

NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **5** B2
November/2004

マシニング事業

工具

■ 新商品紹介

クランクシャフトの高能率穴あけ加工システム

「MQLパワーセルDH524と 高能率加工」

Highly Efficient Drilling System for Crankshaft---
MQL POWERCELL DH524

〈キーワード〉 クランクシャフト油穴加工・MQL加工・高能率加工・
フレキシブル性・切りくず直下型

機械工具事業部／マシンリー技術二部

清都 俊之

Toshiyuki Kiyoto

要 旨

環境負荷の低減をめざして、最小量のミスト油剤で加工する^{※1}MQL加工法が普及しつつある。このMQL加工法のメリットを最大限に引き出すため、工具と機械の両面から研究・開発を進め、いち早くブローチ加工、転造加工などに採用してきた。

このソリューションを、クランクシャフトの油穴加工システムへ展開し、加工能率を従来の3～5倍に向上、同等の能力ライン構成として機械台数半減、ライン長さ1/3以下を達成した。

Abstract

The MQL machining technology of the machining with the minimum oil mist is coming into wide use because of the benefit of alleviating the environmental impact. We have been conducting research and development in the application of the MQL machining technology to both tools and machines in order to maximize its merit and have promptly applied to broaching and roll forming.

Furthermore, we have developed the drilling system that uses the MQL machining technology for the drilling of the crankshaft oil hole, improved the drilling efficiency three to five times, reduced the number of machines by half because of the effective line layout and reduced the line length to less than one third.

1. 工具・機械の トータルソリューション

(クランクシャフトの高能率化穴あけ加工システム)

NACHIは、1949年に自動車のクランクシャフトの穴あけ加工に対応した加工機械、切削工具を商品化して以来、カスタマーから高い評価を得ている。

さらに、クランクシャフトの仕上げ工程(軸受面)においては、マイクロフィニッシャ(フィルムラップ加工機)が各社に導入され、国内市場で圧倒的なシェアを有している。

近年、環境対策から設備に対する省エネ、コンパクト化の要求が強まってきている。また、自動車に対する多様なニーズへの対応から、生産負荷の調整が可能な、転用性の高い、フレキシブルな設備の要求も同時に高まっている。

本稿では、これらの要求に応えるため、工具・機械設備のトータルソリューションによる加工技術のシステム開発によって、クランクシャフトの高能率穴あけ加工システムが可能となったので、その特長と適用事例を紹介する。



図1. MQLパワーセルDH524の外観



2. MQLパワーセルDH524の特長

(コンパクトで汎用性高いジグ)

MQLパワーセルDH524は、“クランクシャフト穴あけ工程の生産効率倍増”をターゲットに、設備のコンパクト化と高能率加工をコンセプトとして開発した工作機械である。(図1)

開発では、加工対象を乗用車エンジン用のクランクシャフト(全長350mm～620mm)の穴あけ工程に特化し、その加工工程に最適な加工能力を発揮する機能を追求した。また、斜め油穴加工に対応するインデックス(B軸)、チルトチャック(A軸)機構を持つコンパクトで汎用性の高いジグも開発し、フレキシブル性を高めたことでコストパフォーマンスの高い設備となった。主な仕様を表1、本体寸法を図2に示す。

