

自動車部品加工におけるマシニングセンタ を用いたバリ取り加工の自動化

—バリ取り加工の自動化による品質安定とコストダウン—

松下 俊*

当社は、研削に最適な結晶構造を持つ独自のアルミナ長繊維を原材料とし、切れ味を追求した研削、研磨ツールを世界で初めて開発商品化してきた。主な商品は、①精密金型研磨用砥石：「マイスターフィニッシュ」、②バリ取りツール：「XEBECカッティングファイバー」、③交差穴バリ取りツール：「XEBEC交差穴バリ取りツール（セラミック砥石タイプ、線材タイプ）」である（図1）。

近年自動車部品の切削加工は、性能向上を目的として、より高い加工精度と加工品質の安定が要求されている。同時に、技術革新による品種換えサイクルの短縮、またコスト削減要求から自動車部品の切削加工はマシニングセンタによるセル方式の生産ラインが主流となっており、そのほとんどが自動化されている。

一方、切削加工の後には必ずバリが発生し、その除去工程が必須であるが、その大半は手作業に頼っているのが実情であり、「エッジ品質のばらつき」、「人件費によるコスト高」が問題となって

いる。こうした状況の中、切削加工の生産現場におけるバリ取り加工後のエッジ品質の安定とコストダウンの要求は日に日に強くなっている。

当社はこれらの問題を解決するため、「高く安定した研削力」、「加工に伴いツール（線材）形状が崩れない」など、これまでのツールにはない特徴を持つXEBECバリ取りツールと、切削加工の主役であるマシニングセンタを組み合わせたバリ取り加工の自動化を提案する。

ここでは、XEBECバリ取りツールとマシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化提案、それらを成功するためのポイント、生産ラインにおける成功加工事例を紹介する。

1. マシニングセンタを用いたバリ取り加工の自動化提案

1.1 バリ取り加工の自動化＝エッジ品質の安定＋コストダウン

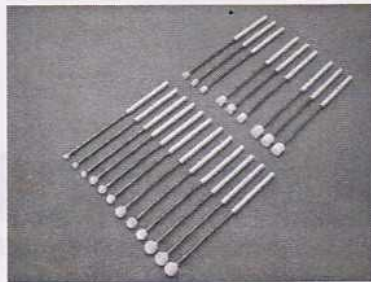
自動車部品の加工において、マシニングセンタにより切削加工は自動化されているものの、次工程であるバリ取り加工は手作業で行なわれているのが実情で、その結果、「エッジ品質のばらつき」、

*MATSUSHITA, Suguru / (株)ジーベックテクノロジー 商品開発

XEBECカッティングファイバー



XEBEC交差穴バリ取りツール
(セラミック砥石タイプ)



XEBEC交差穴バリ取りツール（線材タイプ）

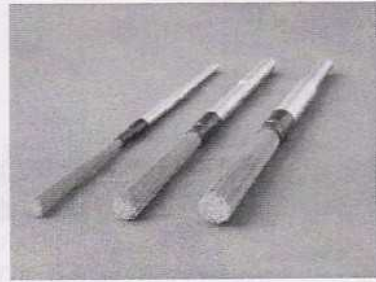


図1 XEBECバリ取りツールラインナップ

「人件費によるコストアップ」が問題となっている。

これに対し当社の提案は、「XEBECバリ取りツールとマシニングセンタ」によって、バリ取り加工の自動化を実現するというものである。その結果、「エッジ品質の安定」、「人件費削減によるコストダウン」(図2)が得られる。

1.2 何故、バリ取り加工を自動化できるのか？

従来ツール(ナイロン砥粒入りブラシ、ワイヤブラシなど)は、「研削力が低く」、「加工に伴いツール(線材)形状が崩れる」傾向がある。そのため、「バリ残りが生じ、加工条件(品質)が安定せず」バリ取り加工は手作業で行なわなければならなかった。

これに対しXEBECバリ取りツールは、「研削力が高く(図3)、安定しており」、「加工に伴いツール(線材)形状は崩れない」(図4)ため、バリを根元から確実に除去でき、加工条件(品質)が安定する。この特性により、「バリ取り加工の自動化」を達成することができる。

