

経済的な加工のための技術パートナー
内燃エンジン

市場 と産業

マパールはお客様との長年の緊密な協力を通じて、機械加工製造における方法と応用のための深いプロセスを熟知しています。マパールの機械加工ソリューションの応用分野は、様々な産業に及んでいます。

マパールは長年にわたり、自動車産業や大量生産の課題に対応するイノベーションを開発してきました。これらの革新技术は、内燃エンジンだけでなく、シャシーやブレーキ、パワートレイン、電気自動車といった分野においても、著名なメーカーとそのサプライヤーによって既に活用され、成功を収めています。

マパールは航空産業の認定パートナーでもあり、信頼性の高いソリューションで製造および機械加工技術のトレンドや基準を定めます。

さまざまな形状の油圧・空圧部品の厳しい要求の機械加工に関しても、マパールは長年にわたってお客様から信頼を得てきました。また、金型製造向けの包括的な生産プログラムも用意しています。





ドイツ
マパールグループの本部

世界中でお客様の近くに

お客様との密接な対話、それによる技術的要求の早期認識および革新へのアプローチは、マパールにとって企業ポリシーの重要な柱です。そのため、マパールは25ヶ国に製造および販売拠点を置いています。これにより、近距離で個人的なコンタクトや長期的なパートナーシップが可能になります。

ドイツの生産施設に加えて、現地の生産施設が重要な世界市場への短納入期間を戦力的に保証します。そして地元市場において、厳選された製品の製造および再生、修理、リピート注文を請け負っています。

独自の拠点に加えて、その他19カ国で販売代理店を通じてマパール製品を購入することができます。



No.1

立方体部品の
機械加工の技術リーダー

25

カ国で生産、販売、
立方体部品の サービスを提供する
現地法人

売上高の

6%

を研究開発に投資

450

人以上の営業技術コンサルタント

世界中に

300

人以上の実習生

マパールの最大の資産: 世界中に

4,850

人以上の従業員



マパールの
専門分野

- 1 自動車
- 2 流体技術
- 3 航空宇宙産業
- 4 エネルギー生産
- 5 eモビリティ
- 6 医療技術
- 7 金型製作
- 8 造船
- 9 鉄道輸送



バス



小型バン

内燃エンジンのソリューション

複雑な要件に対する精度

代替駆動技術への注目が高まっているにもかかわらず、内燃エンジンは現代のモビリティにおいて依然として重要な構成要素です。特にハイブリッド車のコンセプトや、電気自動車のためのインフラが限られている市場においてはその重要性が際立っています。それらの構成部品は非常に複雑で、大きな熱的ストレスと機械的ストレスにさらされるため、製造には最高レベルの要求が課せられます。

シリンダヘッド、クランクシャフト、コンロッドなどの部品の機械加工には、 μ 単位の精度だけでなく、材料、加工戦略、およびプロセス安全性に関する深い理解も必要となります。鋳造品質のばらつき、混合材料、厳しい公差などにより、機械加工は困難であると同時に、エンジンの効率、性能、排出ガス特性にとって極めて重要な要素となります。

MAPALは、最大限の効率性とプロセスの信頼性を保証する特注工具ソリューションで、エンジン加工におけるさまざまな課題を解決します。精密工具および機械加工ソリューションの経験豊富なメーカーとして、MAPALは複雑なエンジン部品の機械加工において深い専門知識を有しています。

MAPALは、徹底的な市場調査と、大学、研究機関および主要な業界パートナーとの緊密な連携、そして顧客との直接対話を通じて、技術トレンドを早期に特定し、革新的な加工プロセスに導入しています。これにより、それぞれの要件に正確に合わせたソリューションが実現し、内燃エンジンの機械加工技術は継続的に進歩していきます。



目次

はじめに

内燃エンジンの競争力	6
------------	---

シリンダヘッド

条件と加工プロセス	8
バルブトレイン	10
インジェクタボア	12
カムシャフトベアリングボア	14
ウォータープラグボア	16
平面とシール面	26

シリンダーブロック

条件と加工プロセス	18
シリンダボア	20
ウォーターポンプボア	23
クランクシャフトベアリングボア	24
平面とシール面	26

ターボチャージャー

システム概要	28
ターボチャージャーハウジング	30
インペラ/プロペラ	32

コンロッド

条件と加工プロセス	34
小端穴	36
大端穴	38
ボルト座面/ボルト穴	39

クランクシャフト

ツールのハイライト	40
-----------	----

ロッカーアーム/ ローラーフィンガーフォロワー

ツールのハイライト	42
-----------	----

レール

ツールのハイライト	44
-----------	----

マパールサービス

技術パートナーとしてのマパール	46
ピクトグラム	47



内燃エンジン向けソリューション
の詳細はこちらをご覧ください

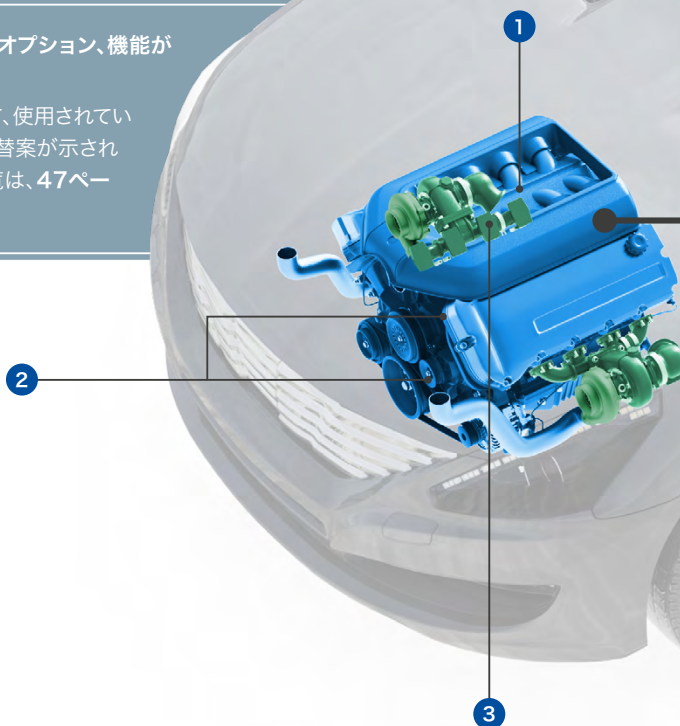
内燃エンジンの競争力

内燃エンジンの構成部品、すなわちシリンダヘッドからシリンダーブロック、ターボチャージャーに至るまで、機械加工には最高レベルの精度が求められます。さまざまな材料、複雑な形状、そして厳しい公差には、それぞれに合わせた加工方法が必要となります。

MAPALは、高精度フライス加工・穴あけ工具からモジュール式リーマシステム、特殊排出ソリューションまで、幅広いツーリングソリューションを提供しています。こうして、あらゆる加工タスクに対して、経済的かつ工程の安定性が確保されたプロセスが実現します。

ピクトグラムを使うことで、技術、オプション、機能が一目でわかるようになります。

それぞれのソリューションについて、使用されているツールシステムと利用可能な代替案が示されています。すべてのアイコンの一覧は、47ページに記載されています。



内燃エンジンのソリューション

1 シリンダヘッド N

- バルブトレインにおけるミクロン単位の公差に対応する精密なリーマ加工とファインボーリング加工ソリューション。
- casting時のバラツキに関係なく、複雑な機能穴加工における安定した加工プロセス。

» 詳細は8ページから

2 シリンダーブロック N

- 同軸シリンダーおよびベアリングボア向け、ボーリング・ファインボーリング加工ソリューション。
- 最小限の加工しる、さまざまな casting および混合材料の場合の確実な機械加工。

» 詳細は18ページから

平面とシール面 N

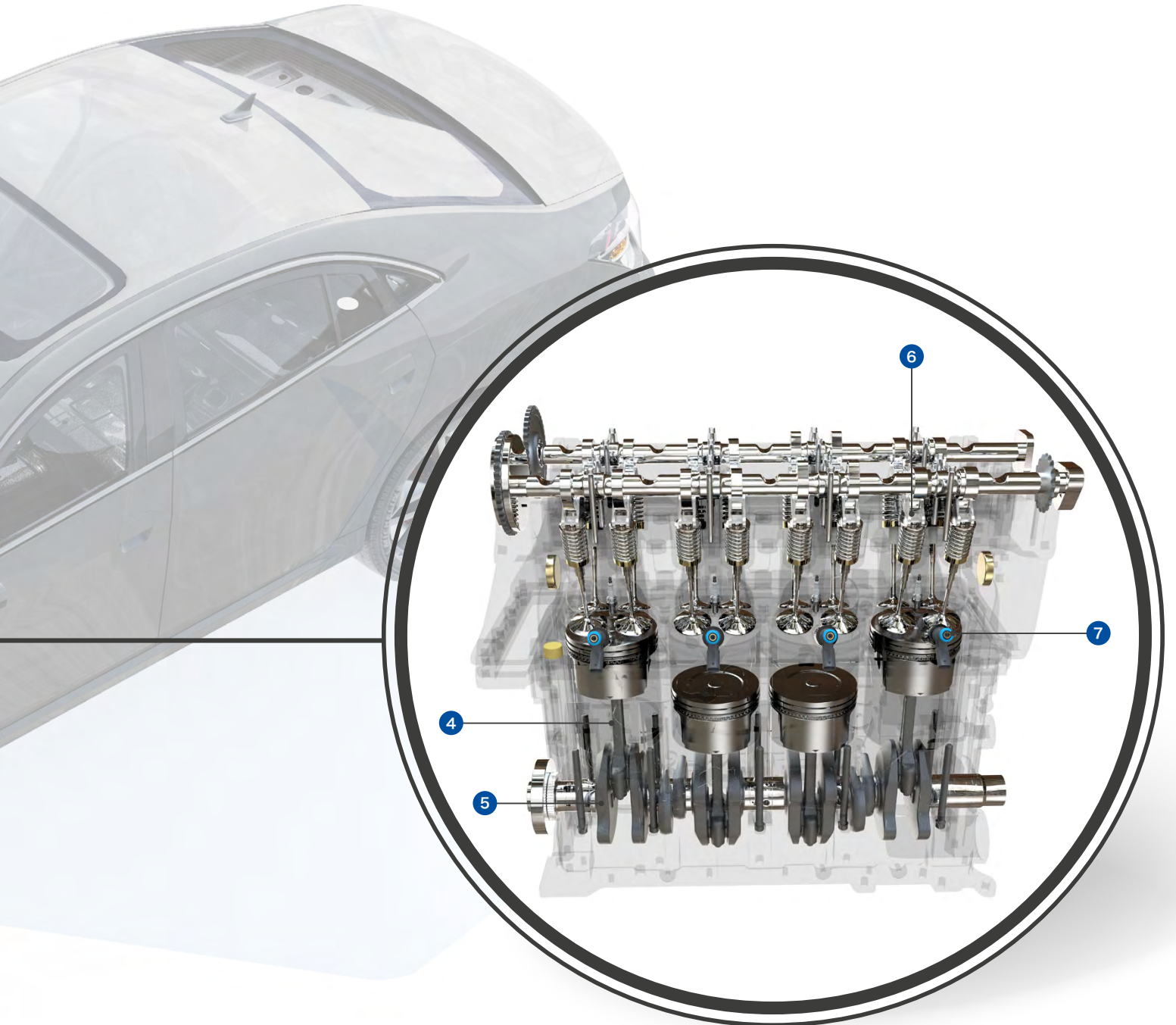
- 高品位な表面粗さ、平面度、バリフリーを実現する面削加工。ドライ加工にも対応。
- 高度なシール性が求められる機能面へ、最適に定義された表面プロファイルを提供。

» 詳細は26ページから

3 ターボチャージャー M K N S

- 耐熱性に優れた高研削性材料に対し、複雑な内部形状を輪郭精度で加工します。
- 薄肉部や断続的切断部にも信頼性の高いソリューションを提供します。

» 詳細は28ページから



4 コンロッド P

- 小端穴と大端穴におけるミクロン単位の真円度を実現する複合機械加工コンセプト。
- さまざまな部品形状、穴あけ状況、規定の輪郭に対するソリューション。

≫ 詳細は34ページから

5 クランクシャフト P

- 安定した切り屑搬送により、深い加工深さであっても信頼性の高い深穴加工を可能にします。
- 切削条件が変化する場合でも、機能面を高い寸法精度で完全に機械加工します。

≫ 詳細は40ページから

6 ロッカーアーム/フィンガーフォロワー P

- 厳しい公差とミクロン単位の真円度で、小型ベアリング面を精密に機械加工します。
- 鑄造品質が変動し、短いサイクルタイムの場合にも信頼性あるセットアップを可能にします。

≫ 詳細は42ページから

7 レール P

- 硬質鍛造表面と大穴加工のための深穴加工とリーマ加工方法。
- 厳しい交差を伴う高圧経路の加工において、シール性を確保する高精度な寸法維持を実現します。

≫ 詳細は44ページから

シリンダヘッド

自動車分野では、シリンダヘッドはアルミニウム合金で鋳造されます。エンジンの燃料によって、処理される構造や特性が異なります。シリンダヘッドはシリンダーブロックに取り付けられ、燃料と新鮮な空気の供給を担っています。

