

油井管用新9-5/8" ねじラインの設備と操業状況

Facilities and Operation of the New 9-5/8" Threading Line for Oil Country Tubular Goods

川崎製鉄(株) 知多製造所

高橋一成・山口正男・中西政一
沢田欣吾・高野 順・島本 健*

1. はじめに

近年の油田、ガス田の開発環境の苛酷化により、油井用鋼管には耐腐食性に優れた13%Cr鋼等の高合金鋼が使用されるとともに、高継手強度、高气密性、耐ゴーリング性に優れた特殊ねじ継手(プレミアムジョイント)の需要が増加している。川崎製鉄知多製造所では、特殊ねじ継手の一つであるFOXの高品質、高能率での製造を目的として新9-5/8" ねじラインの建設を行った。1994年10月より営業生産を開始し、現在順調な稼働を行っている。本ラインの設備および操業状況の概要について以下に報告する。

2. 特殊ねじ継手(FOX)の特徴

Fig. 1に代表的なAPI(American Petroleum Institute)ねじ継手である丸ねじおよび角ねじと特殊ねじの特徴を比較して示す。特殊ねじは一般に角ねじにより継手強度を確保し、また、先端部にメタルシール部を有することにより、気密性を持たせることを特徴としている。また、特殊ねじは13%Cr鋼等の合金鋼の継手としてよく使われ、この耐ゴーリング性の改善のために、ねじ表面処理等の工夫がなされている。この特殊ねじの製造においては、APIねじに比べ高精度のねじ切削技術および品質管理が要求される。

3. 設備概要

3.1 ライン構成

Fig. 2にラインのレイアウトをまたTable 1に製造可能範囲を示す。チャージテーブルから搬送されたパイプの両端は、前加工機、ねじ切機で切削され、オプチカルゲージにて全自動でねじ要素寸法が測定される。この後、13%Cr鋼については、ねじ表面にステンレスビーズのピーニング処理がなされる。その後、ロボットによりフィールドエンド側のねじ部にコンパウンドが自動塗布され、プロテクターが取り付けられる。ミルエンド側には、カップリングが自動で取り付けられ、締付がなされる。そして、ドリフト検査と水圧検査がなされ、検尺、秤量、印字の後、塗油される。なお、ねじ不良品は、バンドソーにて切断された後、再ねじ切りのために返却される。

以下に主要設備の紹介を行う。

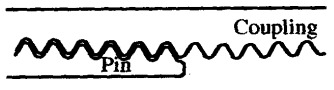
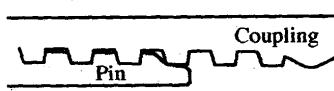
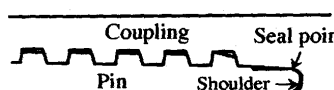
Joint	Configuration	Performance		
		Joint strength	Sealing	Antigalling
API Round		△	○	○
API Buttress		○	△	△
Premium Joint (FOX)		○	◎	○

Fig. 1. Comparison of the characteristic of API joints and 'FOX' premium joint.

