

O seu parceiro tecnológico para a usinagem econômica

# MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

# Mercados e setores

A MAPAL desenvolveu um profundo conhecimento dos processos e aplicações na produção de usinagem ao longo de muitos anos de estreita cooperação com os clientes. As áreas de aplicação das soluções de usinagem da MAPAL estendem-se por vários setores.

Há muito tempo, a MAPAL desenvolve inovações para responder aos desafios da indústria automotiva e da produção em série. Essas inovações são utilizadas com sucesso por fabricantes de renome e seus fornecedores, tanto em motores de combustão interna quanto nas áreas de chassis e freios, transmissão e mobilidade elétrica.

A MAPAL é um parceiro credenciado para o setor da indústria aeroespacial e define, como soluções confiáveis, tendências e padrões em tecnologia de fabricação e usinagem.

Há muito anos, os clientes também contam com a experiência da MAPAL para a usinagem exigente de peças hidráulicas e pneumáticas em diferentes dimensões. Além disso, há um amplo programa de produtos para a fabricação de moldes e matrizes.





**Alemanha**  
Sede do grupo empresarial

**Perto do cliente – em todo o mundo**

O diálogo estreito com os clientes e, assim, o reconhecimento precoce de requisitos tecnológicos e abordagens para inovações são pilares essenciais da política da empresa MAPAL. Como resultado, A MAPAL está diretamente representada com produção e filiais de vendas em 25 países. Isso garante proximidade, contatos pessoais e parcerias.

Além das principais instalações de produção na Alemanha, instalações de produção locais e em mercados estrategicamente importantes em todo o mundo garantem prazos de entrega curtos. Elas são responsáveis pela fabricação de produtos selecionados, bem como pelo condicionamento, reparos e pedidos repetidos para o mercado local.

Além de filiais próprias, os produtos da MAPAL podem ser obtidos por meio de representantes de vendas em mais 19 países.



**N.º 1**

para a usinagem por corte de componentes cúbicos.

Subsidiárias que oferecem produção, vendas e serviços em

**25** países.

Investimento anual em pesquisa e desenvolvimento no valor de

**6%** de volume de negócios.

Mais de

**450**

consultores técnicos em campo.

Mais de

**300**

estagiários em todo o mundo.

**Nosso maior patrimônio: Mais de**

**4.850**

colaboradores em todo o mundo.

MAPAL nos segmentos



- 1 Automotivo
- 2 Tecnologia de fluidos
- 3 Aeroespacial
- 4 Produção de energia
- 5 Mobilidade elétrica
- 6 Segmento médico
- 7 Fabricação de moldes e matrizes
- 8 Construção naval
- 9 Transporte ferroviário



ÔNIBUS

TRANSPORTADORA  
PEQUENA

# Soluções para motor de combustão interna

## Precisão para exigências complexas

Apesar do crescente foco em tecnologias de propulsão alternativas, o motor de combustão interna continua sendo um componente importante da mobilidade moderna – especialmente em veículos híbridos e em mercados com infraestrutura limitada para a mobilidade elétrica. Seus componentes são extremamente complexos, sujeitos a intenso estresse térmico e mecânico, e impõem as mais altas exigências em termos de fabricação.

A usinagem de componentes como, por exemplo, cabeçote, virabrequins ou bielas exige não apenas precisão micrométrica, mas também um profundo conhecimento de materiais, estratégias de usinagem e confiabilidade do processo. As variações na qualidade das peças fundidas, a mistura de materiais e as tolerâncias rigorosas tornam a usinagem um desafio – e, ao mesmo tempo, um fator essencial para a eficiência, o desempenho e o comportamento das emissões do motor.

A MAPAL enfrenta os desafios da usinagem de motores com soluções de ferramentas personalizadas que garantem máxima eficiência econômica e confiabilidade do processo. Como fabricante experiente de ferramentas de precisão e soluções de usinagem, a MAPAL tem conhecimento especializado profundo na usinagem de componentes complexos de motores.

Por meio de pesquisas de mercado intensivas, estreita cooperação com universidades, institutos e parceiros líderes do setor, bem como diálogo direto com os clientes, a MAPAL identifica tendências tecnológicas antecipadamente e as implementa em processos de usinagem inovadores. Isso resulta em soluções precisamente adaptadas às necessidades específicas – e impulsiona continuamente o aprimoramento da usinagem de motores de combustão interna.



# CONTEÚDO

## Introdução

Competência em motor de combustão interna	6
---	---

## Cabeçote

Exigências e o processo de usinagem	8
Comando de válvulas	10
Furo do injetor	12
Furo no mancal do eixo de comando	14
Furo do tampão de água	16
Superfícies planas e vedantes	26

## Bloco de motor

Exigências e o processo de usinagem	18
Furação de cilindros	20
Furo da bomba d'água	23
Furação no mancal do virabrequim	24
Superfícies planas e vedantes	26

## Turbocompressor

Visão geral do sistema	28
Bloco do turbocompressor	30
Impulsor / Ventoinha	32

## Biela

Exigências e o processo de usinagem	34
Olhal menor	36
Olhal maior	38
Rebaixo da cabeça do parafuso / Furo do parafuso	39

## Vibrabrequim

Destques das ferramentas	40
--------------------------	----

## Balancim / Braço de arrasto

Destques das ferramentas	42
--------------------------	----

## Flauta

Destques das ferramentas	44
--------------------------	----

## MAPAL Serviços

A MAPAL como parceiro tecnológico	46
Pictogramas	47



Saiba mais sobre as soluções para o  
MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

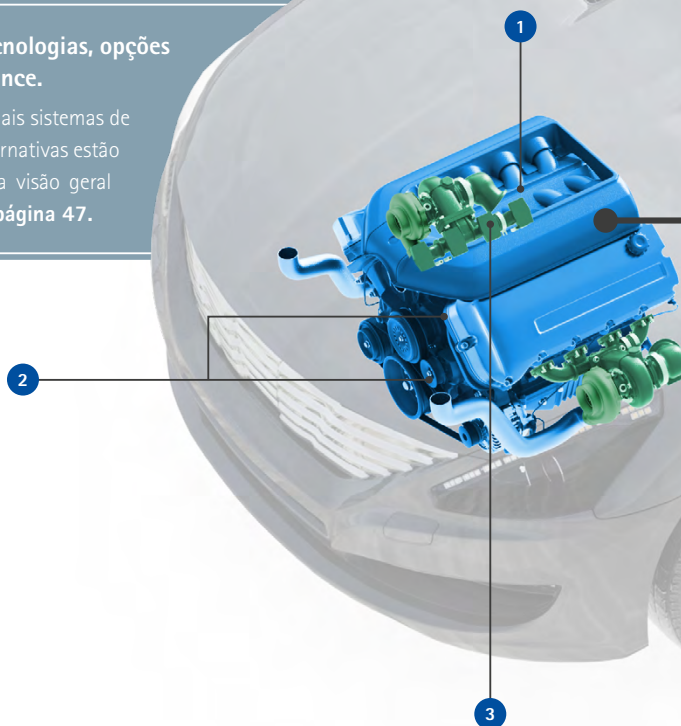
# Competência em motor de combustão interna

Os componentes de um motor de combustão interna – desde o cabeçote até o bloco de motor e o turbocompressor – impõem as mais altas exigências em termos de usinagem. Materiais diferentes, geometrias complexas e tolerâncias rigorosas exigem estratégias de usinagem personalizadas.

A MAPAL oferece uma ampla gama de soluções de ferramentas para isso: desde ferramentas de fresamento e furação de alta precisão até sistemas de fricção modulares e soluções de controle especializadas. Isso resulta em processos estáveis, econômicos e confiáveis para cada tarefa de usinagem.

Os pictogramas tornam as tecnologias, opções e funções visíveis em um relance.

Para cada solução, eles mostram quais sistemas de ferramentas são usados e quais alternativas estão disponíveis. Você pode encontrar a visão geral completa de todos os símbolos na **página 47**.



## SOLUÇÕES PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

1

### Cabeçote

N

- Soluções precisas de mandrilamento e furação para tolerâncias em microns em comando de válvulas.
- Usinagem estável do processo para furos funcionais complexos, apesar das variações de fundição.

» Mais informações a partir da página 8

2

### Bloco de motor

N

- Soluções de mandrilamento e furação fina para cilindros coaxiais e furos de rolamento.
- Usinagem segura com tolerância mínima, peças fundidas variadas e materiais mistos.

» Mais informações a partir da página 18

### Superfícies planas e vedantes

N

- Usinagem de superfície com alta qualidade superficial, planicidade e operação sem rebarbas – mesmo a seco.
- Perfis de superfície definidos opcionais para superfícies funcionais sensíveis à densidade.

» Mais informações a partir da página 26

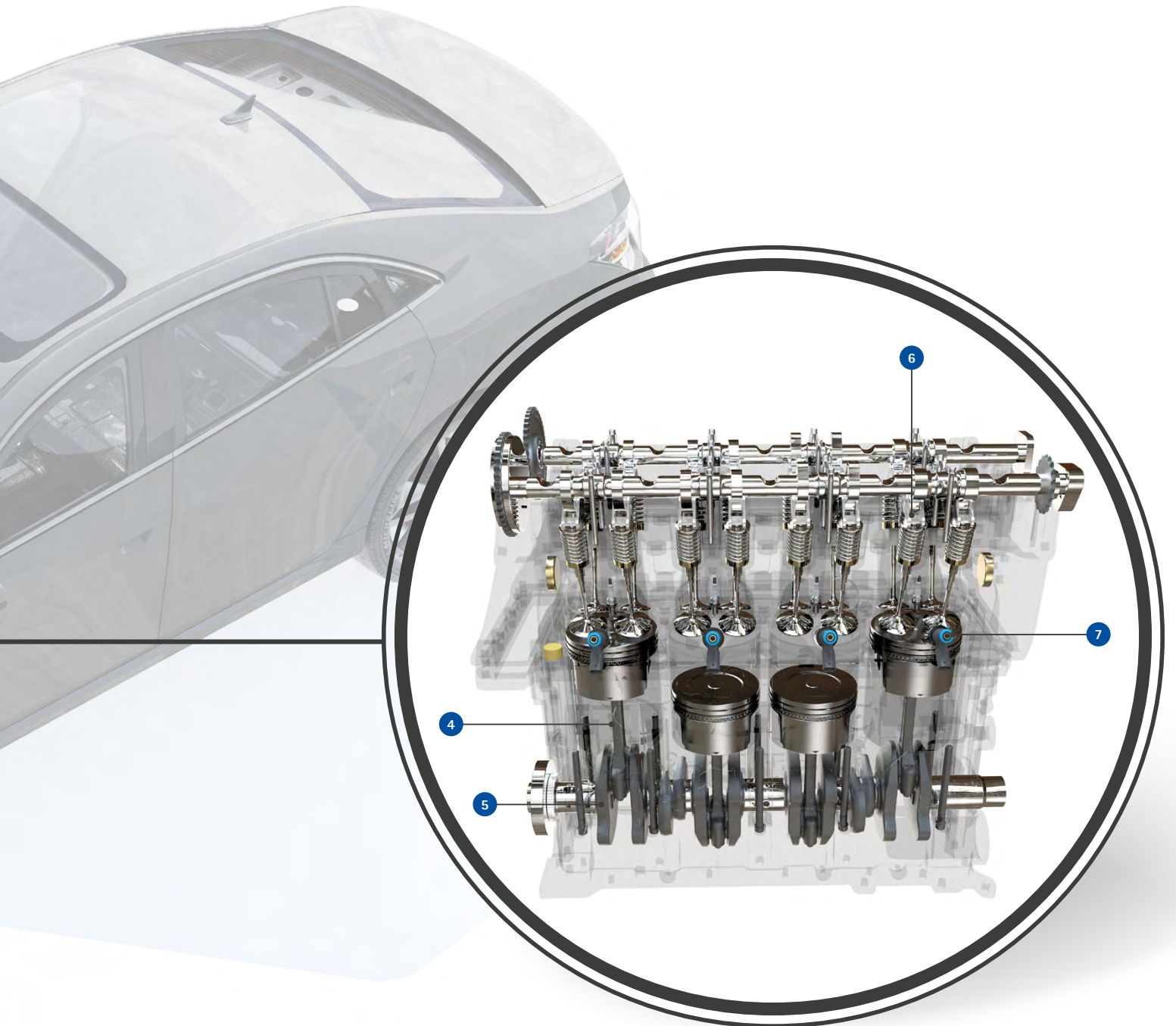
3

### Turbo-compressor

M K N S

- Usinagem com precisão de contorno de geometrias internas complexas em materiais abrasivos e resistentes ao calor.
- Soluções confiáveis para áreas de paredes finas e cortes interrompidos.

» Mais informações a partir da página 28



4

### Biela

P

- Conceitos de usinagem combinados para obter circularidade na faixa de microns em olhais menores e maiores.
- Soluções para geometrias de componentes variáveis, situações de furação e contornos definidos.

» Mais informações a partir da página 34

5

### Vibrabrequim

P

- Furação profunda confiável em grandes profundidades de usinagem com excelente evacuação dos cavacos.
- Usinagem completa e dimensionamento preciso das superfícies funcionais sob condições de corte variáveis.

» Mais informações a partir da página 40

6

### Balancim / Braço de arrasto

P

- Usinagem fina e precisa de pequenas superfícies de rolamento com tolerâncias rigorosas e circularidade na ordem de microns.
- Sistemas estáveis em termos de processo, com qualidades de mesmo com variação do fundido e tempos de ciclo curtos.

» Mais informações a partir da página 42

7

### Flauta

P

- Estratégias de furação profunda e fricção para superfícies de forjamento duro e grandes profundidades do furo.
- Usinagem interna dimensionamento preciso para canais de alta pressão sensíveis à vedação, com tolerâncias rigorosas.