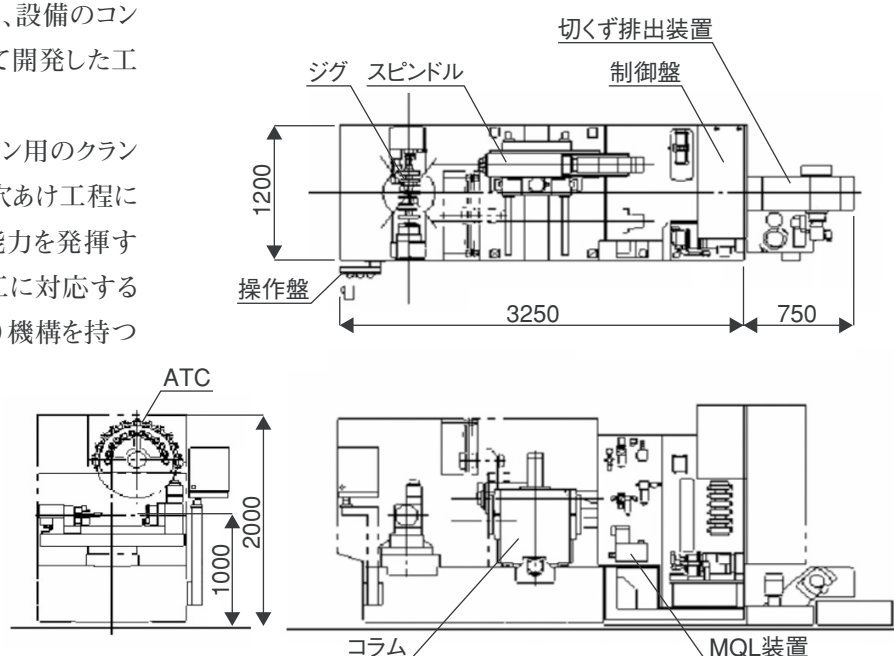


図2. 寸法図

表1.DH524基本仕様

項 目		仕 様	
		従来機 [LH546]	開発機 [DH524]
移動	ストローク (X×Y×Z)	500×400×600mm	500×200×460mm
	早送り速度 (X×Y×Z)	36×36×36mm/min	48×48×48mm/min
主軸	主軸テーパ	KM6350	KM6350
	主軸回転数	～10000rpm	～8000rpm
	主軸モータ	7.5/5.5kw ACスピンドルモータ	5.5/3.7kw ACスピンドルモータ
ATC	ツール収納数	16本	12本
	交換方式	アーム式	マガジン移動式
	工具選択方式	番地固定	番地固定
	工具最大径	φ90mm	φ90mm
	工具最大長	250mm	240mm
	工具最大質量	5kg	3kg
機械 サイズ	幅×奥行き	2250×5150mm	1200×3250mm
	高さ	2500mm	1850mm

(MQLパワーセルDH524の特長)

(1) 省スペース

従来機種の設置面積に対し、60%の省スペース化を実現した。とくに、機械幅を1200mmとしたことで、クランクシャフト加工ラインのライン長の大幅な縮減を可能にした。

従来機種 [LH546] との比較を図3に示す。

(2) コンパクト&高速

加工対象をクランクシャフトに絞り込み、加工能力、加工ストロークを最適設計したことで、移動ユニットの軽量コンパクト化を実現し、各軸のモーターをサイズダウンした。

しかも、各軸は48m/minの高速送りが可能で、コンパクト、かつ高速マシニングを実現した。

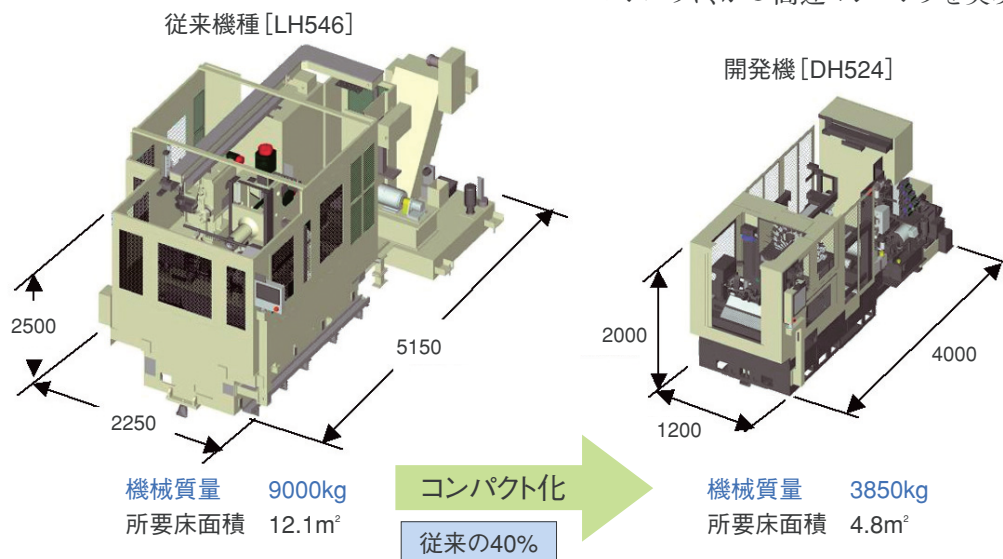


図3. 重量・所要面積比較

(3) 安全性・作業性

ボールねじ、リニアガイドに自己潤滑装置を採用したことにより、日常の潤滑油管理を不要とした。また、シングルコラムの採用でスピンドルユニットの安全性を向上した。(図4)

作業性についても、3Dシミュレーションによる検証を行ない確認した。(図5)

