ノート

真空装置用ステンレス製大型容器の多様な形状に対応する新加工技術の開発

菅野　明宏*　本田　崇*　山崎　栄一**　桂澤　豊*
菅井　謹一***　藤岡　智裕***　森田　順平***　押野谷　明則***

Development of Flexible Forming Technology for Large-size Stainless Container for Vacuum Equipment

KANNO Akihiro*, HONDA Takashi*, YAMAZAKI Eiichi**, KATSURAZAWA Yutaka*,
SUGAI Kinichi***, FUJIOKA Tomohiro***, MORITA Junpei*** and OSHINOYA Akinori***

1. 緒　　言

真空装置用の SUS304 製大型容器は，多様なサイズや肉厚差のある形状へのニーズがあり，かつその一体構造化が求められている。しかし，そのような容器形状（大型・肉厚差）であることに加えて難加工材であることから，現状では鍛造によるニアネットシェイプ化が困難であり，切削工法または溶接工法により製造されている。しかし，これらの従来工法では材料歩留まりが悪いうえに工程数も多く，コスト高となることから，その解決が求められている。

そこで，本研究では前述のような容器を一体成形可能で，かつ多様な形状に対応できるブレークスルー技術として，リング鍛造と加工中の温度制御を取り入れた熱間フローフォーミングを組み合わせた新しい複合加工技術の開発を行った。この開発により，高品質な一体構造の SUS304 製大型容器（外径約 300mm）の成形を可能にするとともに，材料ロスの削減と短納期化，低コスト化の実現を目指す。図 1 に本研究で開発した新加工技術の概要を示す。

2. 新加工技術の開発

2.1 リング鍛造による中間素材形状の検討

使用する素材の重量を削減するためにリング鍛造での内径の異形化に取り組んだ。金型形状や鍛造条件を検討して最適化した結果，フローフォーミング成形に適した中間素材形状を実現した。図 2 に開発した中間素材の外観を示す。

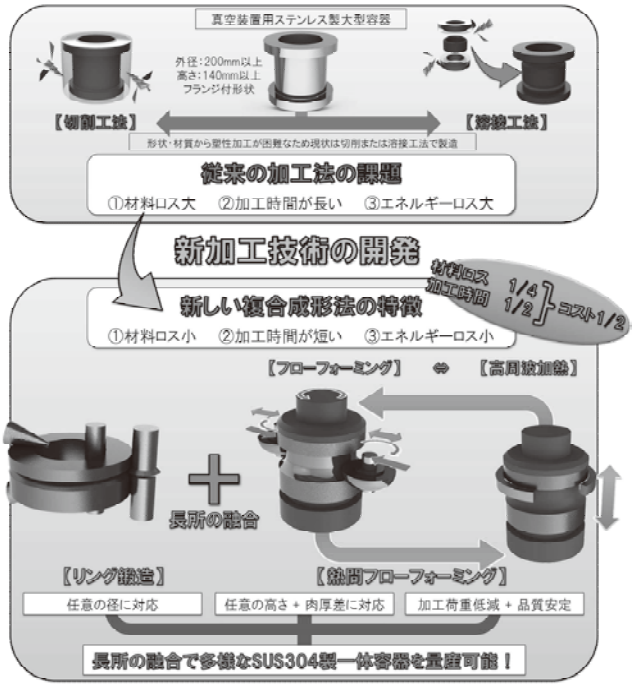


図 1　新加工技術の概要

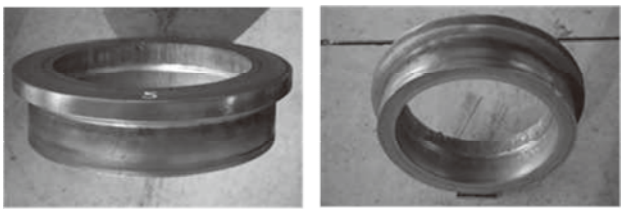


図 2　リング鍛造による中間素材

*　研究開発センター
**　企画管理室
***　タンレイ工業株式会社

2.2　シミュレーションを活用した開発

はじめに，適切な成形温度範囲を把握するため，SUS304 の高温材料試験を行い，材料特性に対する温度と試験速度による影響を調べた。試験結果の一例を図 3 に示す。それらの結果を分析して SUS304 の高温領域の変形抵抗を調べた。

