

O seu parceiro tecnológico para a usinagem econômica

# MOBILIDADE ELÉTRICA

# Mercados e setores

A MAPAL desenvolveu um profundo conhecimento de praticamente todos os 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 grande escala. Estas inovações são utilizadas com sucesso por fabricantes de renome e seus fornecedores, tanto no setor do chassi como também na área de Powertrain e da 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. Além disso, a MAPAL oferece uma ampla gama de produtos para a nova área de competência de fabricação de moldes e matrizes.





**Alemanha**  
Sede do grupo empresarial

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

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

Além das principais instalações de produção na Alemanha, as instalações de produção locais e em mercados estrategicamente importantes no mundo todo 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, a MAPAL tem produtos disponibilizados por meio de representantes de vendas em mais 19 países.



**N.º 1**

Líder em tecnologia para usinagem de peças cúbicas.

Filiais que oferecem produção, vendas e serviços em

**25** países.

Investimento anual de

**6%** de volume de negócios em pesquisa e desenvolvimento.

Mais de

**450**

consultores técnicos em campo.

Mais de

**300**

estagiários no mundo todo.

**Nosso maior patrimônio: Mais de**

**5.000**

colaboradores no mundo todo.



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

# Mobilidade elétrica: soluções de ferramentas para cada conceito

## A mobilidade está em transformação. A meta é um futuro com zero emissão de CO<sub>2</sub>

A mobilidade está em transformação e tem foco em um futuro neutro em termos de CO<sub>2</sub> e na sustentabilidade. Para atingir este objetivo, a indústria automotiva está trabalhando em conceitos de propulsão alternativos. O acionamento elétrico está substituindo cada vez mais o motor de combustão. No entanto, essa mudança não acontecerá da noite para o dia. Estão sendo desenvolvidos alguns componentes do acionamento convencional e a participação dos acionamentos híbridos está aumentando. Concomitantemente, a produção de veículos elétricos a bateria está aumentando rapidamente e já quase atingiu o volume de produção dos veículos convencionais.

A MAPAL, como fornecedora de ferramentas de corte para a indústria automotiva, integrou o tópico da sustentabilidade na orientação estratégica da empresa desde o início. A empresa transferiu a sua experiência na usinagem convencional de componentes da transmissão para as peças que estão sendo usinadas em veículos movidos a eletricidade. Só por meio de soluções de ferramentas eficientes para processos produtivos em série é que a mudança pode ser moldada com sucesso e de forma sustentável. A MAPAL desempenha um papel importante na resposta aos desafios da e-mobilidade e na contribuição para a mobilidade ecológica do futuro.



# CONTEÚDO

## Introdução

---

Novos sistemas e peças para a mobilidade elétrica .....	6
---------------------------------------------------------	---

## Acionamentos elétricos

---

Exigências e processo de usinagem .....	8
Exigências da usinagem e características de diferentes tipos de carcaça .....	10
Soluções de usinagem para carcaças de motores elétricos	
Furo do estator .....	12 – 16
Pacotes de soluções Basic, Performance, Expert .....	17
Usinagem externa .....	18
Furos de rolamento e posicionamento, superfícies vedantes e de apoio .....	20

## Unidades auxiliares elétricas

---

Soluções de usinagem para compressores scroll .....	22
-----------------------------------------------------	----

## Abastecimento energético

---

Soluções de usinagem para carcaças de baterias e potência eletrônica .....	24
Quadro de bateria .....	26

## Micromobilidade elétrica

---

Soluções de usinagem para pequenas carcaça de motores .....	28
-------------------------------------------------------------	----

