

## 立旋盤によるタービンケーシング内径仕上げ加工方法の開発

(株) 日本製鋼所室蘭製作所 早川 保 和田侯衛 青野文朗 志賀俊彦 須藤英一 ○高佐成樹

## 要 旨

本研究では、超大型立旋盤によって蒸気タービンケーシングの内径仕上げ加工を行うために、複雑形状である本製品を機械に固定する専用取付治具、NC制御可能な高剛性アタッチメントおよびクイックチェンジ方式の専用工具とその加工方法を開発し、既存の設備でも重電メーカーで使用されている横型専用機械と同等の高精度加工を実現した。

## 1. 緒 言

発電所における蒸気タービンは、主に高速で回転するロータシャフトと蒸気を密閉するケーシングで構成される。鋳鋼製ケーシングは、一般的に水平継ぎ手面で上下に分かれており、ボルトによって締め付ける構造になっている。ほとんどの部位は単体の状態で切削加工されるが、回転体のロータシャフト等が収まる内径部分は組み合わせた状態での上下の食い違いが0.05mm以下と高精度が要求されるため、上下組み合わせられて精円加工される。

当社にはそのような高精度が要求される内径加工を行える専用機械は存在せず、タービンケーシング上下を組み合わせた同時加工は困難であったが、加工の付加価値増大を図るために現有設備を有効利用した加工方法の開発に取り組んだ。

そこで、重電メーカーで使用している横型の専用機械とは加工方法の異なる大型立旋盤を利用した加工を計画し、それに必要な取付治具、加工アタッチメント、加工治工具などを製作して加工方法を検討して、タービンケーシング内径を上下同時に加工する方法を確立する。

## 2. 方法

## 2-1. タービンケーシング取付方法の検討

図1に代表的なタービンケーシングの概略形状を示す。

蒸気が入り出す配管類が多いので、外形は複雑でその形状も仕様によって大幅に異なり、さらに組み合わせ状態でもあるため機械へ安定して取り付けることが難しい。

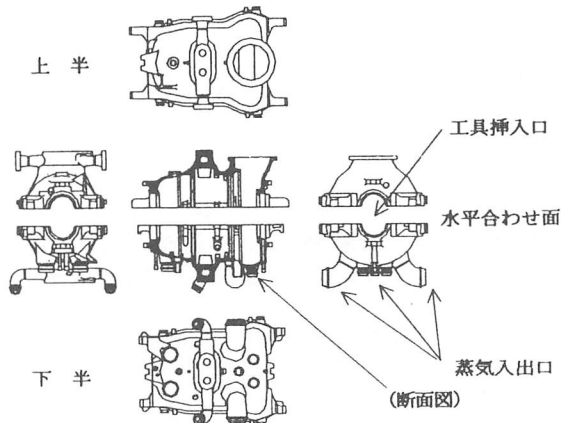


図1 タービンケーシングの概略形状例

タービンケーシング内径加工専用機械ではケーシングを水平に取り付けて固定し工具を回転させて加工するのに対し、立旋盤ではケーシングを回転テーブルに縦に取り付けて加工する点が大きく異なる。そこで組み合わせ状態のケーシングが回転テーブルに安定して固定できるように、また形状が変化してもフレキシブルに形状移行ができるように、4つのスライド面をもつ堅牢な専用取付治具を4組製作した(図2)。

また大型立旋盤という性質上、ケーシングの取付作業は高所で行われるため、足場・落下防止手摺りなどの安全面を考慮しかつ作業性を重視した形状とした。

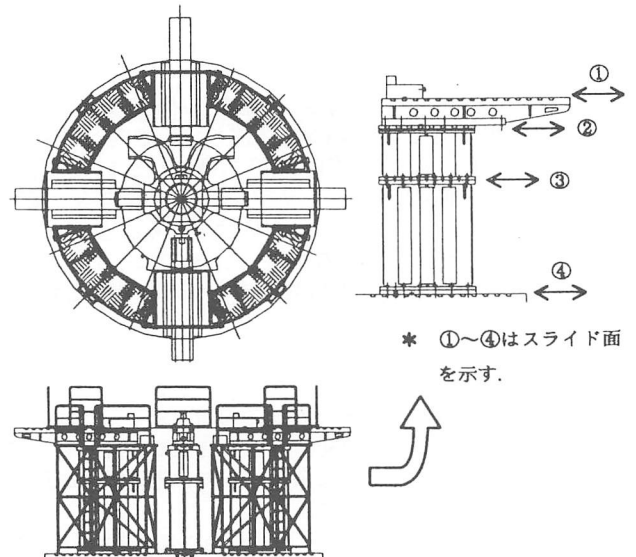


図2 タービンケーシング用取付治具

## 2-2. 高剛性アタッチメントの製作

タービンケーシングのほとんどは、加工するための工具を挿入する入り口は非常に狭いが、内部は袋のように広がった形状になっているため、工具の径方向への移動量(突き出し量)が多くなる傾向がある。

立旋盤における内径加工の場合、工具の径方向移動量は入り口部内径寸法と工具を保持するツールバーの断面寸法で決定され、入り口部が狭いほどその移動量も小さくなるため、ツールバーの移動だけでは加工できない部位が発生する。そこでツールバーとは独立して、ケーシングの内部で工具の径方向移動が可能なNC制御アタッチメントを考案した。この概略を図3に示す。

このアタッチメントは、ツールバーとほぼ同じ断面寸法内にサーボモータ等を格納して、工具取付部分のみ 150mm 径方向へスライドする構造になっており、剛性を損なうことなく高精度のNC加工が期待できる。

