

氏 名	たむらけんじ 田村 憲 司
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3818 号
学位授与の日付	平 成 17 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	ステンレス鋼の熱間自由鍛造における品質制御技術に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 島 進	教 授 吉 村 允 孝	教 授 宅 田 裕 彦
--------	------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ステンレス鋼管の熱間押し製管用丸ビレット素材を製造するための工程、すなわち粗鍛造と仕上げ鍛造からなる自由鍛造工程全体にわたる定量的な工程設計・工具設計について、一貫した設計指針を示し、形状精度確保と鑄造組織の均等な破壊による品質確保の両面を満足する基本思想を提案するものであり、10章からなっている。

第1章では、対象とする鍛造技術の歴史を総括し、その技術における課題と、本研究の目的を示している。

第2章では、粗鍛造工程および仕上げ鍛造工程個別の鉛モデル実験を実施し、粗鍛造においては形状精度確保のための鍵が、金敷平坦面の形状設計にあること、仕上げ鍛造では加工初期に生じる凹みを後の圧下で如何に金敷孔型形状に沿って充填させるかが形状精度確保のための課題であることを示している。さらに、熱間鍛造実験によって、総減面率を変えずとも組織破壊の制御が可能であることを示している。

第3章では、塑性加工の数値解析の歴史を整理した上で、開発した3次元剛塑性有限要素法プログラムの詳細を述べている。開発したプログラムを粗鍛造および仕上げ鍛造の解析に適用し、第2章に述べた鉛実験と比較した結果、本研究の目的達成に必要な精度要求を満たすことを確認している。

第4章では、粗鍛造における第一の課題として、圧下面の形状精度確保のための工具設計について、通常用いられる平金敷による凹み抑制の限界を明示し、従来平坦面が常識であった金敷主圧下面をごくわずかな曲率の円弧面にすることで劇的な凹み改善効果があり、その曲率には最適な範囲が存在することを明らかにしている。さらに、提案した金敷は、荷重低減の効果をも併せ持つことを確認し、形状精度確保と生産性向上を両立しうることを示している。

第5章では、粗鍛造における第二の課題である素材中心部への圧下浸透の確保のため、金敷の逃がし面形状に着目し、逃がし面の半径が極めて小さい形状を選択することにより、より効率よく中心部に歪を生じさせうることを示している。加えて、主圧下面形状を曲率の小さい円弧面とすることにより、圧下面の形状精度と内部の品質を同時に満足しうる金敷形状の選択指針を提案している。

第6章では、粗鍛造における最終課題である表層歪の均一化およびそれによる均等な組織破壊実現のため、粗鍛造中の任意のパスでの歪分布を予測する手法を提案し、四角形断面の角部を順次圧下することによって、均一な蓄積歪を得ることが可能であることを示している。この四角形断面角部を順次圧下するパススケジュールを実際の熱間鍛造に適用した結果、従来のパススケジュールに比べて元の鑄造鋼片の粗大粒残存が大幅に改善され、総減面率を変えずとも品質制御が可能であることを実証している。

第7章では、仕上げ鍛造における第一の課題として、最終の丸ビレットの形状精度に及ぼす操業条件の最適化において、回転角が形状精度を決定づける最重要因子であり、その大きさによって圧下時の素材表面には2通りの凹み方が生じることを明示している。一方、送り量についても、形状精度と生産性の両者を確保できる最適範囲が存在することを明らかにした上で、操業条件の選択上、回転角と送り量の組合せの最適化が最も重要であることを示し、その最適解を定量的に特定している。

第8章では、仕上げ鍛造における第二の課題である仕上げスパイラル鍛造での表層歪均一化による表層品質均質化を目指し、回転角を小さくするほど素材表層には局所的に歪が集中し、一方、回転角を大きくするほど歪が分散されることを明示している。また、生産性が許容する範囲内で極力送り量を小さくすることが、表層の歪分散効果および歪の平均値の上昇に繋がることを示している。その上で、回転角と送り量との組み合わせにより、形状精度と表層の品質確保の両者を満足するための仕上げ鍛造の操業条件の最適な選択指針を明らかにしている。

第9章では、粗鍛造と仕上げ鍛造を結ぶ8角形から16角形への在来工程の省略のための金敷設計最適化について論じている。まず、被さり疵の発生メカニズムを明らかにし、金敷入り側での疵抑制のためのサイドリリーフ形状の最適形状を明示している。次いで、金敷の形状を、導入部、遷移領域、および仕上げ部に区分して、各領域の金敷形状を最適化し、一つの金敷の中に複数の工程の役割を与える金敷設計の基本指針を確立している。本結果は、製造現場に成功裏に導入され、工程省略と仕上げたピレットの寸法精度向上を果たしている。

第10章は総括であり、本研究で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ステンレス鋼の熱間押し製管用丸ピレットの自由鍛造による製造プロセスを対象とし、粗鍛造から最終の丸ピレット成形の仕上げ鍛造に至るまでの、熱間自由鍛造工程全体における操業条件、金敷設計および工程設計の最適化指針確立のための研究開発の成果をまとめたものである。得られた主な成果は次のとおりである。

1. 粗鍛造において通常用いられる平金敷による凹み抑制の限界を明示し、従来平坦面が常識であった金敷主圧下面をごくわずかな曲率の円弧面にすることで格段の凹み改善効果があり、その曲率には最適な範囲が存在することを明らかにした。さらに、提案した金敷は、荷重低減の効果をも併せ持つことを確認し、形状精度確保と生産性向上を両立しうることを示した。
2. 粗鍛造における金敷の逃がし面形状に着目し、逃がし面の半径が極めて小さい形状を選択することにより、より効率よく中心部に歪を生じさせることを示した。加えて、主圧下面形状を曲率の小さい円弧面とすることにより、圧下面の形状精度と内部の品質を同時に満足しうる金敷形状の選択指針を提案した。
3. 仕上げ鍛造における操業条件の選択の上で最も重要なことは、回転角と送り量の組合せの最適化であることを示し、その最適解を定量的に特定した。
4. 粗鍛造と仕上げ鍛造とを結ぶ8角形から16角形への在来工程の省略のため、まず粗鍛造後において被さり疵の発生メカニズムを明らかにし、金敷入り側での疵抑制のためのサイドリリーフ形状の最適形状を明示した。次いで、金敷の形状を、導入部、遷移領域、および仕上げ部に区分して、各領域の金敷形状を最適化し、一つの金敷の中に複数の工程の役割を与える金敷設計の基本指針を確立した。

以上のように、本論文は、ステンレス鋼の熱間押し製管用丸ピレットの粗鍛造から最終の仕上げ鍛造に至るまでの、熱間自由鍛造工程全体における操業条件、金敷設計および工程設計の最適化指針を提示するものであり、学術上、実用上寄与するところが少なくない。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、平成16年12月15日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。