2. バリ取り加工の自動化を成功に導くためのポイント

2.1 ワークに対するXEBECツールのバリ取り加工適性判断

まず、対象となるワークに対して、バリ取り加工が適正に行なえるかのチェックが必要である。それぞれの工具について判断基準を以下に示す。

(1) XEBECカッティングファイバーの場合

- ① ワーク形状(バリ取り部)は基本的にフラット(大きなうねり程度は可)であること。
- ② ワークの硬さは57HRC以下であること。
- ③ バリは切削および研削による機械加工で発生したものであること。
- ④ バリの根元厚みが0.1mm程度以下であること(目安:バリを爪で押すと折れる)。

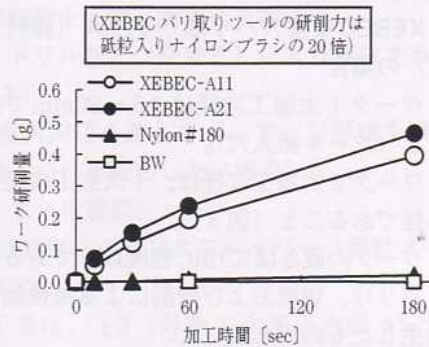
(2) XEBEC交差穴バリ取りツール(セラミック砥石タイプ)の場合

- ① ワーク挿入穴径が ϕ 3mm超~であること。
- ② ワーク2加工穴径は、1次加工穴径より小

(現状)

切削加工(バリ発生工程)	手作業によるバリ取り加工, 全数検査 (人件費+ツール費)
(当社提案)	← 当社提案部分 →
切削加工(バリ発生工程)	バリサイズ: XEBECバリ取りツールによる 制御, 管理: バリ取り加工の自動化(ツール費)

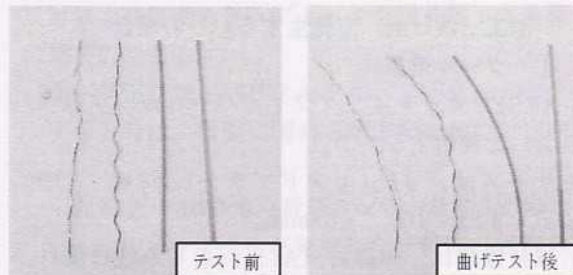
図2 切削加工とバリ取り加工におけるコスト割合



※上記データはXEBECファイバー砥粒入りナイロンブラシ 真鍮ワイヤブラシの研削性能比較データ。

図3 研削性能比較(ワーク研削量)

XEBECバリ取りツール(線材)は砥粒入りナイロンブラシ、ワイヤブラシ線材と比較し、加工に伴いツール(線材)形状が崩れず、乾式、湿式においてもバリ取り加工条件が安定する。



左から【真鍮ワイヤ、スチールワイヤ、砥粒入りナイロン線材 XEBECカッティングファイバー線材】

	XEBEC線材	ナイロン線材	真鍮線材
曲げ復元率 [%]	100	88	82
耐熱温度 [°C]	150	90	-
水中の毛腰維持率(浸漬25hr後) [%]	100	50	-

図4 線材、曲げ復元性、耐熱温度、水中における毛腰の維持率比較

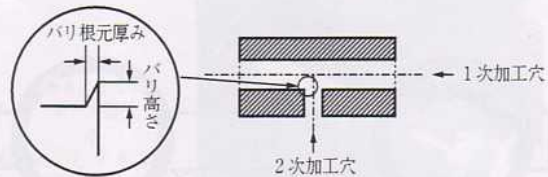


図5 当ツールにおける交差穴とバリの定義

径（1次加工穴側から挿入する場合）であること（図5）。

- ③ ワークの硬さは57HRC程度以下であること。
- ④ バリは、切削および研削による機械加工で発生したものであること。
- ⑤ バリの根元厚みが0.2mm程度以下であること。

