ノート

SUH660の形質制御熱間鍛造技術の開発

本田　崇*　櫻井　貴文**　岡田　英樹**　三村　和弘**　相田　収平**
阿部　和昭***　神田　恭***　藤岡　智裕***

Study of the Hot Forging Prosess of SUH660 for Near-net-shape and Net Property

HONDA Takashi*, SAKURAI Takafumi**, OKADA Hideki**, MIMURA Kazuhiro**, AIDA Shuhei**,
ABE Kazuaki***, KANDA Takashi*** and FUJIOKA Tomohiro***

1. 緒　　言

鉄道車両のモーター用保持環（以下保持環）には，高強度かつ非磁性であることが求められており，素材には析出硬化型ステンレス鋼SUH660が使用されている。保持環は熱間リングローリングによる成形の後，機械的特性の強化を目的とした熱処理後，旋削されて製品となる（図 1）。ここで，熱処理工程では，①熱変形が生じる，②必要な強度を付与するための時効処理時間が長いといった課題がある。保持環は薄いリング形状であり，①のゆがみは後工程の旋削工程への影響が大きく，加工時間の増加，ひいては不良の発生が避けられない。

そこで，これらの課題を解決するため，加工熱を利用して，ニアネットシェイプ化と高強度化を同時に実現する形質制御技術の開発を行った。加工熱の利用にあたり，シミュレーションを活用して，重要な要素となる成形中の素材内部の温度を把握するとともに，素材の予熱温度，圧延速度といった最適な加工条件を検討した。

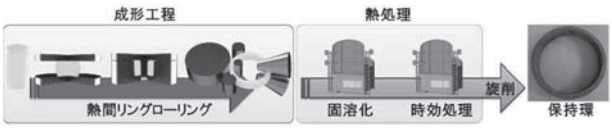


図 1　保持環製造工程

*　下越技術支援センター
**　研究開発センター
***　タンレイ工業株式会社

2. 高温材料特性の把握

成形条件の検討およびシミュレーションの実施にあたり，SUH660の高温材料特性を把握するため，引張試験と圧縮試験を実施した。試験の結果，SUH660の高温材料特性は温度とひずみ速度に大きく依存することを確認した。結果の一例として，0.2%耐力を図 2 に示す。

3. 成形試験

3.1 試験条件

本研究で対象とする成形品の形状を図 3 に示す。予熱温度と圧延速度を変更した成形試験を行い，熱処理の後に得られた成形サンプルについて，成形形状と機械的特性を評価した。

本研究では，従来の成形条件に対して予熱温度を-50～+65℃，圧延速度を 56～120%の範囲にて検討を行った。ここで，圧延速度は主ロール一回転あたりのマンドレル軸の圧下速度である。

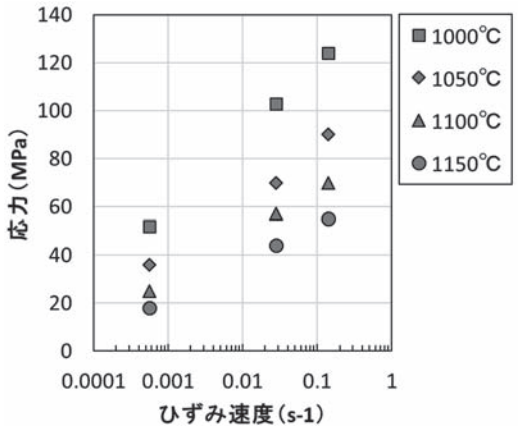


図 2　引張試験から得られた 0.2%耐力

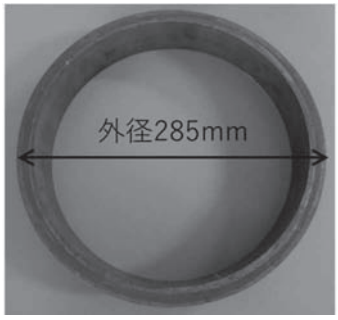


図 3　研究対象の保持環形状

3.2　試験結果

3.2.1　成形形状の評価

形状の評価については，熱処理後の成形サンプルの長径と短径の差で評価した。図 4 に評価結果を示す。

従来の工法に比べて，成形したサンプルは形状精度が大きく向上したことを確認できた。また，試験結果を解析した結果，形状精度は温度と圧延速度の影響を受けており，特に圧延速度に大きく依存していることがわかった。