高い品質と公差が求められるため、エンジン製造において最も加工精度が求められる部品です。

精密なバルブ制御とカムシャフトベアリングにおける摩擦損失の最小化により、燃焼プロセス開始前段階から燃料消費量と排出ガスが削減されます。

バルブトレインを例とした、必要な寸法公差



0,010 mm



<0,050 mm



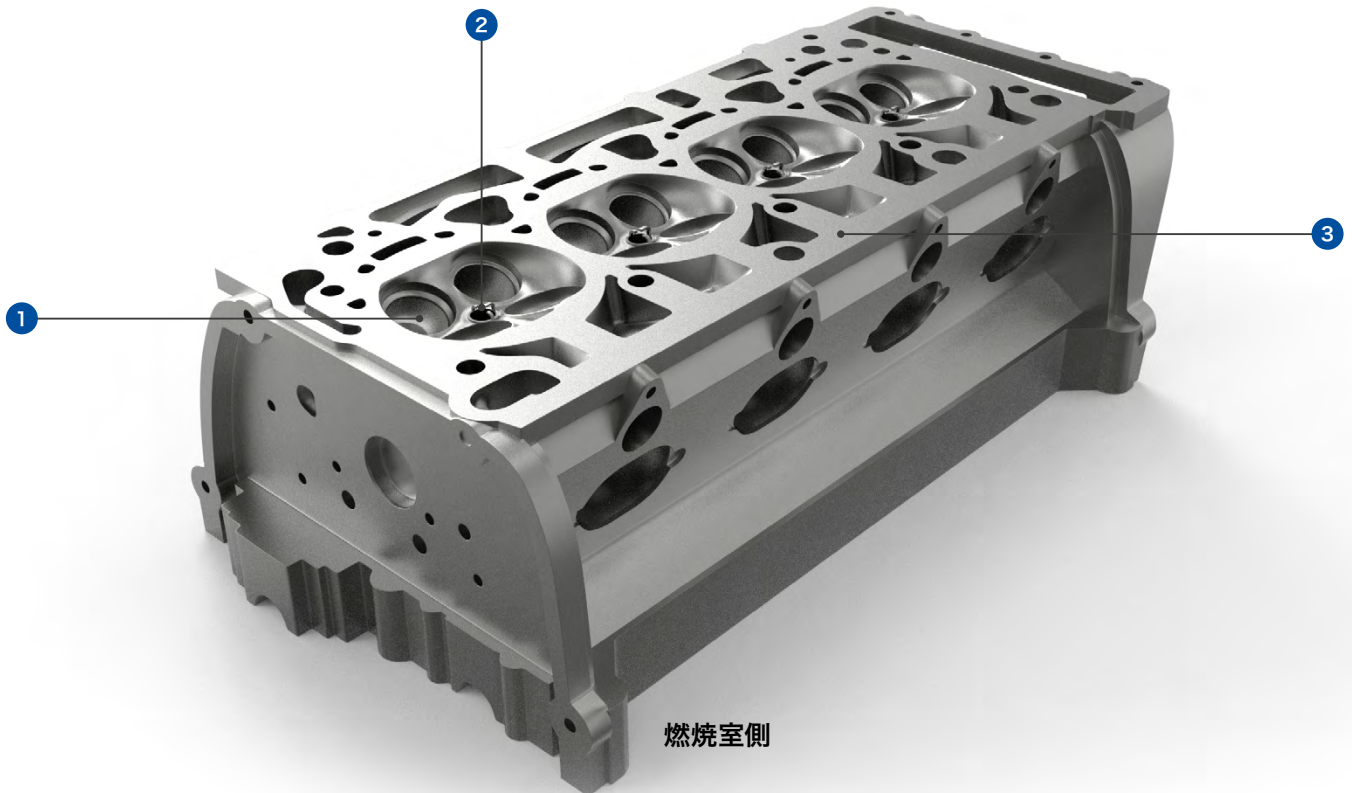
0,015 mm



0,008 mm



0,010 mm



1

バルブトレイン

バルブトレインのメインボアには、高い真円度と厳しい直径公差を備えた精密な穴が求められます。鋳造工程に起因する材料のばらつきは課題となります。

≫ 詳細は10ページから

2

インジェクタボア

インジェクタボアは段差が大きく、切り屑の除去が難しいです。鋳造条件が異なると、機械加工がより困難になります。

≫ 詳細は12ページから

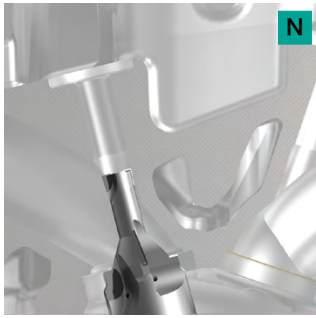
3

平面とシール面

フェースミリングにおいては、平面度、真直度、バリのない加工が重要です。多くの場合、加工はドライ式となります。

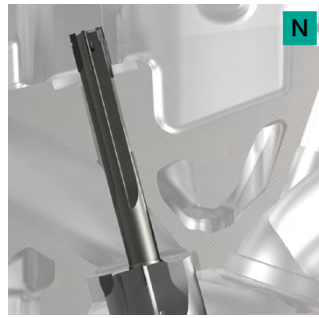
≫ 詳細は26ページから

バルブトレインに焦点を当てる - 基本的な手順



1. 前加工 - 止まり穴

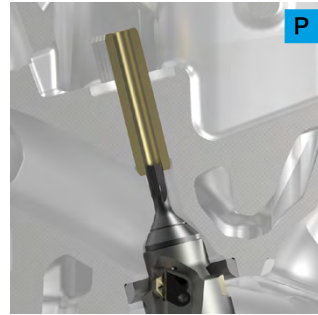
高い送り速度と大量の切り屑量に対応するには、安定したPCDチップを備えた、効率的な切り屑排出機能を持つボーリング工具が必要となります。この加工は、バルブトレインにおけるその後のすべてのプロセスの基礎となります。



2. 仕上げ加工 - 止まり穴

多刃でPCDチップを備えたボーリング工具は、寸法精度と表面品質を保証します。この機械加工プロセスにおける精度は、その後のバルブシートリングとバルブガイドの圧入にとって非常に重要です。

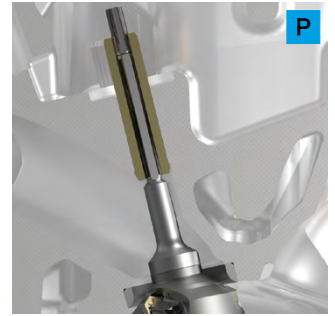
バルブシートリングとバルブガイドを圧入する



3. 前加工 - バルブシートとバルブガイド

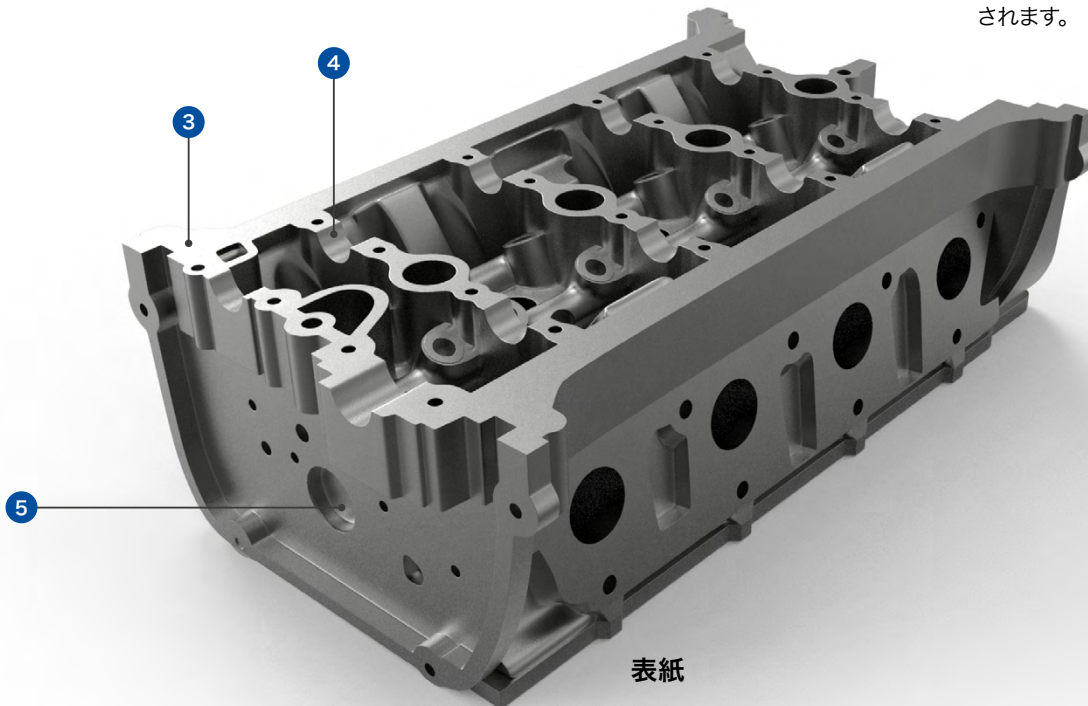
バルブシートリングとバルブガイドを圧入した後、硬質材料を機械加工します。

そのためには、極めて厳しい公差と耐摩耗性に優れた切削材料が必要となります。



4. 仕上げ加工 - バルブシートとバルブガイド

精密なシール面を実現するには、高い加工安定性と工具寿命を確保できる、ファインボーリング加工またはリーマ加工工具が使用されます。



4

カムシャフトベアリングボア

カムシャフトベアリングボアには、高い円筒度と真円度が求められます。この技術の特徴は、長い工具を使用し、断続的な切削によってベアリングウェブに複数回の切削を行うことです。

>> 詳細は14ページから

5

ウォータープラグボア

ウォーターポンプボアは、傷や溝のない表面でなければなりません。この穴には加工後、切り屑は残っていないようにしなければなりません。

>> 詳細は16ページから

シリンダヘッド - バルブトレイン

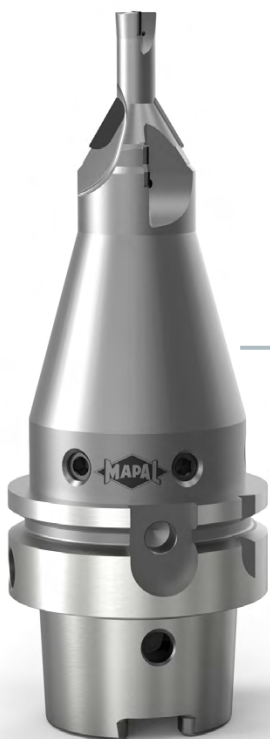
プロセス条件

- 形状および位置公差に対する高精度な要求
- 円筒度 10 μm
- 直径公差 15 μm
- バルブシートとバルブガイドの同軸度
- 真円度 < 8 μm
- バルブシートリングの角度公差はミクロン単位
- バルブシートリングには耐摩耗性に優れた材料を使用
- プロセスの信頼性と再現性を最大限に高める



N 止まり穴

1.前加工

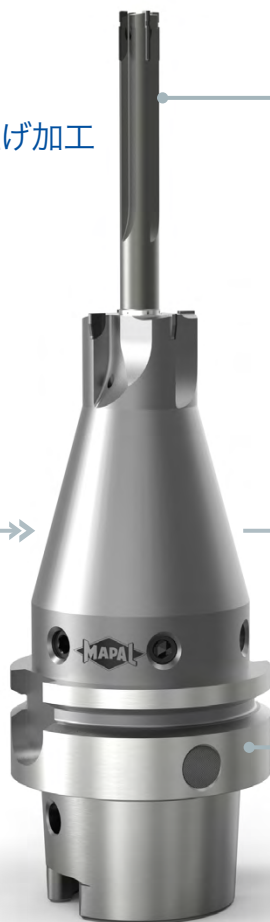


PCDガンボーリング工具

位置決め精度を最大限に高めるため、短く安定したツール設計を採用しています。



2.仕上げ加工



PCDガンボーリング工具

加工時間を短縮するための多機能ツールコンセプト。



+ オプション

歯の本数が多いため、
処理時間が短縮される



+ オプション

モジュールアダプタとのツ
ールアライメントによるプ
ロセス信頼性向上

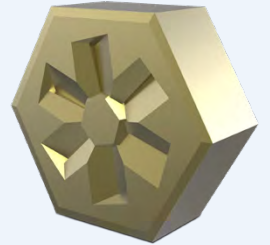


MAPAL ソリューションの専門知識

HNHX - 12刃

最大限の効率を実現

- 部品の公差仕様によっては、ハードディスクシートを搭載することも、調整可能にすることもできます
- 刃先を最大限に活用すれば、最大24回の使用が可能です
- 一般的なバルブシート材すべてに対応する、それぞれのPCBN切削材