» Mais informações a partir da página 44

# Cabeçote

No setor automotivo, o cabeçote é fundido em ligas de alumínio. Dependendo do combustível do motor, o projeto e as características a serem usinadas variam. O cabeçote é posicionado no bloco de motor e é responsável pelo fornecimento de combustível e ar fresco.

Devido à sua alta exigência de qualidade e tolerância, é o componente mais exigente em termos de usinagem na fabricação de motores. O controle preciso das válvulas e as perdas mínimas por atrito nos mancais do eixo de comando reduzem o consumo de combustível e, portanto, as emissões, mesmo antes do início do processo de combustão.

## Tolerâncias dimensionais necessárias usando o exemplo de um comando de válvulas



0,010 mm



&lt;0,050 mm



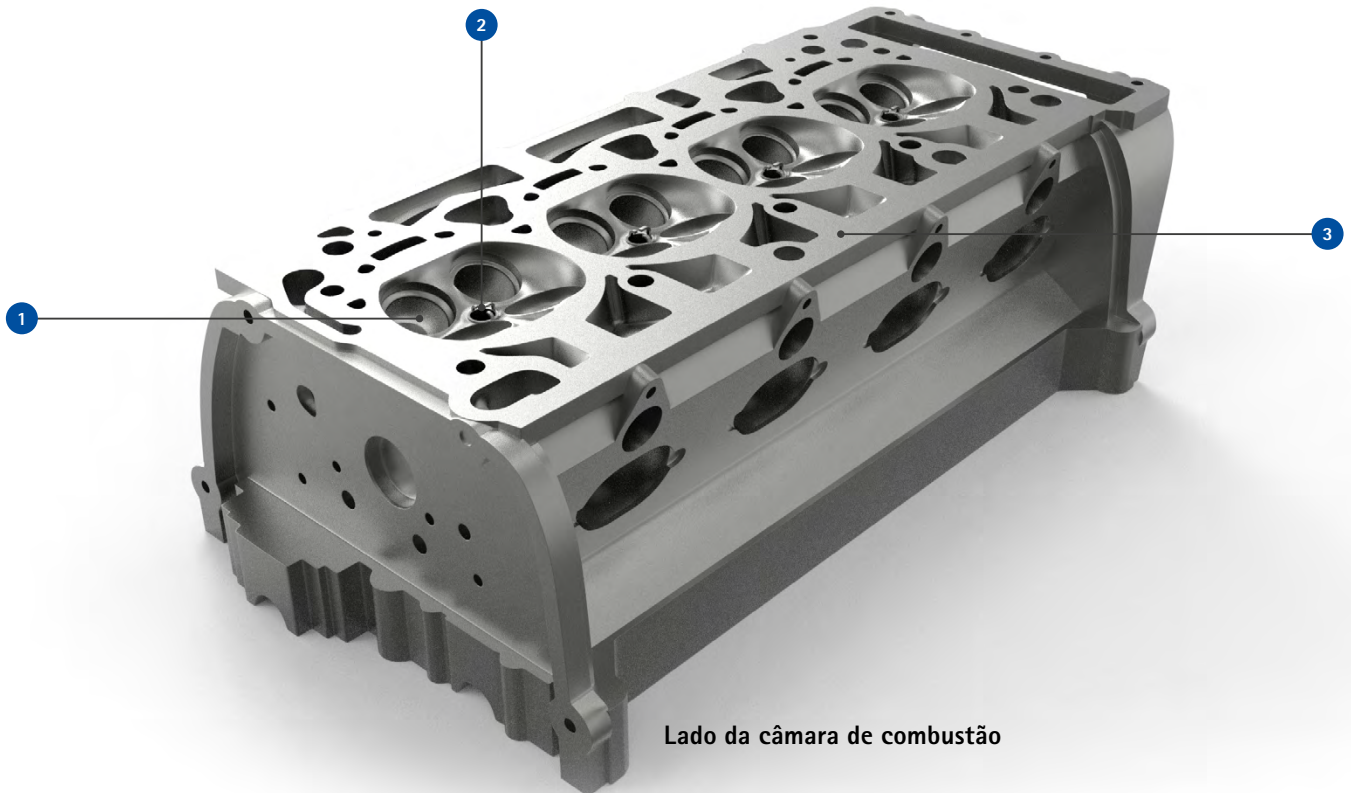
0,015 mm



0,008 mm



0,010 mm



Lado da câmara de combustão

1

### Comando de válvulas

O furo cego do comando de válvulas exige furos precisos com alta cilindridade e tolerâncias de diâmetro rigorosas. As variações no material devido ao processo de fundição são um desafio.

>> Mais informações a partir da página 10

2

### Furo do injetor

O furo do injetor apresenta grandes incrementos de etapas e é um desafio em termos de remoção do cavaco. As diferentes condições de fundição dificultam a usinagem.

>> Mais informações a partir da página 12

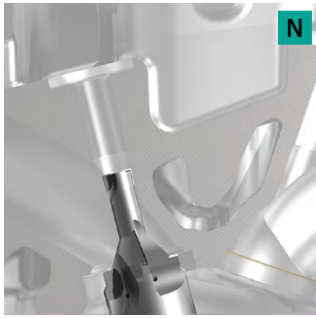
3

### Superfícies planas e vedantes

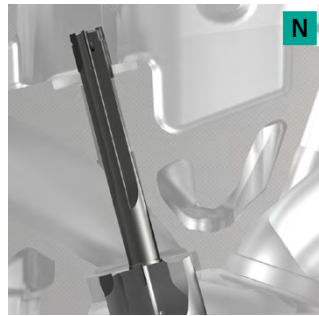
No fresamento da face, a planicidade, a retilidade e usinagem sem rebarbas são importantes. A usinagem geralmente é feita a seco.

>> Mais informações a partir da página 26

## Comando de válvulas em foco – Procedimento básico

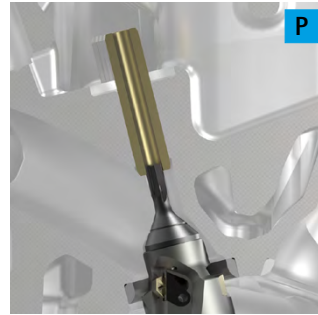
**1. Pré-usinagem – Furo cego**

As altas velocidades de avanço e grandes volumes de cavacos exigem ferramentas para mandrilamento estáveis com ponta de PCD e remoção eficiente de cavacos. A usinagem constitui a base para todas as etapas subsequentes do processo no comando de válvulas.

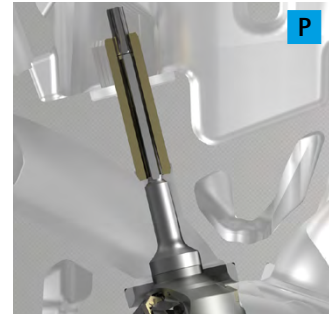
**2. Usinagem de acabamento – Furo cego**

As ferramentas para mandrilamento com múltiplas arestas de corte e ponta de PCD garantem a precisão dimensional e a qualidade de superfície. A precisão nesta etapa de usinagem é essencial para a prensagem subsequente dos anéis de assento da válvula e das guias da válvula.

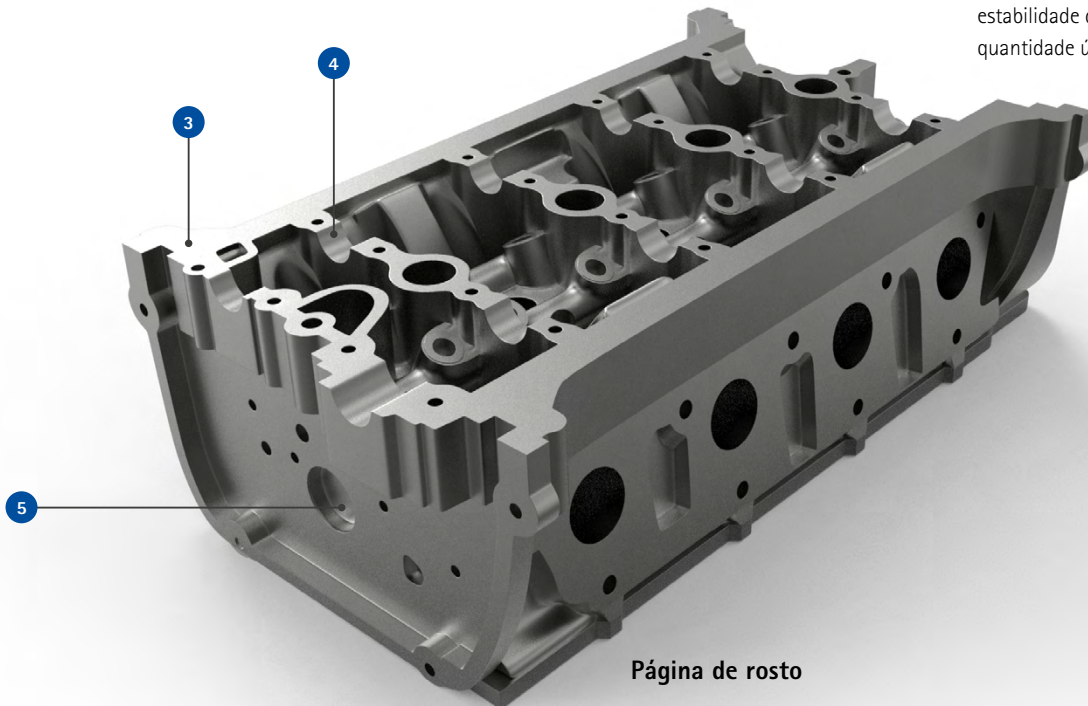
## PRENSAGEM DO ANEL DE ASSENTO DA VÁLVULA E DA GUIA DE VÁLVULA

**3. Pré-usinagem – Assento da válvula e guia da válvula**

Após a prensagem do anel de assento da válvula e da guia da válvula, é realizada a usinagem dos materiais duros. Para isso, são necessárias tolerâncias extremamente rigorosas e materiais de corte resistentes ao desgaste.

**4. Usinagem de acabamento – Assento da válvula e guia da válvula**

Para superfícies vedantes precisas, são utilizadas ferramentas de furação fina ou mandrilamento de alta precisão, que garantem alta estabilidade do processo e longa quantidade útil da ferramenta.



Página de rosto

4

**Furo no mancal do eixo de comando**

O furo no mancal do eixo de comando exige alta cilindricidade e circularidade. Ferramentas longas e múltiplos cortes nas almas dos mancais, utilizando cortes interrompidos, são próprias dessa técnica.

>> Mais informações a partir da página 14

5

**Furo do tampão de água**

O furo do tampão de água deve ter uma superfície livre de riscos e ranhuras. O furo deve estar livre de cavacos após a usinagem.

>> Mais informações a partir da página 16

# Cabeçote – Comando de válvulas

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

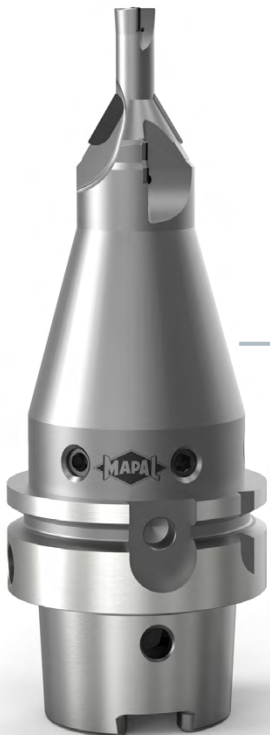
- Requisitos de alta precisão para tolerâncias de forma e posição
- Cilindricidade 10 µm
- Tolerância do diâmetro: 15 µm
- Coaxialidade do assento da válvula com a guia de válvula
- Circularidade < 8 µm
- Tolerâncias angulares no anel de assento da válvula na ordem de microns
- Materiais com alta resistência ao desgaste no anel de assento da válvula
- Máxima confiabilidade e repetibilidade do processo



## N FURO CEGO

1. Pré-usinagem

2. Usinagem de acabamento



### Ferramenta para mandrilamento PCD

Design da ferramenta curto e estável para máxima precisão de posicionamento.



### Ferramenta para mandrilamento PCD

Conceito de ferramenta com múltiplas arestas de corte para tempo de processamento curto.



#### + OPÇÃO

Tempo de processamento mais curto devido a um maior número de facas



#### + OPÇÃO

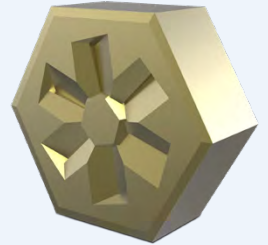
Maior confiabilidade do processo devido ao alinhamento da ferramenta ao adaptador modular



MAPAL competência em soluções

## HNHX - 12 ARESTAS DE CORTE PARA MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA

- Dependendo das especificações de tolerância do componente, pode ser equipado com um assento de inserto ou ser ajustável
- Com o máximo aproveitamento da aresta de corte, é possível usar até 24 vezes
- Diferentes materiais de corte de PcBN para todos os materiais comuns do assento de válvula



### P ASSENTO DE VÁLVULA / GUIA DE VÁLVULA



#### 3. Pré-usinagem

#### 4. Usinagem de acabamento



#### + OPÇÃO

Os mais altos requisitos de tolerância são obtidos por meio de ferramentas para acabamento preciso ajustáveis

#### + OPÇÃO

Plug-and-play devido ao assento de inserto

### Ferramenta-piloto

Uma ferramenta curta e estável garante a máxima precisão da posição para a ferramenta de acabamento subsequente.