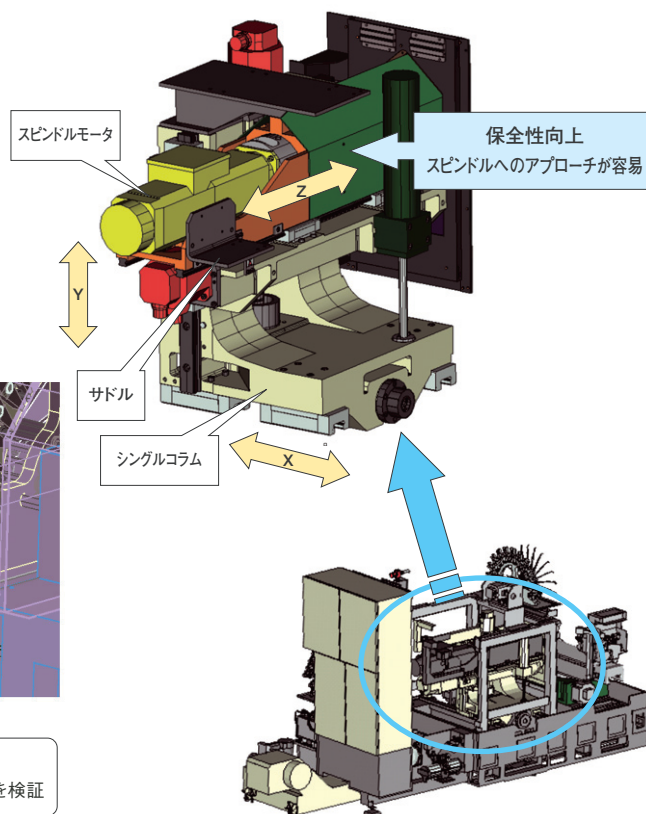


図4. DH524加工ユニット

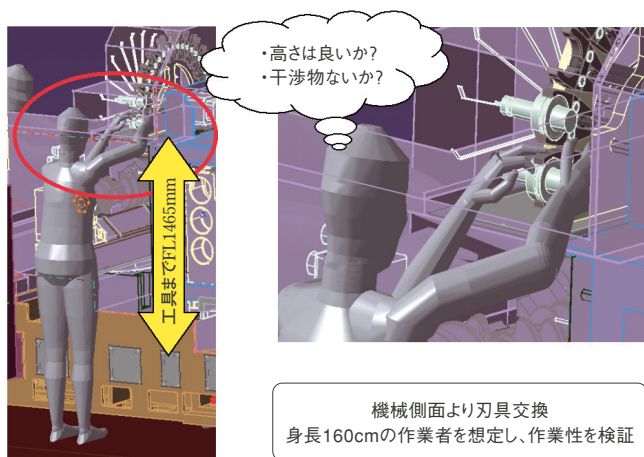
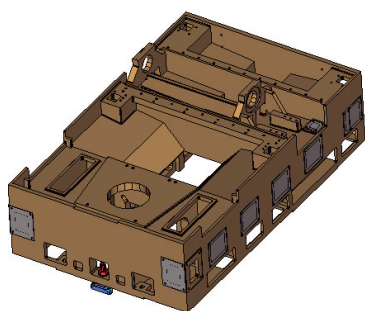


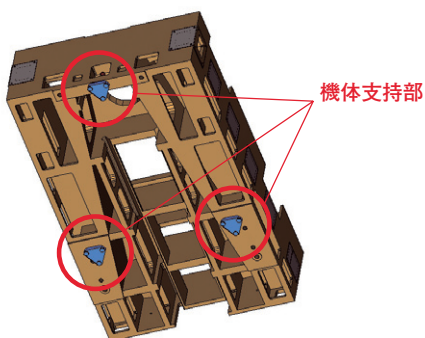
図5. 3Dシミュレーションによる作業性検証事例

(4) 高剛性

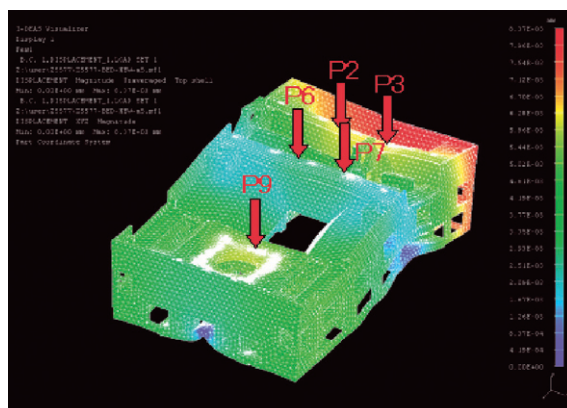
FEM解析により、据付安定性が向上する3点支持据付で、軽量かつ高剛性ベッドを実現した。(図6) また、加工最大負荷でのユニット剛性もFEM解析で検証し、信頼性を確保した。(図7)