(3) XEBEC交差穴バリ取りツール（線材タイプ）の場合

- ① ワーク1次加工穴径は $\phi 5 \sim 20\text{mm}$ であること（ツール挿入穴）。
- ② ワーク2次加工穴径は、1次加工穴径より小径であること（図5）。
- ③ ワークの硬さは57HRC程度以下であること。
- ④ バリは、切削および研削による機械加工で発生したものであること。
- ⑤ バリの根元厚みが0.1mm程度以下であること（目安：バリを爪で押すと折れる）。

2.2 XEBECバリ取りツールの最適加工条件の設定

(1) フライス加工で発生するバリおよびドリル加工（抜け側）で発生するバリの場合

① ツール選択

XEBECカッティングファイバー（カップ形ブラシ）を使用する。

サイズは、 $\phi 5$ （エンドブラシ）、 $\phi 6$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 60$ 、 $\phi 100\text{mm}$ 。

線材種類は、赤線材（A11）（なじみ性に優れ、微細バリ取りに適する）および、白線材（A21）（A11に比べて剛性が高く、研削性に優れる）。

ワーク材質、形状、サイズ、バリサイズなどにより最適なサイズ、線材を選択する。

② ツール送り方向と回転方向

「フライス加工で発生するバリの場合」

（基本例：平板端面フライス加工後のバリ）

バリ発生方向（エンドミル刃先抜け側）に対し

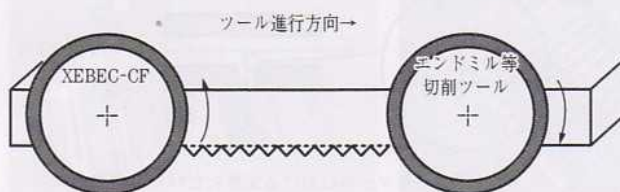


図6 フライス加工により発生したバリへの対応

バリを巻き込む方向で回転（エンドミルと逆回転）させ、バリを効率的に除去する（図6）。

「ドリル加工（抜け側）で発生するバリの場合」

（基本例：ドリル加工（抜け側）加工後のバリ）

小径穴の場合は図7示す送り方向でツールを送りバ리를均一に除去する。

どちらの場合も、バリ発生方向により、XEBECカッティングファイバーの送り方向と回転方向の最適化を図る。

③ 加工パラメータ

テスト時は、材質に関わらず下記数値で設定する。

- ・切り込み量 = 0.5mm（バリ残りが発生しない範囲で切り込み量を小さくし、最適化を図る。量産加工時はXEBECフロートホルダを用いた加重制御の採用によりツール寿命延長など効果が大きい）。

- ・回転数 = 最高回転数の約70%（周速 = 300m/min）（バリ残りが発生しない範囲で回転数を下げ、最適化を図る）。

- ・送り速度 = 2.4m/min

(2) ドリル加工（交差穴）により発生するバリ-1

（ポイント加工やコンタリング加工で、交差穴バリのみを除去したい場合）

① ツール選択

XEBECカッティングファイバー（セラミック砥石タイプ）を使用する。

ヘッド形状とサイズ

- ・球（ $\phi 3, 4, 5, 6$ ） = ポイント加工（1次加工穴より挿入）（図8）、コンタリング加工（2次加工穴より挿入）に適する（図9）。

- ・円柱（ $\phi 3, 4, 5$ ） = ポイント加工、止まり穴（1次加工穴より挿入）（図10）に適する。

なお、1次加工穴より挿入する場合は、2次加工穴径より少し大きめのサイズを選択する。

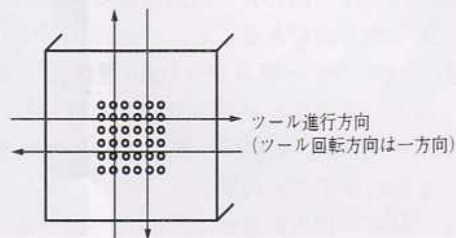
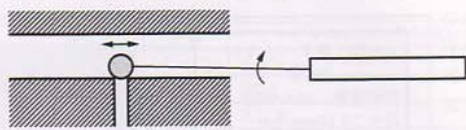
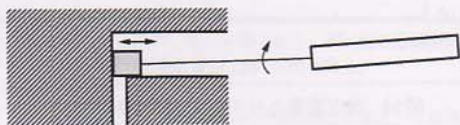


