

# セミドライ加工対応ブローチ盤

SEMI-DRY Cutting Broaching Machine

キーワード

地球環境問題、ブローチ加工、ドライ加工、セミドライ加工、省エネルギー

機械工具事業部 工作機製造所技術部

鶴巻 登

工具技術部

野川 恭史

技術開発部

機械・加工技術室

小林 諭

## 1. はじめに

近年、地球温暖化防止のためのCO<sub>2</sub>削減をはじめとする地球環境問題がクローズアップされてきた。この流れは工作機械においても例外ではなく、この対応が重要課題となっている。工作機械に課せられた地球環境問題の中でもとりわけ、クーラント（切削油剤）の使用・廃棄・処理に関する問題は影響する範囲も広く、経済性・効率性と環境配慮の両立の観点から考えると非常に難しい問題である。

これらの課題に対して、当社はドライブローチ加工を究極の目標として機械・工具両面から研究開発を進め、いち早く第19回JIMTOFにセミドライ加工対応ブローチ盤を出品し注目を浴びた。

その後、各種条件下での切削テストを行った結果と実施したセミドライ加工対応事例について紹介する。

図1に当社型式NBV-5-10SAセミドライ対応ブローチ盤の機械外観を示す。

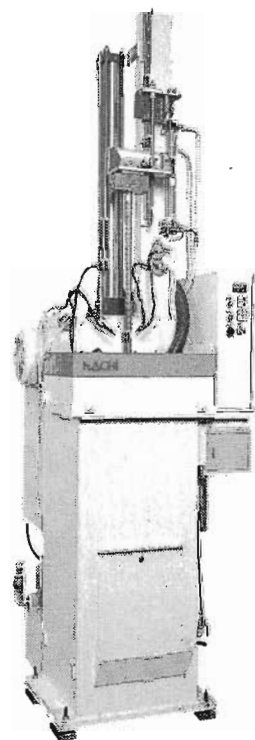


図1 外観図

## 2. 開発の背景と機械の概要

環境問題が深刻化するなか、自動車メーカを始めとした各機械加工分野でクーラント液を使用しない「ドライ加工技術」の開発が待望されている。

「クーラントの環境問題への取り組み」の例を表1に示す。

表1 クーラントの環境問題への取り組みの例

取り組み項目	狙い
不溶性→水溶性	洗浄工程削減、クーラント費用削減
水溶性エマルジョン→シンセティック	ロングライフ化、クリーン化
塩素フリー化	工場環境改善、廃油処理費削減
窒素フリー化	廃油処理費削減、環境対応
セミドライ加工化	工場環境改善、省エネ、コストダウン
完全ドライ加工化	環境対応、省エネ、コストダウン

表2 加工法の分類と油種、概略給油量

加工法	油種	概略給油量
湿式加工	水溶性・油性	5000cc以上/min
ミスト加工	水溶性	3~25cc/min
セミドライ加工 (微量ミスト)	植物油又は合成油 (生物分解性100%)	2~12cc/H 1ノズル
ドライ加工	(エア)	—

表3 ブローチ加工のドライ化の流れ

不溶性クーラント→水溶性クーラント→塩素フリー化→ミスト →セミドライ→ドライ
--

なかでも重切削のブローチ加工は、従来塩素、硫黄成分を多く含んだ不溶性クーラントを使用することが一般的であり、ブローチ工程後の洗浄、クーラント費用の点でネックとなっている。

加工法と油種、概略給油量の関係を表2に示す。ブローチ加工のドライ化の流れを表3に示す。

今回、セミドライ加工対応ブローチ盤を開発・商品化するにあたっては従来の構造を大きく変更すること無く、すなわち既存のライン内設備の改造も考慮に入れ、セミドライ加工が広く用いられる様配慮した。



図2 ジグ外観と切屑吸引装置

### 3. 機械の特徴

#### 3.1 切屑処理

従来、加工箇所へ飛散する切屑やブローチ刃溝に残留した切屑の除去をクーラントを用いて洗浄回収していたブローチ盤において、セミドライ加工時の切屑処理が最大の課題である。加工基準面付近に飛散した切屑はワークに噛み込み加工精度不良となる一方、ブローチ刃溝に残留した切屑は加工面の表面粗さを悪化させ、最悪の場合工具破損を引き起こすこととなる。

本機では、切屑処理の方法として「ブラシでのブローチ刃溝内の切屑取出し→切り屑吸引装置での回収」によって切削直後（直下）での100%回収を狙い、切屑吸引装置の構造、ジグ形状（PAT.PEND.）と切屑ブラシの効果的配置によりその目的を達成している。