## Engenharia

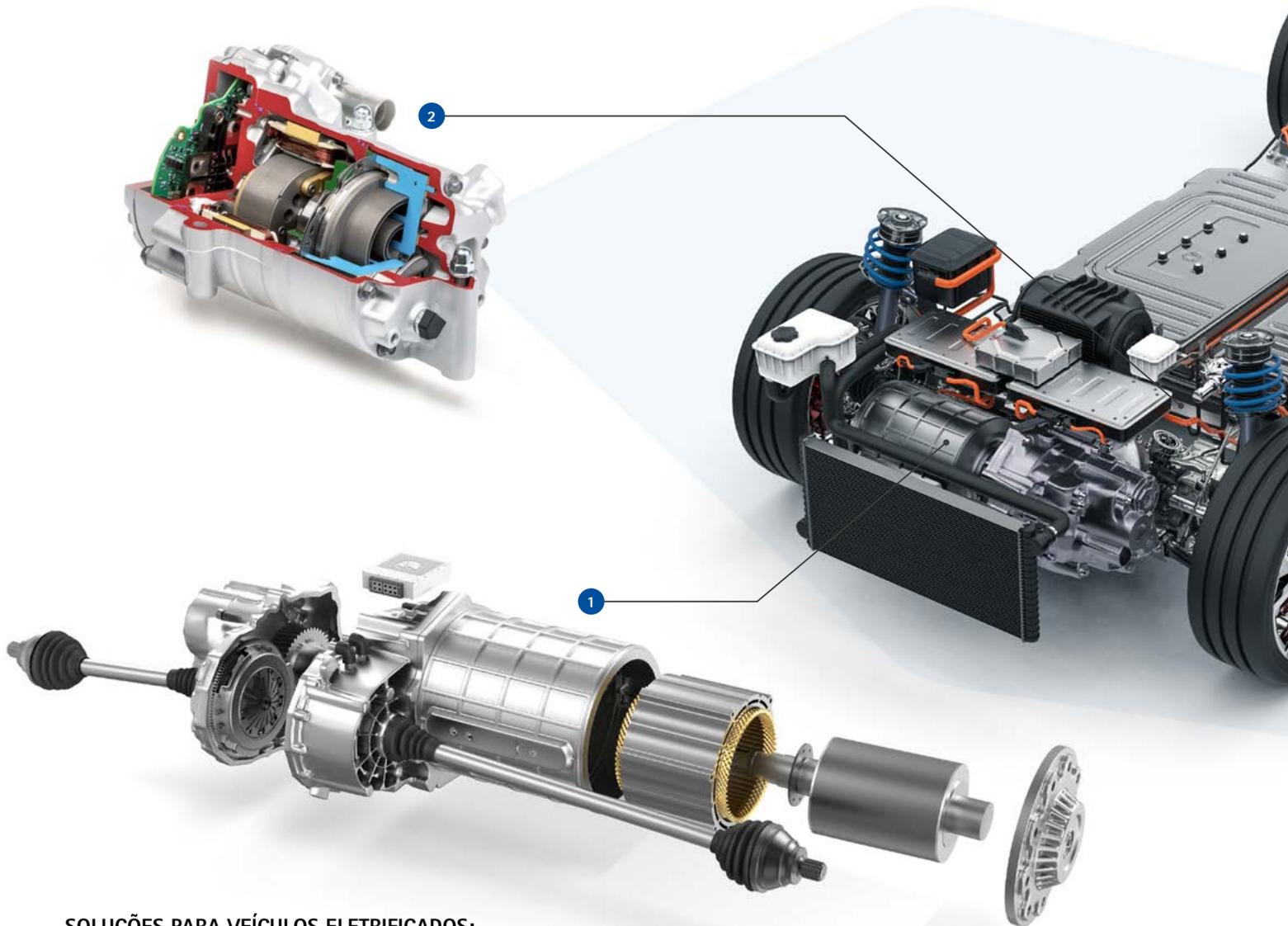
---

A MAPAL como parceira de tecnologia .....	30
-------------------------------------------	----



**Leia o código QR**  
para obter mais informações

# Novos sistemas e peças para a mobilidade elétrica



## SOLUÇÕES PARA VEÍCULOS ELETRIFICADOS:

1

### Acionamentos elétricos (Híbridos e totalmente elétricos)

#### Altamente precisos com grandes diâmetros

Em veículos com acionamento elétrico, são utilizadas diferentes carcaças para os motores elétricos. É possível diferenciar três tipos básicos de construção. A MAPAL oferece soluções de ferramentas inovadoras para as tarefas de usinagem desses tipos de carcaças.

>> Mais informações a partir da página 8

2

### Unidades auxiliares elétricas (Gestão térmica)

#### Formas espirais com tolerâncias na faixa de $\mu\text{m}$

Não só os sistemas de acionamento e armazenamento de energia são afetados pela eletrificação dos veículos, mas também algumas unidades auxiliares. Um exemplo disso é o compressor elétrico para refrigeração (compressor scroll).