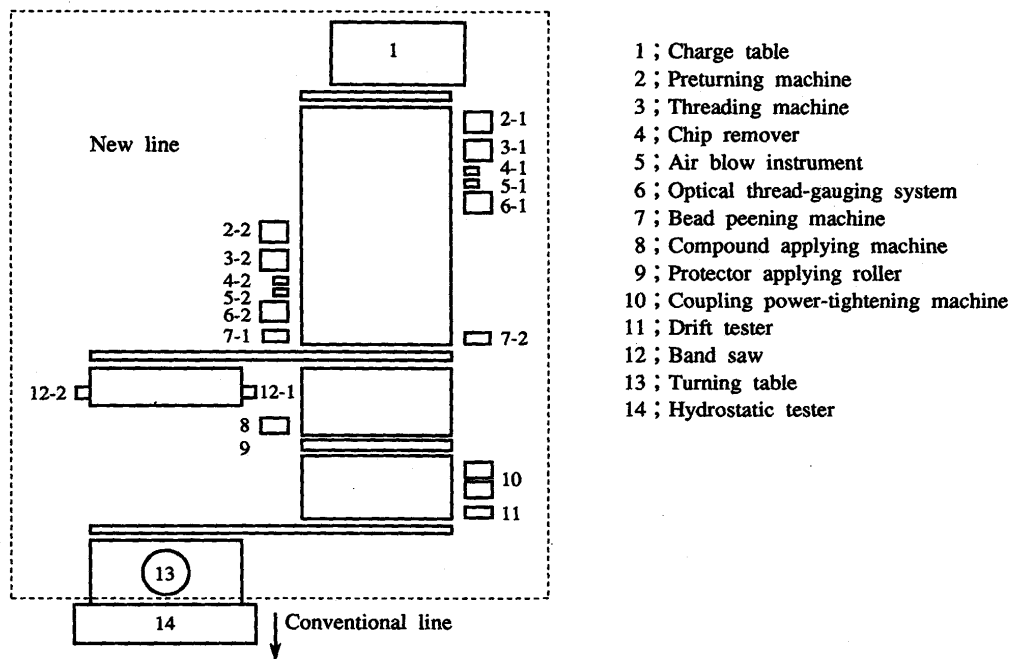


Fig. 2. Layout of the new threading line.

3・2 ねじ切機

従来、特殊ねじ特に13%Cr鋼等の高合金鋼の切削は、機械剛性および切粉排出性に優れた旋盤方式のパイプ回転型ねじ切機で行われるのが一般的であった。しかし、パイプ回転型は、パイプの搬入、搬出にかかる時間が長く、また一回の切削にはツールブロック一つを使い、繰り返し切削を行うため切削時間が長く、生産性が低くなるという問題があった。今回の建設に当たっては、生産性に優れた工具回転型のねじ切機の導入を検討し、従来、工具回転型の弱点とされていた機械剛性および切粉排出性を改良するとともに、2-3/8"から9-5/8"までの広いサイズ範囲に渡る切削を可能とした。尚、本ラインでは、ねじ切機での切削負荷軽減および切削時間短縮のために前加工機を設置した。前加工機の切削形状をFig. 3に示す。ねじ切機の切削代を管軸方向で均一化するため、外面をテーパ加工している。これにより切削抵抗が管軸方向で均一化され、寸法精度向上に寄与している。以下に、工具回転型のねじ切機の導入に当たって実施した主な改善点について記す。

Table 1. Production size and thread types.

Pipe diameter	2-3/8"~9-5/8" (60.3 ~ 244.5 mm)
Pipe length	8,500~13,800 mm
Thread type	API Round and Buttress Premium joint (FOX)

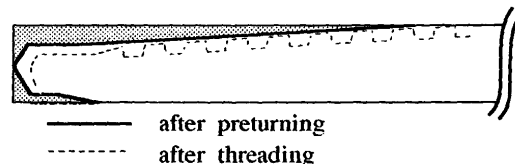


Fig. 3. Pipe end configuration after preturning.

3・2・1 機械剛性

工具回転型のねじ切機は、ツールブロックが回転しながら半径方向(X軸方向)に拡縮して切削を行う。このため、ツールブロックが受ける遠心力によりX軸系の機械要素が変形し、切削精度が悪化するという問題があった。そこで今回、これを軽減するため、ダイヘッド内部にツールブロックの遠心力を補償する機能を導入した。また、X軸系の変形を最小限とするため、有限要素法による応力解析を行い、ツールブロックの形状およびX軸系全体の強度バランスを最適化した。

3・2・2 切粉処理

工具回転型のねじ切機は、切粉の排出性が悪いため、1) ダイヘッド内のインターナルパイプサポートやツールブロックに切粉が絡み付き、それを取り除くのに時間がかかる。2) 切粉で切削工具が叩かれ、刃先がチップングして寿命が悪化する。という問題があった。この対策として、Fig. 4に示すようにツールブロックをダイヘッドの前面に出し、切粉がダイヘッド内に残存

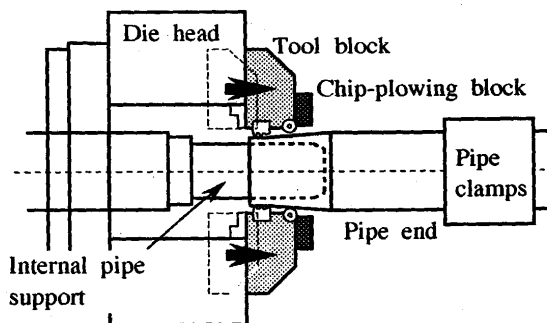


Fig. 4. Cross sectional view of threading part with pipe-rotating type threading machine.

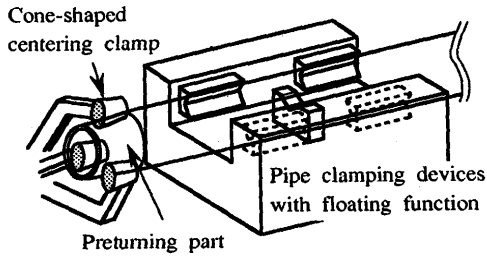


Fig. 5. Schematic illustration of the clamping devices.