図2にジグ外観と切り屑吸引装置を示す。

尚、実施例では、ジグや搬入出装置との兼合いからノズルやブラシをジグ基準金内部に配置する工夫を施した。

図2の切屑吸引装置での回収は、従来の遠心脱油装置を不要とするだけでなく、切屑に塩素分等の付着が無いため産廃処理が不要となるコストメリットもある。

図3に加工直後の湿式（不水溶性）加工とセミドライ加工の回収切屑を示す。

実施例の中には、前工程からの切屑の持込みや機械各部の清掃を目的として、切屑吸引装置に替え水溶性クーラントで洗浄する方法を採用したケースもある。

### 3.2 最適セミドライ条件

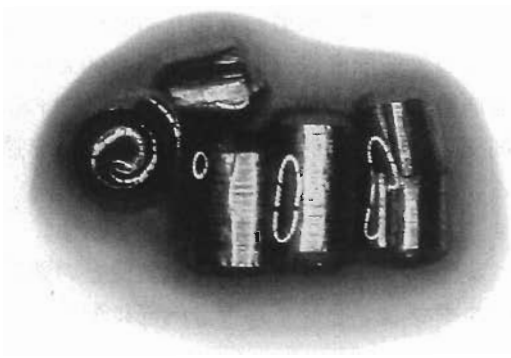
ブローチのセミドライ加工では、切削中の刃先の油膜切れが加工面の表面粗さの悪化、工具の摩耗促進を引起す。

進を引起す。

それに対し①セミドライ装置（粒子寸法，給油量，吐出圧）②切削油③ノズル径・位置の各々最適条件を選択するため，旋削での摩擦係数試験・品質工学L18試験を行い条件を決定し，従来の不水溶性，水溶性クーラント以上の工具寿命を達成した。

また加工面の表面粗さについても，従来と同等の表面粗さを安定して得ることができた。

旋削での摩擦試験概要とその結果を図4に示す。



湿式（不水溶性）加工時の切り屑



セミドライ加工時の切り屑

図3 回収切屑比較

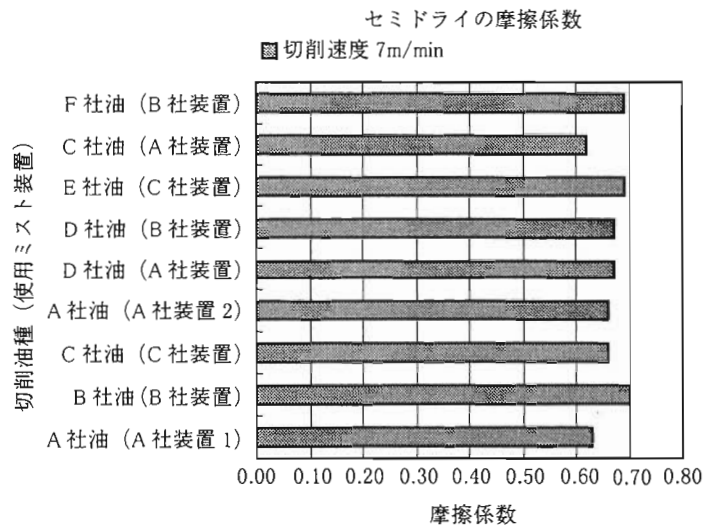
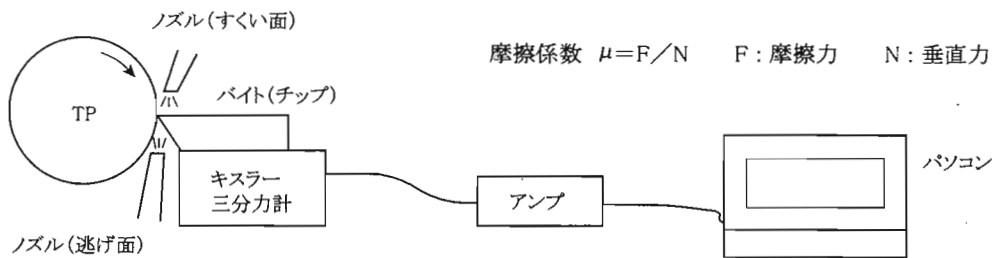


図4 摩擦係数試験概要と結果

## 4. 工具（ブローチ）での対応

工具は品質工学L18試験により①工具母材②コーティング③UT量（一刃切込み）④刃形状（すくい角・逃げ角）について最適条件を決定した。

その結果、①②粉末ハイスに特殊コーティングを施し、③従来の調整刃部分のUT量を改良④最適すくい角、仕上刃部分の逃げ角改良により、工具寿命、加工面の表面粗さにおいて図5、6の結果を得た。