>> Mais informações a partir da página 22

3

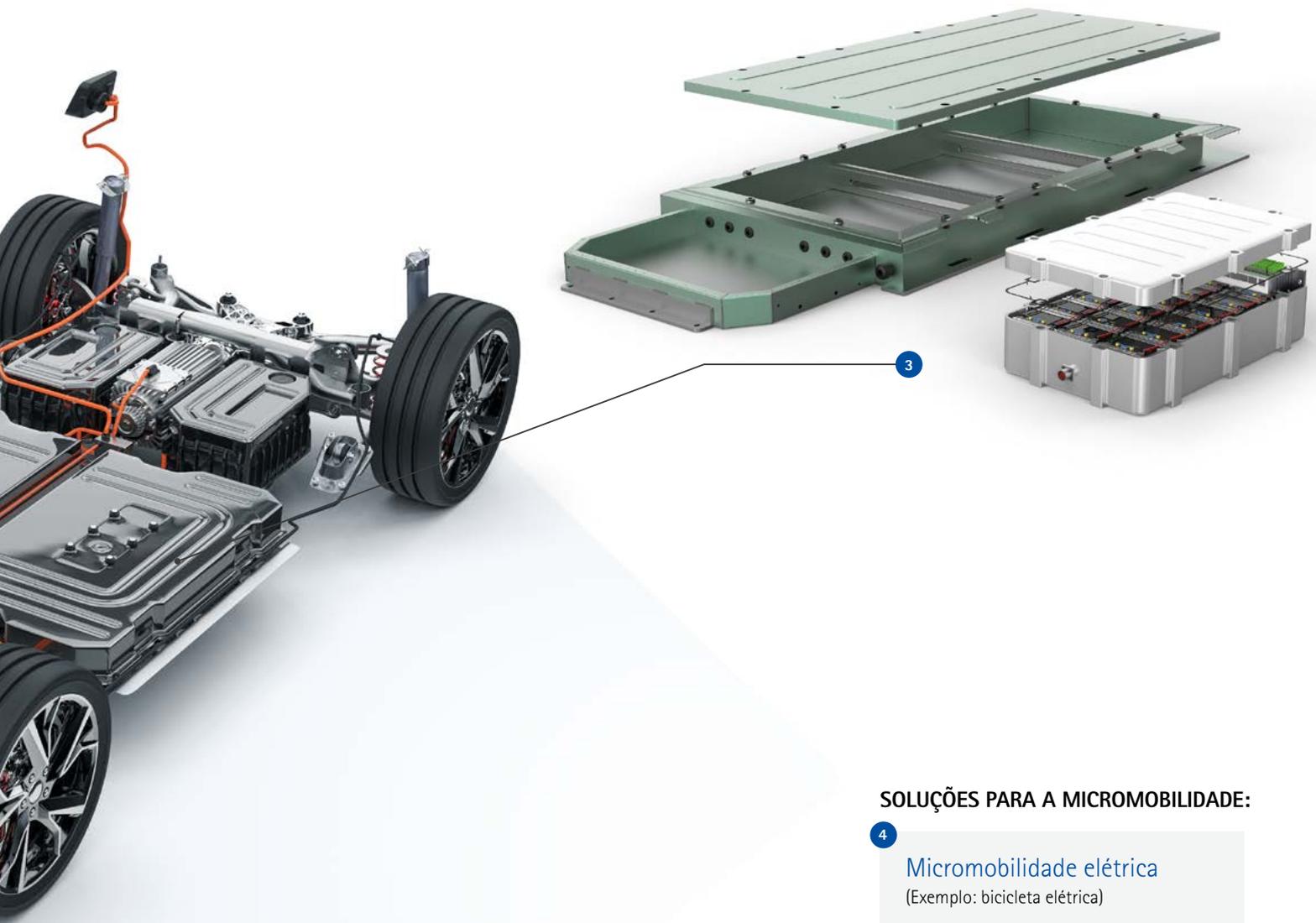
### Abastecimento energético

(Armazenamento, controle, carregamento)

#### Usinagem sem vibrações de carcaças complexas de paredes finas

A MAPAL oferece as ferramentas correspondentes para as mais diversas variantes de carcaça de baterias e eletrônica de potência com a estratégia de usinagem ideal. O poderoso portfólio de ferramentas inclui ferramentas de PCD e metal duro integral.

>> Mais informações a partir da página 24



#### SOLUÇÕES PARA A MICROMOBILIDADE:

4

##### Micromobilidade elétrica

(Exemplo: bicicleta elétrica)

##### Altamente preciso também em pequena escala

As carcaças de paredes muito finas, produzidas a partir de alumínio ou magnésio, têm de ser fabricadas em tolerâncias estreitas de forma, funcionamento e posição. A alta precisão garante a tolerância tangível dos acionamentos para bicicletas elétricas.

>> Mais informações a partir da página 28



# Acionamentos elétricos

Os fabricantes e fornecedores de automóveis estão enfrentando novos desafios quando se trata de componentes para motores elétricos. O exemplo da carcaça de um motor elétrico mostra o tamanho desses desafios: Em comparação a uma carcaça de transmissão, esta deve ser fabricada dentro de tolerâncias significativamente menores, já que a precisão tem uma influência decisiva na eficiência do motor.

Além disso, devido à estrutura especial, como canais de refrigeração integrados, a carcaça do motor elétrico é, de modo geral, bem mais fina do que a carcaça de transmissão. Além disso, buchas de rolamento feitas de materiais em aço são pressionadas em algumas dessas caixas. Os escudos de proteção especiais na ferramenta garantem que os cavacos de aço não entrem em contato com os cavacos de alumínio durante a usinagem e as danifiquem.

