

大径プレミアムジョイントの高生産性製造技術

High Productivity Manufacturing Technology for Large Diameter Premium Joints

1. はじめに

JFE スチール知多製造所では、大径サイズの JFELION® を主とするプレミアムジョイントの製造ラインを新設した。一般的に大径ねじ用の製造ラインは設備が大型化し、設備コストが多大になりやすい。また JFELION 等のプレミアムジョイントのシール部は長く、かつ気密性を確保するため表面粗さ規定が厳しいため、長時間加工となる等の課題もある。本稿では、これらの課題に対応するために開発した生産技術の、特徴と適用効果について紹介する。

2. 高生産性製造技術の開発

2.1 高効率スウェッジ装置の開発

プレミアムジョイントは、ねじ先端部の肉厚を確保するため、ねじ切削前に管端部を縮径加工する必要がある。このプロセスはスウェッジと呼ばれ、従来の一般的な方法ではパイプ軸方向からお椀型の金型を押し当てて管端部を成型していた。しかしパイプ外径が 7 インチ (177.8 mm) 以上になると、この方法では軸方向からの成形力量が非常に大きくなり、設備が大型化し高額になるという問題点がある。また、非常に大きな成型力量がかかるパイプを、加工中に位置ずれしないよう把持する必要がある、パイプクランプ設備も同様に大型のものがことになる。さらにチャックした際のパイプ表面に発生する疵やチャックとパイプ間での滑りにより、安定して成形できない可能性がある。

そこで、今回ライン新設にあたり、パイプ径方向から加工するタイプのスウェッジ装置を検討・開発した。図 1 に従来の装置と本開発装置の概要を示す。本開発装置の加工方法は以下のとおりである。外周をウェッジ加工し内径は外周とは反対方向にテーパ加工した金型を円周方向に分割配置し、金型外周を軸方向に押し出すことでウェッジの働きにより金型が径方向に移動し、パイプ管端を加工する。

この方式では、薄肉円筒型のフープ応力計算モデルおよびウェッジによる力方向の変換から計算される必要な力量が、従来の約 1/3 となる。また、パイプ自身は径方向から加工されるので軸方向への荷重が少ない。

パイプの肉厚やねじ種により狙いとする縮径量が異なるた

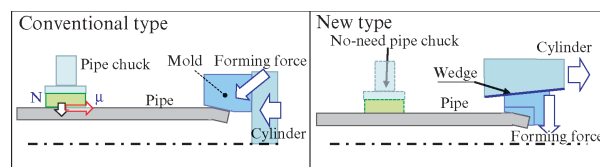


図 1 スウェッジ装置概要

Fig. 1 Swaging process

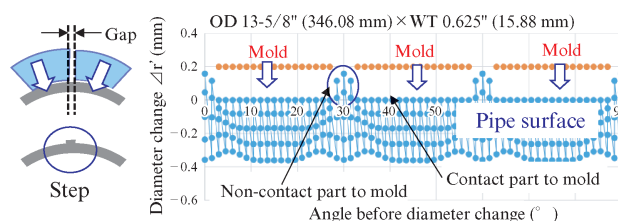


図 2 金型接触部と非接触部の隙間・段差解析結果例

Fig. 2 Example of gap and step difference analysis between mold contact part and non-contact part

め、成型後に金型同士の隙間が残る、パイプ表面に段差が生じる可能性がある。これを事前に評価するため 2 次元弾塑性 FEM で金型間の隙間と形状を評価し、金型の形状や円周方向分割数を決定した (図 2)。また事前にモデル機を作製し、成型力量やパイプ表面に生じる段差について評価し、計算値との整合性を確認した。

この装置は加工時のパイプ軸方向分力が小さく、パイプズレが発生しないため、パイプクランプ装置が不要であることを確認できた。これらによりパイプチャック疵を発生させず、また段差起因等による不良率 0% を実現した。

2.2 大径プレミアムジョイントに適した切削技術の開発

プレミアムジョイントの基本的な切削工程は①全体粗加工②シール部仕上げ加工③ねじ部仕上げ加工に分類される。特にシール部仕上げ加工は、高いシール性を確保するため切削後の表面粗度 $Ra \leq 1.6 \mu m$ を満たす必要があり、刃物送り速度に制約が生じる。また、ねじ部の加工では、ねじ部の複雑な形状を、専用工具を用いて数パスにわたって加工する必要がある。いずれも大径サイズであるほど切削面積が大きく切削時間が長くなるので、小径サイズと比較しツール寿命が短くなる等の問題点がある。

