱してスケールを生成させ、スケールの発生した端面同士に所定の圧力を付加することで拡散接合させ、その状態で引張試験を実施し、引張試験でのストローク・荷重曲線の変化から、段階的に剥離していく面積と剥離応力を推定するモデル構築により、母材/スケールの剥離応力の定量化を可能にした。この実験結果から、圧延ロールバイト入側に大きな垂直応力が作用したとしても、SiやCrを含む鋼種ではサブスケールが素材表層に残存して圧延されるため、特殊鋼が主である線材表面疵の変形挙動を理解するためには極表層のスケールを加味した考察が必要であることを明らかにした。

第4章では、第3章で得られた知見を元に、圧延中のスケールの影響として、スケールと素材の変形抵抗の違いによる表面近傍の塑性流動を第2章の評価指標で調査し、スケール(表面硬質層)により圧延中の自由表面の局所変形が助長され、表面疵の発生が助長されることを確認した。また、このメカニズムを実験的に検証するために鉛合金の表面に銅めっきすることで表面硬質層を模擬した冷間圧延実験を考案し、実験での圧延中の各横断面の形状変化から、表面硬質層が特に圧延初期自由表面のメタルフローの不連続点を助長し、表面疵発生に大きな影響を及ぼすことを実験でも検証した。これらの結果から、スケール密着性の高い鋼種で表面疵発生頻度が高い原因が、従来から知られているスケールの母材への転写だけでなく、圧延ロールバイト内の自由表面のメタルフローの変化が疵発生に影響していることを数値解析、基礎実験の両面から明らかにした。

第5章では、第2章で開発した評価指標を活用し、第3章、第4章での知見を元に表層硬質層を考慮した上で、代表的な圧延条件である摩擦係数と圧延入側・出側張力が表面疵発生に及ぼす影響を数値解析で明確化した。また、表面疵の評価指標と数値解析での疵深さは各条件で同一曲線上にあり、本評価指標の妥当性を数値解析で検証した。摩擦係数が表面疵深さと発生位置に影響を及ぼし、摩擦係数が大きくなるほど疵深さは深くなること、圧延での前方・後方張力も表面疵に影響を及ぼし、その影響は後方張力の方が大きく、圧縮側で表面疵に対して不利な方向となることを定量的に明らかにした。これらの結果から、局所変形を生じさせない入側素材形状/孔型形状の選択やスタンド間張力の適正化など、実機において表面疵を低減する指針を導きだした。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめた。

以上のように、本論文は線材圧延に代表される孔型圧延での表面疵発生を評価、低減する技術について述べ、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって本論文の提出者 申田仁君は博士(工学)の学位を受けるのに十分な資格があるものと判定した。