3.2.2　機械的特性の評価

熱処理後の成形サンプルから引張試験片とシャルピー衝撃試験片を採取して，機械的性質の評価を行った。満たすべき製品の仕様に対して，

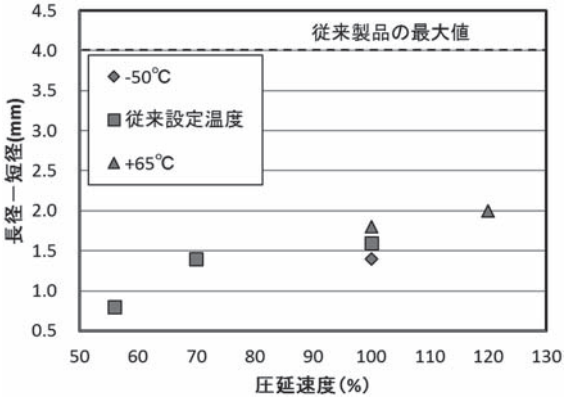
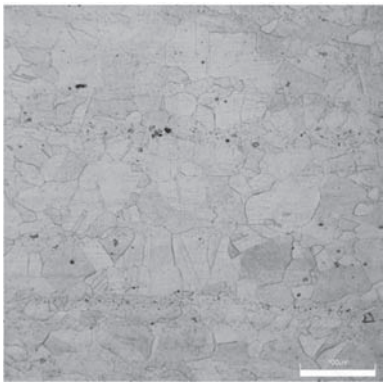


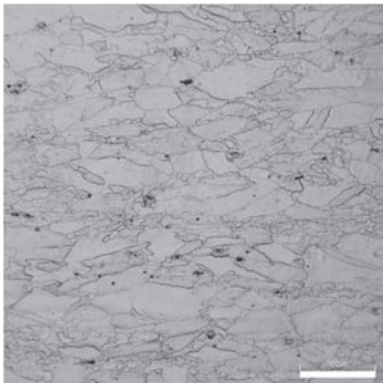
図 4　成形形状の評価

表 1　引張試験およびシャルピー衝撃試験結果

	0.2%耐力(MPa)	衝撃値(J/cm²)
従来工法	+12 ～ 99	+74
サンプル	+70 ～ 176	+80 ～ 111



(a)従来工法



(b)成形したサンプル

図 5　金属組織の比較

得られた試験結果の評価を表 1 に示す。いずれの評価でも，従来工法で作られた製品に比べて，成形したサンプルは機械的性質が向上していることを確認できた。

同一温度で予熱して成形したサンプルについて，金属組織の比較を図 5 に示す。成形サンプルの金属組織は，従来工法で得られる組織より結晶粒径が細かいことが確認できた。このような細かな組織が機械的性質向上に寄与していると考えられる。

4.　リングローリングシミュレーション

実成形を模擬した圧延シミュレーションを実施して，成形中における温度やひずみなどの素材の状態の把握を行った。図 6 に計算モデルを示す。形状の対称性より，1/2 モデルとした。

計算結果と実成形中の比較として，素材表面で最高温度となる箇所の温度変化を図 7 に示す。

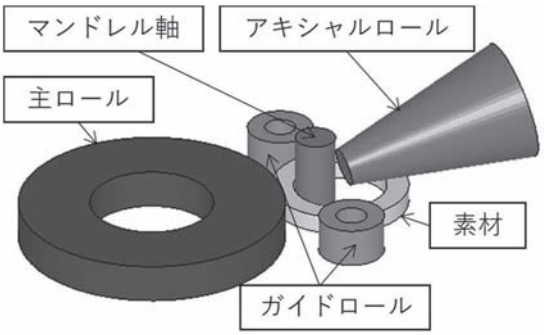


図 6　計算モデル

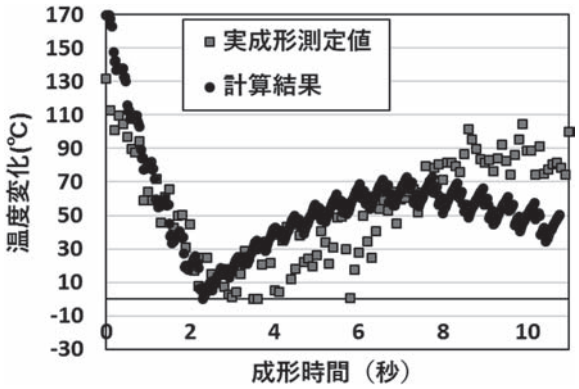


図 7　実成形と計算結果の素材表面温度の比較

ここで，図 7 のグラフは成形中の最も低い温度を基準とした。

実成形では，成形中に温度が低下後，加工発熱によって温度上昇が起こり，最後に冷却と加熱が釣り合っている様子が観察される。また，計算結果はこのような温度変化の傾向をよく再現していることが確認できる。したがって，本計算を用いて，成形中の素材の内部の状態についても良好に評価できると考えられる。

5.　結　　言

（1）SUH660 を対象とした熱間リングローリングにおいて，加工熱を利用した加工方法を開発した。

（2）開発した工法は，従来の工法に比べて形状精度，機械的性質ともに向上できることを確認した。

（3）成形シミュレーションの活用により，成形終了時の温度・ひずみなどの素材の状態を把握できるようになった。