P バルブシート/バルブガイド



3.前加工

4.仕上げ加工



+ オプション
最高の公差要件は、調整可能な精密ボーリングツールによって達成されます

+ オプション
ハードディスクシートのマウントによりプラグアンドプレイが可能

パイロットツール

短くて安定した工具を使用することで、後続の仕上げ工具の位置決め精度を最大限に高めることができます。

仕上げツール

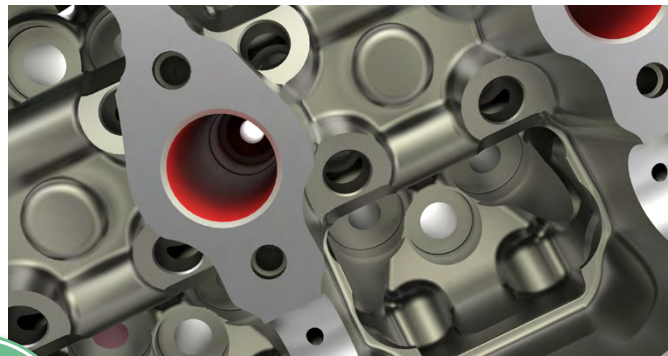
EAシステム搭載の調整可能な精密ボーリングツールと、素早く交換可能なバルブガイドリーマーによる高精度仕上げ。



シリンダヘッド - インジェクタボア

プロセス条件

- 非常に大きなステップ増分 >10 mm
- 部品形状による重要な切り屑除去
- 変動する鑄造状況
- 表面要件はRz 4まで
- 直径公差はH7の範囲
- 複数の厳密な公差で制御された半径と面取り(± 0.1mm)を備えた、多様な輪郭仕様



プロセス信頼性を最大限に高める3段階プロセス

N インジェクタボア

1.前加工



2.中仕上げ加工



3.仕上げ加工



PCDステップ貫通穴用ドリル

ろう付けされたPCD切削刃と最適な切り屑排出のための特殊な切り屑排出スペースを備えた、多段階ソリッドボーリングツール。



超硬ソリッド・ステップドリル

最適な切り屑破碎と切り屑排出を実現する、特殊な刃先形状と螺旋状設計。



PCDステップリーマ

ろう付けされたPCD切削刃、特殊な切削刃形状、および最適な切り屑排出のための拡張された切り屑スペースを備えた多刃ステップリーマ。



生産性を最大限
高めるための
2段階プロセス



MAPAL ソリューションの専門知識
インサートドリル 省エネ生産用

インサートドリルを使用することで、リーマ加工工程とは独立して、摩耗したソリッドドリル加工工程を簡単に交換できます。複数回研ぎ直しができるため、工具寿命を最大限に活用できます。摩耗しやすい加工工程を重点的に置き換えることで、材料の節約と持続可能性への貢献が実現します。



1.前加工



交換可能なソリッド超硬ドリルを備えたPCDボーリングツール

個別に交換可能なフルボーリング・ステージにより、PCD切削刃の工具寿命を最大限に延ばすことができます。



2.仕上げ加工



PCDステップリーマ

ろう付けされたPCD切削刃と、最適な切り屑排出を実現する拡大研磨された切り屑排出スペースを備えた多刃ステップリーマ。



シリンダヘッド - カムシャフトベアリングボア

プロセス条件

- 円筒度 (100mmあたり15 μ m)
- 真円度 < 5 μ m
- 直径公差 15~20 μ m
- 表面品質 < Rz 5 μ m
- 断続的な切断による複数回の切断
- 長さ対直径比が非常に高い工具



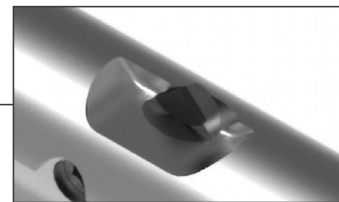
N カムシャフトベアリングボア

1. 前加工および仕上げ加工

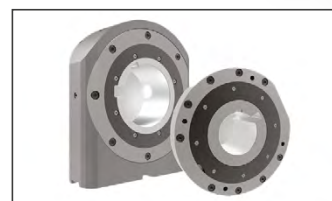
ワンショットソリューションで生産性を最大化

ラインボーリングバー

転がり軸受または滑り軸受による追加支持により、非常に優れた穴の真直度でワンショット加工が可能です。



交換可能な小型インサートチゼルを使用します。



複数のベアリングと完全に整列した一連のボーリングバーにより、長い穴にもかかわらず、優れた真直度を実現します。

2段階プロセスによる最大のプロセス信頼性

N カムシャフトベアリングボア

1.前加工



+ オプション
多刃工具設計により
最大送り速度を実現

2.仕上げ加工



+ オプション
多刃式のHPR交換ヘッド
により、処理時間の短縮
とプラグアンドプレイ機能
を実現しました。

ファインボーリングツール

調整が容易なHXインサート付きの
バーガイド式ファインボーリングツール。



ファインボーリングツール

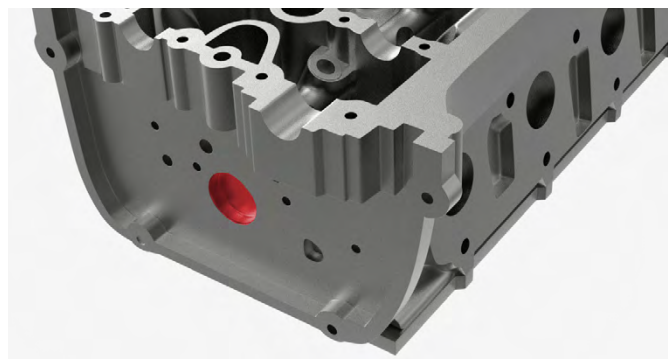
インサートを備えたバーガイド式ファインボーリングツール- 切削
刃の調整が容易で、最高品質要件を満たすための追加の予備切削
工程も備えています。



シリンダヘッド - ウォータープラグボア

プロセス条件

- 表面品質 $Ra < 16 \mu m$
- 真円度 $0.05mm$
- 直径公差 H7
- 位置精度



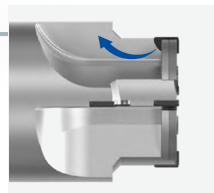
N ウォータープラグボア

1. 中仕上げ加工



PCDステップボーリングツール

ツールの安定性を最大限に高めるため、短い小型のツール設計を採用しています。



+ オプション

バックフラッシングを内蔵したチップディフレクターによる安全かつ制御された切り粉除去





MAPAL ソリューションの専門知識 革新的なバックフラッシングによる確実な切り粉除去

- 切り粉の除去を適切に行うことで、部品内に切削屑が残るのを防ぎ、清掃の手間を軽減できます
- クリーンな加工と低工具摩耗により、高いプロセス信頼性を実現します
- 表面がきれいなので廃棄物が少ないため、部品の品質が非常に優れています

シリンダーブロック

シリンダーブロック(エンジンブロックとも呼ばれる)は、内燃エンジンの中核となる要素です。車種やエンジンサイズによって、直列2気筒エンジンからV型12気筒エンジンまで、さまざまな設計とサイズがあります。重量面での優位性から、自動車分野では主にアルミニウム合金が使用されています。長寿命を確保するためには、シリンダボアに鋳鉄製のブッシュを使用するか、耐摩耗性コーティングを施す必要があります。機械加工では、アルミニウムと鋳鉄の混合加工や、高研磨性コーテ

ィングが頻繁に利用されます。現代のエンジンの燃焼圧力の上昇は、より高い機械的および熱的負荷の要件も増大させ、加工される部品に対するより高い品質要求をもたらします。

シリンダボアを例とした、必要な寸法公差



0,014 mm



0,020 mm



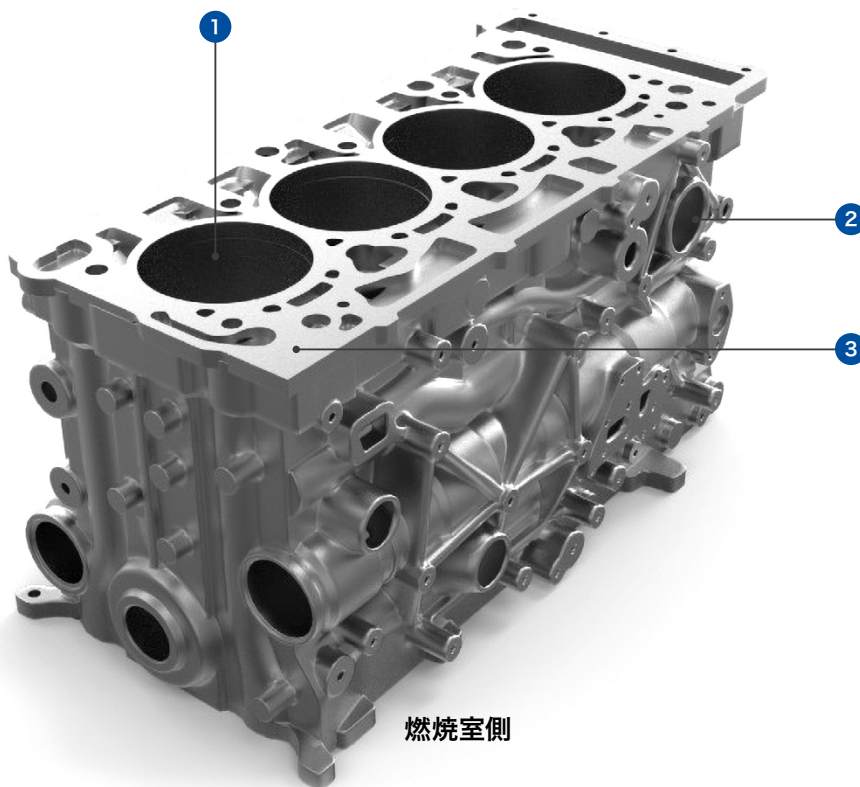
0,175 mm



0,009 mm



0,060 mm



燃焼室側

1

シリンダボア

シリンダボアの機械加工は、鋳造時の誤差の変動、混合加工、加工の困難さ、厳しい公差といった要因にもかかわらず、最高レベルの精度が求められます。

» 詳細は20ページから

2

ウォーターポンプボア

ウォーターポンプのボアには、高い寸法精度と気密性が求められます。機械加工工程では通常、正確な嵌合面とシール面を作り出すために、複数回の切削加工が行われます。

» 詳細は23ページから

3

平面とシール面

フェースミリングでは、シリンダヘッドとシリンダーブロックの間のシール面が機械加工されます。重要なことは、平面度、真直度、バリの少ない表面であり、多くの場合には乾式加工条件下で実現されます。

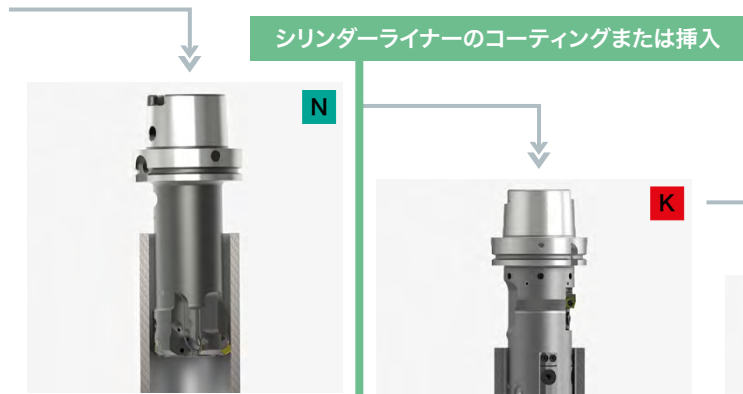
» 詳細は26ページから

シリンダーボアに焦点を当てる - 基本的な手順



1. 前加工 - シリンダーボア

前加工には、堅牢に設計されたインデックス式インサート工具を使用してシリンダーボアをボーリング加工することが含まれます。大量かつ変動の激しい作業量にも対応できます。材質に応じて、工具の長寿命と精度を確保するために、PCDチップ付きまたはコーティングされた超硬インサートが使用されます。



2. 仕上げ加工 - シリンダーボア

ファインボーリングツールを使用することで、後続のコーティングやシリンダーライナーの挿入に適した正確な寸法に穴を開けることができます。これらの工具は、高い安定性と高い送り速度を実現するように設計されており、必要な寸法精度と表面品質を提供します。



