

らに、これまでX配置のスタンドをVH配置とし、設備コストを低減させる工夫もなされてきた。今後、マンドレルミルとサイザー、ストレッチレデューサーの直結化もミルのコンパクト化の観点から注目されるものと考えられる。

製品の形状精度を向上させる技術として、引き続き計算機制御の高精度化が計られると共に、3ロール圧延機による高精度圧延機も出現した。さらに、4ロール圧延機の提案もなされているが、まだ、実現していない。また、次工程のストレッチレデューサー圧延に於ける前後端のクロップロス低減のため、マンドレルミルで管端を薄肉に圧延する方式が開発され、これを実現するための油圧圧下ミルの導入、計算機制御の技術開発が行われ、大きな効果をあげている。

リトラクトマンドレル圧延を可能にした技術にマンドレルバーの潤滑技術がある。黒鉛系の潤滑剤が用いられているが、高合金圧延にはほう酸系の潤滑剤を用いているところもある。

(3) ストレッチレデューサー圧延

ストレッチレデューサー圧延においては、古くからの2つの大きな課題がある。一つは、長手方向の管端部肉厚分布解消、二つめは大きな外径圧下時に発生する内面角張の解消である。管端肉厚制御の技術開発は、マンドレル圧延における管端薄肉化と速度制御によりほぼ一段落した。内面角張については、ロール形状、張力等の影響が明らかにされ、15度配置のミルが実機化され、4ロールレデューサーの提案などがなされているが、製品寸法との関連でミル形式が選択されるものと考えられる。

(4) 今後の方向

今後の圧延プロセスの動向は、高合金管の製造、設備コストの低減、肉厚・外径精度の向上、省エネルギーなどを極限にまで求めた技術開発が主流となるであろう。特に、省エネルギーについては、CO₂削減の要求からダイレクトクエンチ併用ラインなどが検討されるものと考えられる。また、今後のエネルギー源として、メタンハイドレートが挙げられているが、この採掘技術、採掘のための鋼管、運搬のための鋼管開発も今後の目標となる。

3.5.2 溶接鋼管の製造技術

(1) 電縫管

電縫管のここ10年の製造技術は、古くからのニーズ、(1) 製造範囲の拡大、(2) 溶接信頼性(入熱制御、ガスシールド溶接)、(3) 生産性向上とコストダウン(クイックチェンジ、ロールの共有化、FFミル)、(4) 合金鋼の製造(ガスシールド溶接、レーザー溶接、)の延長線上での開発、設備化によ

り発展してきた。また、近年はこれらに加えて(5) 鋼管の加工性の向上、高強度化、高YR鋼管への要求が高まってきており、これらに対応した技術開発、設備開発が進んできた。

製造範囲の拡大は、強度との関連はあるが、構造物としてさらなる厚肉化が望まれ、厚肉製造のための技術開発がなされてきた。最近(2003年)、ラインパイプへの適用を意図し、高強度、高変形能鋼管を製造できる24インチ外径の電縫ミルが設置され、厚肉化を狙い26インチミルの改造も実施された。しかし、全般的に、製造範囲の拡大に対する新技術開発は、ここ10年間では見られない。

溶接信頼性技術は、前の10年に開発された入接制御システムの高精度化を中心としたものであり、この10年、目を見張る開発は見られない。また、ガスシールド技術についても、設備のコンパクト化などが計られたが、大きな発展はみられていない。

生産性の向上とコストダウンについては、(5) 項の要求とも相まって、FFミル(フレキシブルフォーミングミル)が開発され、小径のみでなく中径ミルにおいても採用され、その効果上げてきた。このミルは、ブレイクダウン、クラスターロールのロール形状にインポリュート曲線を用い、その位置、傾きをかえることにより、ロールと素材との接触点を順次最適な位置に数値制御し、滑らかな成形を実現したものである。これにより、ロール交換、調整の時間が大幅に短縮され、長年、電縫管成形に携わってきた技術者の夢である、ロール共有を実現させた。また、ロール位置、傾きが油圧を利用し数値制御されるため、成形の安定性も大幅に向上した。ただ、厚肉材の成形に対しては不向きなところのあることが指摘されている。(5) 項に関連し、FFミルにおいて成形時の付加的な歪みの導入が少なく抑えられるため、他の成形方法と比べ低歪み造管が実現でき、製品の残留伸びも確保され、低YR製品を実現する事が可能となった。

また、合金鋼、厚肉管の製造を狙い、レーザー溶接と電縫溶接を併用した技術が開発、設備化された。従来、レーザー溶接管としてステンレス鋼管の製造がなされてきたが、成形速度が速い電縫管成形ラインに組み込まれたのは初めてであった。この技術は、高出力のレーザー発生装置が開発されたことにより実現したが、製造技術の面からは成形の安定化、シーム部の追従技術が開発のポイントとなった。

ここ10年における製品の用途から来るニーズとして、チューブハイドロフォーミングを利用したチューブの自動車部材への応用が注目されている。この加工は、加工の組み合わせが複雑で、加工度が高いため、鋼管に対する加工性の向上が望まれるようになった。しかし、これまで鋼管の加工性を評価する指標は曖昧であり、簡便な加工性評価技術の開発が