### Ferramenta de acabamento

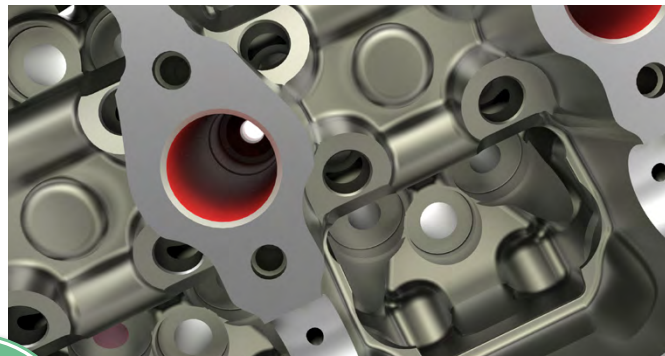
Usinagem de acabamento de alta precisão com ferramenta para acabamento preciso ajustável com sistema EA e alargador da guia de válvula de troca rápida.



# Cabeçote – Furo do injetor

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Grandes incrementos de etapas > 10 mm
- Remoção crítica do cavaco devido ao contorno do componente
- Situações flutuantes da fundição
- Requisitos de superfície até Rz 4
- Tolerâncias de diâmetro na faixa de H7
- Uma ampla variedade de designs de contorno com múltiplos raios e chanfragem de tolerância rigorosa. ( $\pm 0,1$  mm)



Processo de 3 etapas para máxima confiabilidade do processo

## N FURO DO INJETOR

### 1. Pré-usinagem



#### Broca sólida de nível PCD

Ferramenta para mandrilamento e broca sólida de múltiplos níveis com arestas de corte em PCD soldadas e bolsão de cavacos especiais para melhor remoção do cavaco.



### 2. Usinagem de semiacabamento



#### Brocas escalonadas de metal duro integral

Geometria especial da aresta de corte e design em espiral para otimizar a quebra e a remoção do cavaco.



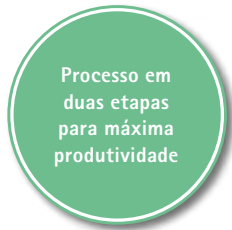
### 3. Usinagem de acabamento



#### Alargador de níveis PCD

Alargador escalonado de múltiplas arestas de corte com arestas de corte em PCD soldadas, geometria de aresta de corte especial e bolsão de cavacos ampliados para remoção ideal do cavaco.





MAPAL competência em soluções

## BROCA DE ENCAIXE PARA PRODUÇÃO COM USO EFICIENTE DE RECURSOS

A broca de encaixe permite a fácil substituição da etapa de furação total do componente desgastado, independentemente do estágio de mandrilamento. Graças à possibilidade de múltipla reafiação, a durabilidade é aproveitada de forma otimizada. A substituição direcionada da etapa de usinagem sujeita a desgaste economiza material e contribui para a sustentabilidade.



### 1. Pré-usinagem



#### Ferramenta para mandrilamento PCD com broca de metal duro integral intercambiável

Vida útil máxima da ferramenta das arestas de corte PCD graças ao estágio de furação completo intercambiável separadamente.



### 2. Usinagem de acabamento



#### Alargador de níveis PCD

Alargador escalonado com múltiplas arestas de corte PCD soldadas e bolsão de cavacos ampliados e polidos para uma remoção ideal de cavacos.



# Cabeçote – Furo no mancal do eixo de comando

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Cilindricidade (15  $\mu\text{m}$  a 100 mm)
- Circularidade < 5  $\mu\text{m}$
- Tolerâncias de diâmetro de 15  $\mu\text{m}$  a 20  $\mu\text{m}$
- Qualidades de superfície de < Rz 5  $\mu\text{m}$
- Cortes múltiplos devido ao corte interrompido
- Ferramentas com uma relação comprimento/diâmetro muito alta



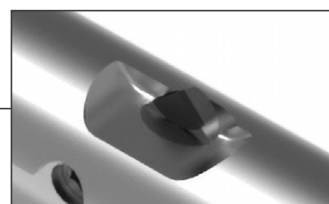
## N FURO NO MANCAL DO EIXO DE COMANDO

### 1. Pré-usinagem e usinagem de acabamento

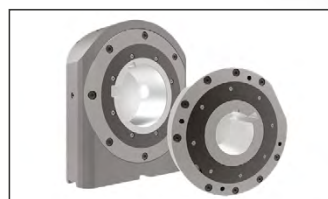
Máxima  
produtividade  
devido a uma  
solução única

### Barras de mandrilagem em linha

Usinagem em uma única operação com excelente retilidade do furo, graças ao suporte adicional com rolamentos de esferas ou de deslizamento.



Uso de buris de encaixe compactos e intercambiáveis.



Excelente retilidade do furo, apesar do grande comprimento, graças a múltiplos mancais e a uma série de barras de mandrilamento perfeitamente alinhadas.

Máxima confiabilidade do processo devido a um processo de 2 estágios

### + OPÇÃO

Tempo de processamento reduzido e plug-and-play graças à cabeça HPR intercambiável de múltiplas arestas de corte



## N FURO NO MANCAL DO EIXO DE COMANDO

### 1. Pré-usinagem

### + OPÇÃO

Avanços máximos devido ao design da ferramenta com múltiplas arestas de corte



### 2. Usinagem de acabamento



## Ferramenta para acabamento preciso

Ferramenta para acabamento preciso guiada por barra com pastilhas HX intercambiáveis.



## Ferramenta para acabamento preciso

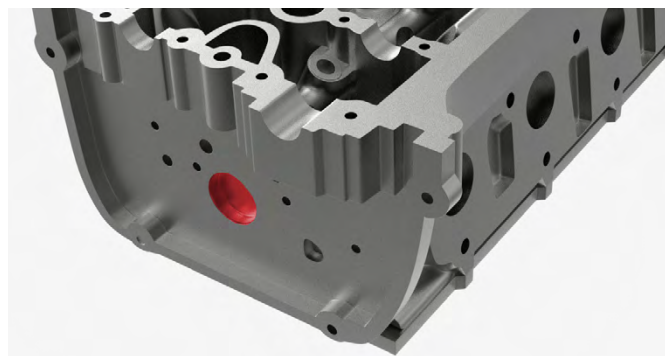
Ferramenta para acabamento preciso guiada por barra com pastilhas intercambiáveis – com ajuste fácil da aresta de corte e estágio adicional de pré-corte para atender às mais altas exigências de qualidade.



# Cabeçote – Furo do tampão de água

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Qualidade da superfície  $Ra < 16 \mu m$
- Circularidade 0,05 mm
- Tolerância de diâmetro H7
- Precisão posicional



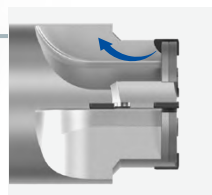
## N FURO DO TAMPÃO DE ÁGUA

### 1. Usinagem de semiacabamento



### Ferramenta de mandrilamento escalonada PCD

Design da ferramenta curto e compacto para máxima estabilidade.



### + OPÇÃO

Remoção segura e controlada de cavacos graças aos defletores de cavacos com retrolavagem integrada





MAPAL competência em soluções

## REMOÇÃO CONFIÁVEL DE CAVACOS GRAÇAS À RETROLAVAGEM INOVADORA

- A remoção controlada de cavacos impede que eles permaneçam no componente e reduz o esforço de limpeza
- Alta confiabilidade do processo graças à usinagem limpa e ao baixo desgaste da ferramenta
- Excelente qualidade dos componentes graças a uma superfície limpa e, portanto, menos desperdício

# Bloco de motor

O bloco de motor, também denominado bloco de cilindros, é o elemento central do motor de combustão interna. Dependendo do modelo do veículo e do tamanho do motor, existem designs e tamanhos diferentes, desde o motor de 2 cilindros em linha até o motor de 12 cilindros em V. Devido à sua leveza, as ligas de alumínio são predominantemente utilizadas no setor automotivo. Isso exige o uso de revestimentos de ferro fundido resistentes ao desgaste na furação de cilindros para garantir alta quilometragem. A usinagem frequentemente envolve a usinagem mista

de alumínio e ferro fundido, bem como o uso de revestimentos altamente abrasivos. O aumento da pressão de combustão nos motores modernos gera maior tensão mecânica e térmica, resultando em exigência de qualidade mais elevada para as peças usinadas.

## Tolerâncias dimensionais necessárias usando o exemplo da furação de cilindros



0,014 mm



0,020 mm



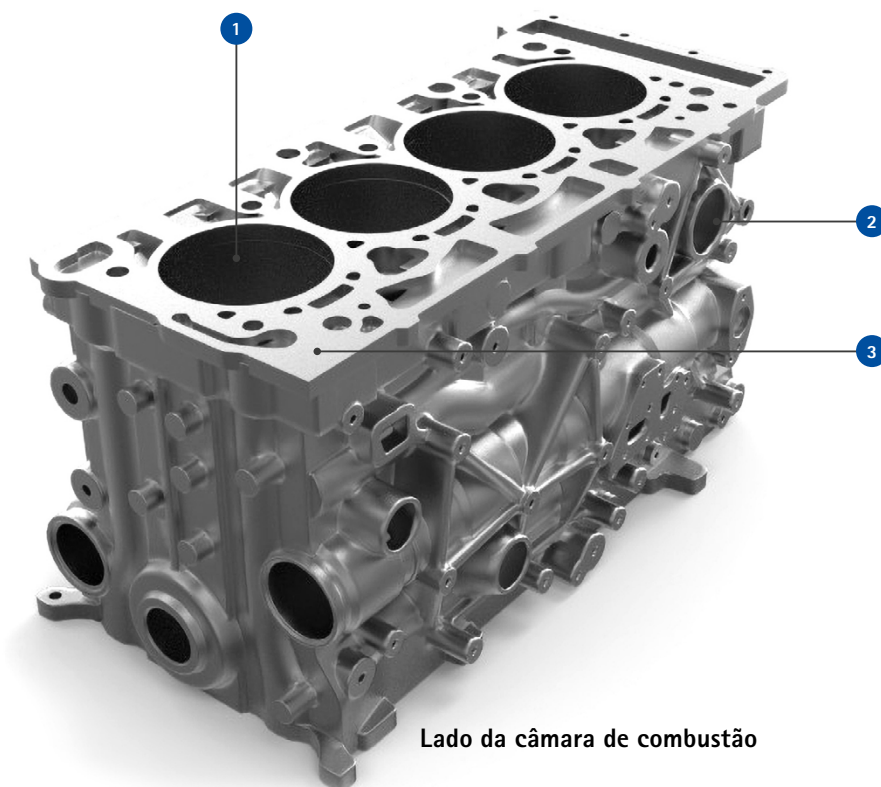
0,175 mm



0,009 mm



0,060 mm



Lado da câmara de combustão

1

### Furação de cilindros

A usinagem da furação de cilindros exige a mais alta precisão, apesar das variações nas tolerâncias de fundição, usinagem mista, acesso difícil e tolerâncias rigorosas.

>> Mais informações a partir da página 20

2

### Furo da bomba d'água

O furo da bomba d'água exige alta precisão dimensional e vedação. O processo de usinagem geralmente envolve vários cortes para produzir com precisão o encaixe e a superfície vedante.

>> Mais informações a partir da página 23

3

### Superfícies planas e vedantes

Durante a fresagem de facear, a superfície vedante é usinada entre o cabeçote e o bloco. Os fatores essenciais são a planicidade, a retilicidade e uma superfície sem rebarbas – frequentemente em condições de usinagem a seco.

>> Mais informações a partir da página 26

## Furação de cilindros em foco – Procedimento básico

**1. Pré-usinagem – Furação de cilindros**

A pré-usinagem inclui o mandrilamento da furação de cilindros com pastilhas intercambiáveis de design robusto. Eles conseguem processar volumes elevados e variáveis. Dependendo do material, são utilizadas pastilhas intercambiáveis HM com ponta de PCD ou revestidas para garantir a durabilidade e precisão da ferramenta.

**2. Usinagem de acabamento – Furação de cilindros**

As ferramentas para acabamento preciso levam o furo à dimensão exata para o revestimento subsequente ou a inserção da bucha de contato. As ferramentas são projetadas para alta estabilidade e alta velocidade de avanço, produzindo a precisão dimensional e a qualidade de superfície necessárias.

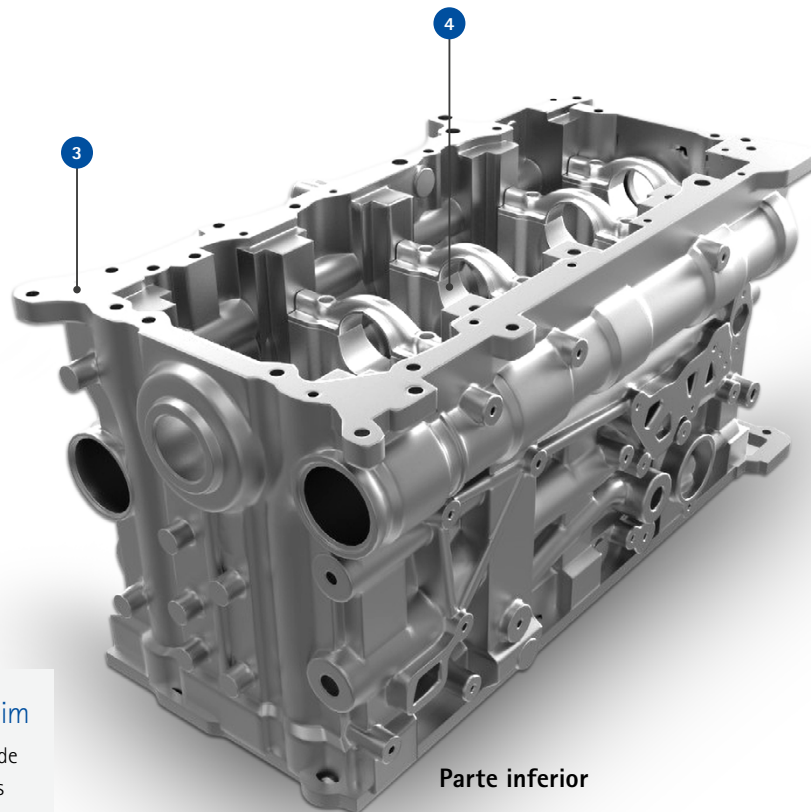
## REVESTIMENTO OU INSERÇÃO DA BUCHA DE CONTATO

**3. Usinagem de acabamento – Superfície de contato do cilindro**

Após o revestimento ou a união da bucha de contato, realiza-se a usinagem final da superfície de contato. As ferramentas para acabamento preciso garantem exatidão dimensional e de forma, apresentam compensação da aresta de corte e viabilizam a retração sem contato do furo.