3. 仕上げ加工 -

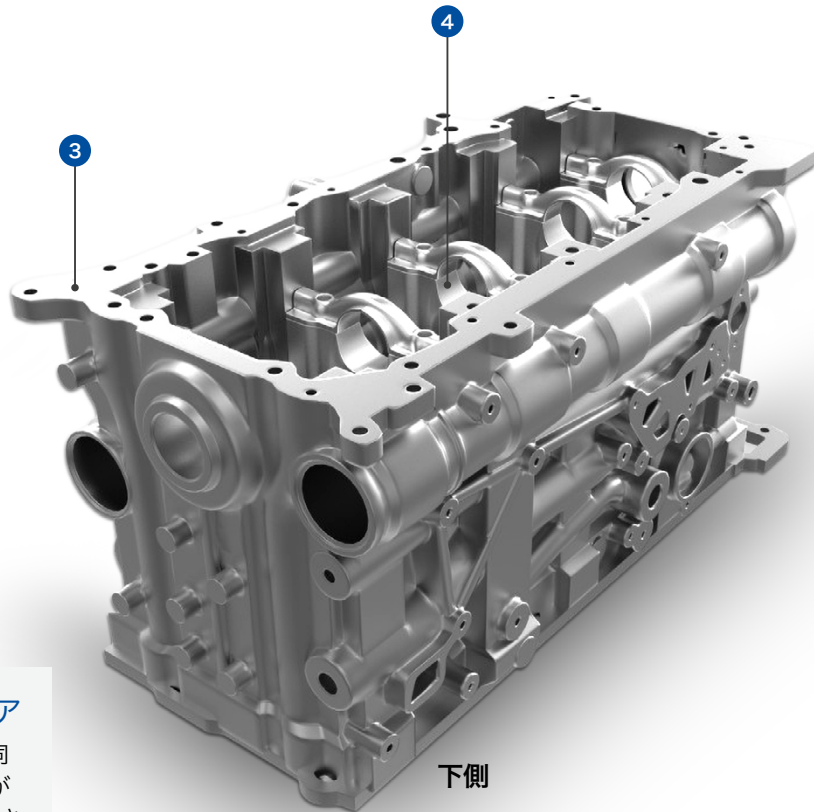
シリンダーライナー摺動面

シリンダーライナーのコーティングまたは接合後、摺動面の最終加工が行われます。精密なファインボーリングツールは、寸法精度と形状精度を確保し、刃先補正機能を備え、穴からの非接触引き抜きを可能にします。



4. ホーニングリリース

ホーニングリリースは通常、特殊なフライス加工工具またはボーリング工具を用いて加工されます。複雑な遷移形状と部分的に発生する混合加工には、工具と切削材料の協調的な選択が必要となります。



4

クランクシャフトベアリングボア

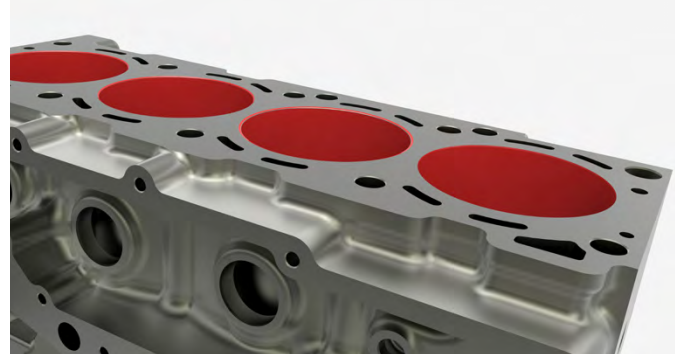
この穴には、複数の支持点において、同軸性と円筒度に対して最も高い要求が求められます。長尺工具と精密に調整された加工戦略により、必要な精度が確保されます。

>> 詳細は24ページから

シリンダーブロック - シリンダボア

プロセス条件

- 鋳造および寸法状況の変動
- 場合により、耐摩耗性コーティング(LDS層)が部品に組み込まれています。
- 異なる材料→(アルミニウム製クランクケースとねずみ鋳鉄製シリンダーライナー)を使用した部分的な混合加工
- 部品サイズが大きいため、加工が困難です。
- ホーニング前の直径公差は最大40μm



N 止まり穴

1.前加工



ボーリングツール

インデックス可能なインサートと簡単に調整できる短いクランプホルダを備えた、安定性と経済性に優れた工具設計で、部品寸法の変動にも対応可能です。



2.仕上げ加工



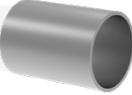
EAシステムを搭載したファインボーリングツール

多刃で小型の工具設計により、最大の送り速度と容易な調整を実現します。





溶射を用いた代替製造プロセス。

K プッシュ付きシリンダーライナー摺動面 

3.仕上げ加工

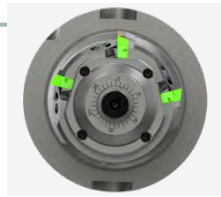
あらゆる機械コンセプトに最適なソリューション

マシニングセンタ

特殊機械



機能
切削刃のミクロン6単位の精度調整 - マシニングセンターにて手動または自動で調整可能。



機能
刃の逃がしによる傷のない加工で高いプロセス信頼性を実現



オプション
冷却液圧を高めることで刃の逃がしを実現します。
5枚刃仕様



ホーニングリリース
次のページ

補正ツール

切削面側の歯形による切削刃補正は、機械内で自動的かつ直接的に実施できます。位置オフセットと特殊工具設計による刃の逃がしにより、非接触での後退が可能になります。



制御ツール

機械の種類に応じて、切削刃はドローバー、調整スピンドル、または回転駆動装置を介して、定められた方法で出し入れされます。これにより、非接触での刃の引き込みと、刃先の精密な再調整が可能になります。



K N シリンダーライナー摺動面

4. ホーニングリリース

あらゆる機械
コンセプトに
最適なソリ
ューション

マシニングセンタ

特殊機械



サーキュラーカッター

多刃設計により、インサートの
選択肢が最大限に広がります。



制御ツール

引張/押圧ロッドによる切削刃の制
御。柔軟な輪郭描画が可能です。



MAPAL ソリューションの専門知識 さまざまな部品対応する柔軟なツールコンセプト

- 1つのツールで、各デザインに合わせて刃先のバリエーションをカスタマイズ
- 鋳鉄とアルミニウム、またはアルミニウムと鋼の混合加工に対応する信頼性の高いソリューション
- 放射状の移行部やアクセスしにくい形状に対応する特殊な切削刃
- 直径公差±0.2mmで最高精度を実現
- 量産向けの経済的な機械加工



シリンダーブロック - ウォーターポンプボア

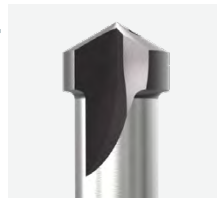
プロセス条件

- 半径変化が規定されたステップボーリング
- 直径公差はH8の範囲
- 真円度10~20 μ m



N ウォーターポンプボア

1. 中仕上げ加工



- 機能**
交換可能なソリッド超硬
ドリル

PCDステップボーリングツール

切削屑の分断を制御するための最適化されたPCD切削形状と、穴あけ加工段階での切削刃の効率的な使用を可能にする交換可能なソリッド超硬ドリルを採用しています。



シリンダーブロック - クランクシャフトベアリングボア

プロセス条件

- 個々のベアリングウェブ間の高い同軸性
- 断続的な切断による複数回の切断
- ベアリングシェルを仕上げる際の混合加工
- 直径公差0.2mm
- 表面粗さRz 3.2 μm
- 真円度 < 3 μm



K N クランクシャフトベアリングボア

1. 前加工および仕上げ加工



ウェブとベアリングの加工を一体化したスライド機構と組み合わせた構造。
微調整可能な短いクランプホルダーにより、刃先の正確かつ容易な調整が可能です。

ワンショット
ソリューション
で生産性を
最大化

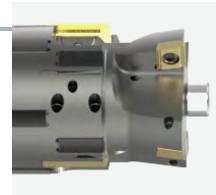
精密シリーズ ラインボ ーリングバー

機械主軸の反対側に追加のサポートを設けることで、部品の長さが長くても最適な同軸性を実現します。



2.仕上げ加工

2段階プロセスによる最大限のプロセス信頼性



オプション

仕上げ工程における精密に調整可能なインデックス式インサートにより、最高の表面品質を実現

1.前加工



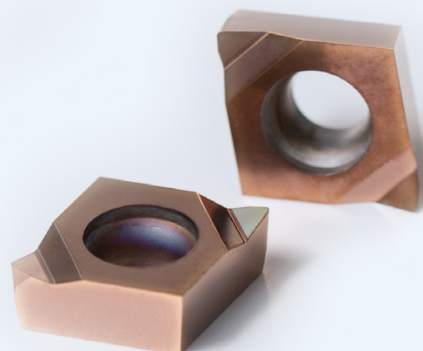
ファインボーリングツール

最高品質要件とプロセス信頼性を実現するため、事前切断工程と仕上げ工程における追加のマイクロマシニング加工を実施しています。



MAPAL ソリューションの専門知識 混合加工用切削工具シリーズ

アルミニウム鋳造品やアルミニウム焼結鋼などの複合材料には、特殊な切削材料が必要です。MAPALは、このような加工状況において、長寿命と高いコスト効率を実現するために、基材、形状、TiAlNコーティングを最適化したインデックス式インサートを提供しています。



平面とシール面

内燃エンジンの平面シール面を機械加工するには、最高の寸法精度、平面度、表面品質が求められ、多くの場合、乾式加工が必要となります。

MAPALは、最大歯数、安定した工具設計、最適な切りくず排出性を備えた高性能正面フライス工具を提供しています。荒削りでも仕上げでも：これらのソリューションは、費用対効果、プロセスの信頼性、および部品の品質を考慮して設計されています。

