

㈱日本製鋼所 野村英雄、日鋼特機㈱ 早川保 和田侯衛 ○青野文朗

1. はじめに

火力・原子力発電に用いられるタービンケーシング（車室）には内部円筒面に円弧溝の加工を要する。一般にこの円弧溝の加工は、両端支持された中割バーにバイトを取り付けて行う方法や立旋盤にて旋削加工する方法があるが、これらの加工方法では、刃物台の剛性が低く切削条件を上げられないこと、自動化を図れないなどの問題がある。そこでこれらの問題点を解決する方法としてNC横中割フライス盤によるサイドカッターを用いたNC加工に取り組んだ。

本加工の場合、材料-機械間の干渉を防ぐ為に大径のサイドカッターを使用する必要があり、切削トルクが大きくなる。しかも機械のラムの突き出し量が多い状態で加工が行われるため剛性が低下し、加工中に大きな振動が発生し、加工能率や工具寿命の低下が考えられた。そこで切削抵抗の低減、工具寿命の延長及び加工条件の向上を図るために工具形状、材質及び加工方法について検討を行ったのでその内容について報告する。

2. カッターに関する基礎試験

2. 1 試験方法

表1に使用工具の材種及び形状を示す。工具形状は凸曲面刃形と直線刃形を使用した。工具材種は超硬M20とコーテッド超硬（PVD）を用いた。

実験は表2に示す切削条件でφ500mmのサイドカッターを用いて加工を行い、工具の摩耗量、加工中における主軸電流値及びラムの振動振幅を測定した。振幅の測定にはバイブレーションアナライザーVA10（リオン社）を利用し、振動波形の観測及び振幅確率密度関数の演算を行った。使用機械は大型NC横中割フライス盤（主軸モータ出力83KW）である。

2. 2 試験結果

図1に工具摩耗曲線を示す。この図より凸曲面刃形の逃げ面摩耗幅は直線刃形の半分以下であることがわかる。また図2～図4に示すように、凸曲面刃形の場合消費動力及び振動も直線刃形に比較し少なく優れていることがわかる。工具材種では図1よりコーテッド超硬が摩耗が25%程度少なく優れた性能を示す。

これらの結果に基づきφ700mmのサイドカッターの製作を行った。

3. 実用化試験

3. 1 試験方法

φ700mmのサイドカッターを用い、高圧外部車室（材質：SCPH23）の内部溝にて、切削条件（切削方向、切削速度、送り、切込み）を変えながら加工を行い、各々の加工条件における加工状態（振動、ビビリ）及び工具摩耗状態を調査した。

3. 2 試験結果及び考察

表1 使用工具

NO	工具材種	形 状	
		刃形	ARA RRA
1	超硬M20	直線刃形	-5° -6°
2	超硬M20	凸曲面刃形	19° 7°
3	コーテッド超硬(PVD)	凸曲面刃形	19° 7°

表2 切削条件

項目	条件
切削速度	150m/min
送り速度	200mm/min
切削幅	28mm
切込み量	5.0mm
ラム突き出し量	100.0mm
切削方向	下向き

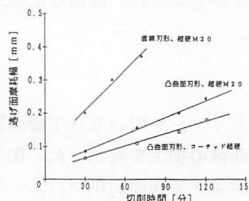


図1 切削時間と工具摩耗

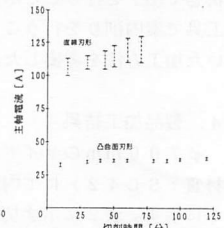


図2 切削時間と主軸電流

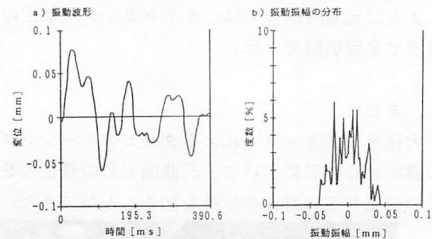


図3 直線刃形の振動波形と振動振幅の分布

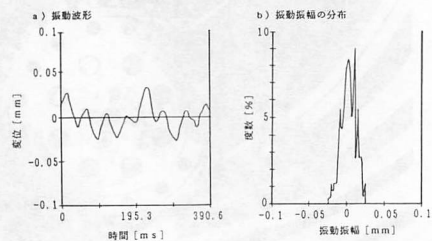


図4 凸曲面刃形の振動波形と振動振幅の分布

表3に試験結果を示す。NO. 1データより上向き削りは、下向き削りに比較して工具の摩耗が著しく、実用的でないといえる。

下向き削りにおいては、ある一定の区間において加工が不安定となり振動が大きく発生する部分が見られる。加工部別加工状態を図5に示す。口元かかり始めの場合、1刃での切削から加工が開始されるため、切削抵抗が図6に示すように0からMAXまで大きく変化し、これが短時間に繰り返されるため大きな振動を発生するものと考えられる。