**4. Rebaixo de brunimento**

O rebaixo de brunimento é geralmente produzido utilizando ferramentas especiais de fresamento ou acionamento. As geometrias de transição complexas e a usinagem mista parcial exigem uma seleção coordenada de ferramentas e materiais de corte.



Parte inferior

4

**Furação no mancal do virabrequim**

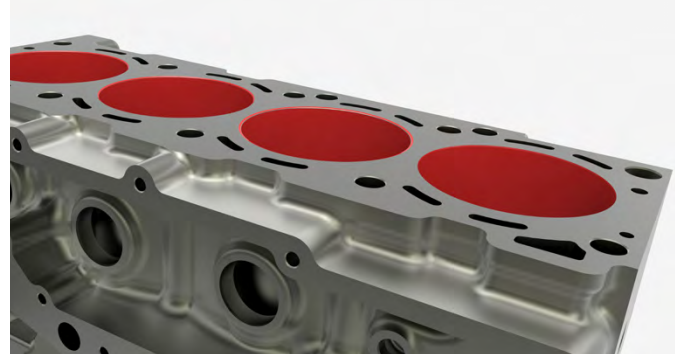
Esse furo impõe as mais altas exigências de coaxialidade e cilíndricidade em múltiplos pontos de rolamento. As ferramentas longas e as estratégias de usinagem finamente ajustadas garantem a precisão necessária.

>> Mais informações a partir da página 24

# Bloco de motor – Furação de cilindros

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Situações variáveis de fundição e dimensão
- Em alguns casos, revestimentos resistentes ao desgaste (camada LDS) são integrados aos componentes
- Usinagem parcialmente mista graças ao uso de diferentes materiais  
→ Bloco de motor de alumínio e bucha de contato do cilindro de ferro fundido cinzento
- Operações de usinagem de difícil acesso devido ao tamanho do componente
- Tolerância de diâmetro antes do brunimento de até 40 µm



## N FURO CEGO

### 1. Pré-usinagem



### Ferramenta para mandrilamento

Design da ferramenta estável e econômico com pastilhas intercambiáveis e suportes de fixação curtos facilmente ajustáveis, adequado também para dimensões de componentes variáveis.



### 2. Usinagem de acabamento



### Ferramenta para acabamento preciso com sistema EA

Design da ferramenta compacta com múltiplas arestas de corte para velocidade de avanço máxima e fácil ajuste.





Processo de fabricação alternativo com revestimento por aspersão térmica.

## K SUPERFÍCIE DE CONTATO DO CILINDRO COM BUCHA



### 3. Usinagem de acabamento

A solução ideal para o conceito de cada máquina

Centro de usinagem

Máquina especial



#### i FUNÇÃO

Ajuste da aresta de corte com precisão micrométrica – manual ou automatizado no centro de usinagem.

#### i FUNÇÃO

Alta confiabilidade do processo graças à usinagem sem risco utilizando o ajuste da aresta de corte

#### + OPÇÃO

Ajuste das arestas de corte graças ao aumento da pressão do refrigerante. Modelo de 5 lâminas



Rebaixo de brunimento na próxima página

### Ferramenta de compensação

A compensação da aresta de corte por meio de estrias na face de corte pode ser implementada de forma automática e direta na máquina. O ajuste das arestas de corte graças ao deslocamento posicional e design da ferramenta especial permite a retração sem contato.



### Ferramenta acionada

Dependendo do tipo de máquina, as lâminas de corte são controladas para dentro e para fora de maneira precisa por meio de uma barra de tração, um eixo de ajuste ou arestas de corte. Isso permite a retração sem contato e o reajuste preciso da aresta de corte.



## K N SUPERFÍCIE DE CONTATO DO CILINDRO

### 4. Rebaixo de brunimento

A solução ideal para o conceito de cada máquina

Centro de usinagem

Máquina especial



#### Fresas circulares

Design da ferramenta com múltiplas arestas de corte, oferecendo máxima flexibilidade na seleção de partilhas intercambiáveis.



#### Ferramenta acionada

Acionamento preciso das arestas de corte devido a uma barra de tração-retração. Possibilidade de desenho de contornos flexíveis.



#### MAPAL competência em soluções

#### CONCEITO DE FERRAMENTA FLEXÍVEL PARA VARIANTES DE COMPONENTES

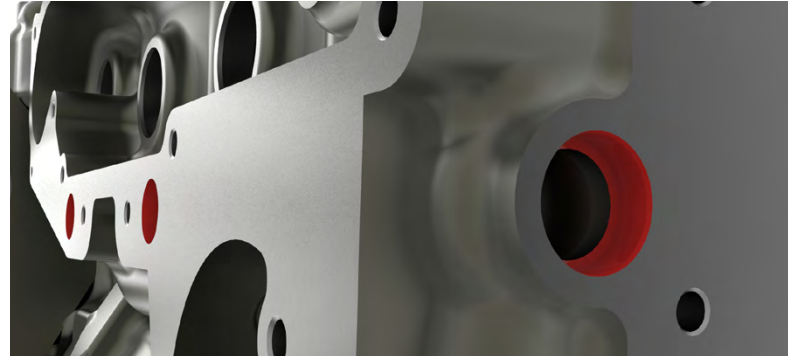
- Uma ferramenta – personalizada graças a variações de arestas de corte para cada modelo
- Soluções confiáveis para usinagem mista (ferro fundido/alumínio ou alumínio/aço)
- Arestas de corte especiais para transições radiais e geometrias de difícil acesso
- Máxima precisão nas tolerâncias de diâmetro de  $\pm 0,2$  mm
- Usinagem econômica para produção em série



# Bloco de motor – Furo da bomba d'água

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Furo em múltiplas etapas com transições de raio definidas
- Tolerâncias de diâmetro na faixa H8
- Circularidade de 10 µm a 20 µm



## N FURO DA BOMBA D'ÁGUA

### 1. Usinagem de semiacabamento



**i FUNÇÃO**  
Broca de metal duro  
integral intercambiável

## Ferramenta de mandrilamento escalonada PCD

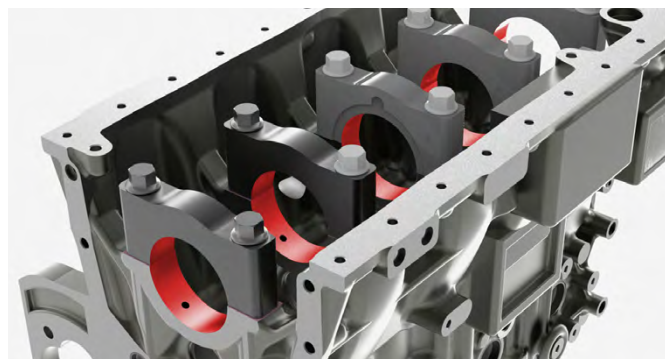
Geometria de corte PCD otimizada para quebra de cavacos controlada e com broca de metal duro integral intercambiável para uso eficiente das arestas de corte nos estágios de mandrilamento.



# Bloco de motor – Furação no mancal do virabrequim

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Alta coaxialidade entre as almas individuais dos rolamentos
- Cortes múltiplos devido ao corte interrompido
- Usinagem mista durante a usinagem de acabamento devido às carcaças dos rolamentos
- Tolerâncias de diâmetro de 0,2 mm
- Especificações da área da superfície de Rz 3,2 µm
- Circularidade <3 µm



## K N FURAÇÃO NO MANCAL DO VIRABREQUIM

### 1. Pré-usinagem e usinagem de acabamento



Combinação de usinagem da alma do rolamento e usinagem do rolamento de ajuste com furo do carretel integrado. Ajuste preciso e fácil das arestas de corte devido a cápsulas para inserto intercambiável curtas e precisas ajustáveis.

Máxima  
produtividade  
devido a uma  
solução única

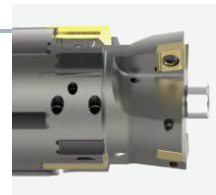
### Barras de mandrilar em linha com precisão

Coaxialidade ideal do componente graças ao suporte adicional oposto ao eixo da máquina, mesmo em componentes de grande comprimento.



## 2. Usinagem de acabamento

Máxima confiabilidade do processo devido a um processo de 2 estágios



**+ OPÇÃO**

**Qualidade de superfície superior** graças a pastilhas intercambiáveis com ajuste preciso na etapa de acabamento

## 1. Pré-usinagem



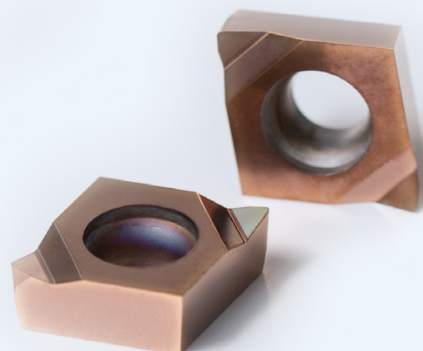
**Ferramenta para acabamento preciso**

Etapa de pré-acabamento e microusinagem adicional na etapa de acabamento para atender aos mais altos padrões de qualidade e confiabilidade do processo.



**MAPAL competência em soluções**  
**SÉRIE DE CLASSES PARA USINAGEM MISTA**

As combinações de materiais como alumínio fundido ou alumínio sinterizado exigem classes especiais. A MAPAL oferece pastilhas intercambiáveis com substratos, geometrias e revestimento de TiAlN adaptados para uma longa durabilidade da ferramenta e alta relação custo-benefício nessas situações de usinagem.



# Superfícies planas e vedantes

A usinagem de superfícies plana e vedante em motores de combustão interna exige a mais alta precisão dimensional, planicidade e qualidade de superfície – frequentemente em condições secas.

A MAPAL oferece ferramentas de fresamento de face de alto desempenho com número máximo de dentes, design de ferramenta estável e remoção de cavacos otimizada. Seja no desbaste ou no acabamento: As soluções são projetadas para serem econômicas, confiáveis no processo e garantirem a qualidade dos componentes.

## N FRESAMENTO DE FACE

### NeoMill-T-Rough

Ferramenta de desbaste tangencial para usinagem estável em alto volume.




 USINAGEM DE DESBASTE

### FaceMill-Diamond

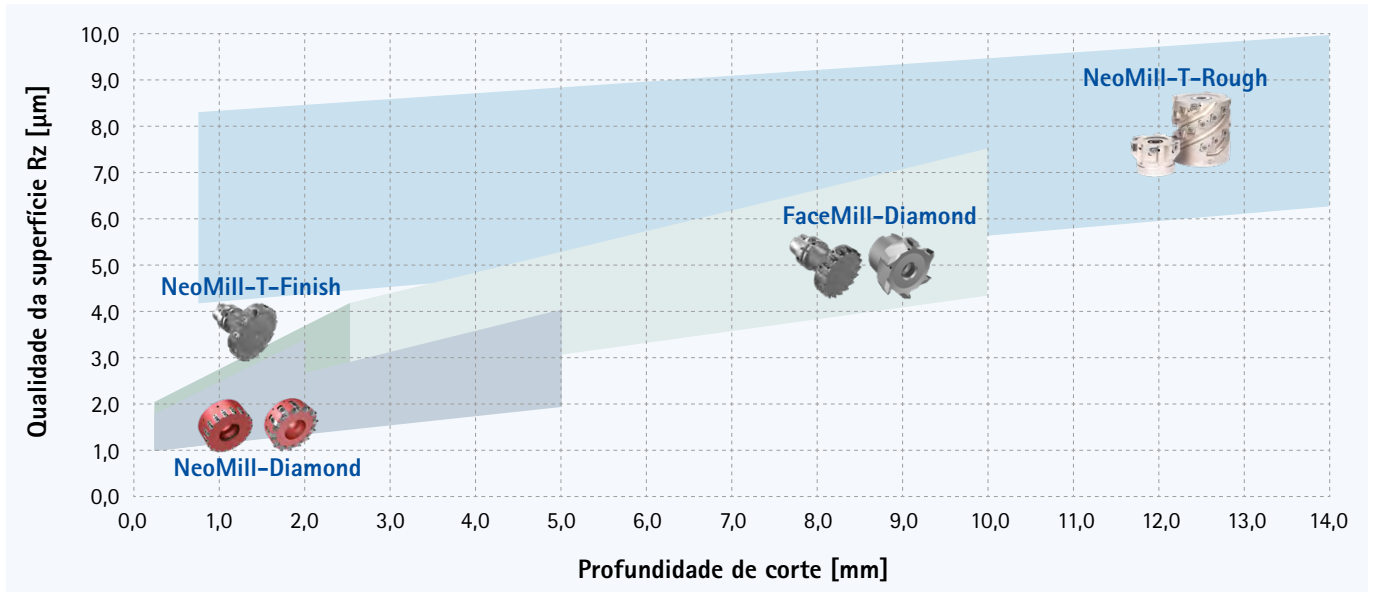
Ferramenta robusta e reafiável com arestas de corte PCD soldadas.