## Tolerâncias dimensionais exigidas

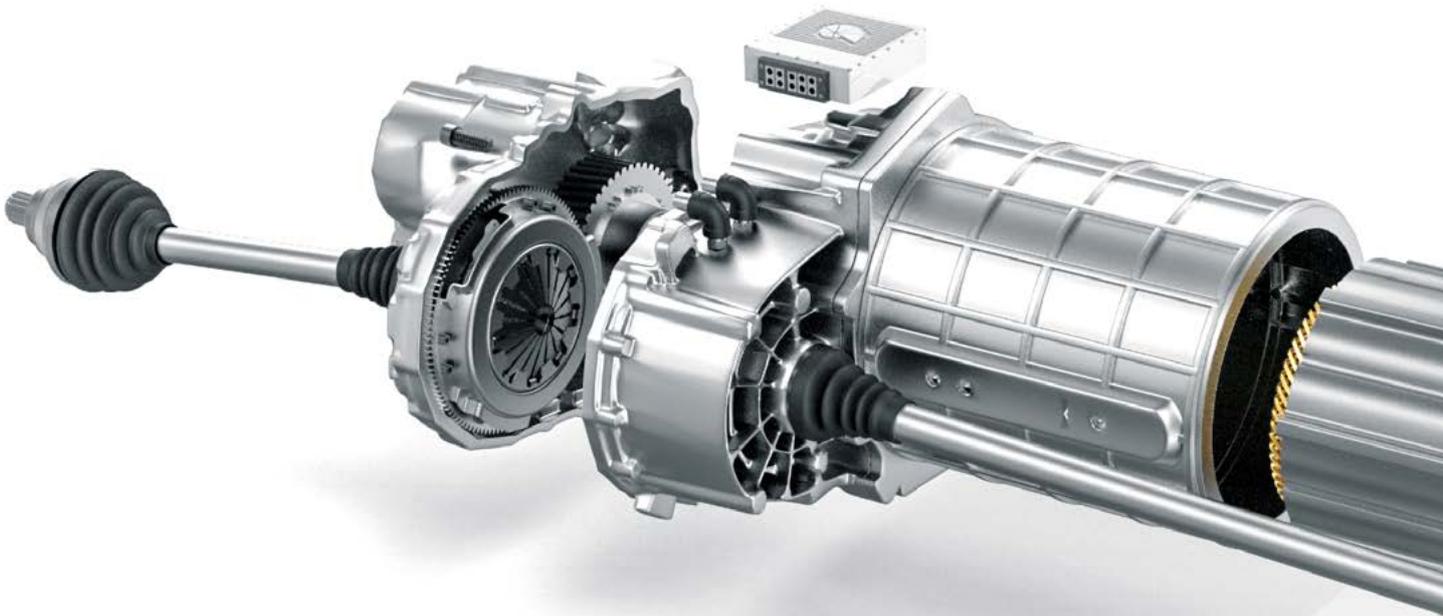
 0,02 mm

  $\varnothing$  0,05 mm

 0,05 mm

 0,02 mm

 0,03 mm



## BASIC – PERFORMANCE – EXPERT

Sempre a solução certa!

**Basic SOLUTION** Soluções de ferramentas flexíveis e econômicas para pequenos lotes de produção

As soluções de ferramentas ajustáveis permitem uma usinagem flexível, o que é particularmente relevante para pequenos lotes de fabricação e protótipos, devido às mudanças nos requisitos. Para isso, a MAPAL oferece soluções de ferramentas simples, flexíveis e econômicas – configuradas de forma otimizada para todos os requisitos

**Performance SOLUTION** Ferramentas com peso otimizado para a produção em série com, por exemplo, HSK-A63

Continuar utilizando o maquinário existente economiza tempo e dinheiro. A MAPAL tem o know-how necessário para ajudar os seus clientes na conversão confiável do processo para a produção em série – adaptada individualmente de acordo com suas necessidades. A implementação confiável do processo tendo em conta os fatores limitantes existentes (peso da ferramenta, desempenho da máquina, espaço de instalação...) é obtida com a Solução de Desempenho.

**Expert SOLUTION** Ferramentas altamente produtivas para produção em série

A MAPAL assume o planejamento de peças completas e implementa um processo seguro para a produção em larga escala. Os clientes podem se concentrar nas suas competências essenciais – de forma rápida, flexível e transparente. A produtividade mais elevada com as máximas exigências de qualidade está em primeiro plano.

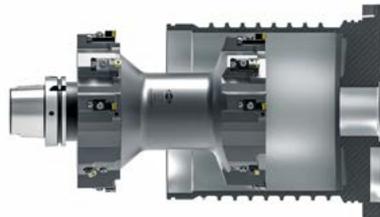
## Procedimento básico para usinagem da carcaça do motor elétrico

O processo de usinagem e as ferramentas são projetados individualmente, dependendo da situação da medição, do modelo da máquina e da fixação. Desta forma, as forças de corte aplicadas à peça são mantidas tão baixas quanto possível. Além dos requisitos da peça, na maioria dos casos, o desempenho da máquina de usinagem é decisivo para o dimensionamento das ferramentas.



### 1. Pré-usinagem

Para a pré-usinagem, a utilização de uma ferramenta para mandrilamento ISO é particularmente adequada. Este método permite altas velocidades de corte e taxas de avanço para remoção rápida e econômica do material. Em certas condições, por exemplo, com peças pré-fabricadas com precisão e condições de máquina correspondentes, pode-se omitir a primeira usinagem de desbaste.



### 2. Usinagem de semiacabamento

Durante a usinagem de semiacabamento, prepara-se o contorno complexo da caixa do motor elétrico. Dessa forma, o contorno completo com chanfros e transições radiais podem ser produzidos na qualidade exigida na usinagem de acabamento final. Este passo permite a modelação ideal da carcaça. Dependendo da potência do fuso e do sobremetal, pode ser necessário dividir a usinagem de semiacabamento em duas etapas.

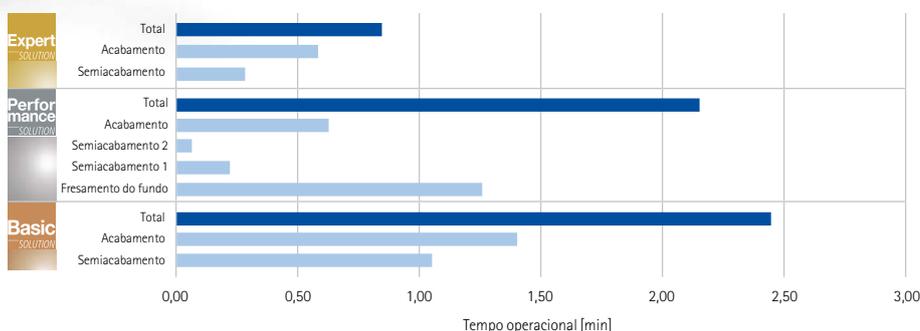


### 3. Usinagem de acabamento

No passo final, o furo do estator é usinado com precisão com uma ferramenta para acabamento fino que tem pastilhas de corte e guias finamente ajustáveis.



## Basic | Performance | Expert – Comparação dos tempos operacionais



Os diferentes níveis de solução diferem nos tempos operacionais que podem ser alcançados.