Pipe ; 2-7/8" × 5.51mm × R2 13%Cr FOX

Type	Time(sec)	30	60	90	120	150	180
Pipe-rotating type threading machine	Pipe transfer	[Bar chart showing time for pipe transfer]					
	Threading	[Bar chart showing time for threading]					
Total ; 144sec							
Tool-rotating type threading machine	Total ; 51sec	[Bar chart showing total time for tool-rotating machine]					

Fig. 6. Comparison of threading time between pipe-rotating type threading machine and tool-rotating type threading machine.

し難い構造とした。また、チップブレイカー等の工具デザインの変更や、ツールブロックに切粉排出用のブロックを付けることにより、切粉がツールブロック前方でパイプに巻き付くようにし、切粉と工具の衝突防止を図った。その結果、人手による切粉除去時間および刃先のチッピングを著しく低減することができた。

3.2.3 センターリング精度

高精度のねじ切削のためには、パイプのセンターリング精度も重要な要因となる。以下に、その改善策について記す (Fig. 5)。前加工機後のパイプとねじ切機の芯ずれの低減を図るため前加工機で切削されたテーパ部分を同一テーパを付与したセンターリングクランプで掴んでセンターリングする方法を適用した。また、センターリングクランプの交換による精度悪化を防止するため、センターリングクランプは、サイズ替不要な構造とした。センターリング後のパイプクランプにおいては、フローティング機能を有するクランプ装置を適用し原管の曲りによる精度の悪化を防止した。

以上の対策により、高品質、高生産性の特殊ねじ切削が可能となった。Fig. 6に従来のパイプ回転型ねじ切機と新ねじラインのねじ切機の切削時間の比較を示す。搬入、搬出時間の短縮および複数工具での同時加工による切削時間の短縮により、従来の約3倍の生産性が実現できた。

3.3 オプティカルゲージ

Fig. 7にオプティカルゲージの概略構成を示す。光学系は、垂直方向と水平方向にそれぞれ2対ずつ配置された光源用のハロゲンランプと受光用のCCDカメラより成る。4対のランプとCCDは、マグネスケールにより管軸方向位置を測定しながら移動し、各位置における外径を測定する。得られた測定値を当社独自のロジックを用いて演算処理し、各ねじ寸法要素の値を求めている。また、内径は内パスを内面に接触させ、その変位を光学系で測定する方式を適用した。本機は、外観目視検査を除き、スタンドオフ、シール径、リード、テーパ、ハイト等ほとんどの寸法を全自動で検査することができる。繰り返し測定精度は、外径換算で5μm以内である。また検査所要時間は、30秒程度である。

3.4 カップリング締付機

Fig. 8にカップリング締付機の構成概略を示す。本機の特徴を以下に示す。

- 1) カップリングの取付と締付が一体化した設備である。
- 2) 締め付けの駆動にDCモータを用いており、締め付トルクが50,000N・m以上となると油圧モータが補助する方式を採用している。
- 3) 専用のトルクプロセスコントローラーによりトルク-ターン制御、トルク-Lm制御等種々の締め制御および合否判定が可能である。
- 4) パイプチャックにフローティン

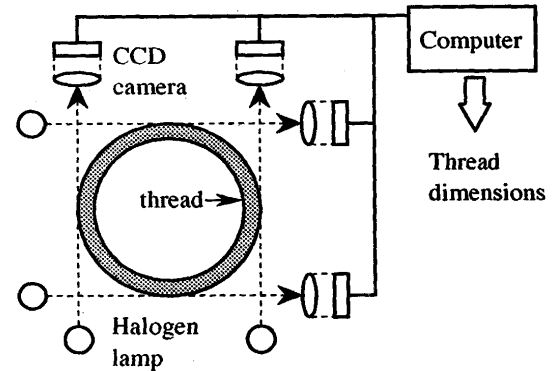


Fig. 7. Schematic illustration of optical thread-gauging system.

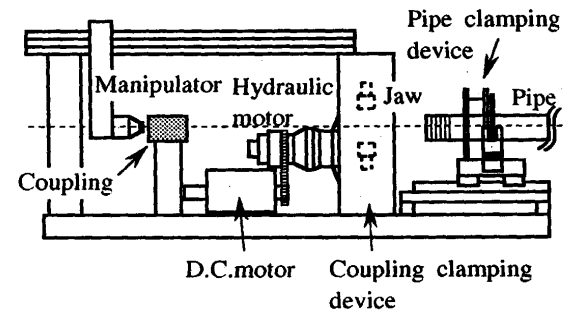


Fig. 8. Schematic illustration of coupling power-tightening machine.