切りくず直下式 3点支持ベッド

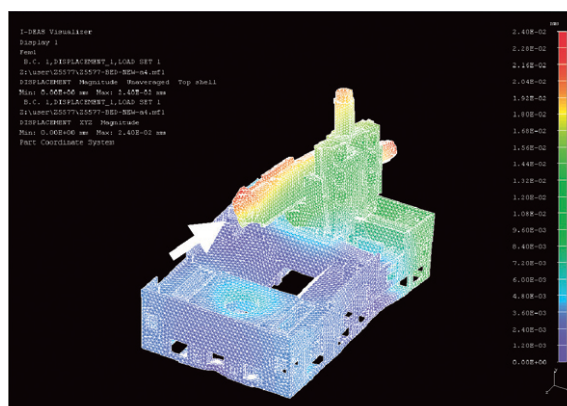


3点支持を確保する適正なリブ配置構造。



変形量 0.01mm以内を確保
重 量 当社従来機比45%
荷重条件 P9に690kgf P2,3,6,7 4面に200kgfずつ均等配分

図6. FEM解析による軽量かつ高剛性なベッドの設計



ユニット剛性:0.5 μ m/kgf以下を確保

図7. 切削荷重 (200kgf) でのユニット剛性の検証

(5) MQL加工対応

MQL加工に対応するため、^{※2}切りくず直下型ベッドを採用し、加工エリア内のワークを固定するジグ部を含め、全ての構造物のフラット部をなくして、切りくずが堆積しない構造とした。

また、加工中の回転トルク、送り推力の変化を監視する機能を標準装備することにより、工具の性能を最大限引出すことを可能とした。

3. MQL加工の深穴加工への適用

1) MQL加工とは

MQL加工とは、切削点に数cc～数十cc/hという極微量の環境負荷の小さい植物油やエステル系の油剤をミスト状に噴霧して加工を行なう方法である。

従来の大量の切削油剤を使用した加工は、切削油剤による人体や環境への悪影響が深刻な問題となっており、MQL加工はこれらの環境問題の対策として注目されてきた。

近年さらに、実際の加工で工具寿命の延長、加工面の向上などの効果も確認され、加工能率向上の手段としても注目される。

2) MQL加工の効果

オイルホール付超硬ロングドリルで、水溶性クーラント加工とMQL加工の比較を図8に示す。

折損寿命の比較では、MQL加工の穴あけ数が2倍以上となった。また、加工中の主軸電力変化をみると、MQL加工では変動が少ないのに対し、クーラント加工では加工途中から電力の上昇がみられ、切りくず詰りの発生が推察できた。

このときの切りくずの状態を、図9に示す。MQL加工の切りくずは、水溶性クーラント加工と比較して切りくずのカール径が小さく、細かく分断している。そのため、切りくず排出性が良くなり、切りくず詰りの無い安定した加工が実現したと考える。