Você pode encontrar uma visão geral dos pacotes de soluções na página 17.

# Exigências da usinagem e características dos diferentes tipos de carcaça

## Carcaça dos motores elétricos altamente integrados



### Descrição:

Carcaça altamente integrada e complexa com montagem de estator, montagem de transmissão e conexão para a potência eletrônica. A alta integração funcional economiza custos de montagem. Design compacto. Consequentemente, a carcaça fundida é muito complexa.

### CARACTERÍSTICAS

- Estator incorporado diretamente na carcaça ou através de um suporte do estator / camisa de resfriamento
- Furo do estator com estágios e superfícies planas como superfícies funcionais
- Um furo do rolamento do rotor é integrado coaxialmente ao furo do estator na carcaça
- Posicionamento da segunda tampa do rolamento por meio de pinos-guia ou superfícies de encaixe; o segundo furo do rolamento deve ser coaxial
- Furos do rolamento dos estágios de transmissão integrados na carcaça; é necessária alta concentricidade e precisão de posição
- Os canais de refrigeração são parcialmente integrados na carcaça
- Carcaça complexa de alumínio fundido

### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

- Elaborar uma série de contorno com vários níveis de diâmetro (→ altas forças de corte e grande taxa de remoção)
- Processos mistos (→ separação/remoção de cavacos)
- Cortes interrompidos (→ contato, circuito de refrigeração)
- Chanfros de entrada planos de 15° a 30° (→ formação de evacuação dos cavacos e altas forças radiais)

## Carcaça do motor elétrico em forma de panela



### Descrição:

Para reduzir a complexidade, em particular para implementar uma construção mais simples da camisa de resfriamento, são usadas carcaças ou suportes de estator em forma de panela ou de sino.

### CARACTERÍSTICAS

- Como uma carcaça intermediária para integração no sistema completo
- Furo do estator com estágios e superfícies planas como superfícies funcionais
- Um furo do rolamento do rotor integrado na carcaça coaxialmente ao furo do estator
- Posicionamento por meio de superfícies de encaixe na superfície externa
- Canais de refrigeração como nervuras do lado de fora
- Parede fina, propenso a vibração
- Problemático em termos de tensão

### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

- Peças com paredes extremamente finas (→ ap corresponde à espessura da parede)
- As nervuras de refrigeração externas devem ser usinadas
- Forma de panela ou sino (→ promove vibrações, conceitos especiais de fixação e amortecimento de vibração)
- Chanfros de entrada planos de 15° a 30° (→ formação de evacuação dos cavacos e altas forças radiais)

## Carcaças de motores elétricos tubulares



### Descrição:

O projeto mais simples das carcaças de motor é tubular. O comprimento da carcaça e, portanto, da máquina elétrica podem ser variados de modo comparativamente simples para diferentes potências. Para isso, o esforço de montagem aumenta devido ao baixo nível de integração funcional.

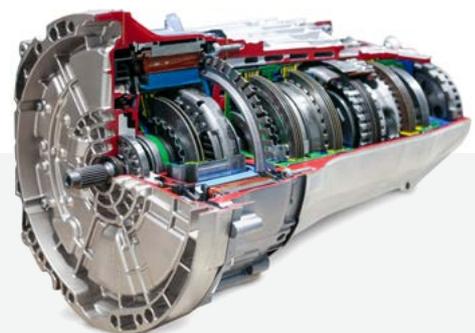
### CARACTERÍSTICAS

- Nenhum furo de rolamento do rotor integrado na carcaça
- Duas tampas de mancal para segurar o rotor
- Posicionamento das duas tampas de rolamento sobre as superfícies de encaixe para a coaxialidade dos pontos de rolamento
- Complexidade mínima
- Praticamente rotacionado simétrico
- Parede fina, propenso a vibração
- Problemático em termos de tensão

### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

- Peças mais estáveis geralmente com uma estrutura de refrigeração interna
- Perfis extrudados também são possíveis (AlSi1 → escoamento do cavaco)
- Sem abas de fixação (→ conceitos especiais de fixação)
- Parcialmente com ajustes em ambos os lados na tolerância IT6

## Carcaça de transmissão híbrida e módulo híbrido / carcaça intermediária



### Descrição:

Integração da máquina elétrica na arquitetura de transmissão existente usando módulos híbridos ou carcaças intermediárias em forma de disco. São também concretizadas estruturas neutras em termos de espaço com carcaças parcialmente em forma de panela como peças deslizantes.

### CARACTERÍSTICAS

#### Carcaça de módulo híbrido/intermediário

- Principalmente admissão do estator
- Em caso de uma forma de disco, nenhum rolamento do rotor
- Em caso de uma forma de pote, um rolamento do rotor integrado

#### Carcaça de transmissão híbrida

- Relações extremas de comprimento-diâmetro
- Parede fina, propenso a vibração
- Elaborar série de contorno
- Corte interrompido

### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

#### Carcaça de transmissão híbrida

- Tolerância IT6
- Exigências elevadas de coaxialidade e medida de estágios
- Peso máximo e momento de inclinação restritos

# Soluções para carcaças de motores elétricos

## Solução de série com HSK-A100

### Altamente produtiva para grandes diâmetros

- Processo de três estágios (pré-usinagem, semiacabamento e usinagem de acabamento)
- Usinagem de grandes diâmetros > 220 mm
- O mais alto nível desempenho e precisão
- Processo ideal para alta produtividade de peças e tempos de ciclo curtos