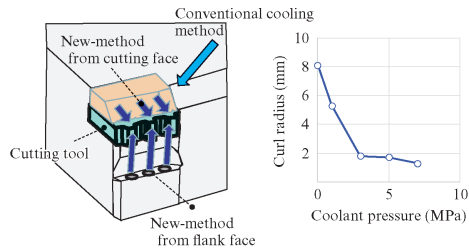


図3 冷却方法とクーラント圧力による切粉制御

Fig. 3 New cooling method and control of curl radius by coolant pressure

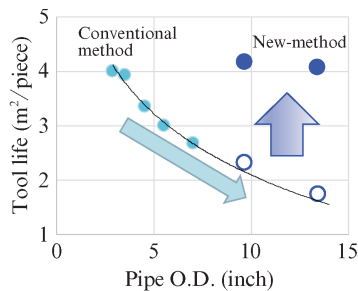


図4 パイプ外径とツール寿命の関係

Fig. 4 Relationship between pipe O.D. and tool life

そこで新規設備導入にあたり、切削中のクーラント液の噴射方法を見直すことにより、ツール寿命の延長を図った。クーラントには、ツールの温度上昇を防ぎつつ、切粉の排出を促し、高負荷加工時のツールの強度低下を防ぐ役割がある。本開発では図3に示すとおり、クーラント液を4 MPa以上の圧力で噴射させることで切粉カール径を制御し、かつすくい面に専用ノズルを設けることで切粉の方向を制御し、切削抵抗の削減に努めた。同時に工具のすくい面からだけでなく、逃げ面からもクーラントを噴射することで冷却効果を増加させ、ツール寿命の大幅向上を実現し生産性向上に寄与した(図4)。

また、切削時間を短縮するため、シール部の切削ツールを改善した。上述したようにシール部は厳しい表面粗さ規定があるため、通常の市販の刃物では送り速度を上げることが難しい。そこで専用の工具を開発した。図5に示すように工具先端の円弧に続いて直線部があり、それに連なる第二円弧を有するワイパー型の切削工具を開発した。この直線部により、通常の円弧のみの先端部でできる凹凸部を切削し、同じ送り速度でも低表面粗度を達成できる¹⁾。しかし一般的なワイパーツールでは接触面積が大きくなり、ビビりが発生するため仕上げ加工には適用できなかった。そこで、直線部とパイプ加工面の間の角度 θ を最適化すること、および工具先端部の曲率半径 $R1$ とワイパー後端側の曲率半径 $R2$ の関係を適正化することによりビビり振動の発生を抑制した。本技術を使用して加工した結果を図6に示す。本技術を適用することで、既存のツールと比較し高い送り速度で低

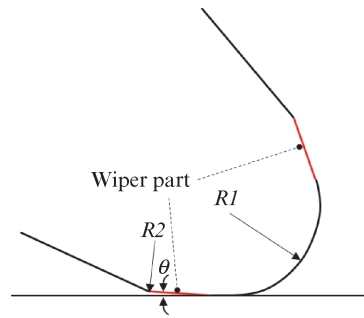


図5 ワイパーツール概要

Fig. 5 Overview of the wiper tool

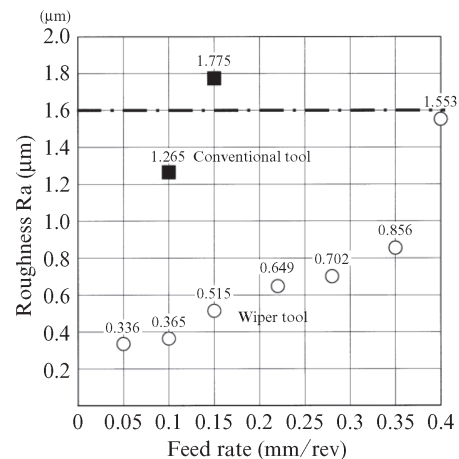


図6 送り速度と表面粗さの関係

Fig. 6 Relationship between feed rate and roughness

表面粗度とすることに成功した。実操業においても、表面粗度を低く抑えつつ従来の3倍の送り速度を実現し、生産性向上に大きく寄与した。

3. おわりに

ここで紹介した技術は、高生産性を達成するうえでの重要な技術として、新設した大径プレミアムジョイントの製造ラインに適用されている。今後さらなる技術開発により、より一層の品質向上、生産性向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) Liu, Z.; Zhang, P.; Guo, P.; Ai, X. Surface Roughness in High Feed Turning with Wiper Insert. Key Engineering Materials. 2008, vol. 375-376, p. 406-410.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 鋼管センター エネルギー鋼材輸出部 油井管・特殊管室
TEL: 03-3597-3205 FAX: 03-3597-4710
JFE スチール 知多製造所 製造部 鋼管技術室
TEL: 0569-24-2501 FAX: 0569-24-2424
ホームページ: <https://www.jfe-steel.co.jp/products/koukan/oilwell.php>