

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Machining

Vol. **16A2**
June/2008

マシニング事業

マシニング
機能部品
マテリアル

■ 寄稿・論文・報文・解説

高精度・高品位加工に不可欠
「機械加工における周辺技術と
環境影響の低減」

"Peripheral Technology for Machining
and its Reduced Environmental Impact"
---Essential to High Precision and High Quality

〈キーワード〉 フィルトレーションシステム・リサイクル・
省エネルギー・加工精度・地球環境・持続的発展

開発本部／ものづくりSS部

三和 茂樹

Shigeki Miwa

要 旨

地球環境の持続的発展が問われる中で、機械加工においても、省資源化・省エネルギー化などの環境問題に積極的な取り組みが求められている。

一方、ものづくりにおいては、BRICsなどの台頭などグローバルな競争が激化してきており、加工精度向上、コストダウン、リードタイム短縮なども大きな課題となってきている。

NACHIは、加工精度の向上や生産効率の向上を図るため、クーラント加工液のフィルトレーションシステムや、産業廃棄物削減、切削・研削加工システムの省エネルギー化などに独自の取り組みをすすめている。

Abstract

The proactive environmental measures for conserving resources and energy have been called in machining as the sustainable development of the global environment is demanded. On the other hand, the global competition in manufacturing has become fierce with the emergence of BRICs, posing us great challenges such as improvement in machining precision, cost reduction and shortening of lead time.

NACHI has been working on its own to utilize the energy-efficient coolant filtration system and cutting/grinding system and to reduce industrial wastes in order to improve machining precision and production efficiency.

1.生産性優先から環境優先のポリシーに

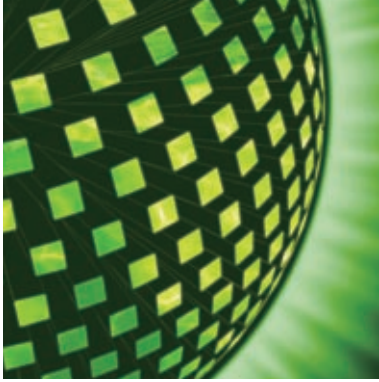
加工精度・加工効率を考えた場合、工作機械や加工工具に関しての注目は高いが、その周辺技術に関しては、疎かになっている。

そこで、加工を機械とツールだけに限定して見るのではなく加工をシステム全体で見て、改良・性能向上にとり組むという考えで、加工液のフィルトレーション技術をとり上げてきた。

また、加工時に発生する研削粉・切削くず・加工廃液についても「減らす」「リサイクルする」という取り組みや、加工機は最大限「省エネルギー化する」という観点から、メーカーとしてできることを追求し、下記事項を重視して具体化してきた。

- (1) 加工方法や方式を根底から見直して変えるということも大切であるが、まず第一に、今のやり方の中でのベストな状態を早く達成し、実績をつくる。
- (2) クーラント加工液の寿命を延ばすことにより、省資源化していく。
- (3) 機械一台毎に対策する方法と、集中管理する方法での効果を常に比較していく。

これらを実際にすすめる中で、環境対策は生産性の犠牲や、コストアップが伴う場合が出てくるが、その場合の判断基準がしっかりしていないと、ややもすると、生産性を優先することになりやすい。環境を優先するという企業のポリシーが大切であると考えている。



用語解説

※1 珪藻土フィルター

珪藻土は、液中の固形分を除去するための濾過助剤。食品工業をはじめ多くの産業で使用されている。「ダイナマイト」の語源は「ダイアトマイト(珪藻土)」からきているといわれる。

2. フィルトレーションシステム改良のステップ

切削・研削加工液のフィルトレーションシステムの改良は、結果的には下記の段階を経た経緯となった。
下記に、その考え方と概要を示す。

1) 従来のクーラント装置の問題点

- (1) 従来のクーラント装置は、厳しいいい方をすると、「単に冷やす」ことや「切粉を流す」ということが主体で、加工液の清浄度を高めようという考えが弱かったといえる。また、フィルターとして使われているものは、マグネットセパレーター、ペーパーフィルターに代表され、微細用には珪藻土^{※1}フィルターが主流となっているが、必ずしも環境へ配慮した技術といい難い。
- (2) 液の清浄度が悪いと、研削でいえば、砥石と被加工物の研削点に、研削液の中に入っている異物を巻き込んで研削するということも起こりえるわけで、不定期なスクラッチ傷の発生や、研削面の表面粗さが阻害されることになる。
- (3) その意味で、我々は、下記の点を重視してとり組んだ。
 - ①加工液の清浄度はどのレベルにすべきか。
 - ②加工液のかけ方はどうあるべきか。