実際の納入工具では、逃げ面やリリーフ面でのこすりが加工精度に影響を及ぼしたため、逃げ角や逃がし形状に多くの改良が施してある。

図7にブローチの外観を示す。

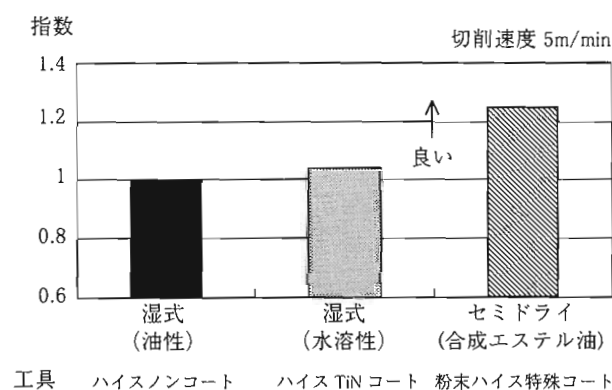


図5 工具寿命

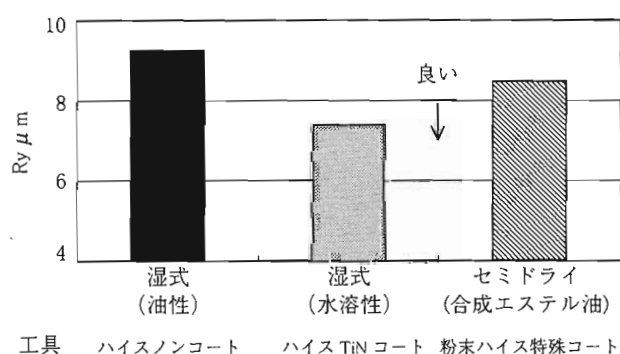


図6 加工面の表面粗さ

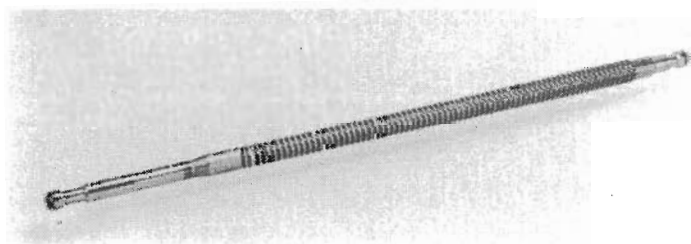


図7 ブローチの外観

## 5. 従来加工機との比較

工具寿命，加工精度で従来機と同等もしくはそれ以上の数値を達成したことは前述したが，商品化にあたってはコストが最も重要なポイントとなる。

クーラント装置，後工程洗浄機等が不要となるためイニシャルコストは減少し，現状では6年間の償却期間でワーク1個当りの加工コストは，当社試算では同等である。（図8）

セミドライブローチ加工では客先におけるランニングコスト総合計の50%以上が工具費となり，工具コストの引き下げが今後の課題となってきた。

併せて不水溶性クーラントの廃油処理費用は年々高くなってきているが，逆にセミドライ加工用植物油や合成油は各油脂メーカ新種開発で低価格化が進むと思われ，セミドライ加工でのコストメリットは十分出せると確信している。

## 6. 実施例

当社におけるセミドライ加工対応ブローチ盤の実施例を表4に示す。

いずれも当社製の工具を使用したものであり，工具に関するトラブルは発生していない。

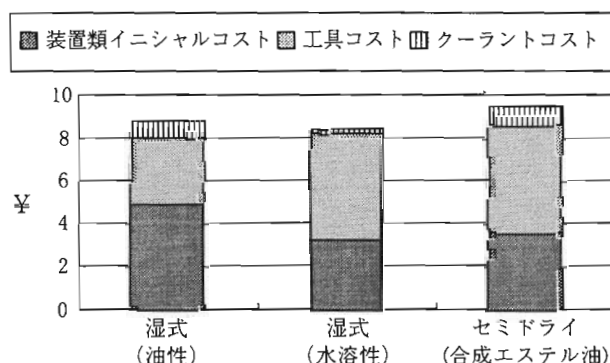


図8 ワーク1ヶ当たり加工コスト

不二越は工具と機械の両面から「環境にやさしいブローチ加工」を目指しています

- ・微量ミストに最適な刃先形状・材料の選定
- ・セミドライ用コーティングの開発 (PAT.PEND)