 **OPÇÃO**  
Produtividade máxima devido ao número máximo de dentes

 ACABAMENTO

## Visão geral dos sistemas de fresamento de facear plana



## NeoMill-T-Finish

Solução plug-and-play com pastilhas intercambiáveis graças ao assento de inserto de alta precisão.



PATENTE  
PENDENTE

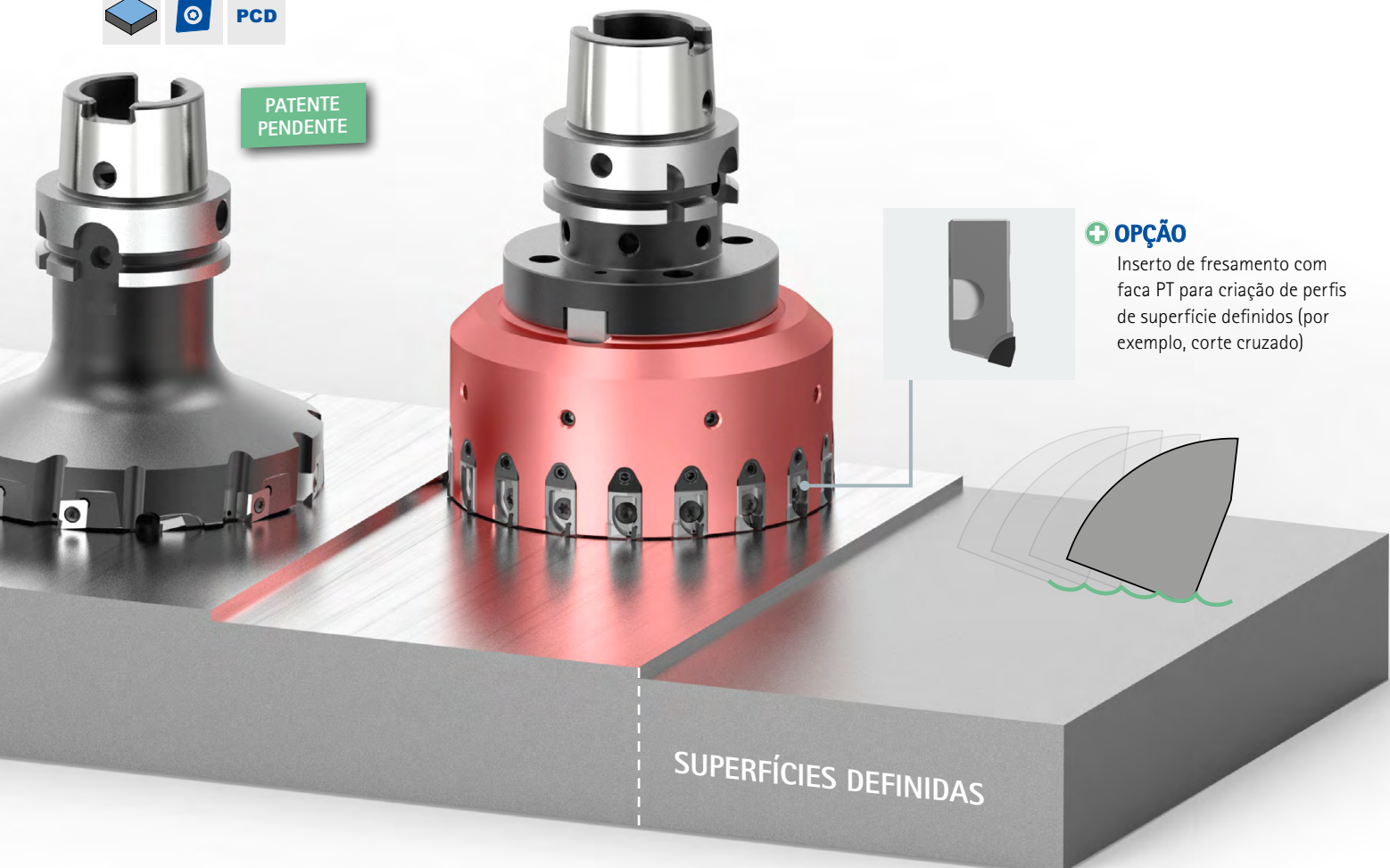
## NeoMill-Diamond

Cabeçote de fresar com insertos PCD intercambiáveis e ajuste preciso da aresta de corte.



## + OPÇÃO

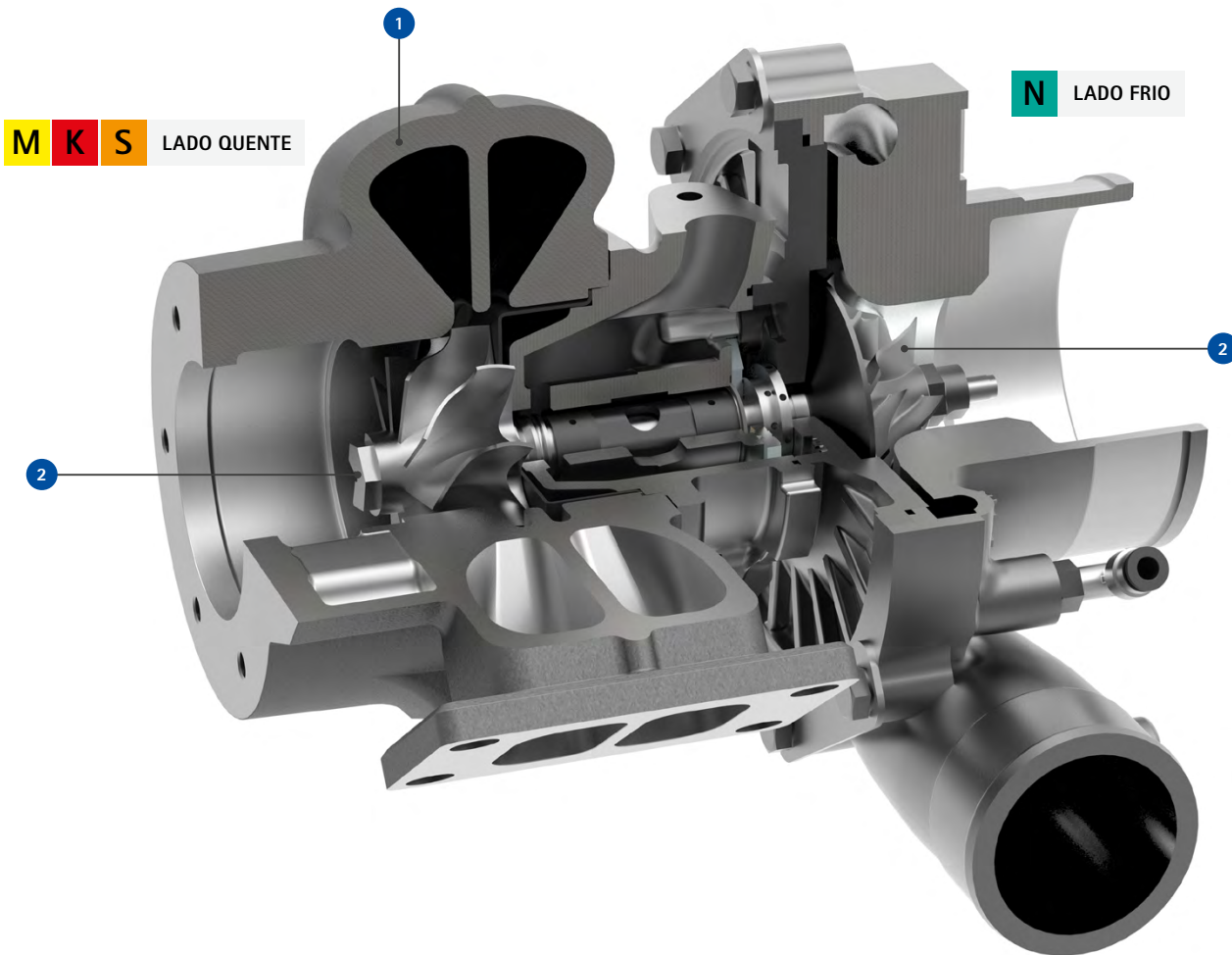
Inserto de fresamento com faca PT para criação de perfis de superfície definidos (por exemplo, corte cruzado)



# Turbocompressor

Os turbocompressores de gases de escape são utilizados para aumentar o desempenho e a eficiência dos motores de combustão interna. O fornecimento de ar comprimido aumenta a eficiência e, simultaneamente, reduz as emissões – um aspecto fundamental das estratégias climáticas atuais.

A uma velocidade de até  $300.000 \text{ rpm}^{-1}$  aplicam-se os mais elevados padrões de coaxialidade e circularidade. Especialmente no lado de gases de escape (lado quente), os materiais abrasivos de alta liga impõem exigências extremas à resistência ao desgaste das ferramentas de usinagem. Mesmo pequenas melhorias na vida útil das ferramentas resultam em vantagens significativas de custo na produção em série, quando se fabricam grandes quantidades.



1

## Bloco do turbocompressor

K

Os contornos complexos e as altas tensões térmicas exigem usinagem precisa e superfícies sem rebarbas.

>> Mais informações a partir da página 30

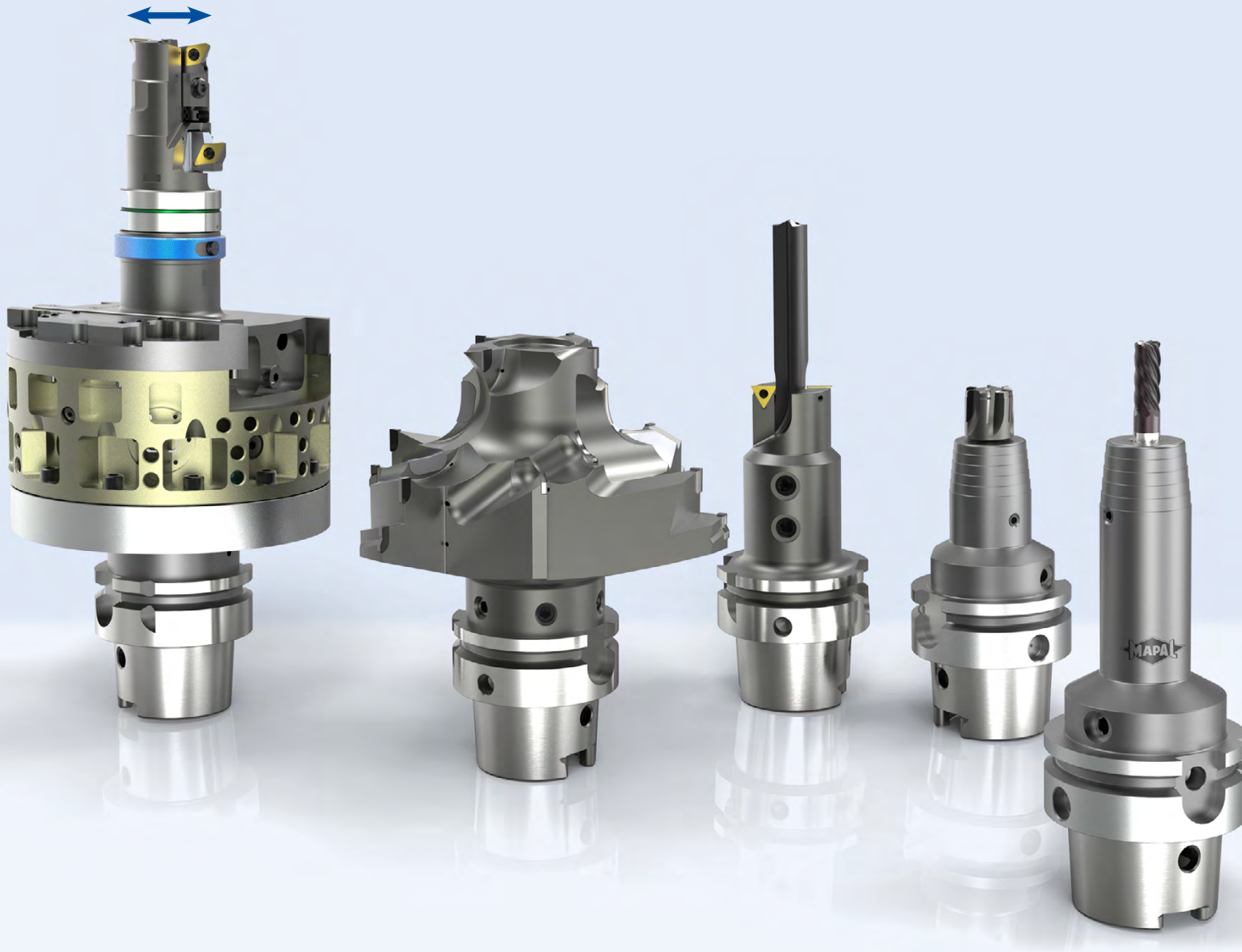
2

## Impulsor / Ventoinha

M N S

Superfícies de forma livre e tolerâncias rigorosas em altas velocidades – usinagem exigente para geometrias sujeitas a cargas dinâmicas.

>> Mais informações a partir da página 32



MAPAL competência em soluções

## TOOLTRONIC® – UM EIXO DE FERRAMENTA ADICIONAL COMPLETO

As ferramentas de furação MAPAL representam o mais alto nível de precisão e flexibilidade na usinagem de contornos complexos, superfícies planas e canais como, por exemplo, no bloco do turbocompressor. Com o sistema de ferramentas mecatrônicas TOOLTRONIC desta família de produtos, é possível realizar a usinagem de peças cúbicas com alta precisão e de forma eficiente em uma única fixação em centros de usinagem (BAZ).