図7は工具に作用する力の変化と、ラムの速度変化を示したものである。この図より工具に作用する力の水平分力が大きく、その方向がラムの移動方向と同じ区間で、大きな振動の発生が見られる。これは工具がラムの送り方向と同じ方向に力を受ける場合、切削抵抗の変動に伴い、主軸駆動系の歯車の噛み合いのバックラッシュが関係し、瞬間的に歯車が離れたり、たたき合ったりを繰り返して大きな振動を発生するものと考えられる。一方工具がラムの送り方向と反対方向に力を受ける場合、歯車は常に一方に押し付けられた状態となり、振動は小さく加工は安定する。

以上のことから工具がラムの送り方向と反対方向に力を受ける状態で加工を行うことが望ましい。また口元かかり始めは、他の工具で案内削りを行うことが考えられ、縦送り正面フライスを用いた加工方法を考案した。

4. 製品加工結果

φ700mmのサイドカッターを用い60T級高压外部車室(材質:SC42)にて内部溝の加工を実施した。加工状況を写真1に示す。表2に示す切削条件で安定切削が行え、工具寿命は2.5Hが得られれば満足する結果が得られた。縦送り正面フライスによる口元案内削りでは、サイドカッター加工の3倍以上の送り速度で安定切削できた。

5. まとめ

大径サイドカッターによるタービンケーシング内部円筒面の円弧溝のNC加工において、凸曲面刃形の優位性を確認し、切削振動の低減と工具寿命の延長を図ることができた。

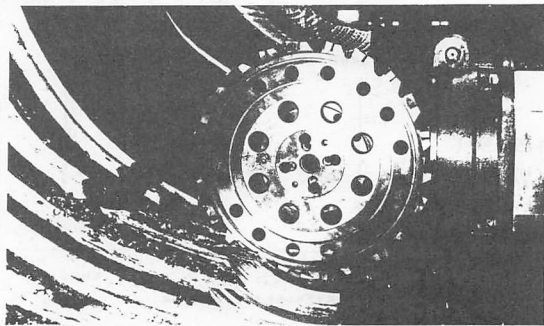


写真1 加工状況

表3 試験結果

試	回転数 [rpm]	切削速度 [m/min]	切込A [mm]	切込B [mm]	切削幅 の送り[mm]	切削方向	加工状況
1	5.8	1.23	4.5 1.0	3.0	1.02	上向き	チップ摩耗大、加工途中で 停止 (加工時間:0分)
2	5.6	1.23	4.5 1.0	3.0	1.03 7.6	下向き	この付送振動大 F=7.0mm/min
3	4.9	1.08	4.5 1.0	3.5	2.0 8.0	下向き	この付送振動大 F=8.0mm/min
4	4.9	1.08	4.5 1.0	3.0	2.0 8.0	下向き	この付送振動大 F=8.0mm/min
5	4.9	1.08	4.5 1.0	2.0	2.0 8.0	下向き	この付送振動大 F=8.0mm/min
6	4.9	1.08	5	2.8	2.42	下向き	加工は全体的に安定
7	4.6	1.01	5.7	3.0	1.25	下向き	平均的な加工 送り安定
8	5.2	1.14	6	3.0	2.40	下向き	平均的な加工 送り安定
9	4.6	1.01	5.7	3.0	8.0	下向き	上からの加工に比較して 送り安定

*口元かかり始めは、振動が大きく加工が不安定、チップ摩耗大、送りF=2.0-3.0[mm/min]

加工範囲	加工状態
切削速度 $V=1000\text{mm/min}$ 切込 $a=1.0-4\text{mm}$ 切削幅 $w=2.0\text{mm}$ 切削方向: 下向き削り	○口元 加工、ビビリが非常に大きくチップ摩耗大、加工途中で不安定。 $F=2.0-3.0\text{mm/min}$
○A部 振動、ビビリが少なく加工は比較的安定 $F=2.0\text{mm/min}$	
○B部 振動、ビビリが非常に大きく加工は不安定 送りは上がらない。 $F=8.0\text{mm/min}$	
○C部 A部と同様、振動、ビビリは少なく比較的 加工は安定 $F=2.0\text{mm/min}$	

図5 加工部別加工状態

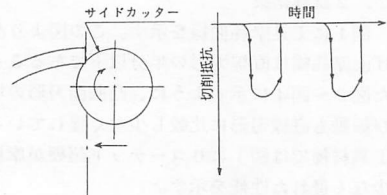


図6 切削抵抗の変化

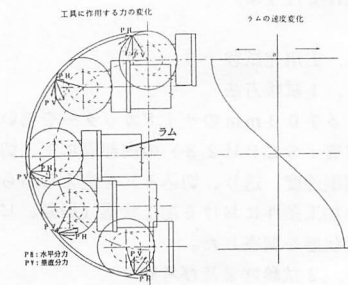


図7 工具に作用する力の変化とラムの速度変化