



Title	熱間圧延における三次元変形の剛塑性有限要素法解析とそのプロセス開発への適用
Author(s)	二階堂, 英幸
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39292">https://hdl.handle.net/11094/39292</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	二 階 堂 英 幸
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 6 9 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 7 年 2 月 21 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	熱間圧延における三次元変形の剛塑性有限要素法解析と そのプロセス開発への適用
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大路 清嗣 教 授 斎藤 好弘 教 授 小坂田宏造 教 授 久保 司郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、熱間圧延における三次元変形を剛塑性有限要素法によりシミュレーションする方法、ならびにそのシミュレーション法を実機プロセスの開発に適用した結果をまとめたものである。本論文は、緒論、本文6章および結論からなっている。

第1章は緒論であり、本研究の背景と必要性ならびに研究目的について述べている。

第2章では、材料の加工硬化およびひずみ速度依存性を考慮した三次元剛塑性有限要素解析を導くとともに、スラブのエッジング圧延におけるドッグボーン変形や先後端に生じるフィッシュテイルなどのシミュレーション方法を考察している。また、この方法を用いて具体的にシミュレーションを実施して、加工硬化およびひずみ速度依存性を考慮することにより計算結果がプラスティシンや熱間鋼のモデル実験の結果と良く一致することを示している。さらに圧延スケジュールやロール径、スラブの初期形状を変えた場合など広範なシミュレーションを行い、これらの計算結果が従来の実験結果と良く一致することを示している。

第3章では、ドッグボーン形状のスラブの水平圧延における幅広がりの解析方法を提示するとともに、これによる計算結果が熱間鋼のモデル実験による幅広がり挙動と良く一致していることを示している。また、幅広がり特性や水平圧下率と圧延中の引張り応力の発生との関係などを明らかにしている。

第4章では、剛塑性有限要素法による板の変形解析とロールの弾性偏平変形解析との連成解析により、エッジドロップを解析する方法を提示している。また、板幅を固定した本解析の範囲では、エッジドロップが圧延荷重により一義的に表されることを明らかにしている。

第5章では、三次元定常カリバー圧延の解析方法を示している。これによるスクエア・ダイア、ラウンド・オーバル圧延の幅広がりや荷重、トルクの計算結果は実験結果と良く一致することを示している。また、二層材のカリバー圧延を試み、外形や内層境界の偏平挙動を明らかにしている。さらには、綿棒粗圧延材にカリバーレス圧延を採用することにより従来のカリバー圧延よりもきずが低減する理由を引張り応力の観点から明らかにしている。

第6章では、幅サイジングプレスにおけるスラブの変形解析を示すとともに、荷重特性や変形特性、金型角度とドッ

クボーン変形との関係などを明らかにしている。この結果から、金型の最適角度範囲を提示している。また、プレス中に生じる座屈変形の解析を行い、座屈挙動および座屈防止のための最適な押さえ位置を提案し、これを稼働後の実機データにより検証している。

第7章では、サイジングプレスによる幅圧下とエッジング圧延による幅圧下とを解析により比較し、幅圧下効率、クロップロス、加工エネルギー、内部の引張り応力などの点でサイジングプレスによる幅圧下法が優れていることを明らかにしている。

第8章では、本研究で得られた結論と成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

現象の支配則を適当な数理的力学モデルを表現し、それに基づいて各種の複雑な挙動を数値シミュレーションにより解明しようとする数値計算力学的手法は、実験と相補的あるいは競合的な多くの特徴をもっており、工学の分野で広く用いられている。本論文は、熱間圧延における、材料の三次元変形を、剛塑性有限要素法によりシミュレートする方法を開発し、それを種々の未解明の問題に適用して現象を明らかにするとともに、それを熱間圧延のプロセスの開発に応用した結果をまとめたものである。得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1) 材料の加工硬化およびひずみ速度依存性を考慮した、精度の高い三次元剛塑性有限要素解析法を導き、これを非定常エッジング圧延の解析に適用して、スラブのドッグボーン変形やフィッシュテイル現象のシミュレーションに成功するとともに、プラスティシンや熱間鋼のモデル実験の結果と比較して、解析結果が実験結果とよく一致することを明らかにし、導いた解析法が定量的にも有効であることを実証している。
- (2) 本解析法をドッグボーンスラブの非定常水平圧延の解析に適用し、先端から後端までの非定常幅広がり挙動について、熱間鋼の実験結果とよく一致する結果を得ている。
- (3) 森、小坂田らによる定常幅広がり圧延の解析法に、ロール表面の偏平変形を連成させて、板圧延において生じるエッジドロップの解析法を導き、熱間薄板圧延におけるエッジドロップ現象の解析に成功し、各種因子のエッジドロップに対する影響を明らかにしている。
- (4) 純三次元剛塑性有限要素法による三次元定常圧延解析法を開発し、これを線・棒材のカリバー圧延およびカリバーレス圧延における三次元定常変形の解析に適用している。この解析により、カリバーレス圧延のほうがきずが発生しにくいことを理論的に見出し、実機の圧延工程でのカリバーレス圧延の採用を導いている。
- (5) 台形金型によるスラブ幅圧下におけるスラブの三次元変形特性と、その際に起こる座屈変形の解析を行い、幅変更プロセスの全く新しい方法であるサイジングプレス法を開発し、実生産プロセスとして稼働させている。また解析結果は、実稼働後の測定結果とよく一致していることを確かめている。
- (6) 以上の実績のもと、シミュレーションにより、幅変更プロセスとして、サイジングプレス法とエッジング圧延法の比較を行い、幅圧下効率、クロップロス、加工エネルギーの点でサイジングプレス法が優れていることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、熱間圧延における定常および非定常圧延解析に必要な三次元剛塑性有限要素解析法を導き、それを種々の三次元熱間圧延問題に適用して実際の挙動とよく一致する結果を得、新プロセスの開発に適用して成功を収めており、これらの成果は計算力学および鉄鋼圧延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。