#### 1. Pré-usinagem

Desbaste eficiente com elevadas profundidades de corte

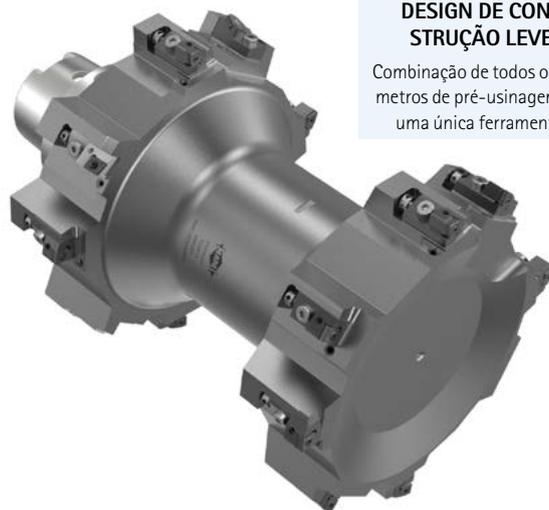


#### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO ISO EM MODELO DE ALUMÍNIO

- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Capsulas ISO
- Desenhada com um ou múltiplos estágios

#### 2. Usinagem de semiacabamento

Definição de contorno para uma aproximação mais precisa do contorno final



#### FERRAMENTA NO DESIGN DE CONSTRUÇÃO LEVE

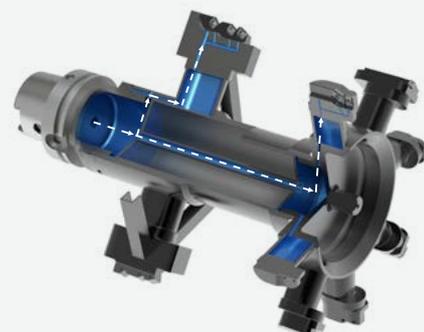
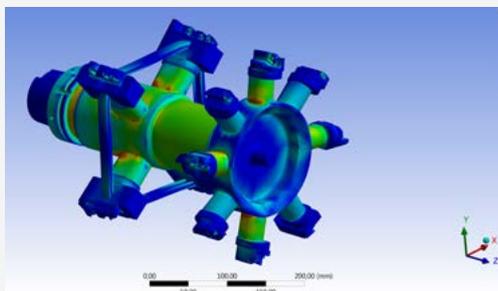
Combinação de todos os diâmetros de pré-usinagem em uma única ferramenta.

#### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO DE PRECISÃO

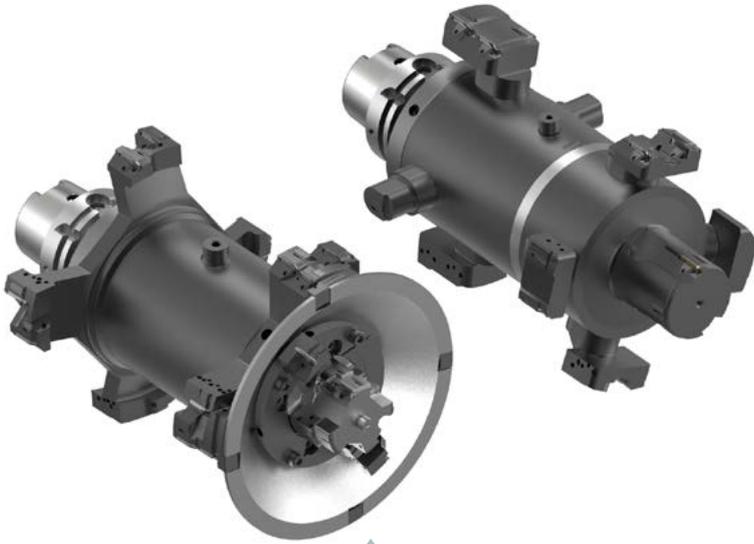
- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Modelo com solda ou com corpo da ferramenta de alumínio

### Desenho individual da ferramenta para exigências específicas

- Simulação dos componentes de força de corte
- Cálculo do peso e do momento de inclinação
- Cálculo FEM das frequências naturais do sistema e da flexibilidade sob força axial / carga de torção
- Cálculo da distribuição do refrigerante e dos fluxos de volume



PATENTE PENDENTE



### 3.1 Usinagem de acabamento

Inovações para a mais alta precisão

#### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO EM CONSTRUÇÃO DE AÇO LEVE COM ESCUDO PROTETOR PARA USINAGEM MISTA DO FURO DE ROLAMENTO

- Pastilhas de corte com tip de PCD para carcaça de alumínio
- Pastilhas de corte de cermet para a usinagem de buchas de rolamento de aço
- Finamente ajustável e estável à temperatura
- Tecnologia de guia

#### Em detalhe:

Com a ajuda de um estágio de guia especial, os cavacos de aço são evacuados para a frente de acordo com um processo confiável a partir da condução do refrigerante, bem como os espaços dos cavacos de aço que são bem abertos. Os cavacos de alumínio, por outro lado, são removidos para a parte traseira por um retro lavagem especialmente projetado. A fim de garantir que nenhum cavaco de aço entre na área do alumínio, a ferramenta é equipada com a chamado escudo de proteção, que garante que os cavacos de aço fiquem na área da frente.