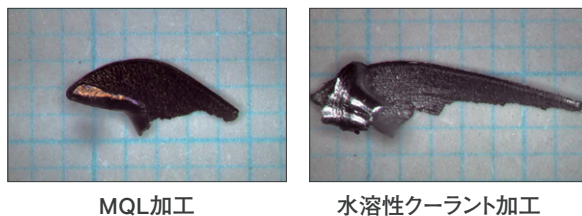


図9. MQL加工と水溶性クーラント加工の切りくず比較

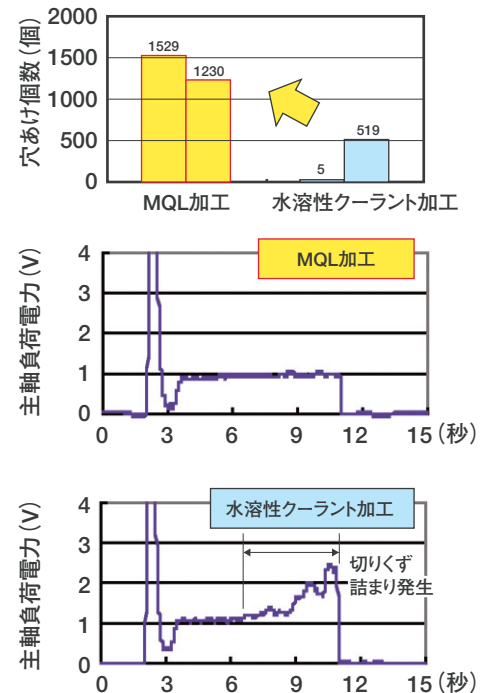


図8. MQLと水溶性クーラント加工の比較

3) 深穴加工に適したMQLパワーロングドリルの開発

深穴加工用ドリルには、切りくず排出性と工具剛性の二つの相反する機能が要求される。この課題を解決するため、NACHIの蓄積してきた技術データをベースに切削シミュレーションを行ない、切りくず排出性と工具剛性をバランスさせた、高剛性断面形状のMQLロングドリルを開発した。切削シミュレーションの様子を、図10に示す。

また、MQL加工では、切削油剤を切削点に対しミスト状に噴霧し供給するため、潤滑作用は与えるが冷却作用は期待できない。そのため、ドリルに耐熱性、耐摩耗性に優れたTiAlN系のコーティングを施し、さらにコーティング表面を平滑処理することで切りくず排出性を向上した。MQLパワーロングドリルの外観を図11に示す。

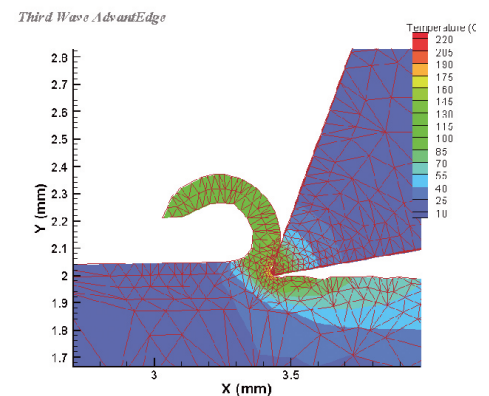


図10. 切削シミュレーション



- ・深穴加工に適した高剛性断面形状
- ・切りくず排出性と工具剛性をバランスさせた最適心厚
- ・耐熱性が高く、耐摩耗性に優れたTiAlN系コーティングを刃先のみコーティング
- ・再研再コート時の積層による不具合を解消し、トータル寿命を向上

図11. MQLパワーロングドリル

4. クランクシャフト加工ラインの高能率化

1) 高速送りが可能なMQL加工

従来のガンドリル、または^{※3}HSSロングドリルによる深穴加工に比べ、MQL加工では加工能率（切削送り速度）が、3～5倍に向上する。（図12）

それぞれの加工方式を模式化し、ストローク100mmを加工する場合の加工時間を比較したものを、図13に示す。

従来の加工では、1つの穴に40秒以上の加工時間を要し、クランクシャフトのような穴数の多いワークでは、加工能率の向上が望まれていた。

これに対し、MQLパワーロングドリルを使用したMQL高能率加工を、クランクシャフト油穴加工に適用することで、従来の加工であるガンドリル、HSSロングドリルを使用する深穴加工と比較して、加工時間を従来加工の1/3～1/4に短縮することができた。

また、ガンドリル加工で必要になる高圧クーラント装置が不要になるなど、設備費の低減にも寄与している。

加工設備の適用範囲を、図14に示す。クランクシャフト油穴加工に高能率MQL加工を適用することで、従来の加工法に対して、同じ時間内で、多くの穴を加工することができる。これにより、マシニングセンタ1台当りの生産能力が向上し、多種大量生産ラインをこれまでより少ない機械台数で構成することが可能となった。