2) 第一ステップ〈研削液のかけ方を考える〉

研削液は、加工時の発熱対策としての冷却が目的であるが、本当に適切な量としているのかを原点にかえて考えてみた。

今回、事例で報告しているノズルの改良は、加工液のかけ方を考えただけでも改善できる点は、多くあることを示している。

3) 第二ステップ〈加工液の清浄度をあげる〉

加工液の清浄度をあげるため、フィルターを自動的に逆洗浄する独自のフィルトレーションシステムを確立。
自動逆洗形のフィルターを使うことで、20 μ mレベルの異物の除去が可能になった。

4) 第三ステップ

〈フィルターでとりきれないカーボンスカム・油分の除去〉

鋳物に含まれるカーボンが切りくずと一緒に切削液中に排出されるが、加工液中の油分があるとフィルターの目詰まりを引き起こす。これを逆洗浄フィルターで解消。

また、油性加工液からのカーボン除去は、浄油機を改良。

5) 第四ステップ

〈加工工程における産業廃棄物削減〉

産業廃棄物処理量「0」への取り組みとして、研削スラッジや切削くずを固形化してリサイクル可能とした。

(研削加工における省エネルギー化)

また、油圧部門で開発した省エネ・省スペース型油圧装置を展開し、エネルギー使用量を1/10に縮減。

3. 研削加工液のかけ方を考える 〈第一ステップ〉

※2 (従来の加工液は乱流)

研削加工における加工液の役割として冷却・洗浄潤滑があげられ、一般的な研削液のかけ方は、図1のように掛け流しのシャワー洗浄が多い。しかしながら、砥石は高速で回転するため、砥石の外周では高速の空気の流れが発生しており、加工液が砥石と加工物の間に入っていけない。これを解決するためには、加工液を高圧にして、空気層を破ってかける「高圧クーラント」という方法があるが、オイルミストが多量に発生するという弊害がある。

従来のノズルでは、ノズルから出た加工液は乱流となり、ほとんど加工点に到達していない。

※3 (層流ノズルの開発)

そこで、ノズルを改良して、加工液を層流になるようにして吹き出すことにより、砥石と素材の間に加工

※2 乱流

乱流(らんりゅう)(turbulent flow)は、流体の流れ場のうちで非定常性を持つ物。逆に定常的な流れ場は層流と呼ばれる。わかりやすい例としては水道の蛇口から流れる水がある。水道の水は流れが少ないときはまっすぐに落ちるが、少し多くひねると急に乱れ出す。このとき前者が層流、後者が乱流である。

※3 層流

層流(そうりゅう)(laminar flow)とは、流れ場のうち定常的なもの。同上参照。

液がより多く入ることが判明した。加工液の流れが層流となるノズルを、図2に示す。

社内で実験し、実ラインでテストした結果、表1のような結果が得られた。加工液の量も減らすことができ、省エネルギーにつながることを判明した。この方法では、砥石が消耗して直径が小さくなったとき、ノズル位置を砥石径にあわせて変える必要がある。

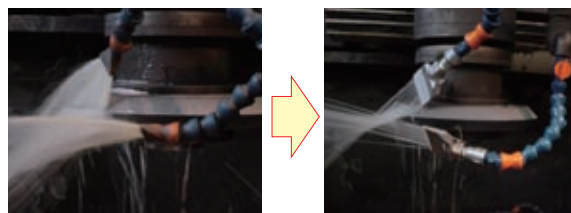


図1 従来ノズルのかけ方

図2 新ノズルでのかけ方

		従来ノズルのかけ方	新ノズルでのかけ方
A側	Rz	2.87 μm	2.00 μm
B側	Rz	2.47 μm	2.06 μm

表1 実ラインでのテスト結果

4. 加工液の洗浄度をあげる 〈第二ステップ〉

加工液の清浄度をあげるには、細かいフィルターを使い、異物を捕獲すれば済むが、それでは多量のフィルターが必要なのと、フィルター交換に多くの時間がかかる。そして、フィルター交換時には、機械を停止させ旧フィルターは、廃却しなければならないのが一般的である。

NACHIが採用した方法は、フィルターが自分で目詰まり状態をセンシングし、自動的に洗浄する「自動逆洗形」のフィルターを採用することにした。これにより目詰まりを心配する必要がなくなり、結果として、

