

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「バリを発生させない「バリフリー」切削加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者 関東経済産業局

委託先 オグラ金属株式会社

目次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1-2 研究体制
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

- 2-1.1 マシニングセンタを利用した切削加工の有効性確認と最適条件の確立
- 2-1.2 切削理論の確立
- 2-1.3 切削加工技術の最適条件の確立
- 2-2.1 バリフリーカッティングを実現する工具の開発と実験による検証
- 2-2.2 バリフリーカッティングを実現する治具の開発と実験による検証
- 2-2.3 切削端面の検査
- 2-3.1 高精度加工の実現
- 2-3.2 製品納品リードタイムの短縮とコスト評価
- 2-3.3 削加工の有効性の確認
- 2-4.1 当該技術の再現性確認と事業化について

第3章 全体総括

- 3-1 研究成果まとめ

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究の背景と目的

絞り加工品などの不要部分を金型による縁切り加工において、工程毎の段差・バリの発生を抑えることは困難を極め、2次加工による品質の維持を行っている、もしくは段差やバリの影響を受けない部品（外観部品では無い）である事が多い。特に工程毎に発生する段差は金型の精度を向上してもゼロにすることは難しく、段差の解消にかかる2次加工は電動工具を必要とする場合がほとんどであり、品質と生産性の低下を招く厄介な問題である。金型によるフランジ等の縁切り加工は機械、自動車、電機・電子関係等と幅広く活用され、大量生産に有効な工法であるが、前述の理由より高品質を要求される部品の生産には不向きであると言える。

本研究開発では切削加工のノウハウを活用し、一般的な金型によるシェア切断から新しいカットツールによる高品質・大量生産を可能とする革新的なバリフリー加工システムを開発する事を目的とする。

(2) 研究の概要と目標

従来よりソーラー発電機器のカバー製品の縁切り（外周カット）はプレス金型を用いたプレス加工で製造している。その場合、複数のトリミング金型を用いて不要部分をカットしているが、金型での縁切り加工では、工程毎の段差によるエッジ部やバリの発生を防止する事が困難を極め、手仕上げの実施により商品価値の維持を行っているため、コスト削減できないとともに生産性向上を阻害している。

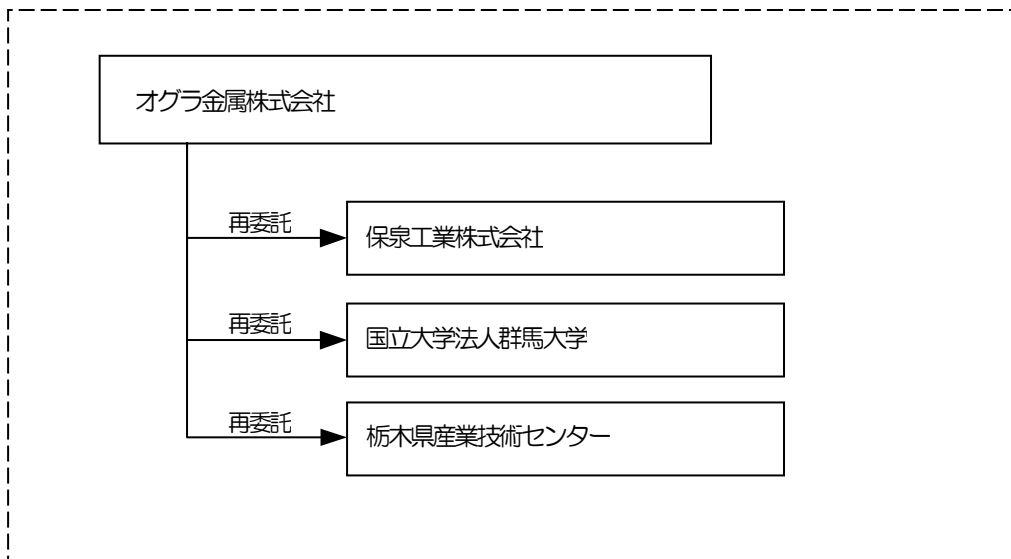
本事業では、加工時におけるバリの発生を最小限に抑えるため、切削加工のノウハウを活用し、「プレス」ではなく「切る」ことで、プロトタイプの切削加工工具を用いバリや段差などについての基礎的な切削加工条件や手法を確立する事を目標とし、以下の課題解決を進める。

- ①切削加工における条件を絞り込み最適切削条件を構築する。
- ②最適な「工具」「治具」「研磨工程」等の確立及び耐久性の検証
- ③高精度加工の実現と製品納品リードタイムの短縮
- ④当該技術による製造における再現性の検証

1-2. 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織 (全体)



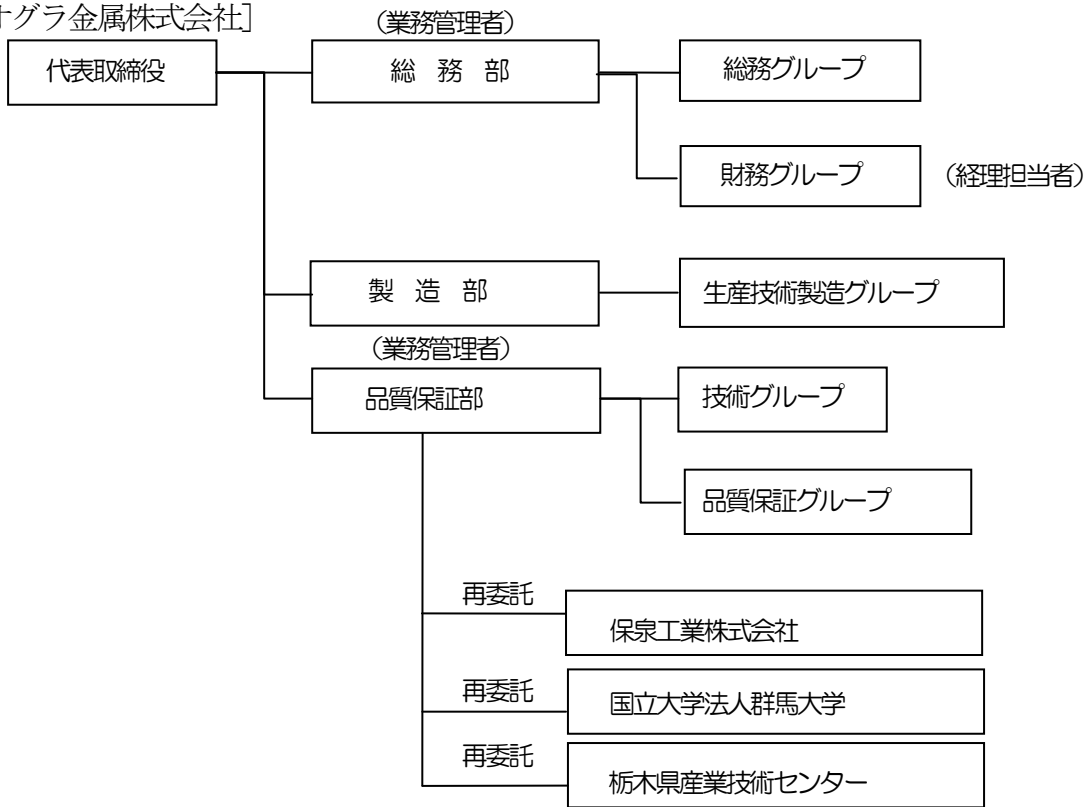
総括研究代表者 (PL)
オグラ金属株式会社
品質保証部技術グループ
グループリーダー 須永 利明

副総括研究代表者 (SL)
オグラ金属株式会社
総務部総務グループ
グループリーダー 築瀬 昌文

2) 管理体制

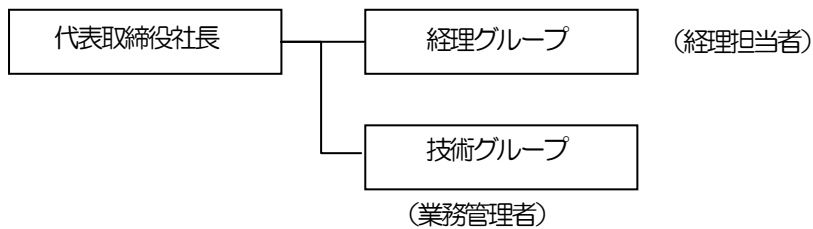
①事業管理機関

[オグラ金属株式会社]