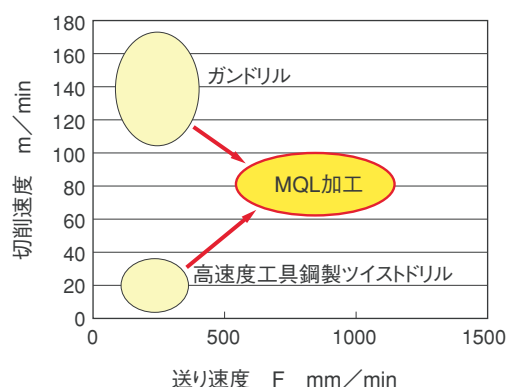


図12.MQL加工による深穴加工の加工能率向上

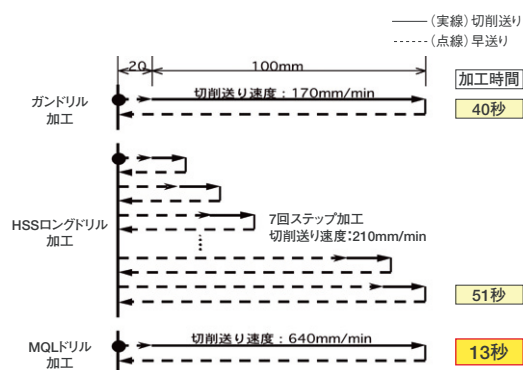


図13. クランクシャフト油穴加工の模式図

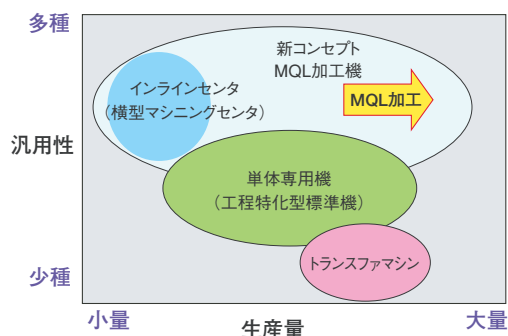


図14. クランクシャフトの加工設備適用範囲概念図

2) 機械台数の縮減

高能率MQL加工+DH524によるクランクシャフト油穴MQL加工システム適用ラインと、従来加工であるHSSロングドリル加工+従来型インラインセンタ構成との比較を、図15に示す。

乗用車4気筒エンジン用クランクシャフトの油穴を、サイクルタイム3分で加工する場合の事例であるが、高能率MQL加工による機械台数の削減とDH524のコンパクト化の効果により、機械台数を8台から4台に削減でき、クランクシャフト油穴明け加工ラインの全長も23mから7mに縮小することができる。

HSSロングドリル加工+従来型[LH546] 構成ライン

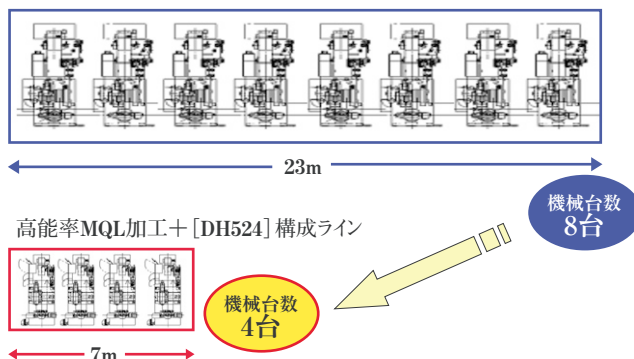


図15. クランクシャフト加工ラインでの効果事例
(乗用車4気筒エンジン用)

5. 工具と機械のベストソリューションを提供

本稿で紹介した新加工システムは、クランクシャフト加工ライン向け高能率深穴あけ加工システムとして、MQLパワーセル「DH524」の開発と、MQL加工に適したロングドリル「MQLパワーロングドリル」の開発の、両面からのアプローチによって実現できた。

この高能率MQL加工システムにより、クランクシャフト油穴の深穴あけ加工の、大幅な能率アップと省スペース化を実現し、さらに、設備転用性の高いフレキシブルな設備となった。

この加工システムは、すでに、国内の大手自動車メーカーで多数採用され、その性能と信頼性に高い評価を得ている。このMQL高能率穴あけ加工システムは、クランクシャフト以外の部品加工でも同様の効果が期待できる。

これからも、工具と機械の両面から加工技術を追求め、NACHIだからこそできるベストソリューションとして、お客様のニーズに応える最適な加工システムを提案していきたい。

用語解説

※1 MQL

Minimum Quantity Lubrication.

※2 切りくず直下型ベッド

切りくずを直接切りくず回収コンベアに落とすことを可能にした構造のベッド。

※3 HSSロングドリル

高速度工具鋼製ロングドリル。

参考文献

2003年度精密工学会秋季大会学術講演会 安岡、関口

関連記事

1) 関口 徹：高精度・高能率加工を追求する「ドリル穴あけ加工技術」
NACHI-BUSINESS news Vol.3 A1、May/2004

2) 安岡 学・清都俊之：
環境負荷の低減と高能率加工を追求する「MQL加工について」
NACHI-BUSINESS news Vol.3 A3、May/2004