従来より細かいフィルターを使えることになり、研削液の清浄度を上げることができた。

従来のクーラント装置を図3に、逆洗形の新フィルトレーション装置を図4に示す。

自動逆洗形のフィルターを使うことで、20 μmレベルの異物の除去が可能になった。



図3 旧フィルトレーション装置



図4 新フィルトレーション装置

※4 クーラントシステム

機械加工時に工具および被加工物などを冷却するために、加工領域にクーラント液が供給されるが、クーラント液中に切粉などの不純物が含まれることは望ましくなく、除去する必要がある。混入した切粉などの異物、不純物を除去するためのフィルターは、長く使用し続けると目づまりが発生する。この目づまりを除去するような装置を組み込んだ加工液の冷却・循環システム。

1) ホーニング工程における フィルトレーション装置

ベアリングや油圧機器、自動車用油圧機器など、精密仕上げが必要とする加工工程では、超仕上げ工程、ホーニング工程があり、仕上面粗さが最も重要となる。

油圧機器では10 μ 前後のクリアランスでほとんどの部品が構成されている。温度が上がるとクリアランスが大きくなり、その隙間からの漏れが増えるのを極力減らしたいため、個々の部品一点一点の寸法精度がミクロン単位で、要求される。

また、これらの部品では、サイクルタイムが秒単位の生産のため、加工品質が一定でないと、短時間で多量の不良品をつくってしまうことになる。

(高潔度加工液の供給システム)

高精度仕上げを、さらに長時間安定化させるため、最も注力したのは加工液の清浄度であり、異物除去はNACHI専用のフィルターを開発することから始めた。メンテナンス時間も極力少なくなるよう配慮し、フィルターの交換、ろ材の投入などといったメンテナンス工数を少なくする装置とした。



図5 旧フィルトレーション装置



図6 新フィルトレーション装置



図7 微細スラッジ除去

このような、新しいフィルトレーション装置として開発した装置を図6に、この新フィルトレーション装置を使用してのホーニング工程における加工液からの微細スラッジ除去例を、図7に示す。

2) 研削工程における集中フィルトレーション装置 (精密仕上げで重要となる仕上面粗さ)

工場新築の機会があり、建設に当たり、工場全体をスルーで見た改善・改革にとり組んだ。

機械のレイアウトの最適化とあわせて、クーラント装置を集中コントロールした方がトータル効率が高いという結論を得た。

クーラントの維持・管理には、装置の大小に関係なく研削スラッジの除去・クーラント液の濃度管理・PH管理・温度管理・バクテリア対策等々やらなければならない項目は、沢山ある。

従来の個別クーラントの写真を図8に示す。

※4
集中化クーラントシステムでは、個別クーラントへの配管が必要で、その費用はかなり大きくなる。また、集中化した場合、集中したクーラントに異常があれば、全ての機械に影響が出るので、品質面・故障面では、リスクが高くなる要素がある。それらを総合的に判断して決定する必要がある。どちらが経済的かは、トータル台数で決まる。



図8 個別クーラント装置に付属

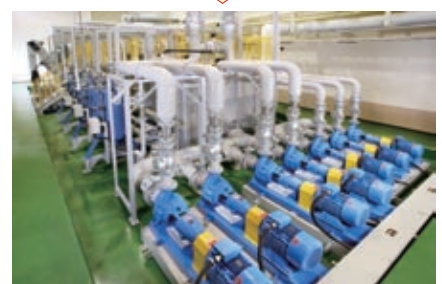


図9 集中クーラント装置

(オール自動の集中クーラント装置)

社内導入の集中クーラント装置例を、図9に示す。装置の概要は、タンク容量80,000L(配管容量20,000L)ポンプ吐出量4.000L/分、研削液温度は室温±0.1°Cを基本条件としている。また、ポンプ故障のトラブルを避けるため、全てのポンプは2ラインを持ち、カレンダータイマーによる交互運転となっている。

ろ過機能は、1次フィルターはサイクロン、2次フィルターは、自動逆洗付30ミクロンを採用している。

また、加工液(水溶性)腐敗防止装置(図10)、PH計によるPH自動管理(図10)、加工液自動補充装置、油水分離機の導入など、限りなく自動化。また、研削スラッジの再利用のため、砥石分の多い研削スラッジと鉄分の多いスラッジを分離して、自動排出する構造としている。

導入時期は2007年3月であり、導入後8ヶ月間経過した加工液のデータを、図11に示す。

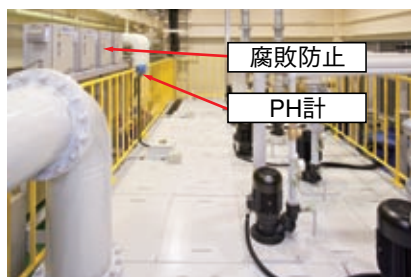


図10 加工液管理システム



図11 装置導入直後(左)→導入後8ヶ月経過加工液比較



図12 NACHI浄油機(油性専用)