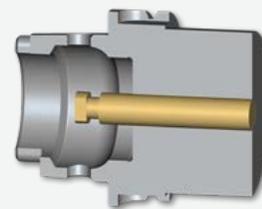
### 3.2 Usinagem de acabamento

Usinagem flexível do contorno interior

#### FERRAMENTA DE CONTROLE PARA SISTEMAS DE EIXO-U

- Adequada para usinagem das variações da carcaça
- Para a compensação de desgaste das arestas

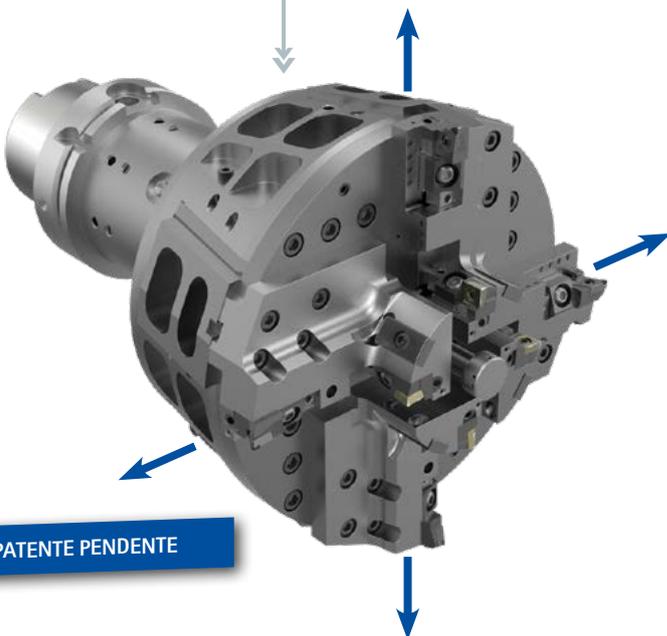
#### Em detalhe:



#### EIXO U (Rotativo / Translacional)

Os cursores móveis são movidos por meio do eixo U (haste rotativa ou de tração) da máquina de usinagem, controlados por meio do controle da máquina e definidos por meio do controle NC da máquina. Este é um eixo NC totalmente integrado que pode ser usado para usinagem com controle de borda.

PATENTE PENDENTE



# Soluções para carcaças de motores elétricos

## Solução de série com HSK-A63

### Para diâmetros médios e pequenos

- Ferramentas leves são particularmente necessárias
- Recomendado para diâmetro do furo do estator < 220 mm
- Ferramentas adaptadas para menores requisitos de desempenho e espaço
- Também adequadas para recondicionamento de máquinas e sistemas existentes

#### 1. Pré-usinagem



#### FRESA HELICOIDAL COM PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS ISO

##### Flexível para diferentes diâmetros

- Pastilhas intercambiáveis ISO revestidas de metal duro com cobertura ou pastilhas de corte com tip de PCD
- Forças de corte reduzidas
- Produto standard
- Extensões de HSK para diversas profundidades de usinagem



#### FRESA DE FORMA PCD

##### Usinagem com controle de borda no fundo do furo

- Arestas de corte soldadas
- Possibilidade de contornos especiais
- Pode ser utilizado opcionalmente com extensões de HSK

#### 2. Usinagem de semiacabamento



#### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO DE PRECISÃO

##### Um ou múltiplos estágios

- Capsulas ISO
- Pastilhas de corte ISO com tip de PCD
- Corpo da ferramenta de alumínio



#### SEMIACABAMENTO UM OU MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

A solução correta em função do tamanho da peça e das condições da máquina.

### 3. Usinagem de acabamento

#### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS CONSTRUÍDA DE AÇO LEVE

##### Acabamento de todos os diâmetros funcionais

- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Pastilhas de corte de cermet para a usinagem de buchas de rolamento de aço
- Finamente ajustável e estável à temperatura
- Tecnologia de guia com sistema EA



#### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO COMPACTA COM GUIAS

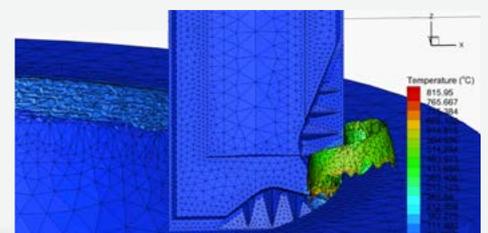
##### Acabamento de estágios de diâmetros individuais

- $\varnothing$  210 mm
- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Finamente ajustável
- Guias de PCD
- Forma da ferramenta adaptada para o trocador e para o magazine



### Confiabilidade do processo através de controle de cavacos – estágios com guias para a usinagem fina das ligas de AISi

Para assegurar uma quebra de cavacos definida no mandrilamento e alargamento com PCD em alumínio com baixo teor de silício, a MAPAL desenvolveu um novo quebra cavaco. Sua topologia especial, desenvolvida com o auxílio de simulações 3D, garante uma definição da quebra de cavacos, alcançando cavacos curtos. Mesmo com avanço pequeno e sobremetal reduzido, asseguram-se a quebra de cavacos e a forma de cavacos definidas. Assim, garantem-se altíssimo desempenho e confiabilidade do processo.