N フェースミーリング

NeoMill-T-Rough

大量生産時でも安定した加工を実現する、タンジェンシャルのプラグアンドプレイ式荒加工ツール。



荒削り

FaceMill-Diamond

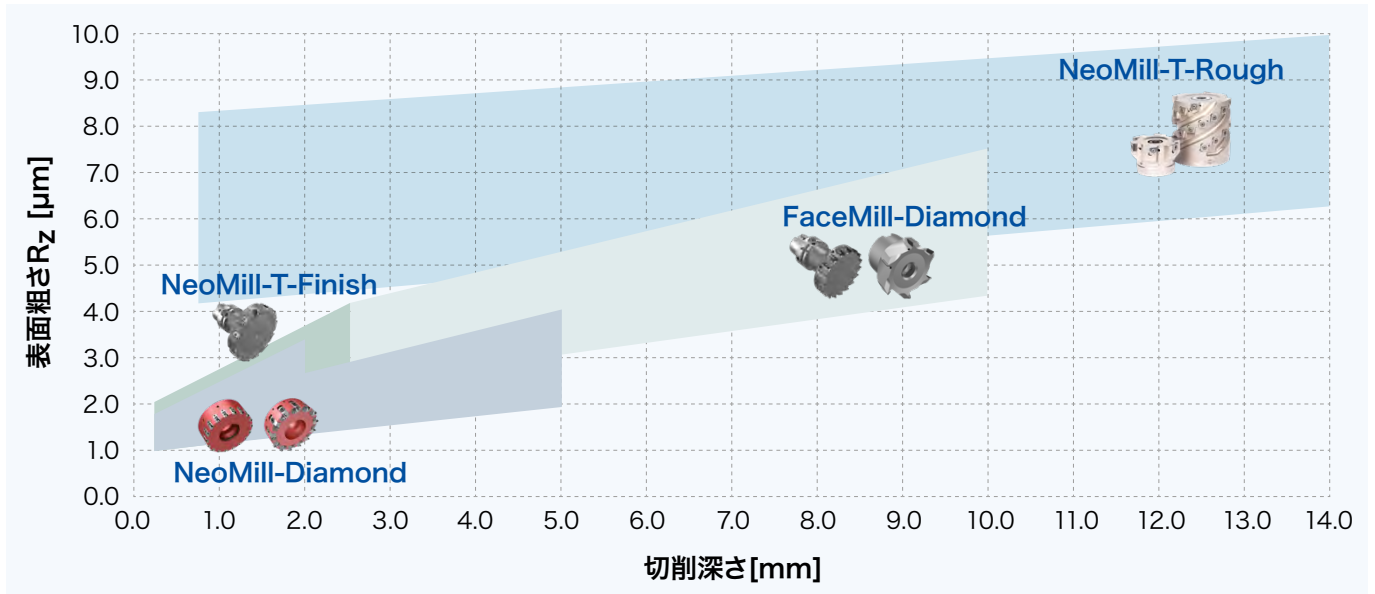
ろう付けされたPCD切削刃を備えた、頑丈で再研磨可能な工具。



⊕ オプション
最大歯数による
最高の生産性

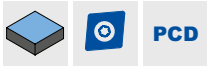
仕上げ

正面フライス加工システムの概要



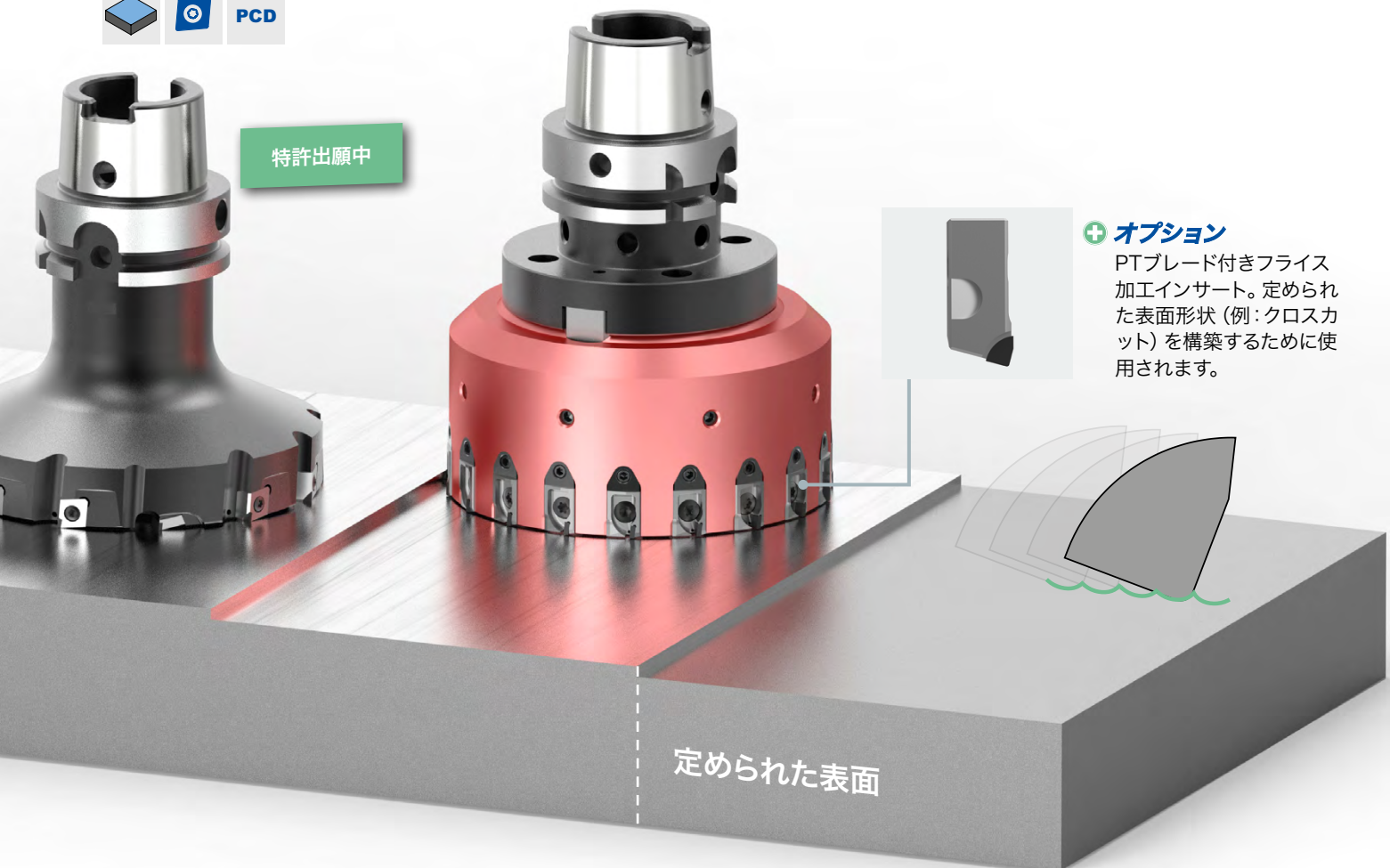
NeoMill-T-Finish

高精度なインサート装着により、インサートの交換が可能なプラグアンドプレイソリューション。



NeoMill-Diamond

交換可能なPCDインサートと精密な刃先調整機能を備えたフライス盤本体。



特許出願中



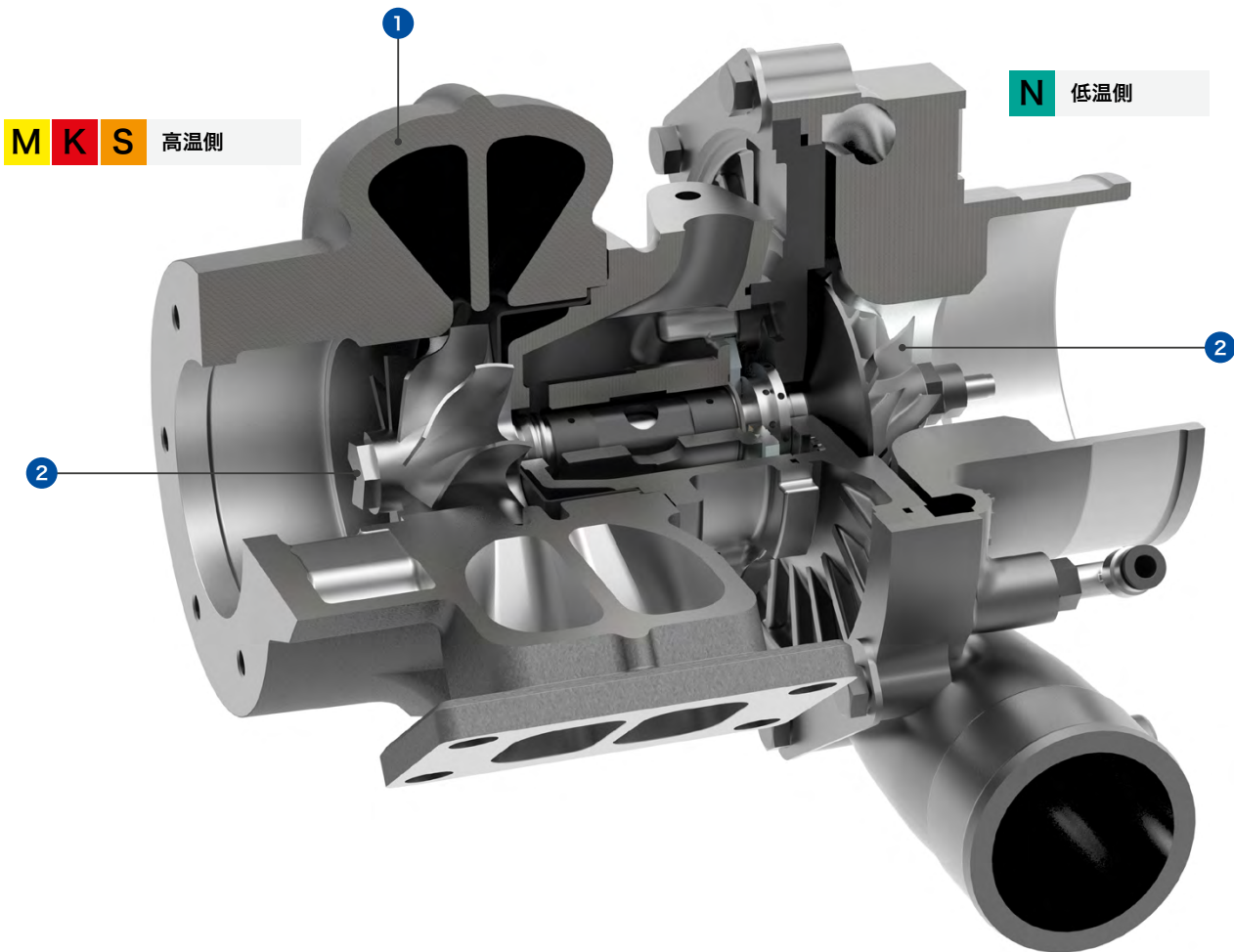
+ オプション
PTブレード付きフライス加工インサート。定められた表面形状 (例: クロスカット) を構築するために使用されます。

定められた表面

ターボチャージャー

排気ガスターボチャージャーは、現代の内燃エンジンの性能と効率を向上させるために使用されます。圧縮空気供給は効率を高めると同時に排出量を削減します。これは現在の気候変動対策における重要な要素です。

最大300,000 min⁻¹の速度では、同軸度と真円度に最も高い要求が課せられます。特に排気側(高温側)では、高合金の研磨材が切削工具の耐摩耗性に極めて高い要求を課します。工具寿命のわずかな改善でも、大量生産におけるコスト面での大きな利点につながります。



1

ターボチャージャーハウジング K

複雑な形状と高い熱応力には、精密な機械加工とバリの少ない表面処理が求められます。

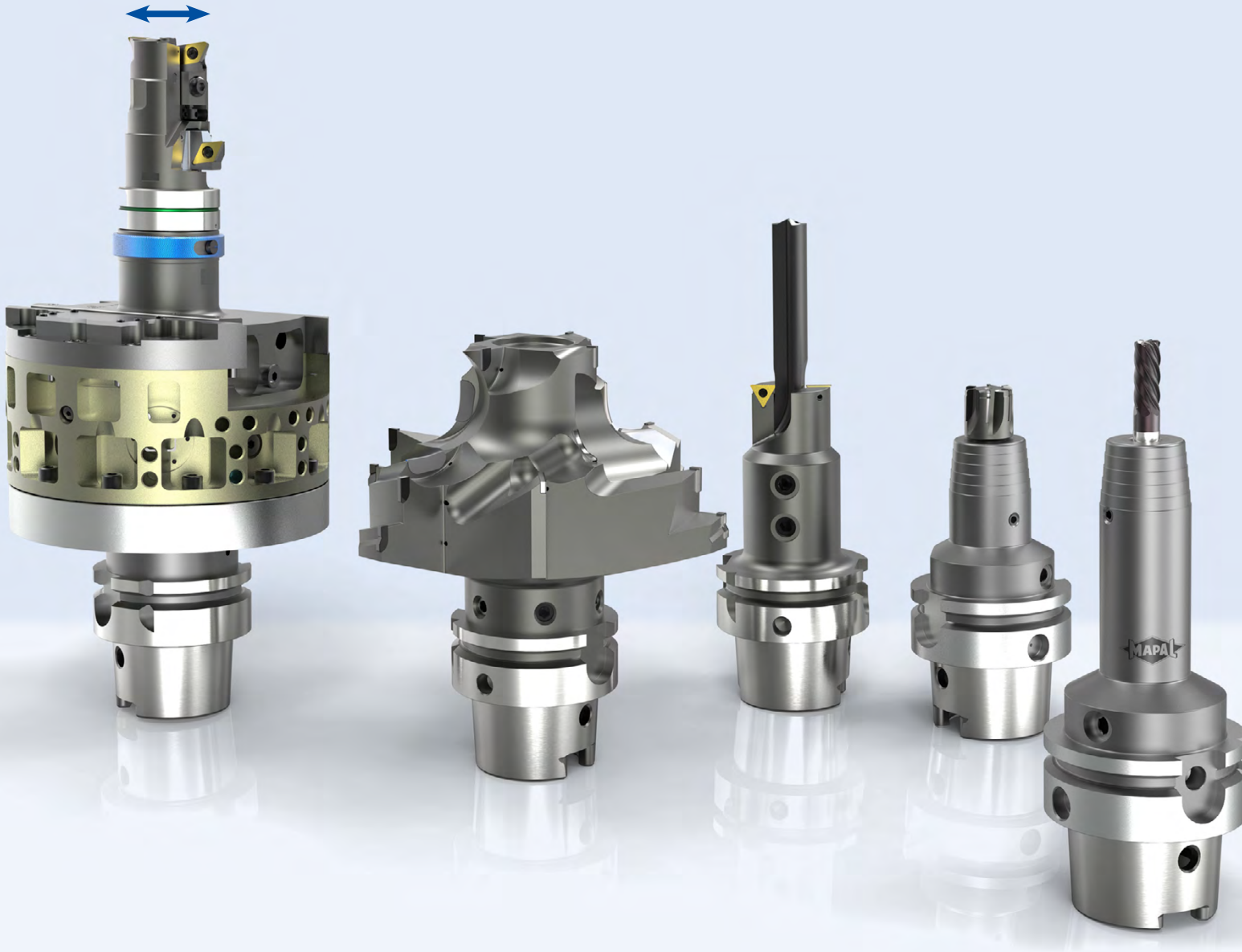
≫ 詳細は30ページから

2

インペラ/プロペラ M N S

自由曲面と厳しい公差を高速で加工する - 動的負荷のかかる形状に対する高度な機械加工技術。

≫ 詳細は32ページから



MAPAL ソリューションの専門知識
TOOLTRONIC® - 完全に機能する追加のツール軸

MAPALの制御ツールは、ターボチャージャーハウジングなどの複雑な輪郭、平面、凹部の加工において、最高の精度と柔軟性を発揮します。本製品ファミリーのTOOLTRONICメカトロニクスツールシステムを使用すれば、マシニングセンター（BAZ）上で、立方体ワークの加工を1回のクランプで高精度かつ効率的に行うことができます。



ターボチャージャーハウジング

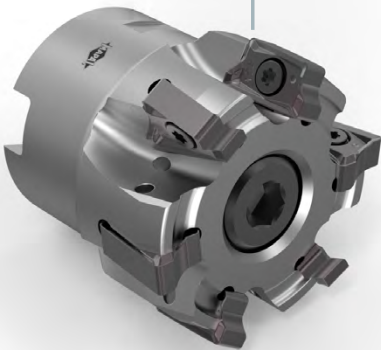
排気側のターボチャージャーハウジングは、極めて大きな熱的および機械的ストレスにさらされます。最高1,050°Cにも達する高温の排気ガスを、タービンホイールに直接送り込み、その回転を駆動させます。