※5 カーボンスカム

鋳物のカーボンが浮上して、クーラント液の表面にできるスポンジ質の厚い膜状の浮きカス。スカムは気泡によって浮き上がった汚泥などを指し、スラッジは沈殿したり普通に浮遊している汚泥などを指す。

※6 逆洗形フィルター

クーラント液をフィルターの中で、逆流させる事で、フィルター濾材の表面に濾過された付着濾過物質を剥離させ、目詰まりしている汚染物を循環液と共に濾過システム外に排出させることで、フィルターの再生回復ができ、長期に安全に使用できるフィルター。

3) マニシングセンターにおける フィルトレーション装置〈第三ステップ〉

次に対策すべきは、スカム状になる異物がフィルターにべったり付着するので、その除去が課題になってきた。また、水溶性の加工液では、油分がどうしても混入してくるため、液の寿命低下・バクテリアの問題、フィルターの目詰まりなどの対策が必要になり、その面の対応を行なった。

(フィルターでとりきれないカーボンスカム・油分の除去)

油圧機器の本体や部品の加工では、鉄系の鋳物が多いが、鋳物に含まれるカーボンが切りくずと一緒に切削液に排出されるため、このカーボンの除去が問題となる。カーボンの粒子は、非常に細かいだけでなく、

①カーボン自身が固まる

②カーボンは油とくっつきやすい(水溶性加工液)特徴があり、このため、いろんな弊害が出てくる。

①の弊害では、スピンドルスルー・ドリルスルー内にカーボンが詰まり加工液の出方が悪くなる。また、切削くずに付着して固形化し、切削くずの排出を妨げる。

②の弊害としては、カーボンが水溶性加工液上の油と結合し^{※5}カーボンスカムを形成し、黒いドロドロした液体となる。これは、後工程の洗浄機のフィルターを目詰まりさせ、フィルターエレメント交換が頻繁になる。

※6 (逆洗形フィルターや浄油機でカーボン除去)

NACHIでは、水溶性加工液からのカーボンの除去に、逆洗形フィルターを使用し、油性の加工液からのカーボンの除去には、浄油機を改良したもので実績を上げてきている。

また、カーボンが除去できれば、機械本体の汚れも少なくなり磨耗が減少する。その上、作業環境も改善される。

油性加工液からカーボンを除去する浄油機を、図12に示す。

※7 金属ブリケット
金属切粉を高圧でプレスして崩れにくい強度のあるかたまりに成形したものを。

5. 加工工程における産業廃棄物削減について〈第四ステップ〉

(研削スラッジの固形化)

NACHIは、マシニング事業(工具、工作機械(精密加工機械))、機能部品事業(ベアリング、油圧機器、自動車用油圧機器)、ロボット、マテリアル事業など、ものづくりに関する技術を複合的に有している。

これらの事業では、組立・検査はもとより、社内での機械加工も重要視しており、社内には研削盤約1,500台、マシニングセンター、旋盤などが約500台など多数の加工設備がある。

従来、これらの設備で多量に発生する研削スラッジや切削くずを産業廃棄物として処理されていたが、先ず、研削スラッジが一番発生する水溶性加工液による加工ラインで、図13に示す固形化プラント設備を導入した。

この設備は、加工液ろ過装置に直結し、研削スラッジを固形化して袋詰めまでを自動的に行ない、残った加工液を再利用可能とした。



図13 固形化プラント

処理能力としては、研削スラッジ300ton/月から、プレス機3台で金属ブリケット150ton/月と加工液150ton/月に分離可能であり、金属ブリケットは地元の電炉メーカーに、鉄鋼原料として購入していただくことが可能となった。固形化プラントを導入後の研削スラッジのリサイクル処理量の推移を、図14に示す。

この種のリサイクル用の装置は、NACHIで設計・製造することが可能であり、社内に工作機部門・油圧部門があるので、以下のようなNACHI独自の設備をつくることができた。

