

審査の結果の要旨

氏名 水村正昭

近年、CO₂排出量の削減のために自動車車体の軽量化が要求される一方、衝突安全性向上も要求されている。この相反する要求を満足するために、自動車部品に管材を使用する例が増加してきた。この理由は、板材や棒材と比較して管材には「高断面係数」、「閉断面」、「溶接フランジ部が省略可能」といった特長があるが故に、剛性や強度を低下させずに軽量化できるからである。自動車用管材部品には、曲げや拡管、あるいはこれらの組み合わせといった複雑な塑性加工が施される。特にハイドロフォーミングは、管内昇圧と軸圧縮の組み合わせによって複雑な形状の自動車用管材部品を製造するのに適しており、近年使用量や用途が急激に増大している。ところがこの塑性加工法には「しわ」「座屈」「金型内充填」「管の破壊（バースト）」など多様な不良現象の発生が内在しており、これらの不良を回避できる最適なハイドロフォーミング・スケジュールの選定方法については、基盤研究がほとんど行われていない状況にある。

本論文は「自動車用管材の塑性加工特性の評価と加工条件適正化に関する研究」と題し、自動車用管材部品の塑性加工法について、「しわ」「座屈」「金型内充填」「管の破壊（バースト）」を回避できるハイドロフォーミングの「成形余裕度評価方法」を中心としつつ、前加工として施される曲げ加工について系統的に研究を行い、さらに部分的に板厚が異なるテーラードチューブのハイドロフォーミングやフロントサイドメンバーのハイドロフォーミングといった自動車用管材実用部品の製造まで視野に入れつつ論じている。

第1章は序論であり、先に述べた社会的要求の高まりに対応した自動車用管材の塑性加工方法について、いままでの研究動向と現在の課題についてまとめている。第2章は、管材の扁平変形を含めた曲げ特性の評価方法、第3章は各種曲げ加工の塑性加工条件最適化について取り扱っている。第4章は管材の拡管特性の評価方法、第5章ではハイドロフォーミングの管内昇圧と軸圧縮の組み合わせの算出方法に関連し、主としてFEMの利用方法について論じている。第6章はハイドロフォーミングの適正な加工条件の範囲と加工特性の評価と題し、この塑性加工方法の成形不良は、「しわ」「座屈」「金型内充填」「管の破壊（バースト）」の4つに分離できること、これらの限界線図を保持圧力 - 軸圧縮量を2軸と

する平面にプロットすることで、成形可能な範囲（これを「成形余裕度と称している」）が明示できることを世界で始めて示した。さらにここでは、素材の特性である n 値、 r 値や素
管肉厚、金型潤滑条件といった成形加工条件が成形余裕度に及ぼす影響を定量的に示すこ
とで、適切なハイドロフォーミング条件を選択するための一般的指針を与えている。第 7
章は曲げ加工後のハイドロフォーミングについて取り扱っており、第 2 章～第 6 章におい
て得られた知見を利用した、曲げ加工 - ハイドロフォーミングの条件適正化について論じ
ている、第 8 章は自動車用管材実用部品の製造であるフロントサイドメンバーを、曲げ加
工 - ハイドロフォーミングで製造した例である。第 9 章は結論であり、研究を総括すると
ともに今後の工業的寄与について展望している。

以上に述べたとおり本研究は、自動車用管材の曲げ加工 - ハイドロフォーミング、さら
にその実用化まで含めて系統的に取り扱い論じている。特に、ハイドロフォーミングの成
形不良は、「しわ」「座屈」「金型内充填」「管の破壊（バースト）」の 4 つに分離できること、
これらの限界線図を保持圧力 - 軸圧縮量を 2 軸とする平面にプロットすることで、成形可
能な範囲（これを「成形余裕度と称している」）が明示できることを世界で始めて示した点
は工学的に価値が高く、また本論文を通して得た知見を実部品製造に適用できることを示
したことは工業的に高く評価できる。

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。