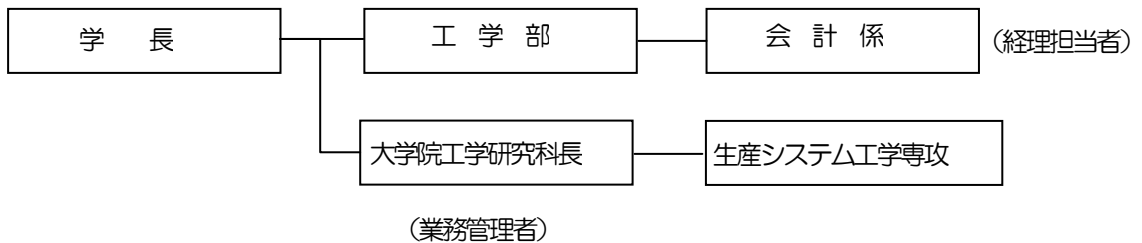


② 再委託先

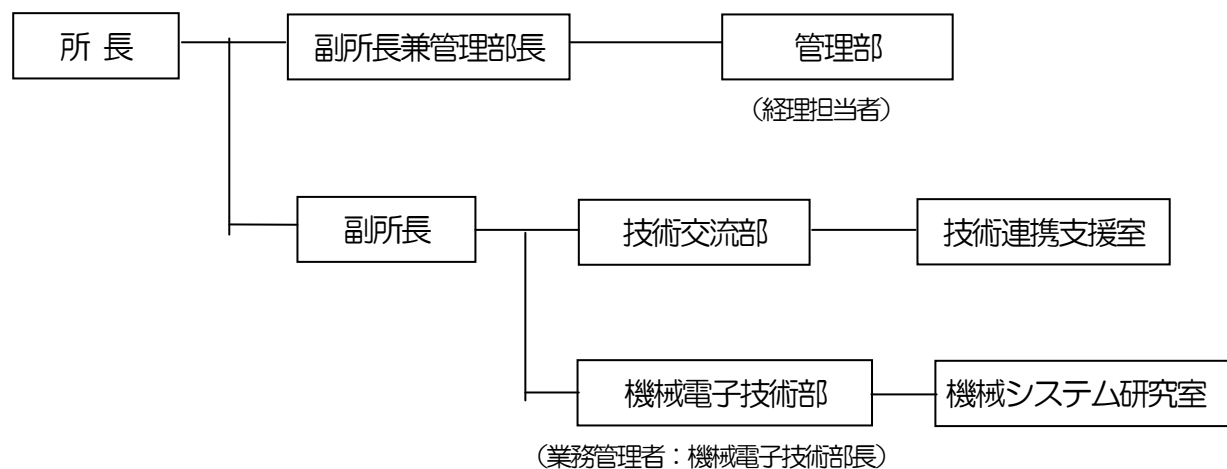
[保泉工業株式会社]



[国立大学法人群馬大学]



[栃木県産業技術センター]



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】オグラ金属株式会社

① 管理員

氏名	所属・役職
眞秀 隆	総務部長
戸室 勝彦	総務部総務グループチームリーダー
奈良 文弘	総務部財務グループ

② 研究員

氏名	所属・役職
須永 利明	品質保証部技術グループリーダー
古川 功	品質保証部品質保証グループリーダー
大橋 明央	品質保証部品質保証グループチームリーダー
鷺見 友也	品質保証部品質保証グループ
湯沢 秀樹	製造部 OPS 推進グループリーダー
川田 潤	品質保証部技術グループチームリーダー
飯島 洋	製造部第三製造グループチームリーダー
築瀬 昌文	総務部総務グループリーダー
鈴木 保彦	営業部

【再委託先】

(研究員)

保泉工業株式会社

氏名	所属・役職
保泉 裕一	専務取締役
保泉 達哉	常務取締役
吉武 秀和	技術グループ

国立大学法人群馬大学

氏名	所属・役職
楠元 一臣	大学院工学研究科 生産システム工学専攻 准教授
中沢 信明	大学院工学研究科 生産システム工学専攻 准教授

栃木県産業技術センター

氏名	所属・役職
大根田 明由	機械電子技術部 機械システム研究室 特別研究員
渡部 篤彦	機械電子技術部 機械システム研究室 主任研究員
中野 佑一	機械電子技術部 機械システム研究室 技師

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

オグラ金属株式会社

(経理担当者) 総務部財務グループ 奈良文弘
(業務管理者) 総務部長 眞秀隆
品質保証部技術グループリーダー 須永利明

(再委託先)

保泉工業株式会社

(経理担当者) 経理グループ 西村江美
(業務管理者) 専務取締役 保泉裕一
常務取締役 保泉達哉

国立大学法人群馬大学

(経理担当者) 工学部 会計係長 宮路昌浩
(業務管理者) 大学院工学研究科長 板橋英之

栃木県産業技術センター

(経理担当者) 管理部 主任 吉澤 慎一郎
(業務管理者) 機械電子技術部長 柏崎 親彦

(4) 他からの指導・協力者
研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
須永 利明	オグラ金属株式会社 品質保証部 技術グループリーダー	委 PL
築瀬 昌文	オグラ金属株式会社 総務部 総務グループリーダー	委 SL
鷺見 友也	オグラ金属株式会社 品質保証部 品質保証グループ	委
眞秀 隆	オグラ金属株式会社 取締役総務部長	委
保泉 裕一	保泉工業株式会社 代表取締役社長	委
楠元 一臣	国立大学法人群馬大学 大学院工学研究科 生産システム工学専攻 准教授	
中沢 信明	国立大学法人群馬大学 大学院工学研究科 生産システム工学専攻 准教授	
坂本 憲弘	栃木県産業技術センター 技術交流部 特別研究員	
柏崎 親彦	栃木県産業技術センター 機械電子技術部長	
大根田 明由	栃木県産業技術センター 機械電子技術部 機械システム研究室 特別研究員	
渡部 篤彦	栃木県産業技術センター 機械電子技術部 機械システム研究室 主任研究員	
中野 佑一	栃木県産業技術センター 機械電子技術部 機械システム研究室 技師	
須齋 嵩	国立大学法人群馬大学及び国立大学法人宇都宮大学 客員教授	
高橋 泰	田淵電機株式会社 パワーエレクトロニクス事業部 機構技術部長	アドバイザー (謝金)
久米原 宏之	一般財団法人 地域産学官連携ものづくり研究機構 常任理事	アドバイザー (謝金)

(5) 知的財産権の帰属

知的財産権は全て当方に帰属することを希望する。

(6) その他

(再委託先)

1-3. 成果概要

①切削加工における条件を絞り込み最適切削条件を構築する。

切削条件の因子を工具の径・送り速度・回転数・食込み量とし、因子の変動による切削条件の変化を求める切削理論を確立した。切削理論を基に加工実験を行い、理論の証明と各材料毎の最適切削条件を構築することが出来た。

②最適な「工具」「治具」「研磨工程」等の確立及び耐久性の検証

プレス金型によるシェア切断工法から、マシニングセンタを利用した円盤型ツールによる縁切工法にする事で工程毎の段差を無くし、バリの発生を限りなくゼロに近くする事が出来た。

③高精度加工の実現と製品納品リードタイムの短縮

加工精度 ± 0.3 mmを満たし、製品立ち上げ～客先納入のリードタイムを2/3に短縮する事を達成した。また、従来の金型作製にかかるコストに対し、新工法での工具と治具を作製するコストは1/4になり、改造・流用の可能な構造を採用したため、客先のニーズに合わせた素早い対応が出来るようになった。

④当該技術による製造における再現性の検証

当該技術は一般的な1軸のマシニングセンタがあれば再現可能な技術であり、プレス金型によるシェア切断をマシニングセンタによる切削加工へと移行するものである。各材料や製品仕様によって切削条件を計算する必要があるが、当研究開発内で確立した切削理論を基に最適切削条件を決定し、円盤型ツールと治具を使用すればいかなる場所でも再現が可能であると言える。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

オグラ金属株式会社 品質保証部 技術グループリーダー 須永 利明

所在地：栃木県足利市川崎町1310

電話：0284-91-4118 FAX：0284-91-4127

E-mail：sunaga-toshiaki@ogura-gr.co.jp

第2章 本論

2-1.1 切削加工における条件を絞り込み最適切削条件を構築する。

製品加工における切削加工の有効性を確認するため、マシニングセンタにおいて仮切削を行い、プレス加工の場合と同等以上の切削面（寸法精度、面粗さ、端面平面度、段差、バリ等）が実現できるかどうかを検証する。

また、有効性の検証と同時に切削加工工程の研究も行う。

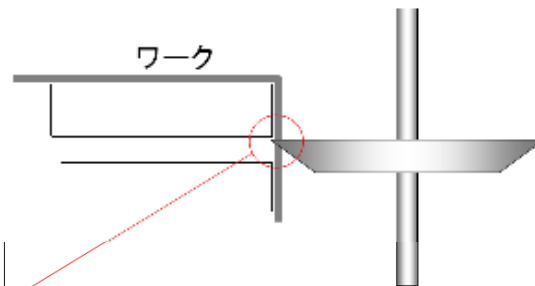
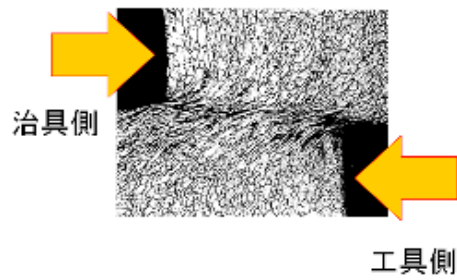
マシニングセンタを利用した切削加工の有用性を示すため、以下の目標値を設定する。

