

ノムラ タカシ

氏 名 野村 学司

学位の種類 博士 (工学)

学位記番号 博第1066号

学位授与の日付 平成29年3月23日

学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士

学位論文題目 冷間鍛造工程における非軸対称据込みと非軸対称押出しの研究  
(Study on asymmetric upsetting and asymmetric extrusion in cold forging process)

論文審査委員 主査 教授 北村 憲彦  
教授 中村 隆  
教授 萩原 正弥  
教授 糸魚川 文広

## 論文内容の要旨

多工程を要する冷間鍛造工程において、最も単純な自由鍛造による非軸対称形状品（前工程品）の成形方法を開発する事を研究課題として取り組んだ。従来、自由鍛造では、材料が等方的に変形することで、丸型部品の成形に活用されている。これに対して、非軸対称形状品は、金型などによって様々な拘束条件を材料に与え、成形されている。拘束が増せば、高い荷重が必要となり効率的な生産方法とは言えない。そこで、低い荷重で成形できる自由鍛造を用い、金型形状の工夫によって容易に且つ低い荷重で非軸対称な形状への成形を試みながら、材料流動原理と成形限界を探ることを考えた。

本論文では、自由鍛造や押出しによって鍛造成形工程の前（荒）工程において材料を非軸対称形状品へ成形することを目的とした。工業的ニーズに照らして、多く利用される丸棒材の軸方向や横方向からの圧縮を試みた。それぞれにおいて一方向への選択的な材料流動を起こす型形状の原理・原則を抽出し、材料の破断やばりの抑制効果などについても整理した。

第1章では、鍛造で生産されている自動車部品を参考例に鍛造における現状とそれらの部品成形工程を述べた。これらの成形工程における課題を整理し、前工程成形の重要性について述べた。さらに、本研究の目的および本論文の構成を示した。

第2章では、丸棒材の横方向から局所的にパンチを押込む（部分横据込みする）ことによる材料流動への影響について実験とFEMを用いて検討した。局所的にパンチを押込む際には、圧縮後に非軸対称な形状成形を目的とし、丸棒の円筒軸とパンチの軸の角度を変えて圧縮すると丸棒の両端がシフトする。このような変形をシフト率と定義し、パンチ先端形状およびパンチ押込み角度による変形をシフト率にて評価した。さらに、FEMを用いた数値解析によって材料内部応力の分布からより非軸対称な成形方法を提案した。

第3章では、試験片に角柱や円柱を用いて、その試験片を軸方向に自由鍛造することによって工具表面の粗さや工具形状によって材料流動への影響について実験とFEMを用いて検討した。この自由鍛造によって工具表面粗さと工具形状が材料流動へ与える影響は、圧縮後の試験片における長軸方向と短軸方向の長さの比によって評価した。さらに、自由鍛造と異なり、圧縮によって平行な側面2カ所を拘束する側面拘束圧縮において、材料内部および材料表面へ及ぼされる加工条件についても実験とFEMを用いた数値解析によって示した。さらにここでは、圧縮率を高めると材料表面に割れが生じやすくなる条件も現れた。そこで材料表面だけでなく内部の応力状態やひずみを解析し、できるだけ割れを回避するための条件も検討した。

第4章では、丸棒材の軸方向圧縮において、幅の狭いパンチで局所的に材料端面を圧縮することに発展させ、結果的に二股に分枝した部品を成形できるようにした。このときの材料流動と荷重への影響についても検討した。まず、丸棒材の一部をコンテナに拘束し、コンテナから突出した丸棒端面を異なるパンチ先端形状によって圧縮することによる材料流動への影響を実験結果より示した。次に、丸棒材を全てコンテナに収め、パンチを押込む後方押しも行った。このとき丸棒の側面一部に空間（隙間）を設けることを考案し、これによる材料流動および荷重低減の効果について実験とFEMを用いた数値解析によって検討した。その結果、従来法より格段に低荷重な二股部品の成形法を提案した。

第5章は本論文の総括であり、各章で得られた結果をまとめた。

## 論文審査結果の要旨

当審査委員会は、野村学司氏の学位授与に関し、提出された博士論文、論文目録、論文内容の要旨などの書類について審査するとともに、面接において学力の確認を行い、以下の結論を得た：

野村学司氏は、鍛造工程において適切な体積配分の前工程形状品を成形する方法を検討した。その結果、できるだけ単純な形状の型による自然な材料流動をもたらす新しい加工法案を見出した。この方法によれば、低荷重で非軸対称の鍛造加工が可能になる。今後の鍛造では、単純な軸対称品だけでなく、非軸対称あるいは複雑な3次元形状品に対するニーズが益々高まることが予想される。このニーズに応えるだけの有用性をこの本論文は有している。

第1章では、このような社会的背景と従来の鍛造の研究に不足する点を明らかにし、本論文の目的と狙いを明示している。この鍛造で使われる素材のほとんどが丸棒であり、これを横据え込みと軸据え込みに分けて以下のように研究は進められた。第2章では、この丸棒の一部分を横据え込みして、次工程にとって適切な体積配分が得られるような型形状を提案した。これによって、従来の背切り法と呼ばれる鍛造方法の一種が系統的に整理され、最適条件が示された。これまで経験に頼っていた熱間鍛造や温間鍛造では、そのまま工程設計の参考になりうる成果である。第3章では、丸棒の軸方向に単純に据え込むだけで、断面が長円となるような非軸対称品を得るための加工法案に関する研究である。平面ひずみ変形と引張応力を素材に自然に与え、材料表面や内部で割れ難い条件との両立する範囲を見つけた。第4章では、丸棒を軸方向に部分据え込みした場合やその丸棒をコンテナで外周を拘束した場合を検討し、低荷重スプリット押出し法を提案した。この提案によって、型寿命の大幅な向上も期待される。第5章は本論文を総括した。

以上のように野村学司氏は、鍛造工程における材料流動の非軸対称性を促進する幾つかの原理を例示し、材料割れが生じないように鍛造品の健全性を保つ条件にも言及し、それらの成果を博士論文にまとめた。各章で示された原理と事例は実用的にも有用である。これらをさらに一般化させて、工程設計に組み込めるようなモデル式などにまとめたいと意欲も語っており、今後は実学的な研究者として一層の活躍が期待されることが判断された。

以上のことから、当審査委員会は一致して、野村学司氏の論文審査および学力を確認し、それらの審査結果を合とするとともに、同氏に対する博士（工学）の学位授与を可とすることが適当であるとの結論に至った。