## 7. おわりに

本稿で紹介したセミドライ加工はドライ加工へ向けての第1ステップであり、今後は省エネルギーなどの観点から従来よりも高速領域の課題に挑戦して行く必要がある。

当社はブローチ盤とブローチの双方を提供している世界でも類のないメーカーであり、機械と工具を併せての経済性・効率性の追求が可能である。この当社の特長を生かし、さらなる研究開発を行い、ご需要家の期待に応えていく所存である。本稿がこの種の設備に関するご需要家の参考になれば幸いである。尚、表5に当社のブローチ盤標準シリーズの一覧表を図9に当社が世界で初めて開発商品化した、ATミッションの内歯ヘリカルギヤ加工用のNCヘリカルブローチ盤を示す。



図9 NCヘリカルブローチ盤

表4 実施例

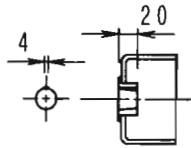
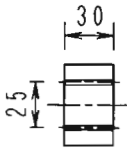
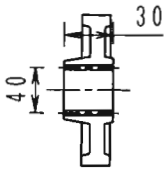
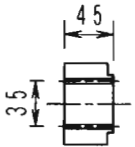
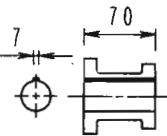
No.	ワーク材質 加工部 工具仕様	ワーク概略図	機械 引抜き力 ストローク	切削速度 使用油種	切屑処理
1	機械構造用炭素鋼 キー溝 ハイス+TiNコート	ロータ 	カッター移動, 2軸 3トン 800mm	6m/min 植物油	ウレタンローラ 水溶性クーラント+チップコンベヤ
2	機械構造用炭素鋼 インポリュートスブライン 粉末ハイス+特殊コート	リング 	カッター移動 5トン 1000mm	5m/min 合成油	ブラシ バキューム装置
3	クロム鋼 インポリュートスブライン ハイス+TiNコート	ギヤ 	ワーク移動 5トン 800mm	5m/min 植物油	ブラシ 水溶性クーラント+チップコンベヤ
4	クロムモリブデン鋼 インポリュートスブライン ハイス+TiNコート	ピニオン 	NBV-5-8AAL 5トン/800mm カッター移動	3m/min 植物油	ブラシ 水溶性クーラント+チップコンベヤ
5	クロムモリブデン鋼 キー溝 粉末ハイス+特殊コート	ギヤ 	カッター移動 5トン 1000mm	5m/min 植物油	ブラシ バキューム装置

表5 不二越のブローチ盤シリーズ

加工部位	加工形態	加工方式	駆動方式	シリーズ	主な用途
内面	横形	カッター 移動式	油圧式	NBLシリーズ	ブルドーザ スプラインハブ, 大形ワーク
				立形	カッター 移動式
	NUVシリーズ	自動車部品, 中形ワーク			
	UVシリーズ	自動車部品, 大形ワーク			
	VBシリーズ	熱処理部品; シンクロスリーブ, T/Mギヤ			
	ワーク 移動式	油圧式	HELICALシリーズ		内歯ヘリカルギヤ, 捻れ油溝
			BV-Tシリーズ		自動車部品
	ワーク 移動式	メカニカル式	EVシリーズ	外周溝	
			HELICALシリーズ	内歯ヘリカルギヤ	
	ワーク 移動式	メカニカル式	BV-T-MSシリーズ	自動車部品	
HELICALシリーズ			内歯ヘリカルギヤ		
表面	横形	カッター 移動式	油圧式	NSLシリーズ	ジェットエンジンディスク, タービンディスク, シリンダブロック, ベアリングキャップ
				SLシリーズ	シリンダブロック
				FSLシリーズ	シリンダブロック
		ワーク 移動式	メカニカル式	NSL-Mシリーズ	ジェットエンジンディスク, タービンディスク, シリンダブロック, ベアリングキャップ
				FSL-Mシリーズ	シリンダブロック
				NSL-Tシリーズ	ディスクプレーキマウンティング, ディスクブ レーキシリンダ
	ワーク 移動式	メカニカル式	TSLシリーズ	ピニオンステアリング, ラックステアリング	
			FSL-Tシリーズ	プロペラシャフトヨーク	
			CLシリーズ	コンロッド, キャップ, ヨーク, バルブロッカ ーアーム	
	立形	カッター 移動式	油圧式	NSVシリーズ	自動車部品
				SV(SMALL SIZE)シリーズ	小形自動車部品
			メカニカル式	SV-M(SMALL SIZE)シリーズ	小形自動車部品
メカニカル式	SV-M(BIG SIZE)シリーズ	ジェットエンジンディスク&ブレード, タービン ディスク&ブレード			