	開発の目標項目	金型プレスで抜き加工法	切削加工法の目標	
			目標値	達成の難度
①	端面段差	あり	なし	中
②	手作業段差研磨	必要	不要	中
③	手作業バリ取り	必要	不要	高い
④	寸法精度	±0.5mm	±0.3mm	高い
⑤	面粗度	32Ra	1.0Ra	高い
⑥	加工プロセス	切断2工程が必要（4名）	切削1工程	中
⑦	外周カット用金型数	2個	なし	高い
⑧	1製品加工時間	約100sec	50sec	中
⑨	カット時の油使用	プレス油使用	不使用	高い
⑩	製品納品リードタイム	4ヶ月	2ヶ月	中

2-1.2 切削理論の確立

切削理論の条件因子は、切断用カッター刃の表面粗さや形状、大きさ、材質、被削材質、送り速度、回転数、食込み量等として、下記の理論を導き出した。

円盤カッターによる切削バリの発生

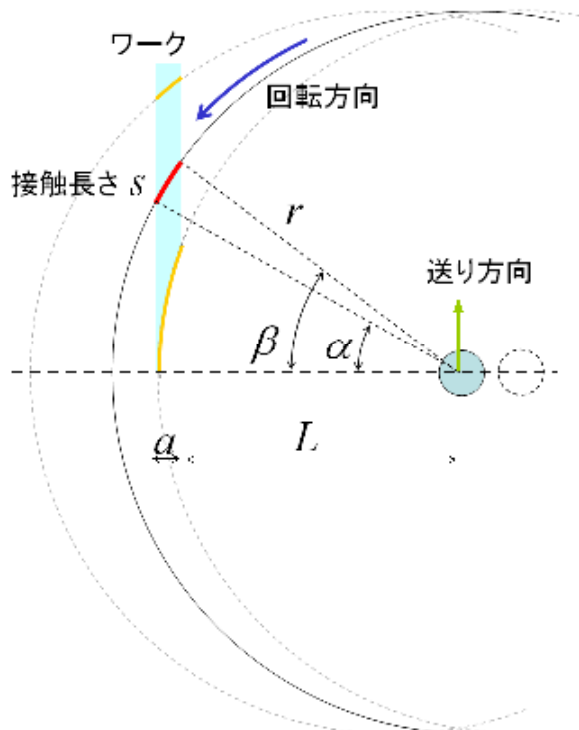


切削におけるバリを発生させないための工夫とは？



- ・クリアランスの設定
- ・切削中のちぎれを少なくする

円盤カッター位置と接触長さ



円盤カッター位置により、接触長さが変化

接触長さ s

$$s = r(\beta - \alpha)$$

ただし

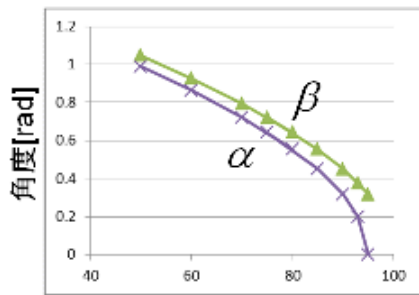
$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{L+a}{r}\right)$$

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{L}{r}\right)$$

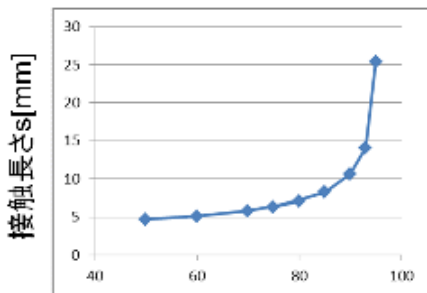
a : ワーク厚さ L : 距離

r : 円盤半径

円盤カッター位置と接触長さ



円盤カッターの位置L [mm]



円盤カッターの位置L [mm]

接触長さ s

$$s = r(\beta - \alpha)$$

ただし

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{L+a}{r}\right)$$

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{L}{r}\right)$$

a :ワーク厚さ L :距離

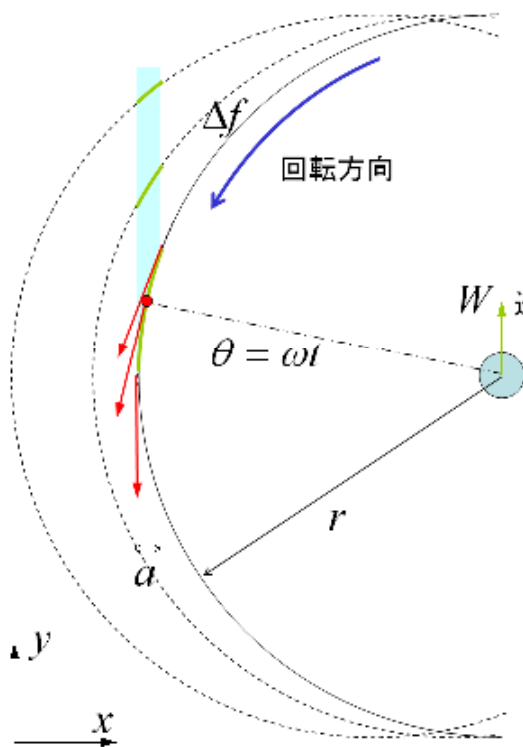
r :円盤半径

円盤カッターの接触長さ



切削によりワークの受ける力に影響

円盤カッター位置とバリ発生方向への力



(切削抵抗) Δf

$$\Delta f = \mu W \sin \theta$$

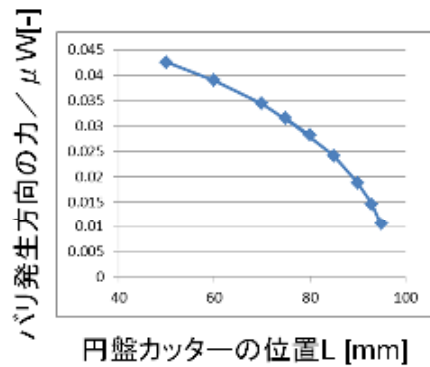
(垂直抗力) $W \sin \theta$

$$\Delta f \sin \theta$$

x 方向(バリ発生方向)から受ける力

$$F_x = \int_{\alpha}^{\beta} \mu W \sin^2 \theta$$

円盤カッター位置とバリ発生方向への力



切削によりワークの受ける力

$$F_x = \int_{\alpha}^{\beta} \mu W \sin^2 \theta$$

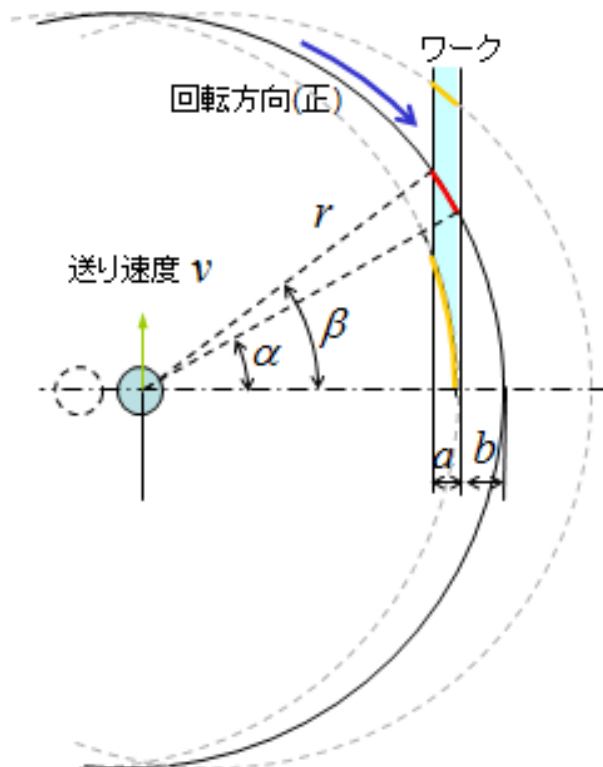
$$= \mu W \left\{ \frac{(\beta - \alpha)}{2} - \frac{\sin 2\beta - \sin 2\alpha}{4} \right\}$$

