



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 鋼材の塑性加工プロセスの三次元数値解析技術に関する研究                                                                                                                     |
| Author(s)    | 中崎, 盛彦                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2009, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/49586">https://hdl.handle.net/11094/49586</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">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

短縮効果が得られること、を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

有限要素法の発達と計算機能力のめざましい進展によって、多くの塑性加工プロセスの変形挙動が解明されてきた。しかしながら、数値解析の困難さから変形挙動が完全に解明されていないプロセスもいまだ存在する。本論文は、有限要素解析に新たな手法を導入することで、従来不明であった鋼材中の中心空隙の圧延・鍛造における閉塞挙動、およびリングローリングの変形・負荷特性を解明したものである。

本論文で得られた成果を要約すると以下の通りである。

1. 棒線圧延における孔形系列の影響について、有限要素解析及び実験を行い、両者が一致することを確認した上で、ラウンドーオーバル系列はスクエアダイヤ系列より中心圧下効果が高く、中心空隙が残留しにくいことを見出すとともに、静水圧積分  $G_m$  により圧延プロセスの空隙の閉塞挙動が予測できることを示している。

2. 静水圧積分  $G_m$  を連続圧延パスに適用し、1パスの圧延及び自由鍛造において、空隙の断面減少率は静水圧積分  $G_m$  と比例することを見出し、また連続圧延パスの空隙減少を定量的に予測するために静水圧積分  $G_m$  を  $G_m^+$  に修正することを提案している。

3. 溝付きリングの冷間リングローリングの実験及び数値解析を行っている。ALE(Arbitrary Lagrangian Eulerian)法を有限要素解析に導入することで、計算時間が約30時間と実用的な解析が可能となることを示すとともに、加工中の成形ロール、マンドレル、リングの速度及び断面充填挙動の予測結果が実験結果と良く一致することを確認している。以上の結果、ALE法を用いた有限要素法解析は、冷間リングローリングの変形挙動を予測する上で有効であると結論づけている。

4. 3ロールリングローリング機による矩形断面リングの成形に対して、ALE法を用いた有限要素解析を適用し、解析と実験結果が先進形状を含めてよく一致することを確認し、ALE法による計算時間の短縮効果を示している。

以上のように、本論文は、中心空隙の鍛造及び圧延プロセスにおける閉塞挙動が、新たなパラメータ  $G_m^+$  を三次元有限要素解析に導入することにより高精度に予測が可能であることを明らかにしている。またリングローリングの解析にALE法を適用することで実用的な解析を実現し、従来完全には解明されていなかった変形特性を解明している。これらの技術は実用化済みまたは実用化中であり、実工業における鋼材及び鋼材製品の高品質化に貢献している。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。

【58】

|               |                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------|
| 氏名            | 中 崎 盛 彦                                            |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (工 学)                                          |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 2 9 4 9 号                                      |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 21 年 3 月 24 日                                   |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科マテリアル生産科学専攻                   |
| 学 位 論 文 名     | 鋼材の塑性加工プロセスの三次元数値解析技術に関する研究                        |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>准教授 宇都宮 裕<br>(副査)<br>教 授 田 中 敏宏 教 授 荒 木 秀樹 |

論文内容の要旨

本論文は、有限要素法を用いて圧延を中心とした実験及び各種変形解析を行い、中心空隙の閉鎖挙動の高精度な予測、及び従来困難とされてきたリングローリングの解析を短時間に実現可能にした取り組みであり、本論文で得られた成果は以下の通りである。

第2章では、棒線圧延パスにおけるカリバー形状について、スクエアダイヤ形状及びラウンドーオーバル形状の比較を目的として解析及び実験を行った結果、(1)実鋼実験及びCAE解析の結果は良く一致し、幅広がりの予測精度は±5%であった。(2)両形状における孔付きプラスチックの閉鎖実験を行った結果、ラウンドーオーバル形状はスクエアダイヤ形状より中心圧下効果が高いことが分かった。これは、従来自由鍛造の空隙圧着判定に用いられてきた空隙圧着パラメータ  $G_m$  でも同じ傾向であり、 $G_m$  は圧延工程へ適用可能と確認された。

第3章では、プラスチック実験及びCAE解析を用いて空隙圧着パラメータ  $G_m$  を連続圧延パスに適用し、(1)1パスの圧延及び自由鍛造において、空隙の断面減少率は静水圧積分  $G_m$  と比例する。(2)補正係数Cを導入し、静水圧積分を  $G_m^+$  に修正することによって、連続圧延パスにおいても空隙の断面減少を予測することが可能となった。本実験において、補正係数C=0.024であり、また空隙閉塞のしきい値は  $G_m^+=0.25$  であった。(3)新パラメータ  $G_m^+$  を圧延設備の変更に活用し、空隙閉塞パラメータを向上させるパススケジュールの考案により、圧延可能サイズが拡大し、実製造ラインでも、本パラメータの有効性が確認できた。

第4章では、溝付き冷間リングローリングの実機実験及びALE法を用いた有限要素解析を実施し、(1)ALE法を適用した結果、計算時間30時間短縮され、実用時間内で解析が可能となった。(2)リングローリング中の成形ロール、マンドレル、リングの速度を実測した結果及び断面充填挙動は解析結果と良く一致した。以上の結果、ALE法を用いた有限要素法解析により冷間リングローリングの変形挙動を再現できることが明らかとなった。

第5章では、3ロールリングローリング機による矩形断面リングの圧延に、ALE法を用いたCAE解析を適用した結果、(1)矩形断面リングにおける変形挙動及び荷重について、ALE法を用いた解析と実験結果が良く一致する。(2)ロールバイト下の速度データから外径形状変形挙動を可視化した結果、計算された周方向に垂直な断面の圧延後の形状は実機と良く一致することがわかった。(3)ALE法の適用により、3ロール圧延でも大幅な計算時間