図7 ドリル加工（抜け側）で発生するバリの場合



ヘッド部 球：周囲を傷つけない。

図8 球形工具によるポイント加工
(1次加工穴側より挿入)



ヘッド部 円柱：止まり穴などに適する。

図10 円柱形工具によるポイント加工
(1次加工穴側より挿入)

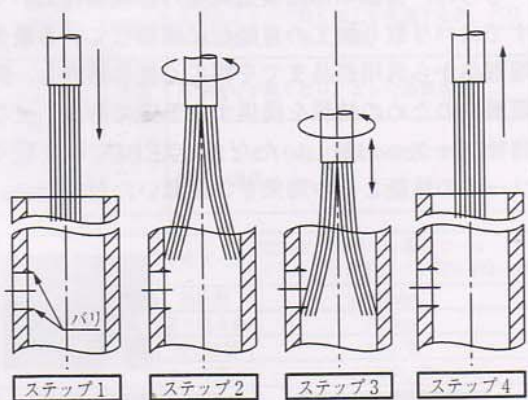
② ツール送り方向

ポイント加工の場合は、1次加工穴側より挿入、コンタリング加工の場合には、2次加工穴側より挿入する。バリ発生箇所への的確なアプローチが必要である。

③ 加工パラメータ

テスト時は、材質に関わらず下記数値で設定する。

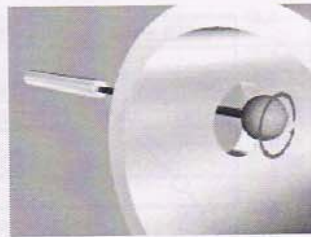
- ・切り込み量 = 0.5mm (切り込み加重 = 約 0.1kgf) (バリ残りが発生しない範囲で切り込み量を小さくし、最適化を図る)。
- ・回転数 = 最高回転数の約80% (周速 ≒ 110 ~ 150m/min) (バリ残りが発生しない範囲で



〈ステップ1〉	ツール回転を止めた状態で1次加工穴側から挿入する
〈ステップ2〉	交差穴位置手前で、ツールを回転させる。
〈ステップ3〉	ツールを回転させながら軸方向に往復させる。
〈ステップ4〉	ツールの回転を止めた状態で引き抜く。

図11 ドリル加工 (交差穴) により発生するバリの加工手順

図9 コンタリング加工
(2次加工穴側より挿入)



回転数を下げ、最適化を図る)。

(3) ドリル加工 (交差穴) により発生するバリ

-2
(交差穴周辺を荒らさず、エッジ形状を壊さず、精度良くバリを除去したい場合)

① ツール選択

XEBECカッティングファイバー (線材タイプ) を使用する。

サイズは、φ3 (対象1次加工穴径φ5~8)、φ5 (対象1次加工穴径φ8~10)、φ7 (対象1次加工穴径φ10~20)。対象1次加工穴径に対応したツールサイズを選択する。

② ツール送り方向

1次加工穴側から挿入し、ステップ1~4を実行する (図11, 12)。その後、ワーク1次加工穴反対側より再度ステップ1~4を繰り返すと非常に効果的である。

③ 適正な加工パラメータ

テスト時は、材質に関わらず下記数値で設定する。

- ・回転数 = 10,000 (最低8,000 ~ 最高12,000) min^{-1} (バリ残りが発生しない範囲で回転数を下げ、最適化を図る)。
- ・送り = 300mm/min