次にフローフォーミング（図 4）で発生する加工装置自体の変形，加工荷重を把握するための荷重・変位測定システムを開発するとともに，基礎成形試験を行い，加工ローラーの形状とモーションの違いによる材料の流れを把握した。

一方，成形条件を効率的に検討するために，フローフォーミングシミュレーション手法の確立に取り組んだ。フローフォーミングのような大変形に対応した計算を実現するためには，加工に伴う要素のゆがみを解消するリメッシュが必要である。しかし現在，主なソフトウェアに実装されているリメッシュ手法では計算精度に課題がある。そこで精度のよい 6 面体リメッシュ技術を開発した。図 5 に従来と本開発によるリメッシュ技術の比較を示す。また図 6 に，開発したリメッシュ技術による要素形状の修正例を示す。

開発したシミュレーション手法を活用し，基礎成形試験で得た知見をもとに，最適なローラー形状と材料流れを得る新加工法を開発した。図 7 に新加工法の計算結果と，実際に成形した成形品の外観を示す。

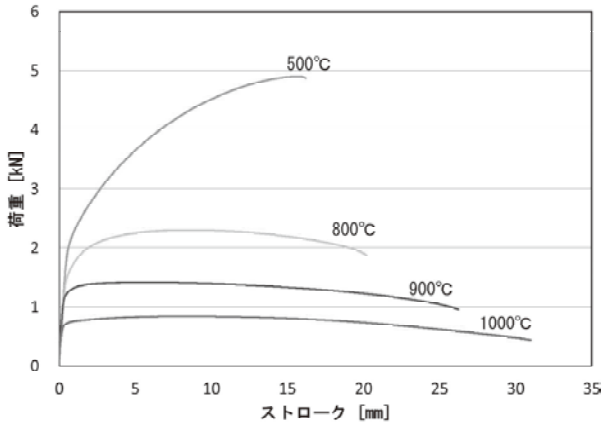


図 3　SUS304 高温材料試験の結果

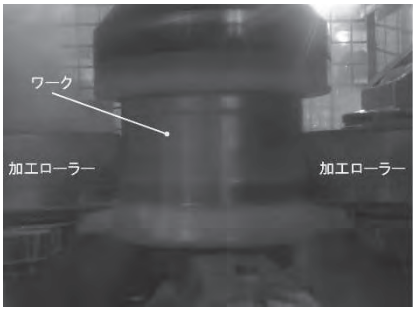


図 4　熱間フローフォーミングの様子

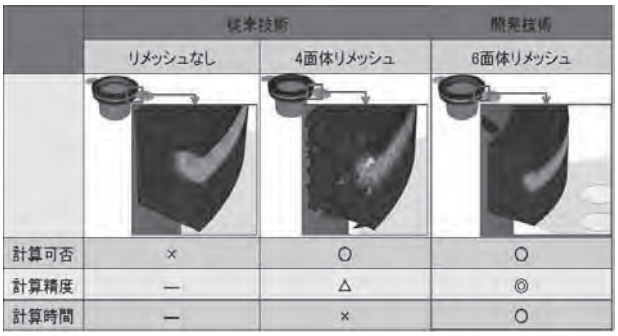


図 5　従来と本開発のリメッシュ技術の比較

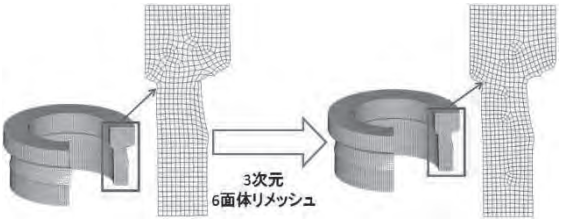
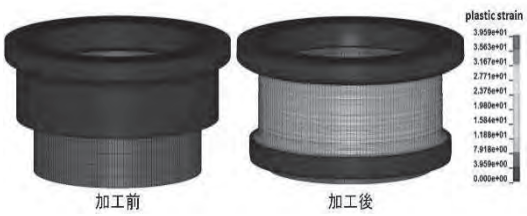
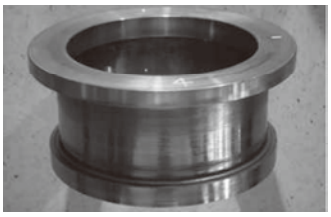