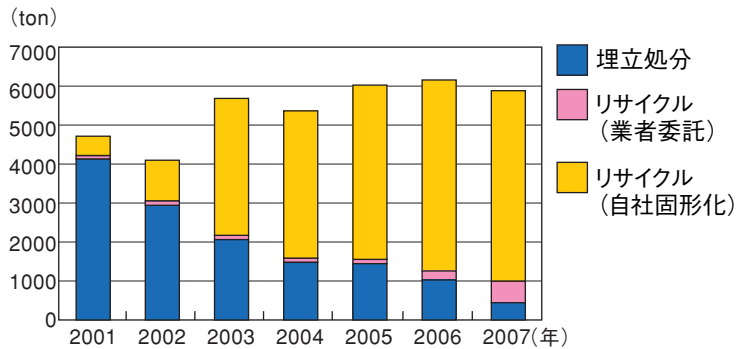


図14 研削スラッジリサイクル量へ推移

(環境影響低減の効果)

- (1) 研磨粉のリサイクル、研削液のリサイクルを行なうことで、産業廃棄物を削減。
- (2) フィルターの信頼性向上、寿命向上を図るため、NACHI独自のフィルターの開発。
- (3) 個別フィルトレーション装置で対応する場合と、集中管理した方が効率的な場合があるが、今までに蓄積した技術で、数万リットルのタンク容量を持つ集中フィルメレーション装置もトライした。
- (4) 省エネルギーについてはNACHIの省エネ形油圧装置を開発することで達成。

6. 研削加工（研削盤）における省エネルギー化

（エネルギーロスを抑える）

最近の新しい研削盤では、ACサーボモーターやインバータモーターが使用されており、必要な負荷に応じたエネルギーしか消費しないのでエネルギーロスは極めて少ない。しかし、古いタイプの研削盤は古い油圧で駆動されており、ポンプとして、定吐出ポンプが使用されている。

当時は、可変ポンプはなく、定吐出ポンプしかなかったため、必要な圧力、必要な流量以外は全てリリーフバルブより捨てられており、これがエネルギーロスとなり、発熱・騒音に繋がっている。また、発熱をタンク放熱で逃がすのが最も安価な方法のため、油タンクの大きさが大きくなっている。（図15）



図15 古い研削盤



図16 省エネコンパクト型油圧装置

（省エネ・省スペース型油圧装置の開発）

NACHI油圧部門で新しく開発した省エネ・省スペース型油圧装置を社内機でテストした結果を、図16に示す。工場全体に適用した結果は、表2に示すように、効果として電気代、油温、タンク貯蔵量、スペースにまでおよんでいる。さらに、最近開発したインバータ付NSP油圧装置でどこまで、エネルギーの削減ができるか、研削盤で実機試験を行ない、約1/10のエネルギーで済むことが確認できた。実験データを、図17のグリーン線で示す。

表2 効果データ

	更新前	更新後	効果
電力	1.11KWh	0.58KWh	電気料金166万円/年減
油温	45℃	32℃	13℃低下
油量	5,750LIT	2,090LIT	計3,660LIT 減
設置スペース	650×450	450×300	約55% 減
油圧装置	特殊 (8種類)	共通 (3種類)	メンテナンス性向上 油圧装置の共通化

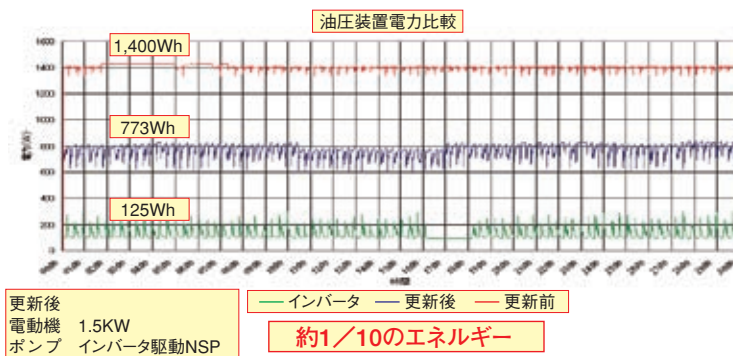


図17 エネルギー削減効果

7. 環境影響を低減する機械加工システムの進化

地球環境の持続的発展に対して、これからの機械加工は、省資源化・省エネルギー化などの環境問題に積極的な取り組みが求められている。

また、ものづくりにおいて、グローバルな競争が激化する中で大幅な加工精度向上・コストダウン・リードタイム短縮などが求められている。

NACHIは、クーラント加工液のフィルトレーションや、産業廃棄物削減、切削・研削加工システムの省エネルギー化などに、さらに注力し、加工精度の向上・生産効率の向上を図り、機械加工における周辺技術をさらに進化させていく。

関連記事

- 菅沢 剛一・中谷 恒二・川倉 勝之：
クーラント廃液処理装置「BIO-FINE®(バイオフィン)」、
不二越技報、Vol.53 No.1、(1997)