2.3 バリサイズの管理と制御

「XEBECバリ取りツール+マシニングセンタ」にてバリ取り加工の自動化を実施する場合、バリ

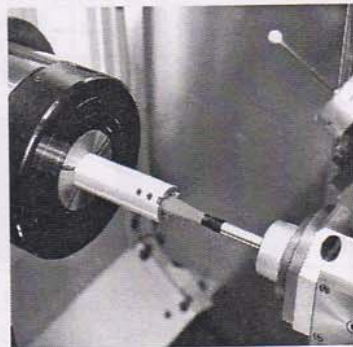


図12 ドリル加工 (交差穴) により発生するバリの加工の様子

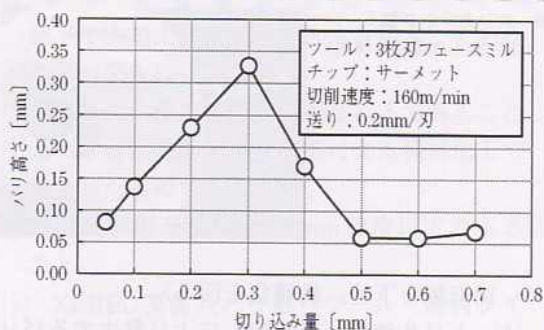


図13 切り込み深さとバリ高さ (被削材: S45C)

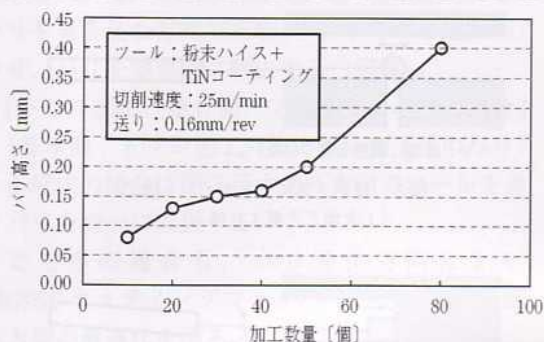


図14 加工数量とバリ高さ (被削材: S45C)

取り加工後のエッジ品質、コストダウンの効果をさらに向上させるため、前工程である切削加工にて発生するバリサイズの管理と制御を推奨する。

下記データは一例だが、バリ取り加工を自動化される際には是非検討していただきたい。

2.3.1 フライス加工により発生するバリの場合

図13に、フェースミルによる正面フライス加工をした際の切り込み量と、生じたバリの高さの関係を示す。このテストでは、切り込みが0.1～0.4mmの範囲で大きなバリを生じている。

バリサイズの管理と制御のために以下のことが必要となる。

- ① 適切な切り込み設定によりバリ高さを0.15mm (≒バリ根本厚み0.1mm程度以下) に抑える。
- ② エンドミルを用いたゼロ切削加工の追加により、バリを微細化、またはバリ発生方向をツール軸方向に変更する。

2.3.2 ドリル加工により発生するバリ (抜け側バリ、交差穴バリ) の場合

図14に、φ6、深さ20mmのドリル加工をした時の加工数と抜け側のバリ高さの関係を示す。このテストでは40穴加工後にバリは急激に大きくなる。

バリサイズの管理と制御には、①加工数量による管理、②主軸ロードメータによる管理、③切屑観察による管理、④工具の観察による管理、などが挙げられるが、加工数量によるバリサイズの管理が正確である。

3. 生産ラインにおける成功加工事例

マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化成功加工事例を図15～図18に示す。

4. JIMTOF2006に向けて

今回は、XEBECバリ取りツールの優れた性能を引き出すための、マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化提案、それらを成功するためのポイント、生産ラインにおける成功加工事例を紹介させていただいた。

11月に行なわれるJIMTOF2006では、当社ブースにおいて実機のマシニングセンタを用い、切削加工によるバリ発生からXEBECバリ取りツールを用いたバリ取り加工までを実演する。

XEBECバリ取りツールの最適加工条件、切削ツールのバリサイズの管理と制御に関するデータを実際の加工を通して紹介し、バリ取り加工の自動化を行なうためのより具体的な提案を行なう。

さらに、自動車部品製造関連の各現場において、すでにバリ取り加工の自動化に成功している最先端部品から汎用部品まで幅広く展示紹介し、問題解決のための情報を提供する予定である。ぜひ、当社ブースへお越しいただき、XEBECバリ取りツールの性能とその効果をご確認いただきたい。