図 6　リメッシュによる要素形状の修正例



（a）計算結果



（b）成形品

図 7　開発した新加工法（計算結果と成形品）

2.3　最適な加熱条件の検討

短時間でワークを高温へ加熱するために高周波加熱装置を開発した（図 8）。また熱画像装置による温度測定と加熱条件の検討により，最適な温度分布への加熱を実現した。

2.4　実用化技術の開発

実用化に向けて図 9 に示すような試作用ラインを開発した。試作試験の結果，目標とするサイクルタイムが実現できることを確認した。

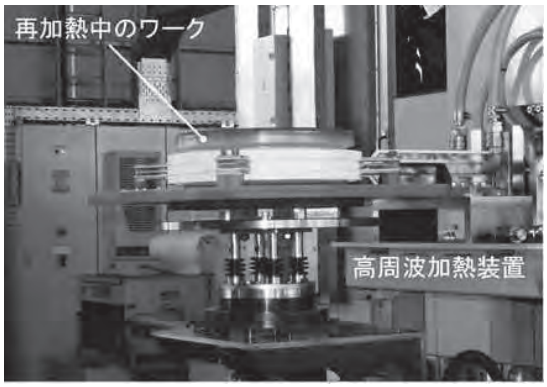


図 8　高周波加熱装置

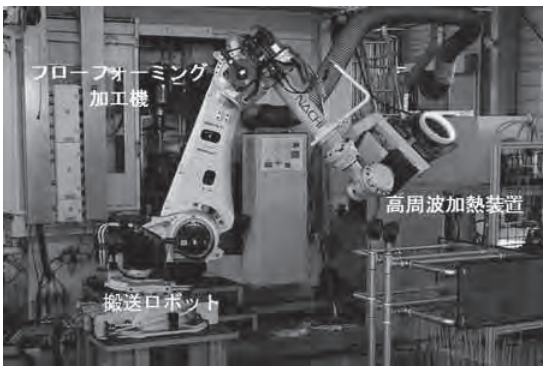


図 9　開発した試作用ライン

3.　新加工技術による結果

本研究で開発した新加工技術により，目標値である切断重量 21.5kg 以下，加工時間 10 分以内で，出荷形状にて黒皮（削り残し）のない製品の加工を実現した。図 10 に新加工技術による成形品を出荷形状に旋削した製品の外観を示す。加えて，必要な検査項目および検査方法で本技術による成形品の検証を行い，良好な品質であることを確認した。

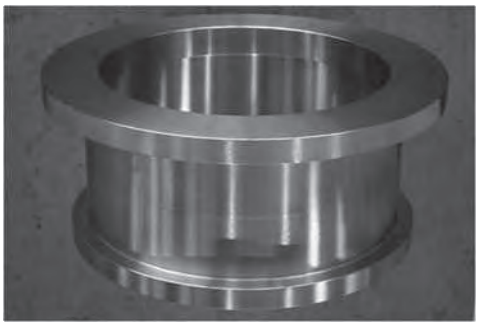


図 10　開発した新技術で加工した製品

4.　結　　言

（1）フランジ付きの SUS304 製大型容器を一体構造で目標形状に成形ができた。

（2）目標とした材料ロス削減と加工時間の短縮ができた。

（3）多様なサイズのフランジ付き形状の容器にも適用可能な成形技術を確立した。

なお，本研究は，経済産業省による平成 25 から 27 年度戦略的基盤技術高度化支援事業で実施したものである。