円盤カッターとワークの相対位置



バリ発生方向の力の低減 → 切り落としでのちぎれを防止する

喰い込み量と加工軌跡



円盤カッター位置により、接触位置が変化

接触位置

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{r - b}{r} \right)$$

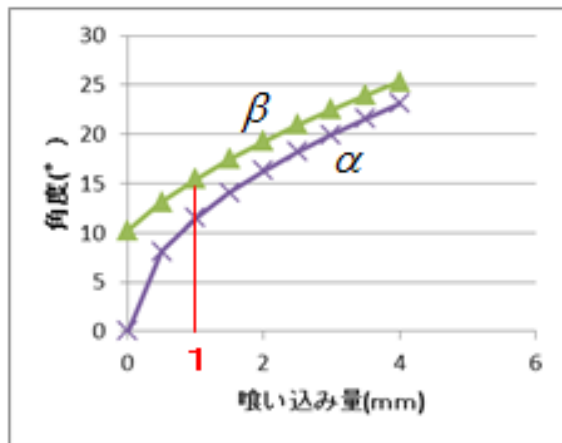
$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{r - a - b}{r} \right)$$

a : ワーク厚さ

b : 距離

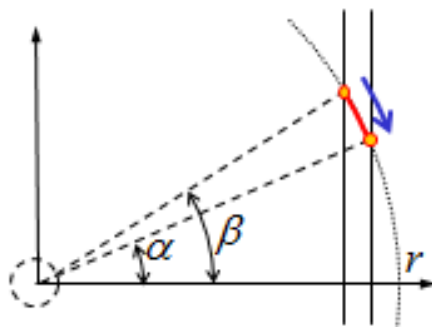
r : 円盤半径

喰い込み量と加工軌跡(静止状態)



装置のパラメータ

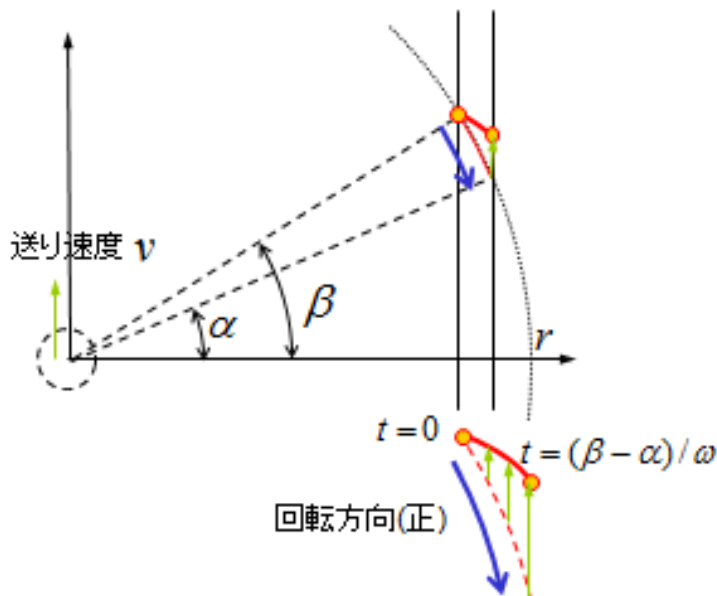
円盤半径 $r = 50\text{mm}$
 ワーク厚さ $a = 0.8\text{mm}$
 喰い込み量 $b = 1\text{mm}$



接触位置

$\beta = 15.42^\circ$
 $\alpha = 11.48^\circ$

喰い込み量と加工軌跡(送りの影響)... 正回転



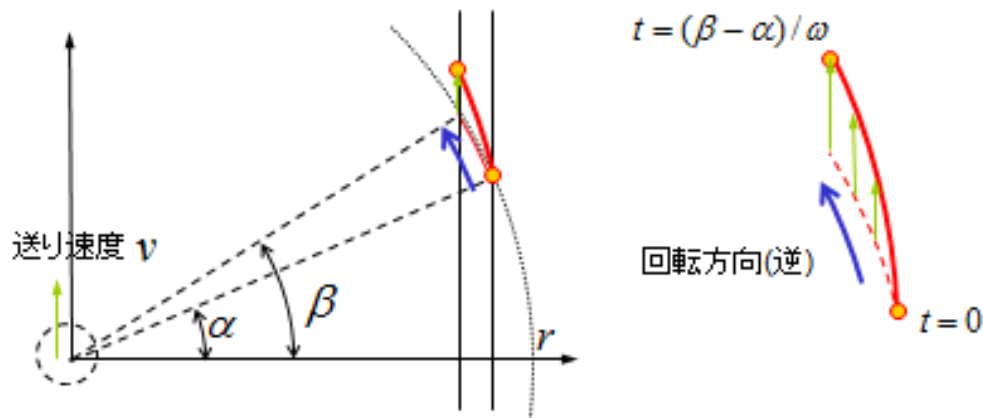
装置のパラメータ

円盤回転速度 $f = 50\text{rpm}$
 円盤角速度 $\omega = 2\pi f$
 $= 314\text{rad/min}$
 送り速度
 $v = 2\pi r \cdot f$
 $= 15700\text{mm/min}$
 $\approx 15000\text{mm/min}$

加工軌跡の位置... 正回転

$$(x, y) = (r \cos(\beta - \alpha t), r \sin(\beta - \alpha t) + vt)$$

喰い込み量と加工軌跡(送りの影響)... 逆回転



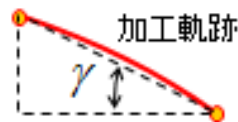
加工軌跡の位置... 逆回転

$$(x, y) = (r \cos(\alpha + \omega t), r \sin(\alpha + \omega t) + vt)$$

ワークを横切る時間

$$t = \frac{\beta - \alpha}{\omega}$$

加工軌跡の方向



加工軌跡の方向... 正回転

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{r \sin \beta - r \sin \alpha - v \frac{\beta - \alpha}{\omega}}{r \cos \beta - r \cos \alpha} \right)$$

加工軌跡の方向... 逆回転

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{r \sin \beta + v \frac{\beta - \alpha}{\omega} - r \sin \alpha}{r \cos \beta - r \cos \alpha} \right)$$

2-1.3 切削加工技術の最適条件の確立

マシニングセンタによる切削加工における各種の切削条件の検証を行い、品質工学の手法を活用して、最適な切削条件を確立した。切削理論を基に、切削工具刃長： Φ 100 mmを使用した際工具送り速度は 15700 mm/rpm、工具回転速度：50rpm にて加工を行い、切削油は必要としない。

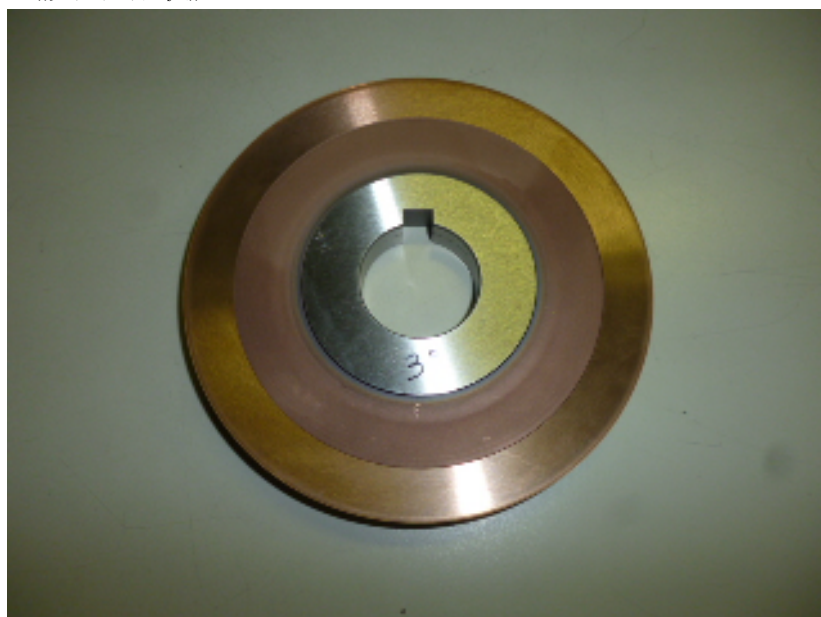
※上記は板厚 0.8 mmの電気メッキ鋼板を使用する際の最適切削条件であり、被切削材質や使用工具の変化により変動する。

2-2.1 バリフリーカuttingを実現する工具の開発と実験による検証

バリフリーカuttingを実現するうえで、従来の金型による生産法よりも構造が複雑になったり、特殊鋼の使用などによる工具自体の高コスト化を避けつつ、生産品の品質維持、工具の長寿命化を図ることも重要である。また、一般的なマシニングセンタ軸に取付可能で、水平展開が容易に出来る事も重要である。

以上の条件を踏まえ、本開発では切削工具において一般的であるハイス鋼を使用し、TiN コーティングを施す事で耐摩耗性と切断面の面精度を向上させ、被切削材と接触する箇所へ一定の角度を付ける事で切削性能を飛躍的に向上させた、低コストで生産出来る円盤型カuttingツールを開発した。

写真-1 《切削刃形状》



2-2.2 バリフリーカッティングを実現する治具の開発と実験による検証

切削理論を考慮した治具の開発と実験検証を行う。Ⅰ. 治具の構造（切削理論から導かれた複数種類の構造による研究、検証）、Ⅱ. 治具の材質（最適材質の研究・検証）等の研究開発を行った。