	分類	ディーゼルエンジン燃料噴射部品
	ワーク	インジェクタボディ
	材質	SCM
	前加工	ドリル
加工内容	ドリル加工穴抜け側と溝加工との交差部に発生した微細バリ取り	
導入前 (手作業)	ツール	砥粒入りナイロンブラシ
	問題点	バリ残りがあため、手作業によるバリ取り加工を追加するが、エッジ品質がばらつき、コスト高。
カッティング ファイバー 導入後 (マシニング センタによる 自動化に成功)	品質	バリ残りがなくなり、かつ加工部端面粗度が向上し、シール性も向上。
	コスト	人手によるバリ取り加工の廃止、全数検査→抜き取り検査移行によるコストダウン達成。



	使用ツール	XEBECカッティングファイバー A11-CB15M(φ15)+フロートホルダー	
	回転数	4,000min ⁻¹	
	荷重	0.5gkf	
	加工時間	5sec/個	
	ツール寿命	15,000個/本	
	加工前		加工後

図15 マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化成功事例(1)

	分類	エンジン潤滑装置部品
	ワーク	オイルパン
	材質	ADC12
	前加工	フライス加工(フェースミル)
加工内容	フェースミル加工後に発生した合わせ面のバリ取り	
導入前 (手作業)	ツール	ワイヤーブラシ
	問題点	手作業によるバリ取り加工のため、エッジ品質がばらつき、コスト高。
カッティング ファイバー 導入後 (マシニング センタによる 自動化に成功)	品質	エッジ品質が安定、シール面のつぶれ、うねり除去もでき、シール性が向上。
	コスト	人手によるバリ取り加工の廃止によるコストダウン達成(▲7.7円/台のコストダウン)。


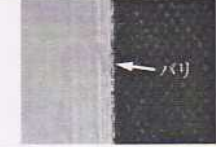

	使用ツール	XEBECカッティングファイバー A21-CB40M(φ40)+フロートホルダー	
	回転数	2,000min ⁻¹	
	荷重	0.5gkf	
	加工時間	15sec/個	
	ツール寿命	4,800面/本	
	加工前		加工後

図16 マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化成功事例(2)

	分類	エンジン本体部品
	ワーク	クランクシャフト
	材質	S48C
	前加工	ドリル加工
加工内容	ドリル加工交差穴部(ピン+ジャーナル)に発生したバリ取り	
導入前 (手作業)	ツール	刃物
	問題点	人手によるバリ取り加工を実施するが、バリが取り切れず、コスト高。
カッティング ファイバー 導入後 (マシニング センタによる 自動化に成功)	品質	バリ残りが無くなり、エッジ品質も安定。
	コスト	人手によるバリ取り加工の廃止によるコストダウン達成。


	使用ツール	XEBEC交差穴バリ取りツール セラミック砥石タイプ(CH-PM-5R)	
	回転数	1,500min ⁻¹	
	切り込み量	0.5mm	
	加工時間	3sec/個	
	ツール寿命	1,600穴/本	
	加工前		加工後

図17 マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化成功事例(3)

	分類	エンジン本体部品
	ワーク	カムキャップ
	材質	アルミ合金
	前加工	ドリル加工
加工内容	ドリル加工交差穴部φ9(1次加工穴)、φ5(2次加工穴)に発生したバリ取り	
導入前 (手作業)	ツール	砥粒入りナイロンブラシ
	問題点	バリ残りがあため、手作業にてバリ取り加工を行うが、エッジ品質がばらつき、コスト高。
カッティング ファイバー 導入後 (マシニング センタによる 自動化に成功)	品質	バリ残りが無く、エッジ品質も安定。
	コスト	人手によるバリ取り加工の廃止によるコストダウン達成。




	使用ツール	XEBEC交差穴バリ取りツール 線材タイプ(CH-A12-5M)	
	回転数	10,000min ⁻¹	
	送り速度	300mm/min	
	加工時間	4 sec/個	
	ツール寿命	4,000個/本	
	加工前		加工後

図18 マシニングセンタを用いたバリ取り加工自動化成功事例(4)