# Bloco do turbocompressor

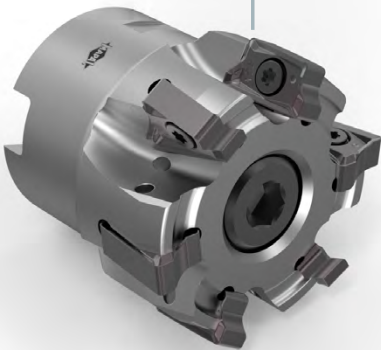
O bloco do turbocompressor no lado do gás de escape está exposto a tensões térmicas e mecânicas extremas. Ela direciona os gases de escape quentes – com temperatura de até 1.050°C – especificamente para a roda da

turbina para impulsionar a sua rotação. A geometria do bloco influencia significativamente a resposta e a eficiência do carregador. São utilizados materiais resistentes a altas temperaturas, como ligas fundidas à base de níquel ou ferro. A fabricação exige processos de fundição precisos e um pós-processamento elaborado para garantir a exatidão dimensional e a qualidade da superfície – especialmente na área de contornos relevantes relacionados ao fluxo.

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

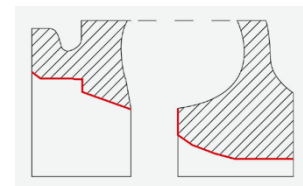
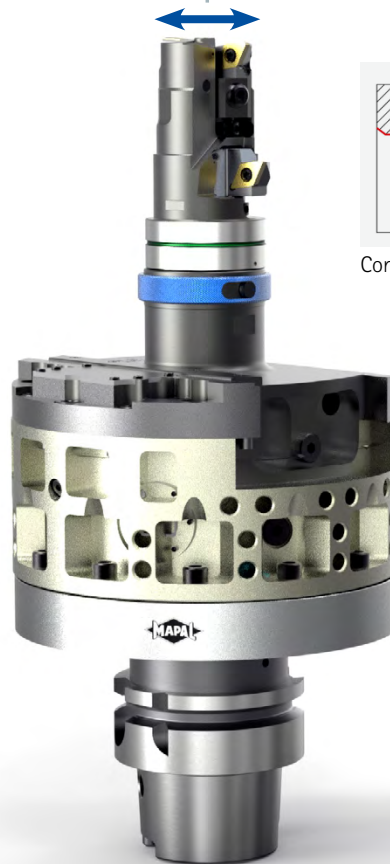
- Materiais altamente resistentes ao calor e muito abrasivos
- Geometrias e contornos complexos com chanfragem, raios e transições
- Tolerâncias rigorosas de forma, posição e superfície
- Cortes interrompidos

## K LADO QUENTE



### Fresamento 90° de das superfícies NeoMill-4-Corner

Design de ferramenta curto e estável para máxima estabilidade e pastilhas intercambiáveis desenvolvidas especialmente para materiais de difícil usinagem.

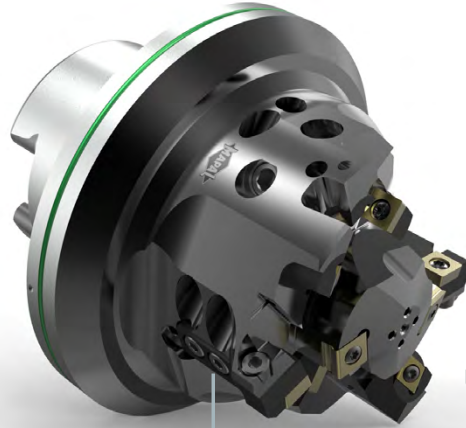


Contorno complexo de um turbocompressor

### Usinagem de contorno interno FERRAMENTA TOOLTRONIC®

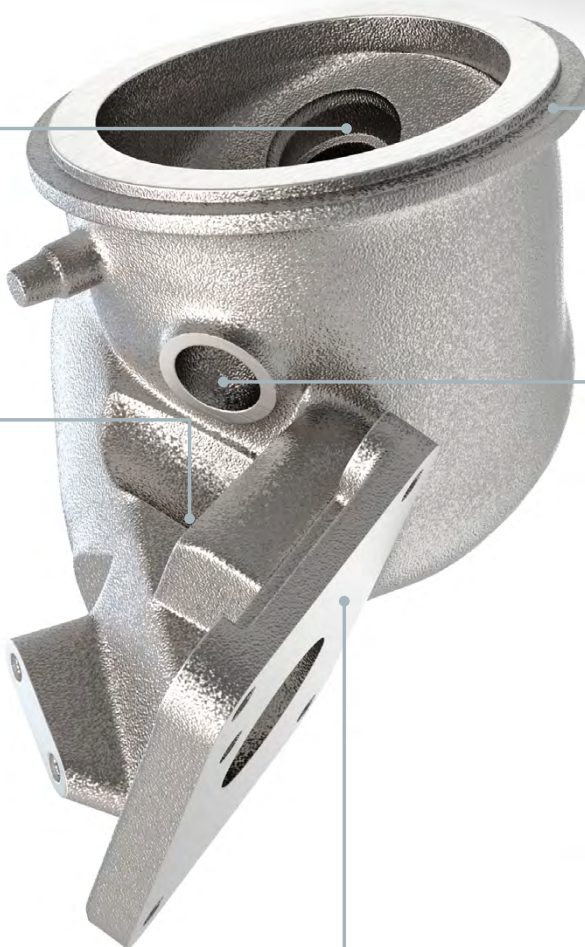
Usinagem flexível com um eixo de usinagem adicional (eixo U) que oferece máxima flexibilidade para alterações de contorno ou correções de desgaste.





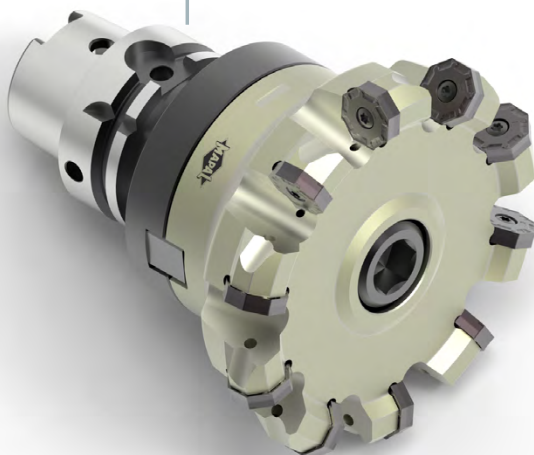
### Usinagem da conexão do coletor de escape Ferramenta para mandrilamento

Design da ferramenta com pastilhas intercambiáveis ajustáveis para tempo de processamento curto.



### Furo do pino de controle Alargadores de alto desempenho

Ferramenta projetada com arestas de corte especialmente dispostas para otimizar a remoção de cavacos, mesmo nas velocidades de avanço mais elevadas.



### Superfície de conexão do bloco do turbocompressor NeoMill-16-Face

Número máximo de dentes e pastilhas intercambiáveis com 16 arestas de corte para máxima quantidade útil da ferramenta e baixo custo por componente.



# Turbocompressor - Impulsor / Ventoinha

O impulsor é o componente central no lado do compressor de um turbocompressor. Ele acelera o ar aspirado radialmente para fora, aumentando, dessa forma, a sua pressão e temperatura.

Os impulsores modernos são geralmente feitos de alumínio ou titânio de alta resistência e são fabricados usando fresamento de 5 eixos ou fundição de alta precisão. A geometria das pás, otimizada aerodinamicamente, é essencial para a eficiência e o comportamento da pressão de sobrealimentação. Devido à alta velocidade de rotação, que chega a  $300.000 \text{ rpm}^{-1}$  devem-se atender aos mais altos requisitos de qualidade do balanceamento, resistência e precisão dimensional.

## CARACTERÍSTICAS

- Materiais de difícil usinagem no lado quente
- Variações de materiais e diferenças de liga
- Operações de usinagem complexas e de difícil acesso
- Requisitos de alta precisão para concentricidade
- Requisitos de superfície de  $Ra < 0,4 \mu\text{m}$

## M S LADO QUENTE

### 1 Furo do eixo



## MEGA-Speed-Drill-Titan

Geometria e revestimento especiais da aresta de corte para baixa formação de aresta postiça e remoção ideal de cavacos.



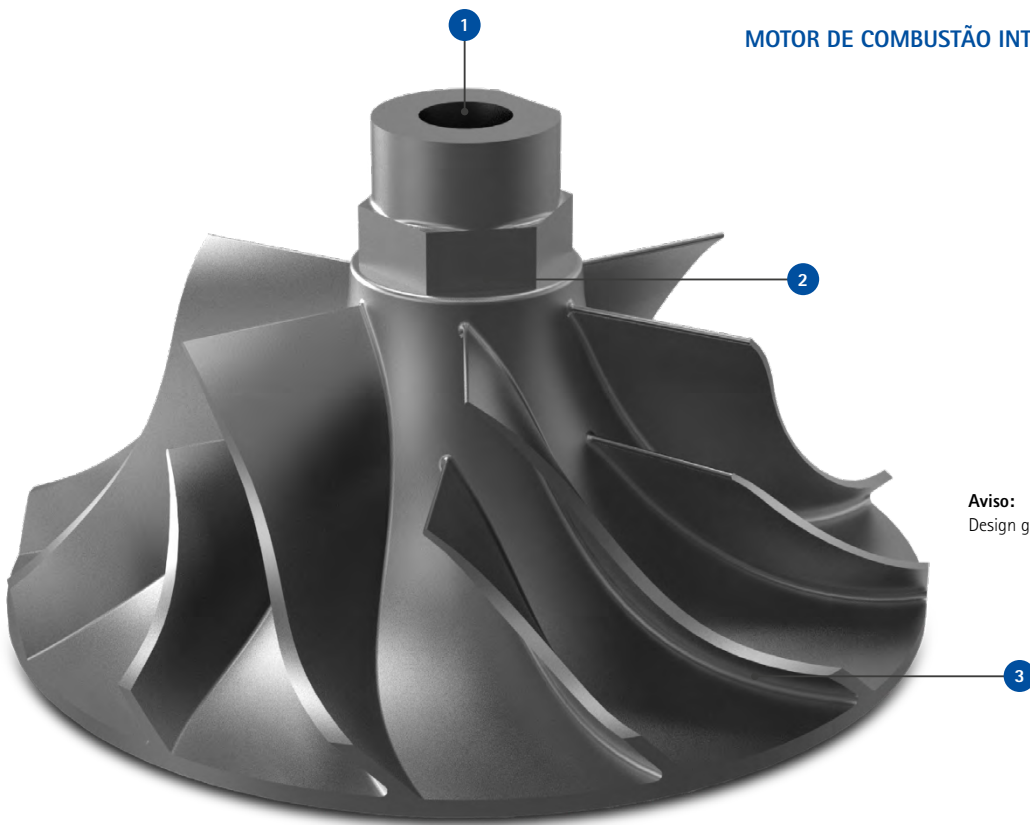
### 2 Superfície de balanceamento



## Fresa de perfil

Fresa de metal duro integral com revestimento de múltiplas arestas de corte, projetada para materiais de difícil usinagem.





**Aviso:**  
Design geométrico em colaboração com o cliente final.

## N LADO FRIO

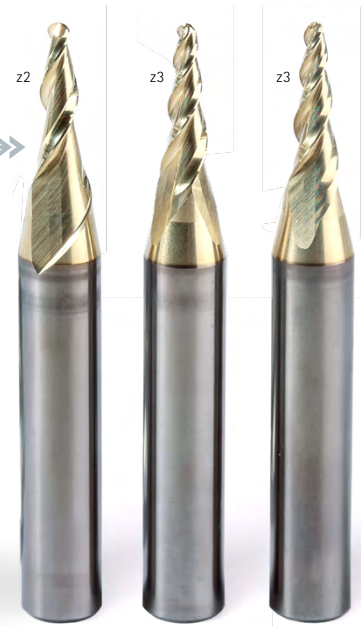
1 Furo do eixo



2 Superfície de balanceamento



3 Usinagem das asas



### Tritan-Drill-Alu

Broca de metal duro integral com três canais para velocidade de avanço mais elevada.



### Fresa de esquadrejamento PCD

Fresa de múltiplas arestas de corte com ponta de PCD para máxima quantidade útil da ferramenta.



### Fresa de forma revestida

Fresa de forma adaptada ao contorno da peça para desbaste, semiacabamento e acabamento.



# Biela

As bielas estão sujeitas a elevadas cargas dinâmicas durante o funcionamento do motor. Para atender a esses requisitos, são utilizados materiais de aço de alta resistência, como o 70MnVS4 ou o C70. Sua tarefa: Converter o movimento linear do pistão em um movimento rotativo do virabrequim. Para minimizar a massa em movimento, as bielas são otimizadas em termos de peso de forma consistente. O resultado é uma grande variedade de formas – desde paralelas e trapezoidais até formas escalonadas. Essa diversidade impõe grandes exigências à fabricação, especialmente na usinagem do olhal menor da biela.

As diferentes geometrias levam a situações de furação variadas que devem ser resolvidas com precisão e economia. Na produção em série, o foco está na relação custo-benefício. A produção em série exige processos estáveis, tempos de produção curtos e máxima durabilidade das ferramentas.