金型から開発治具を採用した切削では、以下の特徴を有する。

- i 所要鋼材が少なく、製作コストが金型と比較して約1/4程度になる
- ii 構造が簡単であるため製作期間が金型と比較して約1/2に短縮される
- iii 改造が容易であるため2次利用が可能である
- iv 鋼材部分が少ないためメンテナンスコストが金型と比較して約1/5になる等

当事業にて開発した治具の概要は、下記の通りである。

治具構造は平板やブロック材を多用して簡略化を図ることで治具製作コスト低下と製作時間の短縮（表-1）を可能とし、シンプルな機構で故障や破損のリスクを抑え、修理もしやすくなった。また、平板やブロック材は2次利用が容易なため、お客様の要望に合わせて素早い改造を行う事が出来る。

上記の基本構造を基に、ブレード部分の平面度、コーナーとストレート部分の組み合わせ形状をズレの無い様にする事と、円盤型カッティングツールと同様に被切削材と接触する箇所への角度を付ける事で切削性能を飛躍的に向上させた。また、治具側には被切削材を強固に固定できるように接触面にエア吸式の吸盤を設置すると共に、被切削材支持面を可動式にする事で被切削材の着脱をスピーディに行う事を可能とする治具を開発した。

写真-2 《開発治具（プロトタイプ）》

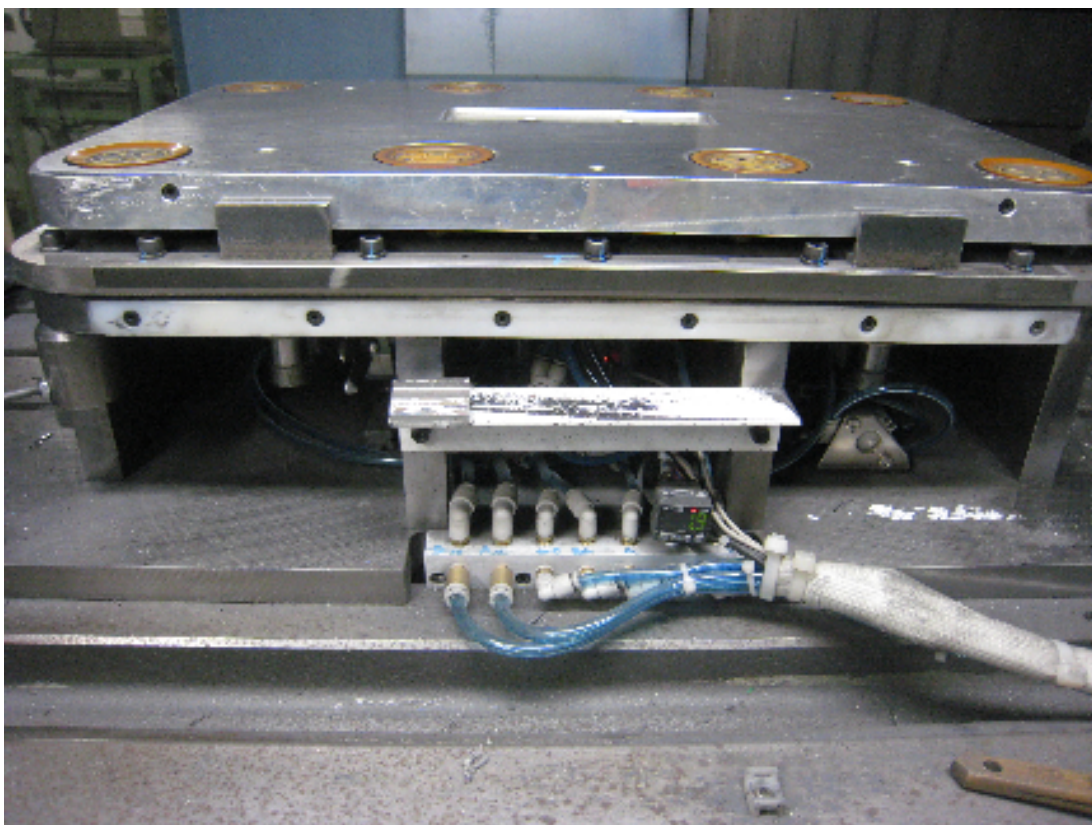




表-1 《治具作製リードタイム》

製品納品までのリードタイムの検証

加工方法	作製工程	1ヶ月			2ヶ月			3ヶ月			4ヶ月					
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
【従来技術】 カット型作製のリードタイム ・コーナートリミング型 ・ストレートトリミング型 ・2工程必要 	①	金型設計(2型分)														
	②	フルモールド作製														
	③			鋳物(発注～入荷)												
	④			鋼材(発注～入荷)												
	⑤			加工データ作製												
	⑥			鋳物加工												
	⑦			鋼材加工												
	⑧			仕上げ												
	⑨			組立・調整												
	⑩			TRY(試練押し)												
	⑪			最終調整												
	⑫			金型完成												
	⑬			製品プレス加工												
	⑭			塗装												
	⑮			納品												★
【新技術】 トリミング工具治具のリードタイム 	①	トリミング工具(発注～入荷)														
	②	受け治具設計														
	③			鋼材(発注～入荷)												
	④			市販購入品(発注～入荷)												
	⑤			加工データ作製												
	⑥			鋼材加工												
	⑦			仕上げ												
	⑧			組立・調整												
	⑨			TRY(トリミング加工)												
	⑩			最終調整												
	⑪			治具完成												
	⑫			製品プレス加工												
	⑬			塗装												
	⑭			納品												★

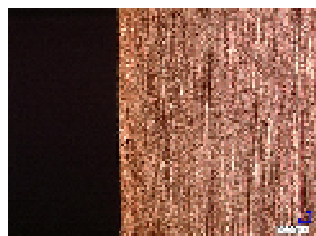
2-2.3 切削端面の検査

切削端面の表面形状、表面粗さ、寸法精度等の検査を行い、評価システムを構築した。具体的には、製品の歪みによるバリ高さの変動確認と、刃の出入り口の段差の発生状況、寸法精度の関係を調べ、最適切削条件(切削理論)を実証した。

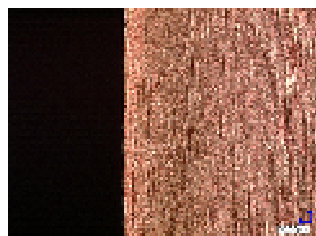
また、開発した切削工具の実用性を考慮し、工具の摩耗に対するバリの発生状況、表面粗さを検査した結果、同一条件にて加工した1,000個の実験体に対して変動が見られなかった為、開発した工具の10,000個/1枚が保障出来ると判断した。

表-2 《治工具耐摩耗性表》

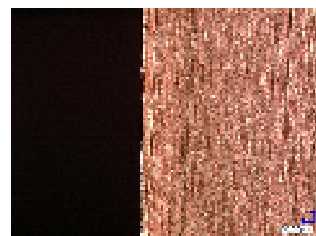
切断個数	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
直径	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02
バリ高さ (本体)	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
バリ高さ (スクラップ)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01