ハウジング形状は、チャージャーの応答性と効率に大きく影響します。ニッケル系または鉄系鋳造合金などの耐高温性材料が使用されます。製造においては、寸法精度と表面品質を確保するために、精密な鋳造工程と綿密な後処理が必要となります。特に、流体力学的な輪郭部分においては、これらの工程が重要です。

プロセス条件

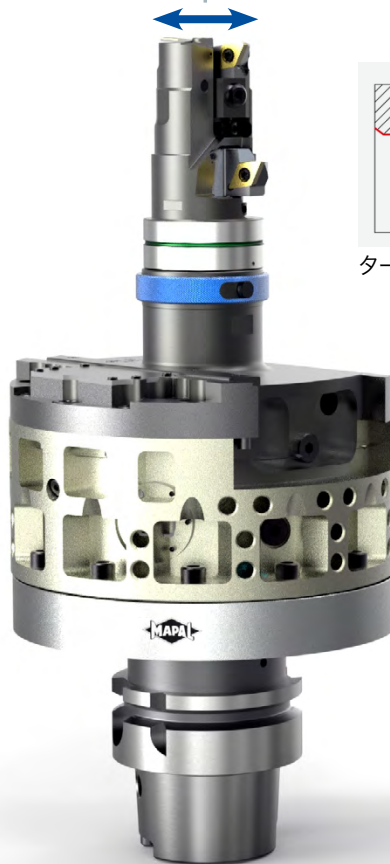
- 耐熱性が高く、非常に摩耗しやすい素材
- 面取り、半径、遷移部を含む複雑な形状と輪郭。
- 形状、位置、表面の公差は厳密です。
- 断続切削

K 高温側



面へのコーナーフライス加工 NeoMill-4-Corner

最大限の安定性を実現する短く安定した工具設計と、難削材加工用に特別に開発された交換式インサートを採用しています。

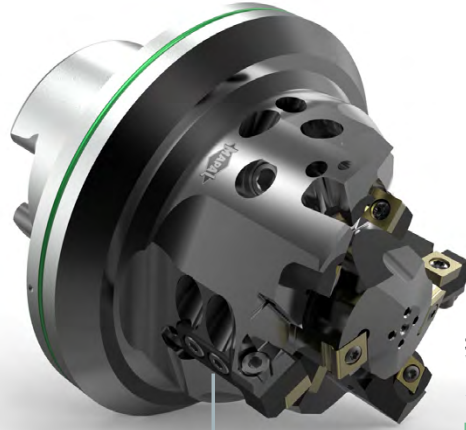


ターボチャージャーの輪郭線

内形加工 TOOLTRONIC®ツール

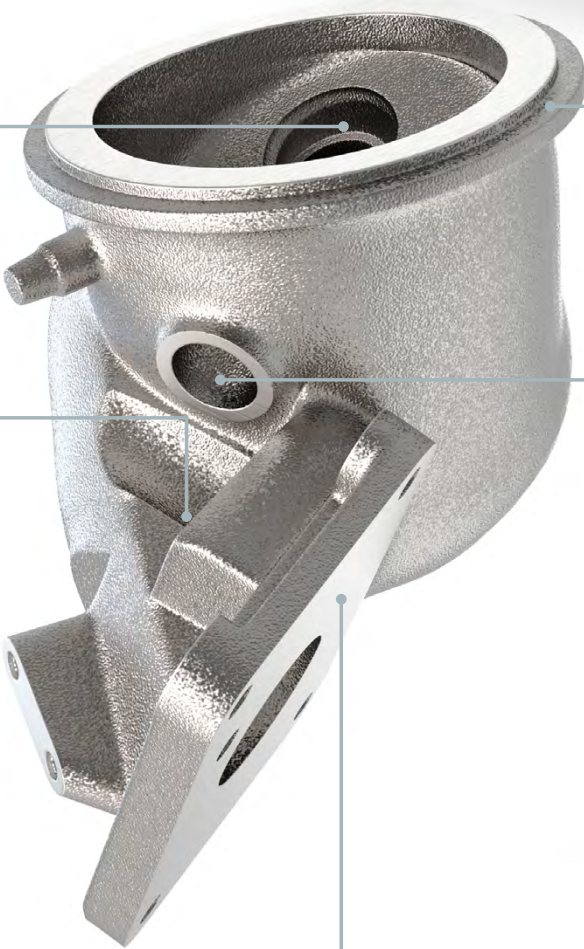
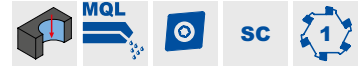
追加の加工軸（U軸）を備えた柔軟な加工により、輪郭変更や摩耗修正において最大限の柔軟性を実現します。





排気マニホールド接続部の機械加工 ボーリングツール

加工時間を短縮するために、調整可能なインデックス式インサートを備えた工具設計。



制御ボルト穴 ハイパフォーマンスリーマ

特殊な刃先配置により、最高送り速度でも最適な切り屑排出を実現する工具設計。



ターボチャージャーハウジングの接続面 NeoMill-16-Face

最大限の歯数と16枚の切削刃を備えたインデックス可能なインサートにより、工具寿命を最大限に延ばし、部品あたりのコストを低く抑えます。



ターボチャージャー - インペラ/プロペラ

インペラは、ターボチャージャーの圧縮機側の中心となる部品です。吸い込まれた空気を放射状に外側へ加速させることで、圧力と温度を上昇させます。

現代のインペラは、主に高強度アルミニウムまたはチタンで作られており、5軸フライス加工または精密鑄造によって製造されています。空力的に最適化されたブレード形状は、効率と過給圧特性にとって極めて重要です。最大 $300,000\text{min}^{-1}$ という高速回転のため、バランス品質、強度、寸法精度に関して最高水準の要求を満たす必要があります。

特性

- 高温側の加工が困難な材料
- 材料のばらつきと合金の違い
- 複雑で加工が困難な作業
- 真円度に対する高精度な要求
- 表面粗さRa <0.4 μm

M S 高温側

① 軸穴



MEGA-Speed-Drill-Titan

特殊な刃先形状とコーティングにより、構成刃先の形成を抑え、最適な切りくず排出を実現します。



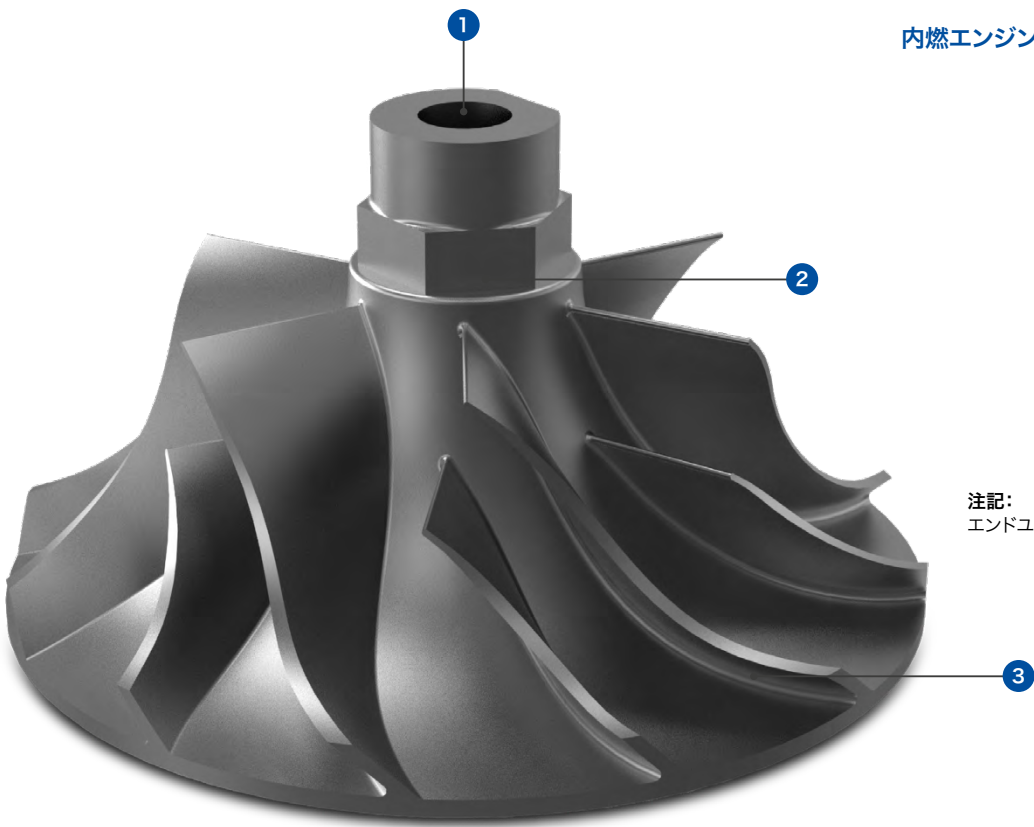
② 当たり面



プロファイルミーリングカッタ

難削材用に開発された、多刃のコーティング済み超硬エンドミル。





注記:
エンドユーザーとの協働による幾何学的設計。

N 低温側

① 軸穴



Tritan-Drill-Alu

最高の送り速度を実現する3枚刃のソリッド超硬ドリル。



② 当たり面



PCDコーナーカッター

工具寿命を最大限に延ばすための、多刃PCDチップ付きフライス。



③ プロペラの加工



コーティングされた成形フライス

部品の輪郭に合わせて成形フライスで、粗加工、中仕上げ加工、仕上げ加工に使用できます。



コンロッド

コンロッドは、エンジンの運転中に高い動的負荷にさらされます。これらの要件を満たすために、70MnVS4やC70などの高強度鋼材が使用されます。課題：ピストンの直線運動をクランクシャフトの回転運動に変換します。可動質量を最小限に抑えるため、コンロッドは常に重量最適化されています。その結果、平行な形状や台形から階段状の形状まで、実に多様な形状が生まれます。この多様性は製造工程に高い要

求を課し、特に小型のコンロッドアイの加工においてはその要求が顕著になります。形状の違いは、様々な穴あけ状況を生み出し、それらを正確かつ経済的に解決する必要があります。量産においては、費用対効果が重視されます。大量生産には、安定したプロセス、短いサイクルタイム、そして最大限の工具寿命が求められます。

