

1. 緒言

溶接鋼管は、軽量・高剛性の閉断面素材としてチューブ
ハイドロフォーミング技術などの加工技術の進展にとも
ない、サブフレームなど自動車構造部材へ採用される事例
が増えている。JFE スチールではこのようなニーズに応え
るべく Fig. 1 に示すように素材・商品開発、鋼管

え，疲労特性，衝撃特性，塗装適合性，材質安定性などの
実用特性が重視される。当社では，成形性や実用特性に及
ばず冶金学的因子を明らかにし，サスペンションアーム用
の 780 MPa 級電縫鋼管を開発した。この鋼管は，製鋼で
の炉外精錬による高純度化技術，熱間圧延 DRILL

780 MPa 級電縫鋼管においても 1 工程で縮径率 20% の加工が可能であった (Photo 1)。なお、HISTORY 鋼管にも同様の平行スエージ加工が可能であることを確認している。HISTORY 鋼管の縮径加工部の増肉率は電縫鋼管より少ない傾向が認められたが、これは HISTORY 鋼管特有の集合組織の影響によるものと考えられる。

5.3 液圧加工特性

780 MPa 級 HISTORY 鋼管と、比較材として 690 MPa 級熱処理電縫鋼管の液圧加工試験結果を Table 3 に示す。型のない自由バルジ加工の場合、これら高強度鋼管の限界張出し率は、軸押なし、ありの場合ともに 370 MPa 級電縫鋼管の半分程度であった¹³⁾。一方、張出し率 35%、長方形断面の型バルジ加工では、780 MPa 級 HISTORY 鋼管において、軸押と金型による拘束を活用することにより角部の曲率半径が大きいものの割れやしわを生じずに成形することができた (Photo 2)。型バルジ加工における素管強度と成形終了後の角部曲率半径の関係を Fig. 7 に示す。液圧加工条件一定の場合、成形後の角部曲率半径は素管の n 値

になると $\varepsilon = 50\%$ に達する。このため、特に曲げ半径が小さい場合、曲げ外側の破断を防止するために、素管の延性確保と加工条件の最適化による減肉抑制が重要となる。

強度水準、履歴の異なる鋼管に対する回転引曲げ試験結果を Table 2 に示す。なお、材質が異なる素材の曲げ加工性を広範に比較できるようにボール式マンドレルに潤滑剤を塗布した。440, 590 MPa 級では、590 MPa 級の圧延ままの電縫鋼管を除き、いずれも中立軸曲げ半径が素管外径 ($1D$) 相当の小さな曲げ半径まで曲げ加工可能であった。780 MPa 級では圧延ままの電縫管で $1.5D$ 程度まで、HISTORY 鋼管においては $1.1D$ まで、熱処理電縫鋼管は $1.3D$ までの小半径曲げが可能であった。このような成形限界の差は Fig. 3 との比較から、素材の n 値 r 値の差によるものと考えられる^{5,6,10,11)}。

5.2 口絞り加工特性

管材の管端加工において、口絞りおよび口広げ加工は適用頻度の高い加工技術である。このうち口絞り加工方法にはロータリースエージ加工と穴ダイスに素管を押込む平行スエージ加工¹²⁾がある。これら口絞り加工は、加工時の応力場が圧縮応力主体であるため割れの問題が少なく大きな縮径率を容易に得られることが特長である。平行スエージ加工法では潤滑剤を用いて穴ダイスへの焼き付きを防止しなければならないが、ロータリースエージ加工法と比較して設備が安価で加工時の騒音が少ないため採用される場合が多い。

高強度電縫鋼管の平行スエージ加工実験の結果

displacement displacement Split

6. 結言

サスペンション，シャシー部品用として2種類の780 MPa 級鋼管を開発し，その成形性と実用特性を評価した。

- 1) 780 MPa 級電縫鋼管，780 MPa 級 HISTORY 鋼管ともに低C量とした成分系で均質微細組織とすることで曲げ中心半径 $< 2D$ の曲げ加工可能な優れた延性と良好な疲労特性，衝撃特性，塗装適合性を安定的に確保することができた。特に780 MPa 級 HISTORY 鋼管は $EI \geq 35\%$ r 値 ≥ 1.2 と高い成形特性値を示す。
- 2) 自動車用鋼管の二次加工に多く適用される曲げ，口絞