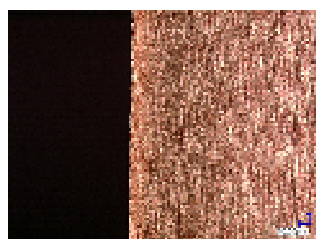
3度0個時



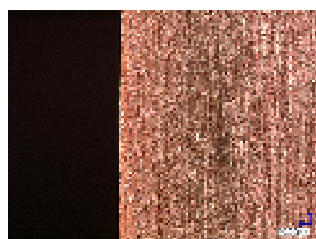
3度50個時



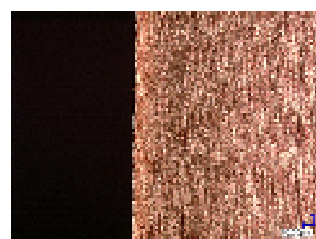
3度100個時



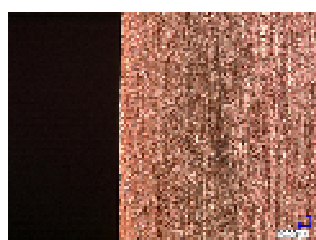
3度200個時



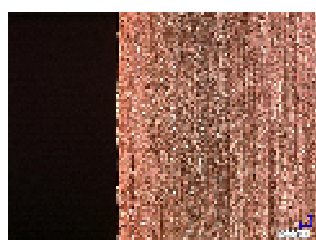
3度300個時



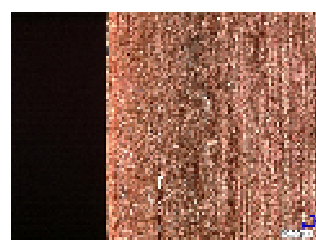
3度400個時



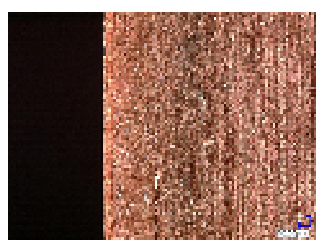
3度500個時



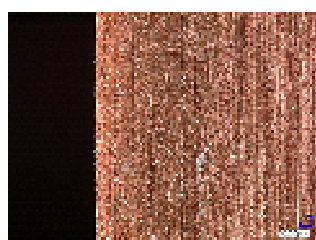
3度600個時



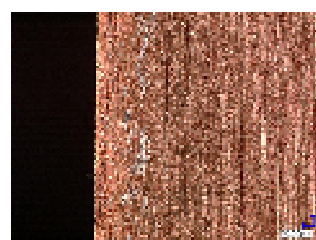
3度700個時



3度800個時

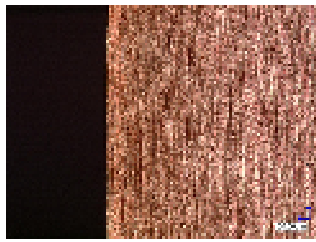


3度900個時

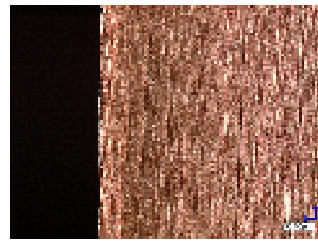


3度1000個時

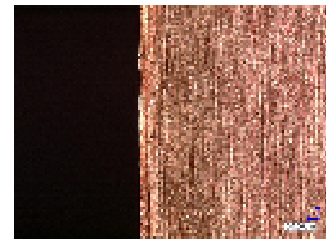
切断個数	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
直径	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02	φ 100.02
バリ高さ (本体)	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03
バリ高さ (スクラップ)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02



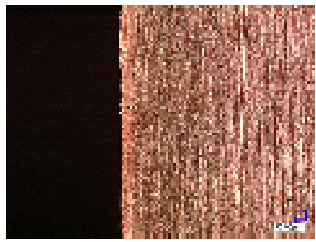
4度0個時



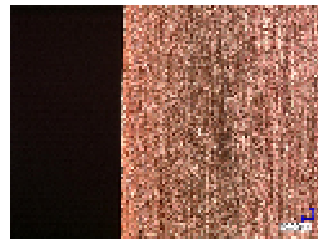
4度50個時



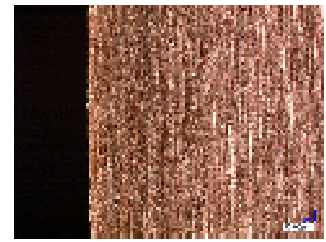
4度100個時



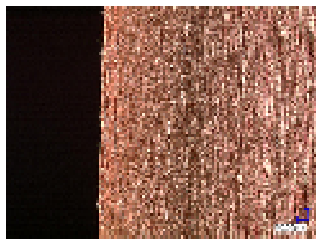
4度200個時



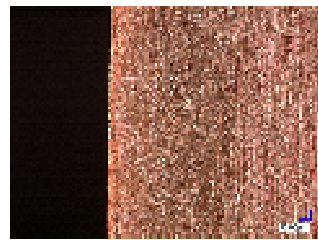
4度300個時



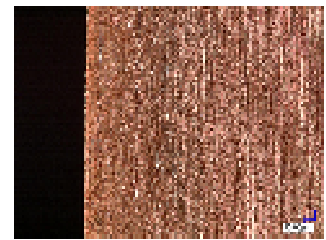
4度400個時



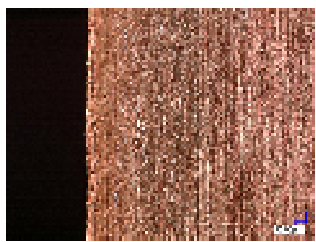
4度500個時



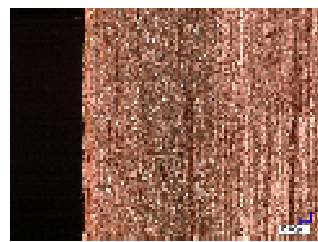
4度600個時



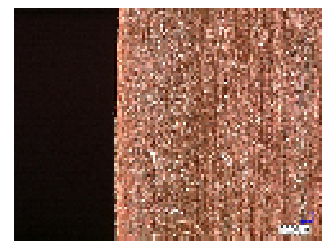
4度700個時



4度800個時

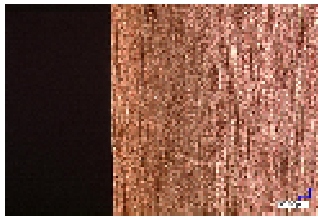


4度900個時

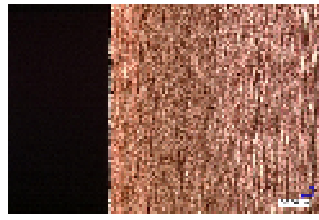


4度1000個時

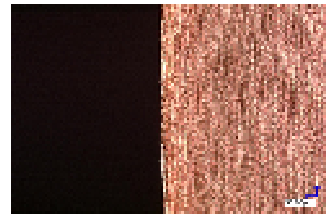
切断個数	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
直径	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01	φ 100.01
バリ高さ (本体)	0.04	0.05	0.04	0.01	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04
バリ高さ (スクラップ)	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01



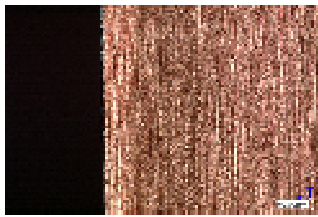
5度0個時



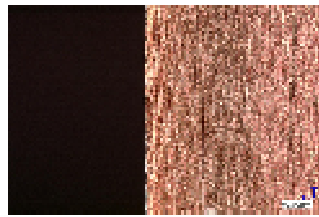
5度50個時



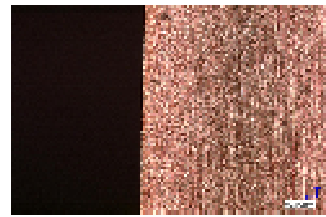
5度100個時



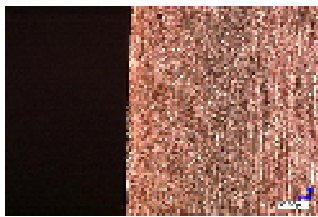
5度200個時



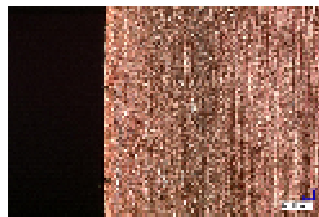
5度300個時



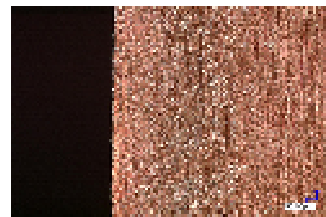
5度400個時



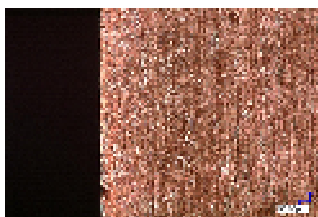
5度500個時



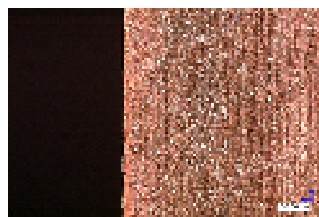
5度600個時



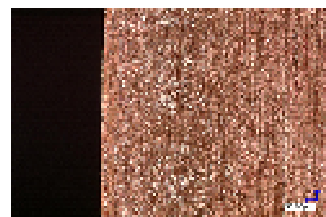
5度700個時



5度800個時



5度900個時



5度1000個時

2-3.1 高精度加工の実現

当研究で開発した円盤型カッティングツールと治具を用いる事で、工程毎の段差を解消すると共に、製品の加工精度を±0.3 mm以内にする事が出来た。また、その断面の面粗度を1.0Ra未満に抑える事で防水性能を要求される部品や精密機器への技術流用を考慮出来る。