## Tolerâncias dimensionais necessárias usando o exemplo de um olhal menor

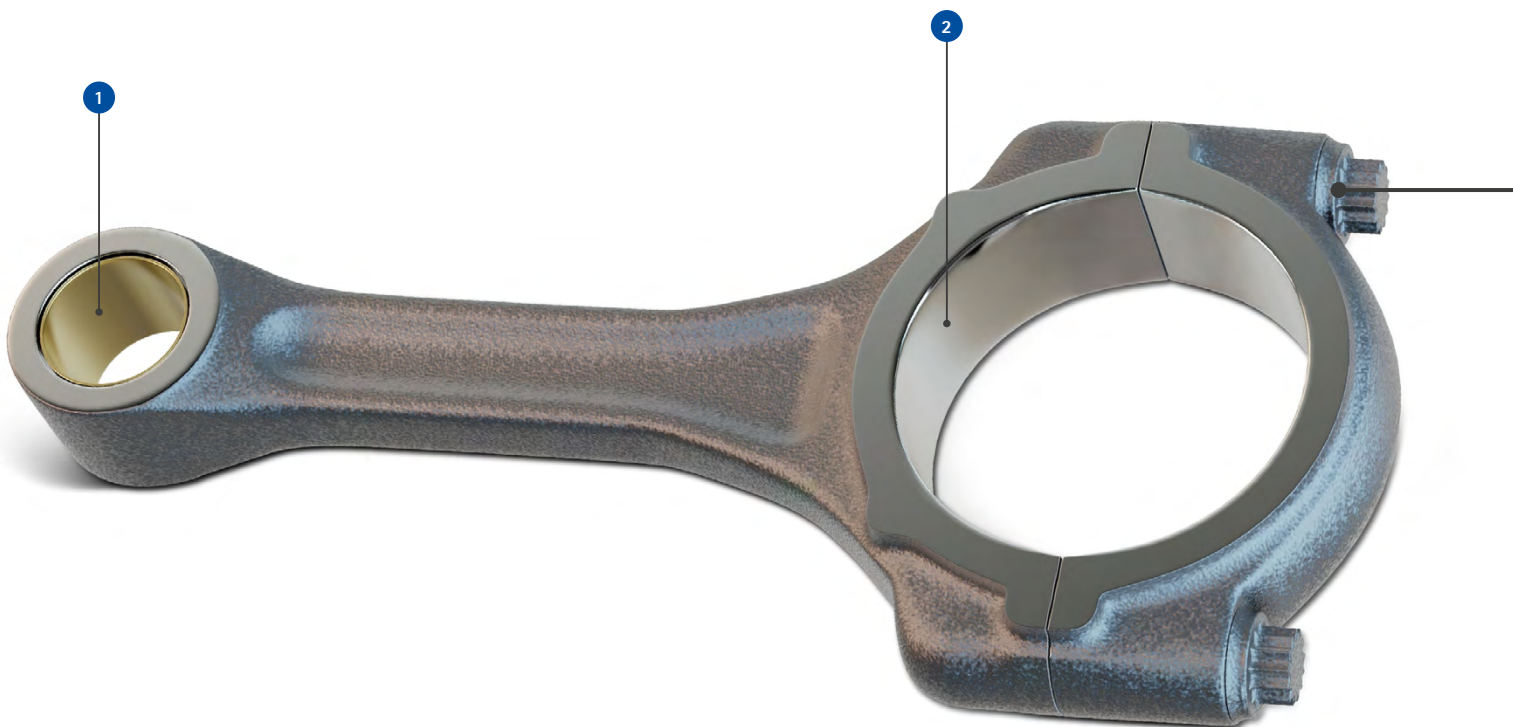
$\beta$  4 - 6  $\mu\text{m}$

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

$\oplus$  60 - 200  $\mu\text{m}$

$\bigcirc$  5 - 10  $\mu\text{m}$

$\sqrt{\quad}$  max. Ra 0,8  $\mu\text{m}$



1

### Olhal menor

Diversidade de variantes, formatos de trombeta e tolerâncias micrométricas: A usinagem do olhal menor exige máxima precisão e soluções de ferramentas flexíveis.

**>> Mais informações a partir da página 36**

2

### Olhal maior

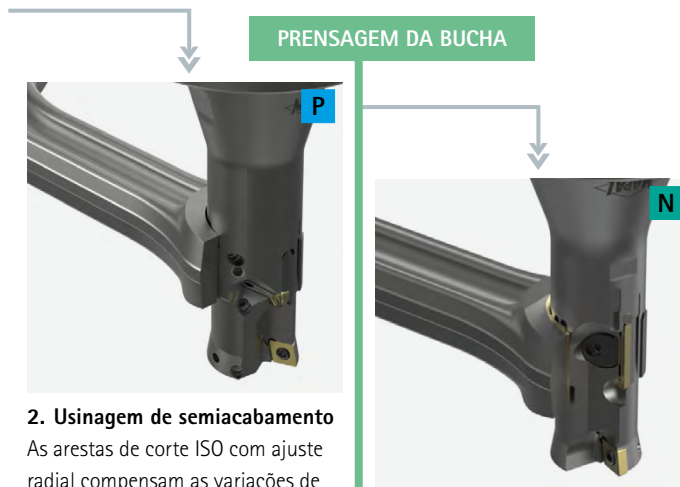
Altas forças de corte e tolerâncias de forma rigorosas exigem ferramentas estáveis e estratégias de usinagem precisas.

**>> Mais informações a partir da página 38**

## Foco no olhal menor – Procedimento básico

**1. Pré-usinagem**

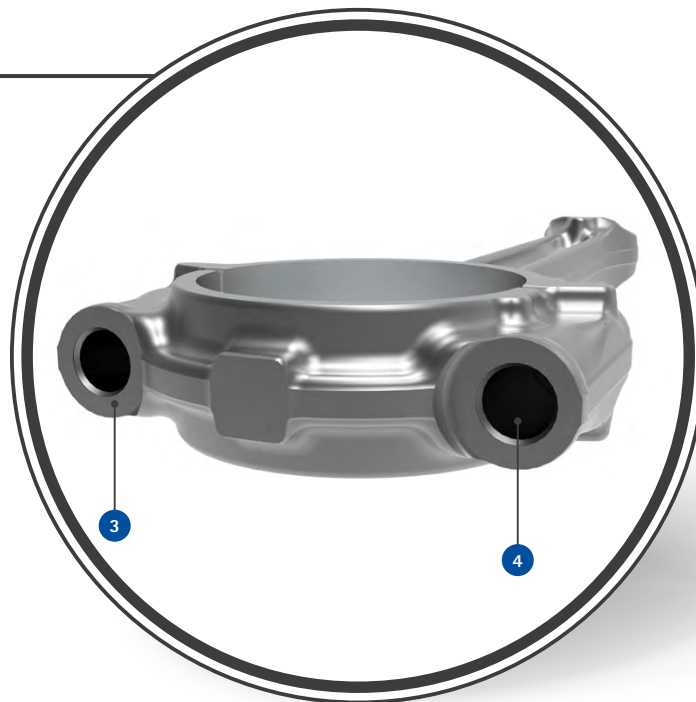
Os diferentes formatos de bielas exigem soluções de ferramentas flexíveis. Uma broca sólida especial combina furação, mandrilamento e chanfragem em ambos os lados. O desafio: processos estáveis apesar das geometrias variáveis.

**2. Usinagem de semiacabamento**

As arestas de corte ISO com ajuste radial compensam as variações de forma e preparam o furo para a bucha. A precisão dimensional e a distribuição uniforme do material são essenciais para o ajuste subsequente.

**3. Usinagem de acabamento**

As ferramentas para acabamento preciso com guias de PCD produzem as melhores qualidades superficiais e circularidade abaixo de 10 µm.



3

**Rebaixo da cabeça do parafuso**

Usinagem de superfície precisa para superfícies de assentamento de parafusos seguras – alta precisão dimensional e geometria definida para formatos variados de bielas.

>> Mais informações a partir da página 39

4

**Furo do parafuso**

Furo em múltiplos estágios com tolerâncias rigorosas – ferramentas estáveis e geometrias de corte otimizadas para máxima confiabilidade do processo e durabilidade da ferramenta.

>> Mais informações a partir da página 39

# Biela – Olhal menor

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Situações de furação e mandrilamento devido aos diferentes formatos da biela
- Requisitos de acabamento superficial de Ra máximo de 0,8 µm
- Tolerâncias de diâmetro de 6 µm
- Circularidade de 5 µm a 10 µm
- Parcialmente certos formatos de furo, como o formato de trombeta



## P OLHAL MENOR

### 1. Pré-usinagem



### Broca sólida WP

O design compacto e estável da ferramenta permite furação, mandrilamento e chanfragem em ambos os lados com apenas uma ferramenta.



A solução ideal para cada necessidade

### 2. Usinagem de semiacabamento e de acabamento

Quantidade máxima



### Ferramenta para acabamento preciso

Etapa de pré-acabamento para máxima quantidade útil da ferramenta e para atender aos mais altos padrões de qualidade da etapa de furação fina.



Produtividade máxima



### Alargador de cabeça intercambiável HPR

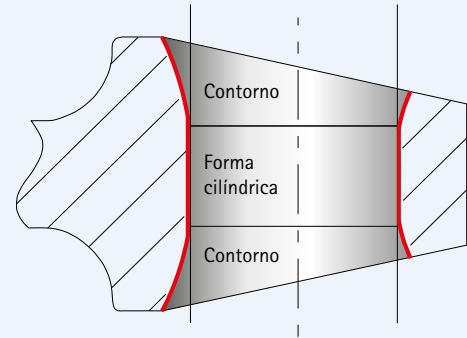
Cabeça intercambiável com múltiplas arestas de corte e possibilidade de reafiação para ciclos de trabalho curtos e longa quantidade útil da ferramenta.





**MAPAL competência em soluções**  
**FORMA DE TROMBETA**

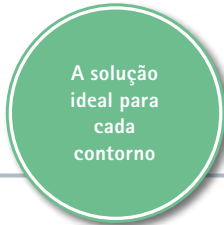
O formato de trombeta é utilizado para minimizar a pressão nas bordas e garantir a transmissão ideal de potência entre o pino do pistão e a biela. Este formato ajuda a explorar ao máximo as propriedades do material e a compensar a deformação do pino no olhal da biela.



**N OLHAL MENOR COM BUCHA**



**3. Usinagem de acabamento**



Forma cilíndrica

Forma de trombeta



**Ferramenta para acabamento preciso**

Etapa de pré-acabamento e etapa de usinagem de acabamento WP ajustável para atender aos mais altos padrões de qualidade e à máxima quantidade útil.



**Ferramenta acionada**

Eixo U adicional para usinagem de semiacabamento e acabamento dos olhais menores e maiores. Máxima flexibilidade de contorno e conforto ao desgase.



# Biela – Olhal maior

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Metal duro resistente ao desgaste na área da trinca
- Diferentes situações de medição
- Requisitos de máxima qualidade para a geometria do furo
- Circularidade de 5  $\mu\text{m}$  a 8  $\mu\text{m}$
- Tolerâncias de diâmetro de 10  $\mu\text{m}$
- Valores de superfície definidos de ~ Rz 6  $\mu\text{m}$  a Rz 11  $\mu\text{m}$



## P OLHAL MAIOR

### 1. Pré-usinagem



### Ferramenta de desbaste

Design da ferramenta estável e com múltiplas arestas de corte para combinar várias etapas do processo (desbaste, mandrilamento, chanfragem).



### 2. Usinagem de acabamento



### Ferramenta para acabamento preciso

Mandrilamento e acabamento preciso para dimensões definidas, máxima quantidade útil da ferramenta e os mais altos requisitos de qualidade.



# Biela – Rebaixo da cabeça do parafuso / Furo do parafuso

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

- Precisão posicional de +/-0,10 mm
- Requisito de acabamento superficial Ra 3,2 µm
- Concentricidade 0,20 mm
- Tolerâncias de diâmetro: 0,05 mm a 0,10 mm
- Projeto de furação com múltiplos incrementos de etapas
- Materiais de difícil usinagem com uma camada externa forjada ainda mais resistente



## P REBAIXO DA CABEÇA DO PARAFUSO

### 1. Ranhuramento / Fresamento



## Ferramenta de fresamento de metal duro integral

Geometria frontal de corte para fresamento e ranhuramento das superfícies de apoio.



## P FURO DO PARAFUSO

### 1. Pré-usinagem e usinagem de acabamento



## Brocas escalonadas de metal duro integral

Design de One-shot em várias etapas, com quebra de cavacos otimizada nas fases de mandrilamento.



# Vibrabrequim

O projeto básico do vibrabrequim é determinado pelo número de cilindros e pelo projeto do motor. Para reduzir as emissões, o peso dos eixos, em sua maioria de aço forjado, deve ser cada vez mais otimizado. Isso exige etapas

de usinagem adicionais para componentes que já são complexos. Ao mesmo tempo, o aumento da pressão de combustão gera maiores cargas de flexão e torção – e, portanto, requisitos de qualidade mais rigorosos em termos de precisão dimensional, resistência e qualidade da superfície.

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

### Exemplo de um furo de lubrificação central:

- Início do furo múltiplo
- Profundidade de furo até 800 mm
- Parâmetros de processo coordenados para furação e rebarbação simultâneas
- Coaxialidade
- Condições de usinagem variáveis devido a oscilações na fundição

## P VIBRABREQUIM



### Superfície do flange e da espiga NeoMill-16-Face

Número máximo de dentes e pastilhas intercambiáveis com 16 arestas de corte utilizáveis para baixo custo por componente.



### Furo de óleo MEGA-Deep-Drill-Steel

Geometria otimizada e revestimento HiPIMS para furação profunda confiável com alta velocidade de avanço.





Mais sobre o tema de furação e chanfragem

### Furo de lubrificação central Ferramenta de rebarbação de furação TTD

Sistema de pontas intercambiáveis com interface TTS e aresta de corte chanfrada intercambiável para chanfro direto e/ou reverso.



#### **i** FUNÇÃO

Sistema de pontas intercambiáveis da MAPAL e aresta de corte chanfrada da HEULE para entrada e saída de furos.

### **P** FURO DE ROLAMENTO FRONTAL

1. Pré-usinagem

2. Usinagem de acabamento



### Alargadores de alto desempenho

Alargador plug-and-play com múltiplas arestas de corte para usinagem de acabamento de diâmetro e chanfro.



### Broca WP

Ferramenta curta e estável com várias etapas de processo integradas em uma única ferramenta (desbaste, mandrilamento, chanfragem).



