

審査の結果の要旨

氏 名 申 光 憲

鉄鋼、銅、アルミニウムに代表される構造材料は、建築・土木用材料、機械部品用材料、電子部品用材料などとして利用されることで広く産業の基盤を支え、より豊かな社会の実現に貢献している。これらの構造材料の生産量は社会の豊かさと関連している。例えばわが国の鉄鋼生産量は、終戦後 1950 年代半ばには戦前の最大値（765 万トン／年）を超え、1970 年代半ばには 11,000 万トン／年の生産量を記録し現在も同水準を維持している。中国では 2009 年に 57,000 万トンの生産を記録しており、10 年間で 5 倍以上の伸びを見せている。鉄鋼製品に代表される構造材料の生産には圧延加工が深く関わっており、寸法精度が高い素材の高速での安定した生産には高度な圧延技術を欠かすことができない。圧延技術の核となるのは高精度かつ高生産性の圧延機であり、構造材料製造の為のマザーマシンとして世界各国で長年にわたり、研究開発が行われている。

圧延機には、被圧延材の幅 1m 当たり最大数千トンの荷重を受けつつ毎分 1000m 以上の高速度で被圧延材に塑性変形を与え、なおかつ板厚の偏差は厚さの 1/100 台、例えば 3mm の板を圧延する場合には 30 μ m 以下の精度で圧延することが要求される。そのためには圧延機を構成する各機械要素やこれらを総合した機構全体として、この要求を満足する様に最適設計が行われねばならない。圧延機を構成する各機械要素については綿密な検討が行われているのに比べ、機械要素を総合した機構全体として圧延機を最適設計しようとする試みは少なく、このことが、予期せぬベアリング損傷事故による生産性の低下や、ロールの変形に起因する寸法精度の低下の原因となってきた。本論文は「構成要素の変位を静定的に考慮した圧延機の最適設計に関する研究」と題し、著者の長年にわたる圧延機設計の実務経験をもとに理論的考察を加えることで、圧延機の機構全体としての静定性を保ちつつ生産性および精度が高い圧延機を実現するための最適設計方法が、豊富な事例と共に述べられている。論文は 7 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、研究の背景と目的について述べている。第 2 章では、圧延機を構成する機械要素、すなわちワークロール、バックアップロール、ハウジング、ベアリング等に、待機中ならびに圧延加工中に生じる微小な変位について考察し、圧延機全体としての静定性を保つこと、すなわち、各機械要素の自由度よりこれらの結合関係による拘束条件を減じた圧延機の機構全体としての自由度が 1 となる状態となるよう圧延機を設計することの重要性を示した。この考察によって、圧延中のベアリングの異常損耗、焼きつきが、機構の自由度不足つまり超静定構造であることに起因していることを示した。第 3 章ではベアリングの各部分に発生する接触応力を計算するための境界要素法の定式化を示し、作成したプログラムを検証することで手法の妥当性を示した。第 4 章では、代表的な 2 つの圧延機として、

2 段棒線材圧延機と 4 段薄板圧延機を取り上げ、これらの圧延機の機構を 3 次元的に解明して最適設計を行った。この設計に基づき実機圧延機を改造しベアリング圧力分布等のデータを取得するとともに、ベアリング圧力分布の境界要素法で解析した結果や実機圧延試験結果と照合することで、本研究で提案する手法の妥当性を示した。第 5 章では、箔の 4 段圧延機に発生するスラストベアリングの異常損耗について検討し、熱膨張の影響をも考慮した上でこの以上損耗の原因が圧延中のワークロールとバックアップロールの間での交差運動の進展に起因していることを見出した。第 6 章では、第 5 章の結果を受けて、ワークロールとバックアップロールの間での交差運動を抑止するための圧延機の最適設計法を述べた。第 7 章は結論であり、本研究の成果をまとめ今後の展望を記した。

本研究は、圧延機の最適設計に機械要素を総合した機構全体としての考えを行う重要性を指摘した点、また豊富な事例をもとにこれを検証した点で工業的な価値は高い。また、本論文の内容が、5 編の原著論文（内 4 編は英文）として公表されていることは、工学的にも高く評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。