小端穴を例とした、必要な寸法公差要件

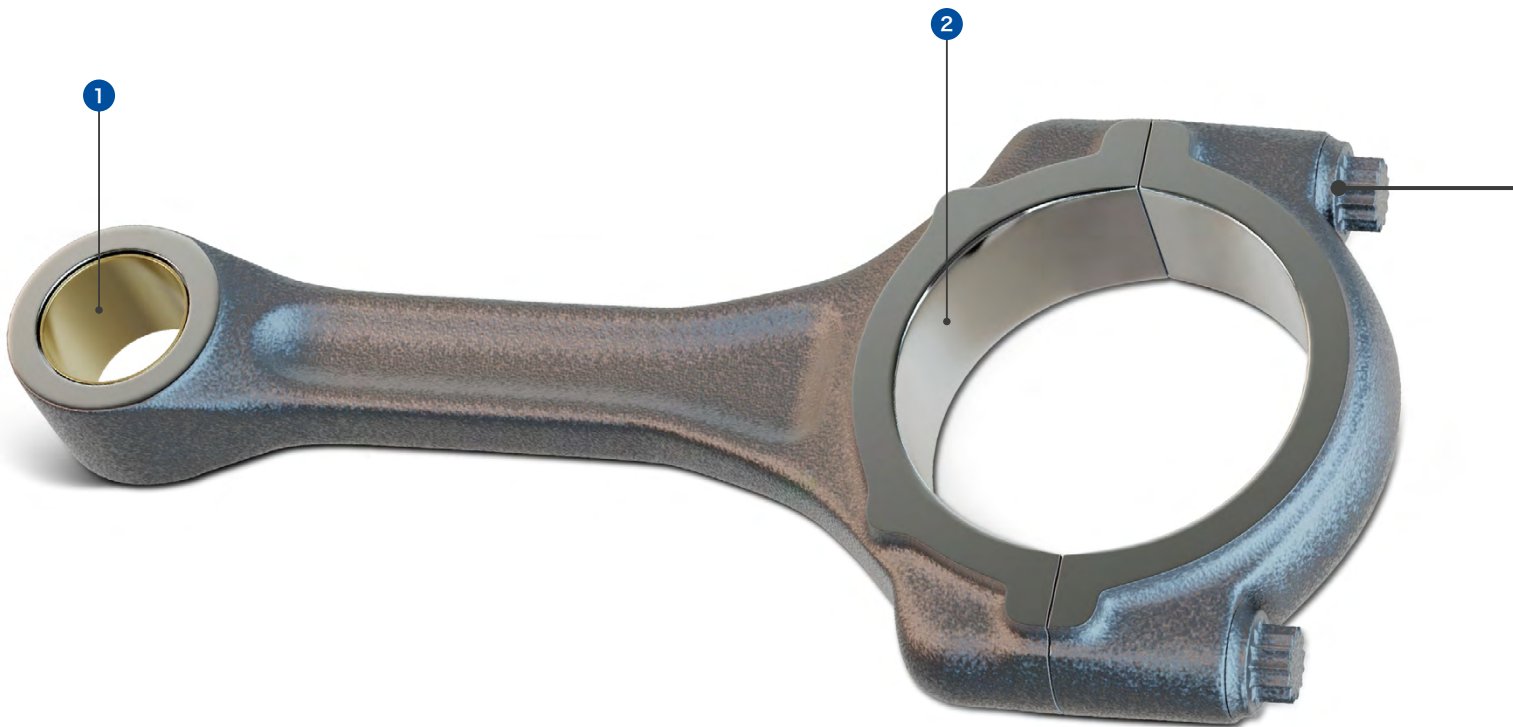
β 4 - 6 μm

\varnothing $\pm 3 \mu\text{m}$

\oplus 60 - 200 μm

\bigcirc 5 - 10 μm

$\sqrt{\quad}$ max. Ra 0,8 μm



1 小端穴

様々なバリエーション、トランペットフォーム、ミクロン単位の公差：小端穴を加工するには、最大限の精度と柔軟な工具ソリューションが求められます。

>> 詳細は36ページから

2 大端穴

高い切削力と厳しい形状公差を実現するには、安定した工具と精密な加工方法が必要となります。

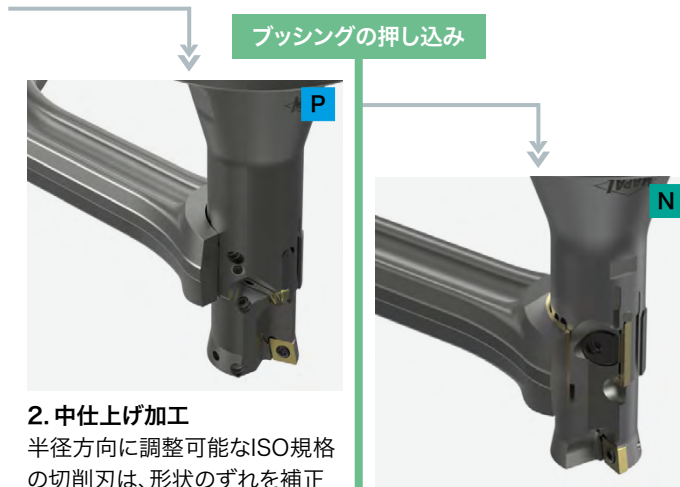
>> 詳細は38ページから

小端穴に焦点を当てる - 基本的な手順



1. 前加工

それぞれの形状のコンロッドには、柔軟な工具ソリューションが必要となります。特殊な貫通穴用ドリルは、穴あけ、リーマ加工、両面面取り加工の機能を兼ね備えています。課題：形状が変化しても安定したプロセスを実現すること。

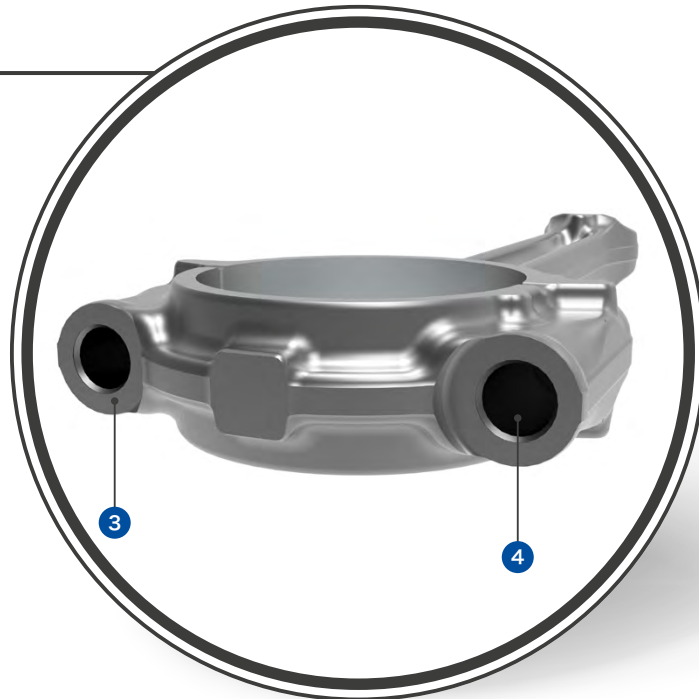


2. 中仕上げ加工

半径方向に調整可能なISO規格の切削刃は、形状のずれを補正し、ブッシング用の穴を準備します。寸法精度と材料の均一な分布は、その後の適合性にとって非常に重要です。

3. 仕上げ加工

PCDガイドレールを備えたファインポーリングツールは、10 μ m以下の最高の表面品質と真円度を実現します。



3

ボルト座面

ネジの確実な着座面を実現するための精密な表面加工 - さまざまな形状のコンロッドに対応する高い寸法精度と明確な形状を実現。

>> 詳細は39ページから

4

ボルト穴

高精度な公差でのステップ穴あけ加工 - 安定した工具と最適化された切削形状により、加工の信頼性と工具寿命を最大限に高めます。

>> 詳細は39ページから

コンロッド - 小端穴

プロセス条件

- コンロッドの形状の違いによる穴あけおよびリーマ加工の状況
- 表面粗さ最大Ra 0.8 μm
- 直径公差6 μm
- 真円度5~10 μm
- トランペットフォームなどの特定のボア形状



P 小端穴

1.前加工



WPソリッドドリル

短く安定した工具設計により、1つの工具だけで穴あけ、リーマ加工、両面面取り加工をすべて行うことができます。



2.中仕上げ加工と仕上げ加工



ファインボーリングツール

最大の工具寿命と、仕上げ穴あけ段階における最高品質要求を満たすための予備切削工程。



最大の工具寿命

あらゆるニーズに最適なソリューション

最高の生産性



HPR交換式 ヘッドリーマー

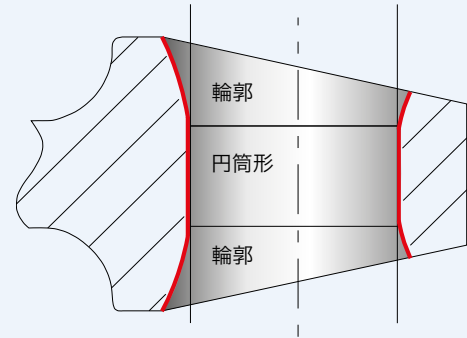
複数の刃を備え、再研磨可能な交換式ヘッドにより、短いサイクルタイムと高い工具寿命を実現します。





MAPAL ソリューションの専門知識 トランペットフォーム

トランペットフォームは、端部圧力を最小限に抑え、ピストンピンとコンロッド間の最適な動力伝達を確保するために用いられます。この形状は、材料特性を最大限に活用し、コンロッドアイにおけるボルトの変形を補償するのに役立ちます。



N ブッシュ付き小端穴



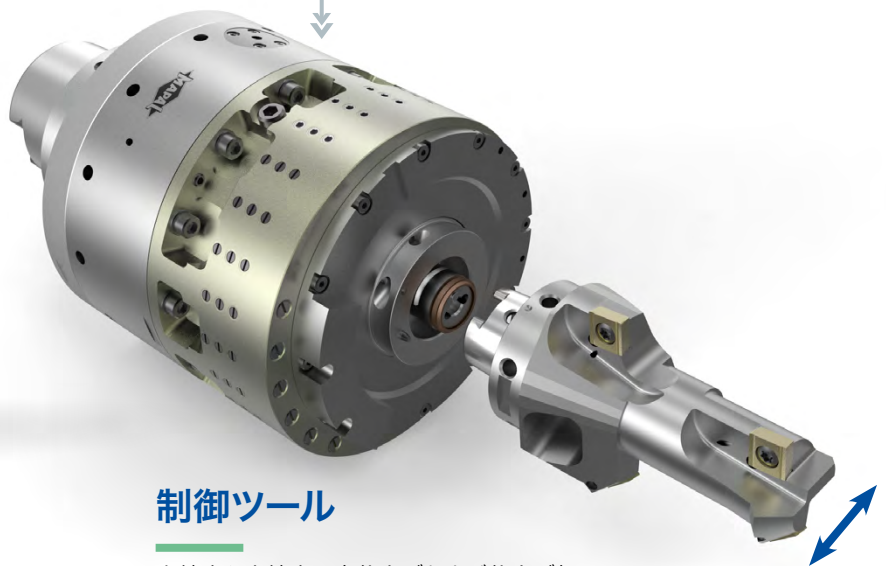
制御に関する詳細

3.仕上げ加工

あらゆる形状に最適なソリューション

円筒形

トランペットフォーム



ファインボーリングツール

最高品質要件と工具寿命の最大化を実現するため、事前切削工程と調整可能なWP仕上げ工程を備えています。



制御ツール

大端穴と小端穴の中仕上げおよび仕上げ加工用の追加U軸。最大限の形状柔軟性とシンプルな装着感を実現。



コンロッド - 大端穴

プロセス条件

- 亀裂の切り欠き部分には耐摩耗性に優れた硬質金属を使用
- さまざまな測定状況
- 穴形状に対する最高品質要件
- 真円度5~8 μm
- 直径公差10 μm
- 定められた表面の値- Rz 6 μm からRz 11 μm



P 大端穴

1.前加工



2.仕上げ加工



荒削り工具

複数の加工工程（荒削り、穴あけ、面取り）を組み合わせるための、安定性に優れた多刃工具設計。



ファインボーリングツール

規定寸法、工具寿命の最大化、最高品質要件を満たすための穴あけ加工および精密ボーリング加工。



コンロッド - ボルト座面/ボルト穴

プロセス条件

- 位置精度 ± 0.10 mm
- 表面要件Ra 3.2 μ m
- 同心度0.20mm
- 直径公差0.05 mm~0.10 mm
- 複数ステップ増分による穴あけ仕様
- 加工が困難な材料に、さらに硬質鍛造された外皮を組み合わせたもの



P ボルト座面

1. 溝切り/フライス加工



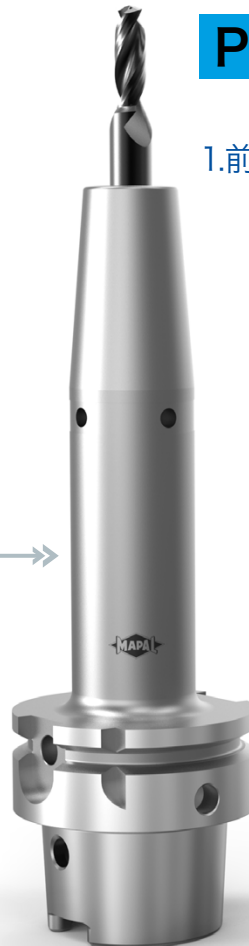
ソリッド超硬フライスツール

ベアリング面のフライス加工および溝加工のための、センターカットエンド形状。



P ボルト穴

1. 前加工および仕上げ加工



超硬ソリッド・ステップドリル

穴あけ工程における最適な切り屑分断を実現する、ステップ式ワンショット設計。



クランクシャフト

クランクシャフトの基本的な設計は、シリンダ数とエンジンの設計によって決まります。排出量を削減するためには、主に鍛造鋼製のシャフトの軽量化をますます進める必要があります。

これは、既に複雑な部品に対して、追加の処理手順を必要とします。同時に、燃焼圧力の上昇は、より大きな曲げ荷重とねじり荷重につながり、その結果、寸法精度、強度、表面品質に対するより厳しい品質要件が求められるようになります。

プロセス条件

セントラルリリーフボアの例:

- 複数回の穴あけ
- 最大800mmの穴深さ
- 同時穴あけとバリ取りのための最適化されたプロセスパラメータ
- 同軸度
- 鋳造のばらつきによる加工条件の変動