表-3 《製品切削試験の寸法精度表》

試験体	使用カット刃	寸法A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	本体バリ高さ	スクラップバリ高さ
1	3度	0.1	-0.08	-0.07	0.13	0.14	-0.1	-0.07	0.13	0.1	-0.09	-0.06	0.13	0.02	-0.11	-0.14	0.04	0.02	0
2	3度	0.11	-0.1	-0.1	0.09	0.12	-0.08	-0.09	0.14	0.1	-0.09	-0.1	0.1	0.04	-0.14	-0.11	0.05	0.01	0.01
3	3度	0.08	-0.11	-0.08	0.09	0.13	-0.1	-0.08	0.1	0.08	-0.1	-0.08	0.09	0.01	0.15	-0.11	0.04	0.01	0.01
4	3度	0.1	-0.09	-0.12	0.11	0.14	-0.11	-0.13	0.11	0.1	-0.1	-0.12	0.11	0.06	-0.16	-0.16	0.03	0.01	0.01
5	3度	0.1	-0.06	-0.11	0.09	0.11	-0.09	-0.09	0.12	0.11	-0.06	-0.12	0.1	0.05	-0.13	-0.11	0.08	0.02	0.01
6	3度	0.09	-0.08	-0.1	0.07	0.09	-0.09	-0.09	0.09	0.09	-0.03	-0.1	0.09	0.02	-0.11	-0.13	0.01	0.01	0
7	3度	0.11	-0.1	-0.09	0.09	0.12	-0.09	-0.1	0.12	0.1	-0.11	-0.08	0.1	0.02	-0.13	-0.15	0.06	0.01	0
8	3度	0.08	-0.08	-0.09	0.09	0.13	-0.09	-0.09	0.13	0.1	-0.09	-0.07	0.12	0.03	-0.14	-0.12	0.04	0.02	0.01
9	3度	0.08	-0.09	-0.07	0.08	0.13	-0.11	-0.1	0.11	0.09	-0.1	-0.08	0.1	0.03	-0.13	-0.11	0.06	0.01	0.01
10	3度	0.09	-0.1	-0.09	0.09	0.12	-0.09	-0.09	0.11	0.11	-0.1	-0.09	0.09	0.02	-0.11	-0.15	0.06	0.01	0.01
11	3度	0.1	-0.09	-0.08	0.1	0.09	-0.09	-0.09	0.11	0.1	-0.1	-0.08	0.11	0.05	-0.13	-0.14	0.04	0.01	0
12	3度	0.08	-0.09	-0.08	0.1	0.1	-0.08	-0.1	0.1	0.09	-0.1	-0.09	0.12	0.03	-0.13	-0.13	0.06	0.02	0.01
13	3度	0.08	-0.08	-0.11	0.08	0.12	-0.11	-0.13	0.13	0.09	-0.09	-0.1	0.09	0.02	-0.11	-0.11	0.05	0.02	0.01
14	3度	0.1	-0.09	-0.09	0.09	0.11	-0.09	-0.11	0.12	0.11	-0.01	-0.09	0.01	0.03	-0.11	-0.14	0.04	0.01	0.01
15	3度	0.1	-0.1	-0.08	0.09	0.11	-0.07	-0.07	0.11	0.1	-0.1	-0.08	0.1	0.04	-0.14	-0.12	0.05	0.01	0.01
16	3度	0.09	-0.1	-0.09	0.09	0.09	-0.11	-0.1	0.09	0.09	-0.11	-0.09	0.12	0.03	-0.13	-0.14	0.06	0.02	0
17	3度	0.11	-0.09	-0.09	0.09	0.13	-0.11	-0.09	0.13	0.11	-0.09	-0.09	0.11	0.05	0.15	-0.11	0.06	0.01	0.01
18	3度	0.09	-0.09	-0.11	0.1	0.13	-0.07	-0.11	0.12	0.09	-0.09	-0.08	0.12	0.04	-0.13	-0.12	0.05	0.02	0
19	3度	0.08	-0.1	-0.09	0.09	0.14	-0.11	-0.09	0.13	0.09	-0.11	-0.08	0.09	0.03	-0.11	-0.14	0.07	0.01	0.01
20	3度	0.09	-0.08	-0.1	0.08	0.09	-0.08	-0.1	0.11	0.1	-0.09	-0.1	0.09	0.03	0.15	-0.13	0.04	0.01	0.01



試験体	使用カット刃	寸法A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	本体バリ高さ	スクラップバリ高さ
1	4度	0.09	-0.08	-0.09	0.09	0.1	-0.09	-0.11	0.09	0.09	-0.09	-0.09	0.1	0	-0.16	-0.18	0.03	0.04	0.02
2	4度	0.1	-0.09	-0.12	0.07	0.1	-0.1	-0.11	0.08	0.1	-0.09	-0.12	0.08	0.02	-0.17	-0.19	-0.01	0.03	0.02
3	4度	0.11	-0.09	-0.1	0.09	0.12	-0.1	-0.11	0.09	0.11	-0.08	-0.1	0.09	0.01	-0.2	-0.19	0	0.03	0.01
4	4度	0.09	-0.09	-0.09	0.1	0.1	-0.09	-0.1	0.1	0.1	-0.09	-0.09	0.1	0.01	-0.18	-0.21	0.01	0.02	0.02
5	4度	0.09	-0.1	-0.11	0.1	0.09	-0.11	-0.09	0.09	0.09	-0.1	-0.1	0.1	-0.01	-0.19	-0.19	0.02	0.01	0.02
6	4度	0.1	-0.08	-0.11	0.08	0.11	-0.09	-0.11	0.08	0.1	-0.08	-0.08	0.08	0.02	-0.18	-0.21	0.02	0.03	0.02
7	4度	0.08	-0.1	-0.1	0.09	0.1	-0.1	-0.1	0.09	0.1	-0.09	-0.09	0.09	0.01	-0.19	-0.19	-0.01	0.02	0.01
8	4度	0.1	-0.08	-0.09	0.09	0.09	-0.11	-0.09	0.1	0.09	-0.08	-0.11	0.08	0.01	-0.2	-0.2	0.01	0.03	0.02
9	4度	0.1	-0.09	-0.12	0.09	0.12	-0.09	-0.11	0.08	0.11	-0.09	-0.1	0.08	0.01	-0.17	-0.18	0	0.02	0.01
10	4度	0.09	-0.1	-0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.11	0.09	0.12	-0.09	-0.09	0.08	0	-0.18	-0.19	0.03	0.03	0.02
11	4度	0.08	-0.08	-0.09	0.08	0.11	-0.11	-0.1	0.08	0.11	-0.1	-0.11	0.09	-0.01	-0.17	-0.2	0	0.01	0.02
12	4度	0.09	-0.09	-0.11	0.09	0.09	-0.1	-0.11	0.1	0.1	-0.09	-0.1	0.1	0.02	-0.18	-0.19	0.02	0.01	0.01
13	4度	0.1	-0.08	-0.1	0.09	0.1	-0.1	-0.11	0.09	0.09	-0.1	-0.1	0.09	0	-0.16	-0.18	0	0.03	0.01
14	4度	0.09	-0.09	-0.09	0.1	0.09	-0.11	-0.11	0.09	0.09	-0.11	-0.09	0.1	-0.01	-0.2	-0.2	0.01	0.02	0.01
15	4度	0.09	-0.07	-0.1	0.08	0.12	-0.09	-0.09	0.1	0.1	-0.09	-0.11	0.08	0.02	-0.18	-0.18	0.02	0.03	0.02
16	4度	0.08	-0.09	-0.11	0.09	0.1	-0.1	-0.11	0.09	0.11	-0.09	-0.09	0.09	0.01	-0.19	-0.19	0.01	0.03	0.02
17	4度	0.09	-0.09	-0.09	0.1	0.1	-0.11	-0.1	0.1	0.1	-0.08	-0.09	0.09	-0.01	-0.17	-0.2	0.02	0.03	0.01
18	4度	0.09	-0.09	-0.12	0.1	0.09	-0.09	-0.09	0.09	0.11	-0.1	-0.1	0.1	0.01	-0.16	-0.19	-0.01	0.04	0.01
19	4度	0.08	-0.08	-0.09	0.09	0.11	-0.1	-0.11	0.08	0.09	-0.09	-0.09	0.09	0	-0.18	-0.2	0.01	0.03	0.02
20	4度	0.1	-0.1	-0.11	0.1	0.09	-0.09	-0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.08	0.02	-0.16	-0.18	0	0.02	0.01