望まれ研究が進められている。また、加工性の向上を目指した鋼管製造技術の開発もされた。電縫管を製造後、これを高周波で加熱し、外径の圧下とインラインで加工熱処理を加えることにより、高R値管の製造を可能にしたミルも建設された。今後、高加工性を確保するための指標が明確になるに従い、そのニーズに対応した製造技術が開発されるものと期待される。

その他、電縫管を加熱しレデュースで延伸することにより、小径のチューブインコイルが開発され、そのほかCC-BOX用の鋼管が開発された。また、自動車の安全性向上のため、ドアインパクトパイプとして、150 kgf級の鋼管も開発された。

(2) 鍛接管

鍛接管の製造技術として、誘導溶接との併用技術が確立された。また、サイズフリー化を狙い、外径の大圧下を狙った15度配置のストレッチレデュース圧延機を備えたミルが開発された。

鋼管として世界で初めて、加工熱処理を利用した材質の作り込み設備が開発され、飛躍的にr値の高い鋼管製造が可能となった。この鋼管は、ヒストリー鋼管として商品化も進み、この分野での今後の発展が期待されている。

(3) UOE (大径溶接) 鋼管

UOE鋼管の製造技術は、主要製品であるラインパイプのニーズ変遷を中心に、労働生産性向上や品質保証機器導入などに対応した技術を開発し発展してきた。近年、天然ガスなどエネルギー資源開発が、遠隔地、深海へと移って行ったため、ラインパイプシステムの経済性確保の面から、ラインパイプは高圧化、小径化が計られ、UOE鋼管にはさらなる高強度化、極厚肉化の要求が強くなっている。

材料の超高強度化に対する開発は、強度の確保と共に溶接性、靱性、変形能を確保する材料開発が主体となっている。これを実現するためのプロセス技術開発としては、製鋼技術、厚板の製造ラインに於ける新TMCP (加工熱処理) 技術が開発され、また、UOEミルに於いては、高強度材に特有なスプリングバックによる形状不整に対処する、最適なC形状、U形状の開発がなされた。その結果、X80～X100、X120までの製品が製造されるようになった。

厚肉化は、深海へのラインパイプ敷設時に曲げによる座屈発生防止、地震発生時の大変形吸収能力を高めるのに必要な要求特性であり、製造技術としては、超高強度材と同様、溶接HAZ部の靱性確保のための、材料開発、溶接条件などの検討が進められている。

(4) スパイラル鋼管

建設用鋼管として、特に大きなニーズ変化は見られなかったが、製造技術として高生産性を目指した、ERW (電縫溶接) + SAW (サブ・マージ・アーク溶接) の溶接技術が開発された。

3.6 周辺の加工技術の進歩

3.6.1 鍛造

塑性加工の中でも、鍛造加工は、同一製品を、大量に、速い生産速度で、効率的に、生産することによって、製造コストを下げ、しかも圧縮応力下で大きな塑性変形を与えて、製品強度を高めることにより、高い品質を保証する加工法として、その適用範囲を拡大してきた。完全なネットシェイプ鍛造では、鍛造加工だけで最終の寸法、および表面仕上げまで達成することを要求される。ネットシェイプ度 = (冷間鍛造 + 仕上げ後重量) / (冷間鍛造重量) と定義すると、1965年代には100%であったが、1975年代以降約80%でほぼ定常状態にある。これは冷間鍛造技術開発の初期の頃は、ボルトの鍛造のように比較的単純な形状製品であったが、次第に複雑な形状製品への適用が拡大したためであろう。このネットシェイプ度は、あくまで自動車会社における全冷間鍛造品の平均値であるが、複雑形状製品であっても、この残り20%をいかに削減するかが、鍛造の適用範囲を拡大するための重要なブレークスルーにつながると考えられる。

鍛造加工の適用範囲を、さらに拡大するためには、今まで以上に高い技術レベルが要求され、その技術レベルを高めるために、今後の鍛造技術には、次のような課題をクリアすることが必要ではないかと考える。

(1) 複雑形状製品のネットシェイプ鍛造の実現

鍛造後の切削仕上げ加工をなくしネットシェイプ化を図るためには、寸法公差 (μm オーダ) の寸法精度と表面粗さ (サブ μm オーダ) の表面仕上げが必要となる。この程度の寸法精度を実現するためには、加工面圧の低減と変動の抑制、金型弾性変形と素材熱膨張の予測とその補正、金型弾性変形の変動を抑制するための最適金型設計などが必要になると考えられるが、究極的には金型の弾性変形を逆に活用する技術開発が必要になるであろう。すでに、これらの課題を解決して、 μm オーダの寸法精度とサブ μm オーダの表面仕上げを実現する冷間鍛造法として実用化されたもの、あるいは実用化の見通しが得られているものが開発されている。熱処理後の寸法精度の確保も含めて、鍛造によりこの程度の寸法精度と表面仕上げが得られるならば、切削仕上げ製品に比較して、塑性変形による加工組織強化や、金型表面のパニッシュ作用に