P クランクシャフト



フランジ面とピン表面 NeoMill-16-Face

部品あたりのコストを低く抑えつつ、最大数の歯と、使用可能な切削刃が16個あるインデックス可能なインサートを採用。



オイル穴 MEGA-Deep-Drill-Steel

最適化された形状とHiPIMSコーティングにより、早送り速度での信頼性の高い深穴加工を実現します。





ソリッドドリル加工と面取り加工に関する詳細

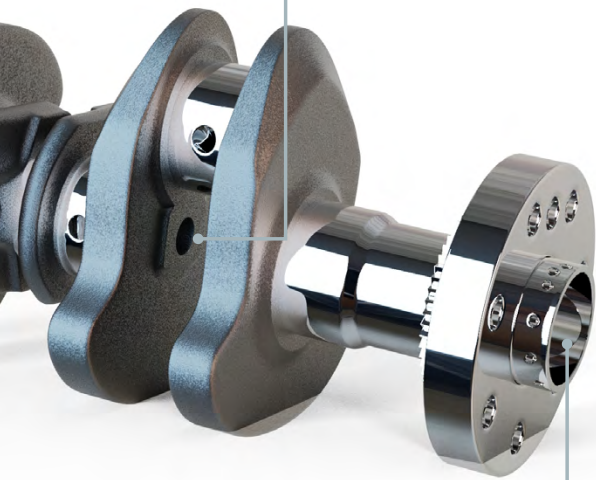
セントラルリリーフボア TTDドリルバリ取り工具

TTSインターフェースを備えた交換可能なヘッドシステムと、前方および/または後方面取り用の交換可能な面取りエッジ。



機能

MAPALの交換式ヘッドシステムと、HEULE社製の面取り切削刃により、穴の入口と出口を加工します。



P 面軸受穴

1.前加工



2.仕上げ加工



ハイパフォーマンスリーマ

仕上げ径と面取り加工用の多刃プラグアンドプレイ式リーマー。

WPDドリルビット

短くて安定した工具で、荒削り、穴あけ、面取りなど、複数の加工工程が1つの工具に統合されています。



ロッカーアーム/ローラーフィンガーフォロワー

吸気バルブと排気バルブの精密な制御は、現代の内燃エンジンの性能と効率にとって極めて重要です。自動車工学では、通常、1気筒あたり4つのバルブが使用されます。2つは新鮮な空気または空気と燃料の混

合気の吸入用、残りの2つは排気ガスの排出用です。エンジンの設計によっては、ロッカーアームまたは(ローラー)フィンガーフォロワーがバルブの作動を担います。その目的は、可動部品の摩擦と摩耗を最小限に抑えることです。統合された調整ディスクにより、バルブクリアランスを正確に調整でき、安定した燃焼プロセスを確保し、エンジンの損傷を防ぎます。

プロセス条件

ベアリングボアの例:

- 直径公差はH7の範囲
- 表面粗さはRz 3 μm
- 真円度公差は数ミクロン程度
- 鋳造品質の変動

P 位置決め穴

1.仕上げ加工

WPファインボーリングツール

最高品質が求められる用途向けに、刃先を調整可能なバーガイドファインボーリングツール。



あらゆるニーズに最適なソリューション

最高の精度

最高の生産性

HPRヘッド交換リーマ

工具交換を簡素化するHFSインターフェースを備えた、多刃で再研磨可能なリーマ。



P ベアリングボア

1.仕上げ加工



最高の生産性



HPRヘッド交換リーマ

多刃で再研磨可能な交換式ヘッドリーマ。HFSシステムにより、機械内での工具交換が迅速に行えます。



あらゆるニーズ
に最適なソリ
ューション

最高の精度



WPファインボーリングツール

最高品質要件を満たすためのガイドパーツールと調整可能なインデックス式インサート。



レール

コモンレールシステムを搭載したディーゼルエンジンと同様に、現代のガソリンエンジンも燃焼室に直接燃料を噴射する方式がますます普及しています。混合気は燃焼室内でのみ形成されるため、性能と効率が

向上し、排出ガスが削減されます。最大2,500 barまで上昇する射出圧力は、部品と材料に最も高い要求を課します。鋳鋼やステンレス鋼など、加工が難しい材料が、複雑な機械加工プロセスと組み合わせて使用されます。

プロセス条件

中央レール穴の例:

- 極めて硬い外側鍛造スケール
- 最大25xDの外部穴深さ
- 直径公差0.20 mm
- 長尺チップ材

高圧接続 ソリッドドリル

最小径穴加工向け超硬ソリッドドリル



P レール

P 中央レール穴

1.前加工



パイロットドリル

加工が難しい外側鍛造面には特殊な形状が採用されており、後続の深穴加工に完璧に適合しています。



2.ドリル加工



深穴ドリル

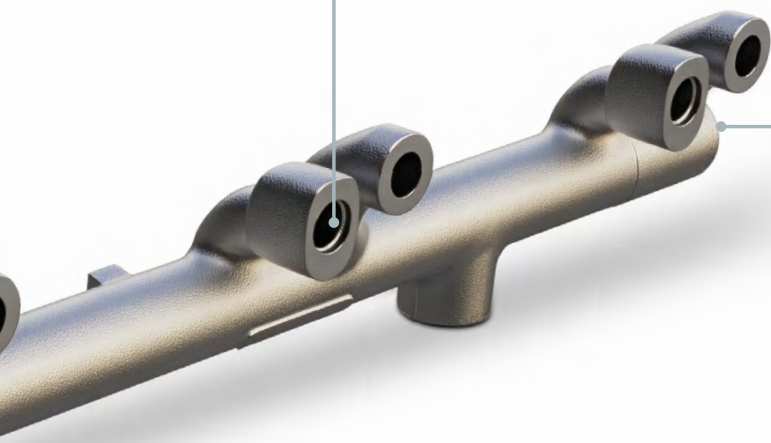
最適化された形状とコーティングにより、極めて深い穴あけ加工時でも最高の性能と最適な切り屑排出を実現します。





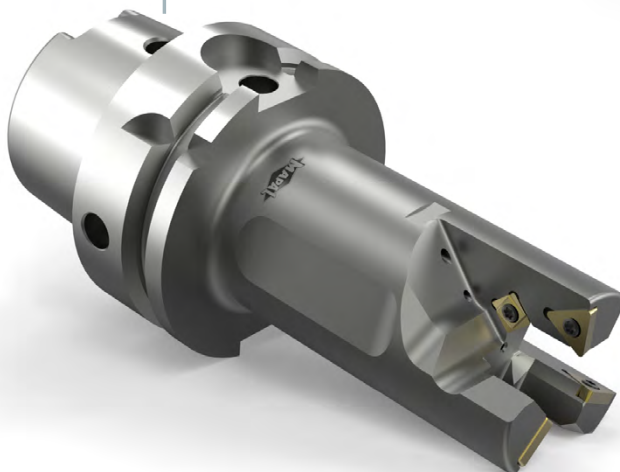
インジェクタボア
コーティングされたVHM
ステップリーマ

段階的な切削量における最適な切削分布
と切り屑制御を実現する特殊工具設計。



端面加工
フェースミーリングヘッド

フェースミーリングと端面面取りの予
備切削を行うための多刃複合工具。



後続加工
面取りカッター

直径加工と面取り加工に対応する、インサート
交換可能な一体型工具設計。



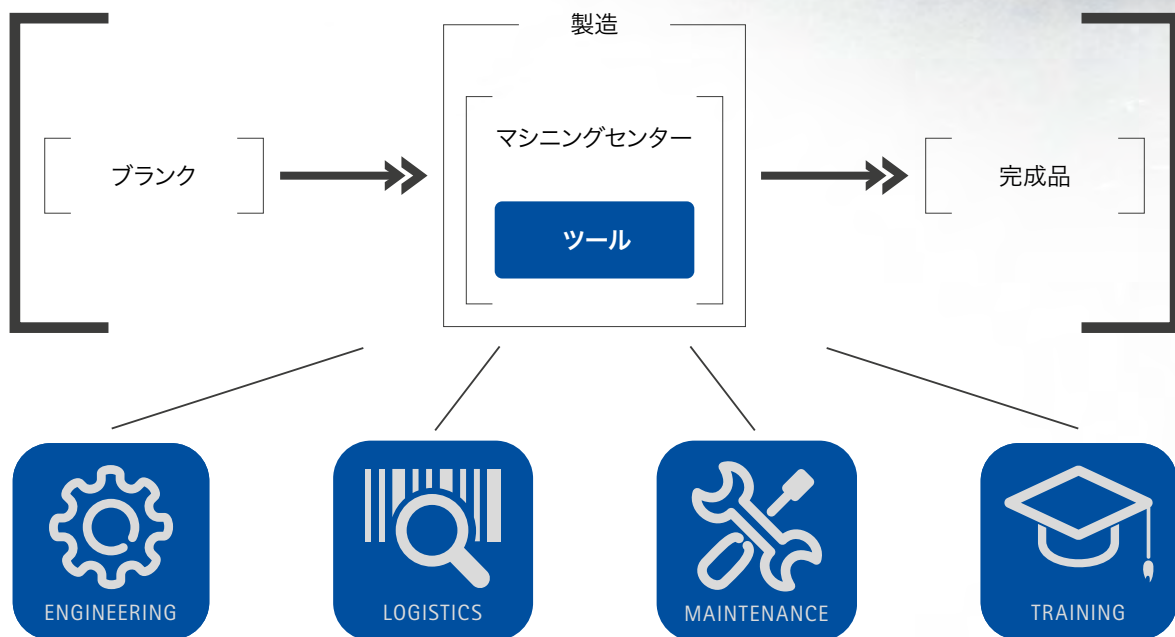
ニーズに応じた 個別サービス

MAPALのルーツは、特殊工具の製造にあります。したがって、常に包括的なコンサルティングと、業務処理プロセスに関するサポートに重点を置いています。

幅広いサービスにより、マパールはあらゆる段階と生産分野でお客様をサポートします。新しい生産施設の設立、プロセスの最適化、新技術の導入、機械の製造、パーツの組み替え、ツールの在庫の最適化または従業員の専門知識の拡大など、あらゆる必要があります。

































■ お客様 ■ マパール



エンジニアリングサービスモジュールにより、マパールは迅速かつ正確で安全な生産を保証します。ロジスティクスとメンテナンスの分野では、さらに節約できる可能性があります。トレーニングの分野でも、マパールは収集した専門家の専門知識を透明性をもってお客様に完全提供し、お客様が競合他社に勝る決定的なリードを勝ち取れるようにします。

MAPALのすべてのサービスは、最適なプロセスと包括的なサポートに重点を置いています。常にお客様の円滑で生産的かつ費用対効果の高い製造に大きく貢献することを目的としています。

ピクトグラム

製造工程	➤		フライス加工		ドリル		リーマ加工、 ファインボーリング加工		アクチュエーティング								
冷却	➤		最小潤滑 潤滑油の消費量を削減し、クリーンで持続可能なプロセスを実現します。現代の製造コンセプトに最適です。														
切削技術	➤		固定刃 最高の安定性と真円度により、最大限のプロセス信頼性を実現します。高い切削値と長い工具寿命が求められる量産に最適です。		交換可能な刃 再調整を必要とせずに迅速な最先端技術の変更が可能になることで、セットアップ時間を節約し、コストを削減できます。特に、大量生産や材料変更が多い場合に経済的です。		調節可能 - ショートクランプホルダー 精密なファインボーリング加工のための、インデックス式インサートのシンプルな手動微調整機能。汎用性が高く、コスト効率にも優れています。		調整可能なフライス加工インサート 調整可能なPCDフライス加工インサートにより、完璧な平面を実現するための精密なZ軸調整が可能となり、オプションで定義された表面形状の生成にも対応できます。		調節可能 - MAPAL原理 直径とテーパを高精度に調整することで、最高の寸法精度を実現。厳しい公差と高い再現性が求められる、要求の厳しい穴あけ作業に最適です。		調整可能 - EAシステム シンプルかつ正確な直径調整が可能 - テーパー加工はカセットに既に組み込まれています。ユーザーエラーを最小限に抑え、トレーニングの必要性を軽減します。				
工具材料	➤		PCD 非鉄金属に対して最高の耐摩耗性と優れた表面仕上げを提供し、大量生産に最適です。		PcBN 耐摩耗性および研磨性材料の加工に最適で、厳しい公差と高い寸法精度が求められる穴あけ加工に最適です。		SC 汎用性が高く、性能とコストのバランスが取れた中規模生産に最適です。		サーメット 高い寸法精度と滑らかな表面仕上げに最適で、鋼材の仕上げ加工にうってつけです。								
メイン刃の数	➤		メイン刃1枚		メイン刃2枚		メイン刃3枚		メイン刃4枚		メイン刃5枚		メイン刃6枚		メイン刃8枚		メイン刃10枚
接続部	➤		交換式ヘッドリーマ用HFSシステム 3μm未満という高い精度の同心度および位置決め精度に加え、工具交換時の操作も簡単です。		交換式ドリルヘッド用TTSシステム 最適なトルク伝達を実現する確実なロック機構を備えたギアリング - 柔軟な工具形状を用いたダイナミック加工に最適です。		モジュールアダプタ スピンドルと工具の誤差を補正するミクロンの精密アライメント - 大きな突き出し長さや複雑な部品に最適です。		ハイドロクランピング技術 恒久的な同心度と3μm未満の切り替え精度、そして内蔵された振動減衰機能により、高精度で持続可能なプロセスに最適です。		焼入れ技術 非常に高い初期真円度 - 高速回転と低頻度変更を伴う用途に最適です。		機械式ツールクランピング 高い保持力で工具の抜け落ちを防ぎ、性能限界での安定したフライス加工に最適です。		アーバー 大型フライス工具用の堅牢な接続部 - 重切削加工や高負荷条件下での実績あり。		



マパールはツールおよび問題解決のソリューションを提供し、お客様に進化をもたらします。

穴加工

リーマ加工 | ファインボーリング加工
ドリル | ボーリング | 面取り加工

フライス加工

クランピング

旋削

アクチュエーティング

設定 | 測定 | ディスペンシング

サービス

FOLLOW US