試験体	使用カット刃	寸法A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	本体バリ高さ	スクラップバリ高さ
1	5度	0.1	-0.08	-0.12	0.08	0.1	-0.09	-0.12	0.08	0.1	-0.09	-0.12	0.08	-0.02	-0.2	-0.22	-0.02	0.04	0.02
2	5度	0.08	-0.09	-0.12	0.09	0.09	-0.11	-0.13	0.09	0.08	-0.09	-0.12	0.09	-0.01	-0.22	-0.23	-0.02	0.05	0.02
3	5度	0.1	-0.11	-0.1	0.1	0.11	-0.11	-0.11	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0	-0.2	-0.22	-0.02	0.04	0.02
4	5度	0.12	-0.1	-0.11	0.11	0.11	-0.12	-0.12	0.1	0.11	-0.1	-0.1	0.1	0.01	-0.19	-0.2	-0.01	0.05	0.03
5	5度	0.09	-0.09	-0.09	0.09	0.09	-0.1	-0.1	0.09	0.09	-0.09	-0.09	0.1	0	-0.22	-0.23	-0.03	0.03	0.01
6	5度	0.11	-0.09	-0.11	0.09	0.12	-0.09	-0.12	0.08	0.09	-0.11	-0.1	0.09	-0.02	-0.23	-0.21	-0.03	0.05	0.02
7	5度	0.1	-0.11	-0.1	0.08	0.1	-0.09	-0.11	0.09	0.1	-0.1	-0.12	0.08	-0.02	-0.21	-0.22	-0.01	0.02	0.01
8	5度	0.09	-0.09	-0.1	0.09	0.11	-0.12	-0.12	0.08	0.09	-0.11	-0.11	0.1	-0.01	-0.2	-0.2	-0.02	0.05	0.02
9	5度	0.1	-0.08	-0.12	0.08	0.09	-0.1	-0.13	0.09	0.11	-0.09	-0.1	0.1	-0.02	-0.22	-0.21	-0.01	0.03	0.02
10	5度	0.11	-0.09	-0.11	0.09	0.11	-0.11	-0.12	0.1	0.08	-0.1	-0.11	0.09	0	-0.2	-0.21	-0.03	0.05	0.02
11	5度	0.09	-0.1	-0.1	0.11	0.11	-0.12	-0.11	0.09	0.1	-0.08	-0.1	0.09	-0.02	-0.21	-0.23	-0.02	0.04	0.02
12	5度	0.1	-0.09	-0.1	0.09	0.12	-0.1	-0.1	0.08	0.1	-0.1	-0.11	0.08	-0.02	-0.22	-0.22	-0.01	0.05	0.02
13	5度	0.11	-0.08	-0.11	0.1	0.1	-0.1	-0.13	0.08	0.09	-0.09	-0.1	0.1	-0.01	-0.2	-0.2	-0.02	0.03	0.02
14	5度	0.1	-0.09	-0.11	0.09	0.1	-0.1	-0.12	0.1	0.08	-0.1	-0.12	0.09	0	-0.2	-0.22	-0.01	0.05	0.02
15	5度	0.1	-0.1	-0.12	0.08	0.09	-0.11	-0.11	0.09	0.09	-0.11	-0.09	0.08	-0.01	-0.21	-0.23	-0.02	0.05	0.01
16	5度	0.09	-0.1	-0.1	0.07	0.12	-0.12	-0.12	0.09	0.1	-0.09	-0.1	0.08	0	-0.22	-0.21	-0.01	0.02	0.01
17	5度	0.09	-0.08	-0.11	0.11	0.09	-0.1	-0.13	0.09	0.11	-0.1	-0.11	0.09	0	-0.21	-0.22	-0.02	0.05	0.03
18	5度	0.1	-0.09	-0.11	0.1	0.11	-0.11	-0.11	0.1	0.08	-0.11	-0.1	0.1	-0.03	-0.2	-0.23	-0.01	0.05	0.02
19	5度	0.08	-0.1	-0.1	0.09	0.09	-0.1	-0.11	0.08	0.09	-0.11	-0.09	0.07	-0.01	-0.22	-0.21	-0.01	0.02	0.03
20	5度	0.09	-0.08	-0.12	0.11	0.1	-0.09	-0.12	0.08	0.1	-0.09	-0.11	0.08	-0.01	-0.2	-0.22	-0.01	0.05	0.02

2-3.2 製品納品リードタイムの短縮とコスト評価

当該研究にて開発した新技術により、従来技術で行っていたグラインダー～リユーターによる段差の研磨、やすりによる仕上げの2工程を無くし、バリ取りツールにて微細なバリを除去する1工程のみに短縮した。従来技術ではトリムカットに2名、研磨～仕上げに2名の合計4名を必要としていたが、新技術ではトリム加工中に仕上げ工程を行える為、人員を1名にする事が出来た。



表-4 《製品作製費用の比較》

加工方法	バリの発生状況及び特徴	バリ取り方法	作製工程	使用設備	人員	加工工数(分)	備考
【従来技術】 カット型工法の場合 	特徴1						
	左図①と②のつなぎ部分に段差が生じる	グラインダーで荒仕上げする	加工段差・荒仕上げ	グラインダー	1名	0.416	
		リユーターで仕上げする	加工段差・仕上げ	リユーター	1名	0.583	
	特徴2						
	全周内側へ0.1mm～0.2mmのバリが生じる	リユーターやヤスリでバリを除去する	全周バリ仕上げ	リユーター・ヤスリ		0.999	
【新技術】 トリミング工具治具の場合 	特徴1						
	上記①②の段差は生じない						
	特徴2						
	全周内側へ0.05mm程度のバリが生じる	バリ取りカッターでバリを除去する	全周バリ仕上げ	バリ取り工具	1名	0.117	

* 上記よりバリ取りの工数は製品1台あたり「0.882分」削減になる。

* バリが0.05未満になるため「バリ取りカッター」でバリが除去出来る。

製品加工工数比較(トリミング加工からバリ仕上げ)

加工方法		作製工程	使用設備	人員	加工工数(分)	総工数(分)	分チャージ(円)	金額換算(円)	備考
【従来技術】 カット型工法の場合 	①	トリミング①(コーナー)	300TONプレス	2名	0.2	0.4	60	24.00	
	②	トリミング②(ストレート)	300TONプレス	2名	0.2	0.4	60	24.00	
	③	プレス加工段差・荒仕上げ	グラインダー	1名	0.416	0.416	60	24.96	
	④	プレス加工段差・仕上げ	リユーター	1名	0.583	0.583	60	34.98	
	⑤	全周バリ仕上げ	リユーター・ヤスリ						
					1.799		107.94		
【新技術】 トリミング工具治具の場合 	①	トリミング全周	マシニング	1名	0.725	0.725	60	43.50	バリ取りについてはトリミング加工中の手待ち時間で可能
	②	全周バリ仕上げ	バリ取り工具		(0.117)				
						0.725		43.50	

* 製品1台あたりの工数差 1.074分

* 製品1台あたり金額差額 64.44円

2-3.3 切削加工の有効性の確認

製品加工における切削加工の有効性を確認するため、マシニングセンタにおいて仮切削を行い、プレス加工の場合と同等以上の切削面（寸法精度±0.3 mm、面粗さ1.0Ra）、手作業による工程毎の段差解消なし、製品とスクラップの自然切り離し（切削刃進入箇所の段差）を実現した。プレス加工では切断2工程4名、さらに工程毎の段差の解消に1名、バリの仕上げに1名と合計4名を必要としていたが、マシニングセンタによる切削工程では切断1名（切削中に微細なバリを除去出来る為）に削減することが出来た。大量生産品における工数と工員の削減は非常に有効であると言える。

一例にすぎないが、当社で生産しているソーラー発電向け部品のトリム加工～バリ取り工程について考察した場合、一台当たりの加工工数を0.882分削減し、人員まで含めた総工数では1.074分の差が生まれた。金額にすると107.94円から43.5円になり、59.7%の削減となる。（当社モデル給にて比較）

2-4.1 当該技術の再現性確認と事業化について

当該研究にて開発した技術は、一般的なマシニングセンタ（1軸で可能）があれば再現が可能であるが、その条件として被切削材がマシニングセンタ可動範囲より外形が50 mm以上小さい事と、エアによる製品固定方法を取っている為、およそ5気圧の性能を満たすコンプレッサー設備が必要となる。

以上の条件は、プレス設備を持つ工場として考えた場合、比較的容易な条件と言えるので、中小企業であっても再現可能であると判断する。

事業化についても、製品の立ち上げ～納品まで2ヶ月以内に行うことが出来、新規部品の受注をスピーディに行えるだけでなく、現生産品の加工方法の変更を行う際も、プレスとマシニングセンタで加工機械が違う為、量産を止めることなく移換することが出来るという強みがあり、非常に事業化しやすい。

第3章 全体総括

3-1 研究成果まとめ

本研究で開発した円盤型カッティングツールと治具は特別な材料、加工等を必要とせず作製出来る、プレス金型によるシェア切断に代わる画期的な工法であると言える。従来より悩まされていた工程毎の段差を解消し、発生バリを限りなくゼロに近付ける事が出来、品質においては同等以上の断面粗さと加工精度を確立し、生産性を阻害することなく加工工数と工員数を削減することで生産コストを大幅に削減することが出来る。開発した技術を活用する為の条件も一般的なマシニングセンタとエアー設備を備えれば再現可能であるという気軽さより、中小企業は元より、小さな町工場でも使用する事が容易である。ただし、切削加工するに当たり切削理論より条件を求める必要があるので、切削条件の簡易表や、条件因子を入力すると自動で計算するソフトなどを整備する必要があると言える。また、電気メッキ鋼板とアルミ材における切削性能は実験により証明されたが、ステンレス材や高張力鋼板などの切削性能に関しては引き続き研究を進める必要性がある。



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。