# Balancim / Braço de arrasto

O controle preciso das válvulas de admissão e escape é essencial para o desempenho e a eficiência dos motores de combustão interna. Na engenharia automotiva, geralmente são usadas quatro válvulas por cilindro – duas

para a admissão de ar fresco ou mistura ar-combustível e duas para a saída dos gases de escape. Dependendo do projeto do motor, os balancins ou os braços de arrasto controlam a atuação das válvulas. O objetivo é minimizar o atrito e o desgaste nos componentes móveis. Os discos de ajuste integrados permitem um ajuste preciso da folga das válvulas para garantir um processo de combustão estável e evitar danos ao motor.

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

### Exemplo de furo de rolamento:

- Tolerâncias de diâmetro na faixa de H7
- Requisito de acabamento superficial na faixa de Rz 3 µm
- Circularidade na ordem de alguns microns
- Qualidade de fundição variável

## P FURO DE ENCAIXE

### 1. Usinagem de acabamento

## Ferramenta para acabamento preciso WP

Ferramenta para acabamento preciso guiada por barra com arestas de corte ajustáveis para os mais altos padrões de qualidade.



Altíssima precisão

A solução ideal para cada necessidade

Produtividade máxima



## Alargador de cabeça intercambiável HPR

Alargador de múltiplas arestas de corte, reafiável, com interface HFS para facilitar a troca de ferramentas.



**P** FURO DE ROLAMENTO

1. Usinagem de acabamento



Produtividade máxima



**Alargador de cabeça intercambiável HPR**

Alargador da cabeça intercambiável e reafiável com múltiplas arestas de corte e sistema HFS para troca rápida de ferramentas na máquina.



A solução ideal para cada necessidade

Altíssima precisão



**Ferramenta para acabamento preciso WP**

Ferramenta de barra guia e pastilhas intercambiáveis ajustáveis para atender aos mais altos padrões de qualidade.



# Flauta

Assim como nos motores a diesel que utilizam sistemas common-rail, os motores a gasolina modernos também estão, cada vez mais, injetando combustível diretamente na câmara de combustão. A mistura é formada apenas

na câmara de combustão, o que aumenta o desempenho e a eficiência e reduz as emissões. O aumento da pressão de injeção, que chega a 2.500 bar, impõe exigências máximas aos componentes e materiais. São utilizados materiais de difícil usinagem, como aço fundido ou aço inoxidável, combinados com processos de usinagem complexos.

## CONDIÇÕES DE PROCESSO

### Exemplo do furo central da flauta:

- Superfície de forjamento externa extremamente dura
- Profundidades do furo extremas de até 25xD
- Tolerâncias de diâmetro de 0,20 mm
- Materiais de corte longo

## Conexão de alta pressão Brocas de furação

Broca de metal duro inteiriço para furos de diâmetro mínimo.



## P FLAUTA

## P FURO CENTRAL DA FLAUTA

1. Pré-usinagem

2. Furação

## Broca piloto

Geometria especial para a superfície de forjamento externa de difícil usinagem, perfeitamente compatível com a furação subsequente do furo profundo.



## Broca de furação profunda

Geometria e revestimento otimizados para desempenho máximo e melhor fluxo de cavacos, mesmo em profundidades do furo extremas.

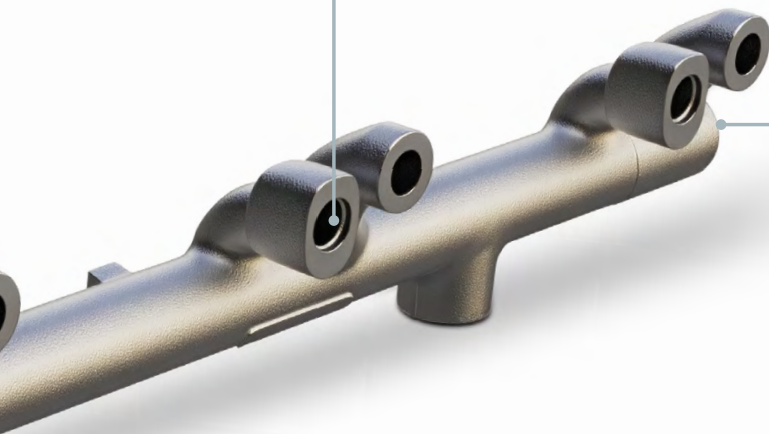




#### Furo do injetor

### Alargador de níveis de metal duro integral revestido

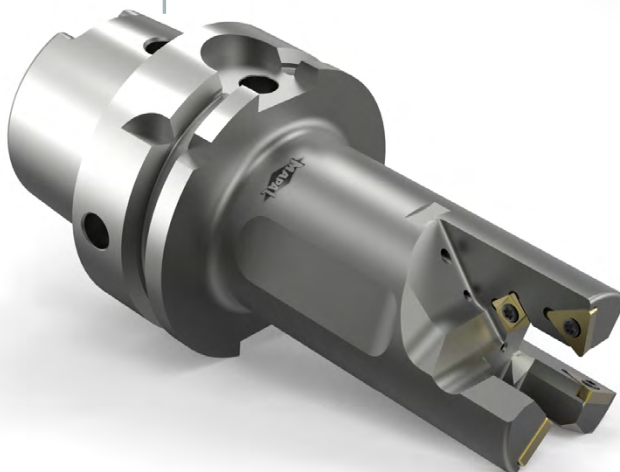
Projeto especial da ferramenta para otimizar a distribuição do corte e o controle de cavacos nos incrementos das etapas.



#### Usinagem de acabamento

### Cabeça da face plana

Ferramenta combinada de múltiplas arestas de corte para fresagem de facear e pré-corte de chanfragem na face frontal.



#### Usinagem de conexão

### Rebaixador frontal

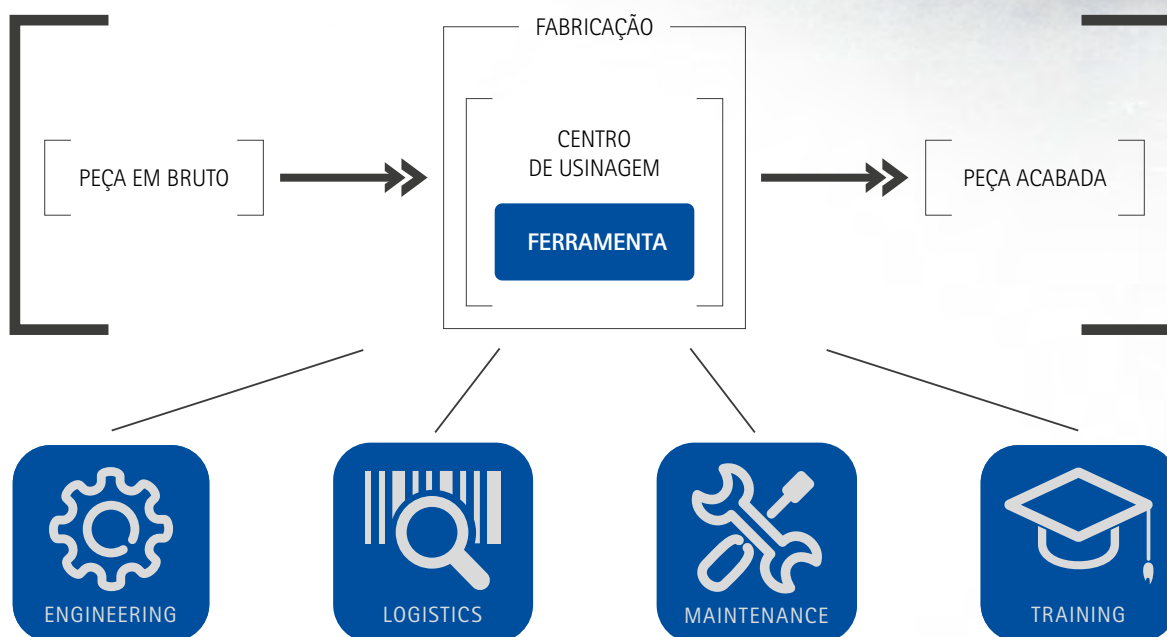
Design da ferramenta monolítica com pastilhas intercambiáveis para usinagem de diâmetro e chanfro.



# Serviço individualizado e baseado nas necessidades

As raízes da MAPAL estão na fabricação de ferramentas especiais. O foco está, portanto, sempre na consultoria holística e no suporte à usinagem de tarefas e processos.































A MAPAL oferece suporte em todas as fases e áreas de produção com uma extensa variedade de serviços. Independentemente de uma nova instalação de produção ser definida, processos precisam ser otimizados, novas tecnologias precisam ser introduzidas, as máquinas precisam ser reformuladas para novas peças, o estoque de ferramentas precisa ser otimizado ou o know-how dos funcionários precisa ser expandido.



Com o módulo de serviço de engenharia, a MAPAL garante agilidade, precisão e fabricação segura. O potencial de economia adicional pode ser aproveitado na área de logística e manutenção. E na área da formação, a MAPAL garante que o know-how especializado que acumulou é transparente e completamente disponível para o cliente - isso dá aos clientes uma vantagem decisiva sobre seus concorrentes.

Todos os serviços da MAPAL têm como foco processos otimizados e suporte abrangente. O objetivo é sempre auxiliar significativamente o cliente na obtenção de um processo tranquilo, fabricação produtiva e econômica.

# Pictogramas

Processo de fabricação	➤		Fresamento		Furação		Mandrilamento e alargamento		Atuação				
Refrigeração	➤		<b>MQL</b> <b>Lubrificação por quantidade mínima</b> Reduz o consumo de lubrificantes e garante processos limpos e sustentáveis – ideal para conceitos de fabricação modernos.										
Tecnologia de corte	➤		<b>Arestas de corte fixas</b> Máxima confiabilidade do processo graças à mais alta estabilidade e concentricidade – ideal para produção em série com altos dados de corte e longa durabilidade da ferramenta.					<b>Arestas de corte intercambiáveis</b> As trocas rápidas e precisas das arestas de corte, sem necessidade de re-ajuste, economizam tempo de preparação e reduzem custos. São particularmente vantajosas para produção em série e materiais intercambiáveis.					
			<b>Ajustável – Cápsula para inserto intercambiável</b> Ajuste fino manual e simples de pastilhas intercambiáveis para acabamento fino e mandrilamento com precisão – universal e econômico.					<b>Inserto ajustável</b> As pastilhas de inserto de fresamento PCD ajustáveis permitem um ajuste preciso no eixo Z para superfícies perfeitamente planas – e, opcionalmente, também para gerar perfis de superfície definidos.					
			<b>Ajustável – Princípio MAPAL</b> Ajuste de alta precisão do diâmetro e afilamento para máxima exatidão dimensional – perfeito para operações de furo exigentes com tolerâncias rigorosas e alta repetição.					<b>Ajustável – Sistema EA</b> Ajuste de diâmetro simples e preciso – o afilamento já está integrado ao cassette. Minimiza erros do usuário e reduz a necessidade de treinamento.					
Material de corte	➤		<b>PCD</b> <b>PCD</b> Oferece máxima resistência ao desgaste e o melhor acabamento superficial para metais não ferrosos – ideal para produção em série.					<b>PcBN</b> <b>PcBN</b> Ideal para usinagem de materiais resistentes ao desgaste e abrasivos – perfeito para processos de furação com tolerâncias rigorosas e alta precisão dimensional.					
			<b>SC</b> <b>VHM (Metal duro integral)</b> Aplicação universal – ideal para produção em série de médio porte, com uma relação equilibrada entre desempenho e custo.					<b>Cermet</b> <b>Cermet</b> Ideal para alta precisão dimensional e superfícies finas – perfeito para usinagem de acabamento em aço.					
Número de arestas de corte principais	➤		<b>Uma</b> Aresta principal			<b>Dois</b> Arestas principais			<b>Três</b> Arestas principais			<b>Quatro</b> Arestas principais	
			<b>Cinco</b> Arestas principais			<b>Seis</b> Arestas principais			<b>Oito</b> Arestas principais			<b>Dez</b> Arestas principais	
Ponto de separação	➤		<b>Sistema HFS para alargador de cabeça intercambiável</b> Concentricidade confiável durante o processo e precisão de troca inferior a 3 µm, além de fácil manuseio durante a troca de ferramentas.					<b>Sistema TTS para cabeças de broca intercambiável</b> Estrías de união positiva para transferência de torque ideal – perfeitas para usinagem dinâmica com geometria de ferramenta flexível.					
			<b>Adaptador de módulo</b> Alinhamento com precisão micrométrica para compensar erros do fuso e da ferramenta – ideal para grandes comprimentos de balanço e componentes complexos.					<b>Tecnologia de fixação hidráulica</b> Concentricidade permanente e precisão de troca inferior a 3 µm com amortecimento de vibração integrado – ideal para processos precisos e sustentáveis.					
			<b>Tecnologia de retração</b> Alta precisão de concentricidade inicial – ideal para aplicações com alta velocidade de rotação e baixa frequência de troca.					<b>Tecnologia mecânica de ferramentas</b> Alta força de retenção e evita a extração da ferramenta – ideal para usinagem de fresamento estáveis nos limites de desempenho.					
			<b>Mandril porta fresas de encaixe</b> Conexão robusta para grandes ferramentas de fresagem – comprovada em usinagem pesada e cargas elevadas.										



Descubra agora soluções de ferramentas e serviços que fazem você avançar:

## USINAGEM DE FUROS

ALARGAMENTO | ACABAMENTO FINO

FURAÇÃO | MANDRILAMENTO | ESCAREAMENTO

## FRESAMENTO

## FIXAÇÃO

## TORNEAMENTO

## ATUAÇÃO

## AJUSTES | MEDIÇÃO | DISTRIBUIÇÃO

## SERVIÇOS

FOLLOW US