Table 2. Comparison of productivity between 7" threading line and 9-5/8" threading line.

Pipe size	Thread type	Steel grade	Productivity (P/Hr)	
			7" threading line	9-5/8" threading line
2-7/8"	FOX	13%Cr	19.2	53.9
5-1/2"			13.6	38.7
7"			11.6	27.9

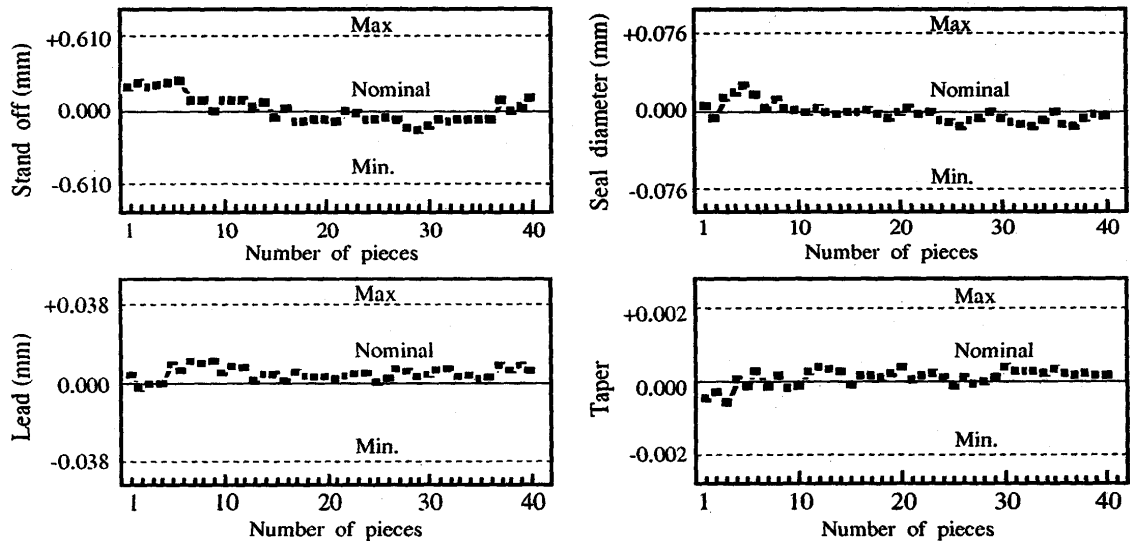


Fig. 9. Dimensional accuracy of 2-7/8" 13%Cr FOX thread produced by 9-5/8" threading line.

グ機能を持たせており、パイプの曲りになじんでチャックすることにより、トルクの安定化およびチャック疵の低減を図っている。

以上により、高トルク (Max 80,000N·m)、高精度の締付が可能となった。

4. 操業状況

4・1 生産性

Table 2にパイプ回転型ねじ切機を有する7" NCねじラインと新9-5/8" ねじラインの生産性の比較を示す。新ラインの生産性は、7" NCねじラインの約3倍である。

4・2 品質

新9-5/8" ねじラインで切削し、オプチカルゲージにて測定した代表的なねじ寸法要素の推移をFig. 9に示す。いずれの寸法も公差範囲内に小さなばらつきで収まっており、品質が安定していることがわかる。



4・3 切削工具寿命

Table 3に新9-5/8" ねじラインで使用される切削工具の寿命を、パイプ回転型の7" NCねじ切機と比較して示す。切粉処理の改善に加え、クーラント噴射条件等の改善を実施することにより、従来の3倍のチェザー寿命が得られている。

5. 結言

油井用鋼管の特殊ねじ (FOX) の量産のため、新9-5/8" ねじラインを建設した。ねじ切りの生産性向上のため、機械剛性、切粉排出性を改善した工具回転型ねじ切機を導入した。また、ねじ要素寸法検査の自動化を図るため、オプチカルゲージを開発した。これらにより、特殊ねじの高品質、高生産性の製造体制が確立できた。今後、更に品質、生産性の向上を図っていく予定である。

Table 3. Tool life(2-7/8"13%Cr FOX).

Tool type	Configu-ration	Life(pipe ends)	
		7" threading line	9-5/8" threading line
Chaser		100	300
Formed tool		—	250