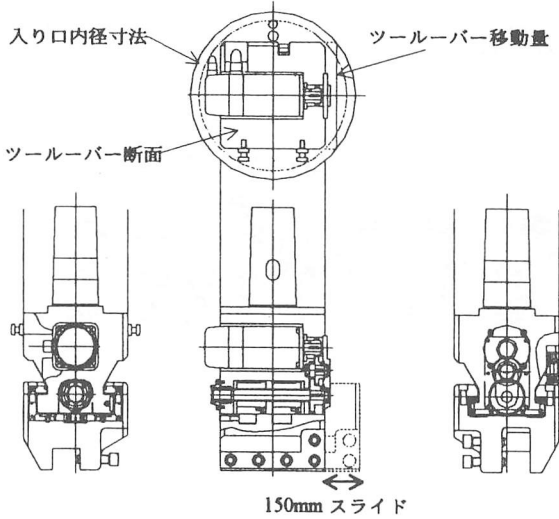


図3 NC制御高剛性アタッチメント

### 2-3. 専用加工工具の製作

ケーシングの上端から挿入されたツールバーは、中央部に到達するまで最大3mも繰り出すことになり、下方へ行くに従い切削条件は低くなる。また径方向にも長く突き出して加工せねばならず、ボルトで固定した通常の旋削用バイトではビビリ振動の発生が予想された。

そこで過去の実績から、突き出し量を長くしても安定した加工が期待できるクイックチェンジ工具（サンドビック社製コロマントキャプト）を活用する専用工具を考案した(図4)。これは独特のポリゴンテーパを有する2面拘束によって高剛性を実現したクイックチェンジ工具であり、ビビリ振動の抑制に加え工具交換作業の簡略化も図れる。

加工径に応じて3種類の長さ(550・640・840mm)の工具ホルダーを準備した。また剛性のあるエクステンションアダプター等を併用することで長さの調整を図った。

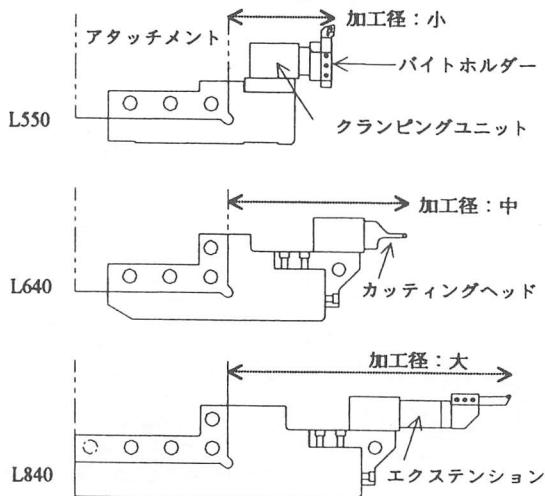


図4 内径加工専用加工工具

### 3. 加工結果

製作した取付治具、高剛性アタッチメント、専用加工工具を既存の超大型NC立旋盤に適用して、図5のような方法でケーシング内径の仕上げ加工を行った。

まずは基準となる端面方向を上側にしてケーシングを固定し、上部から中央部まで順に加工を行った。その後、もう一方の端面を上側にするため取付治具を一部分解して上下反転作業を行い、同様に上部から順に未加工部分全てを加工した。専用の取付治具によって安全な段取り替え作業が行え、またこの反転作業を工程に組み込むことでツールバーの繰り出し量を最小限に抑えることができ、切削条件を大幅に低下させることなく安定した加工が可能となった。

製作したNC制御アタッチメントを用いて、径(水平)方向および軸(垂直)方向の同時2軸加工を実施した。加工開始点までの径方向位置決めはツールバーの移動(X軸)で行い、加工中の径方向移動は150mmスライド部(Y軸)で、軸方向移動はツールバーの繰り出し(Z軸)で行った。その結果、バックラッシュの少ないスムーズな加工が実現できた。

市販工具を活用した専用工具によって、800mmを超えた径方向突き出し量でもビビリ振動などの不具合が少なく安定した加工が可能となった。またクイックチェンジ方式を採用したことで、狭いケーシング内部でも容易に工具交換が行えた。

以上のような様々な検討を重ねた結果、加工精度も製品仕様を十分に満足するものとなった。この加工方法の確立により、これまで約30セットの加工実績をつんできている。

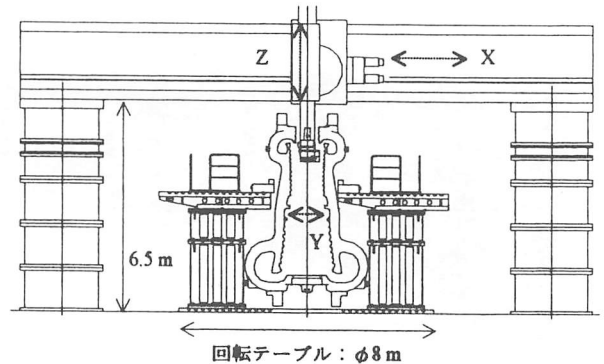


図5 超大型立旋盤でのケーシング内径加工状態

### 4. 結言

蒸気タービンケーシングの内径仕上げ加工において、様々な治工具類を開発することで立旋盤にて上下組み合わせた状態で加工する方法を確立し、以下の結論を得た。

- (1) ケーシングを縦に固定できる専用の治具を製作することで、安全な環境下で確実な取付・反転作業が可能となった。
- (2) NC制御が可能な高剛性アタッチメントを開発し、従来困難であった狭い入り口から袋状の内部を高精度にNC加工する方法を確立した。
- (3) 市販品である高剛性クイックチェンジ工具を活用することで、工具突き出し量が長くともビビリ振動の少ない安定した加工が可能となり、工具交換の作業性向上も図れた。