# Soluções para carcaças de motores elétricos

## Protótipo, pré-série e construção de pequenos lotes

### Soluções de ferramentas simples, flexíveis e econômicas

- Usinagem em máquinas existentes
- Ferramentas standard ou ferramentas especiais simples
- Soluções de compromisso → máquinas pequenas – ferramenta grande
- Tempo de ciclo não está em foco
- Desejada flexibilidade elevada
- Aplicação universal
- Independente do contorno

#### 1. Pré-usinagem

Flexível para diferentes diâmetros



#### FRESA HELICOIDAL COM PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS ISO

- Pastilhas intercambiáveis ISO revestidas de metal duro com cobertura ou pastilhas de corte com tip de PCD
- Forças de corte reduzidas
- Produto standard
- Extensões de HSK para diversas profundidades de usinagem

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

Com ferramentas standard



#### MODULBORE – ALTA FLEXIBILIDADE DURANTE A OPERAÇÃO DE MANDRILAMENTO E ACABAMENTO FINO

- Sistema usinagem para a pré-usinagem e acabamento
- Construção modular
- Programa standard a partir de  $\varnothing 87$  mm a 1.000 mm
- Capsula para mandrilamento ajustável na faixa de  $\mu\text{m}$
- Manuseio simples

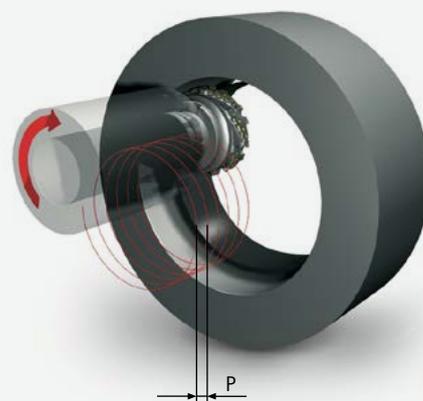
### Fresamento helicoidal – entrada angular helicoidal

A entrada em ângulo helicoidal é uma alternativa ao mandrilamento. Isso envolve um movimento circular com avanço. Devido à maior trajetória de usinagem, o tempo de usinagem é mais longo em comparação com o mandrilamento. No entanto, as forças de corte que ocorrem são significativamente mais baixas, o que significa que o furo do estator também pode ser usinado em máquinas com baixo tor

que e baixa potência. Além disso, o uso de uma fresa helicoidal permite a pré-usinagem com diâmetros diferentes.

#### Passo (P):

O passo (P) corresponde ao avanço axial por rotação. Ele depende da peça, do comprimento da ferramenta, do material e da máquina.



# Pacotes de solução para o furo do estator

Basic – Performance – Expert para a usinagem interna

## Expert SOLUTION

**Solução de série com HSK-A100**  
**Altamente produtiva para grandes diâmetros**

- Processo de três estágios (pré-usinagem, semi-acabamento e usinagem de acabamento)
- Usinagem de grandes diâmetros > 220 mm
- O mais alto nível desempenho e precisão
- Processo ideal para alta produtividade de peças e tempos de ciclo curtos



## Perfor mance SOLUTION

**Solução em série com HSK-A63 / HSK-A100**  
**Solução confiável para o processo com desempenho adaptado e espectro de requisitos**

- Processo de três estágios (pré-usinagem, semi-acabamento e usinagem de acabamento)
- Ferramentas particularmente leves
- Peças de grandes dimensões em máquinas compactas
- Solução ideal para pequenas e médias quantidades



## Basic SOLUTION

**Solução de protótipo**  
**com ferramentas standard**

- Construção modular
- Capsula para mandrilamento ajustável na faixa de  $\mu\text{m}$
- Manuseio simples
- Processo de múltiplos estágios
- Ideal para grande variação de diâmetro



# Soluções para carcaças de motores elétricos

## Usinagem externa

### Altamente produtiva para grandes diâmetros

A usinagem externa de carcaças de estator para motores elétricos é uma tarefa exigente. Estas carcaças, muitas vezes de concepção tubular ou em forma de pote, são cruciais para a eficiência do motor elétrico. Durante o processo, é necessário superar vários desafios. As carcaças de alumínio de paredes finas com nervuras integradas para o circuito de refrigeração exigem a mais elevada precisão em termos de exatidão de diâmetro e tolerâncias de forma e posição. A concentricidade entre diferentes diâmetros é de grande importância.

#### 1. Pré-usinagem



#### FRESA HELICOIDAL COM PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS ISO

##### Pré-usinagem diâmetro externo e superfície

- Pastilhas intercambiáveis ISO revestidas de metal duro com cobertura ou pastilhas de corte com tip de PCD
- Forças de corte reduzidas
- Produto standard
- Extensões de HSK para diversas profundidades de usinagem

#### FRESA COM PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS ISO

##### Desbaste do canal de vedação

- Pastilhas intercambiáveis ISO revestidas de metal duro
- Amortecimento de vibrações opcional
- Desbaste efetivo dos canais de vedação



#### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO ISO Pré-usinagem Diâmetro externo

- Ferramenta de sino de múltiplos estágios para usinagem externa
- Pastilhas de corte ISO



## 2. Usinagem de acabamento



### FRESA DE PCD COM CONTORNO ESPECIAL Acabamento Canal de vedação

- Corte de perfil PCD
- Geometria perfeita dos contornos individuais dos canais
- Amortecimento de vibrações opcional
- Usinagem de acabamento de todos os canais em um corte



### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO EM CONSTRUÇÃO LEVE

#### Acabamento Diâmetro externo

- Arestas de corte PCD ajustáveis
- Corpo básico da ferramenta em construção leve
- Diâmetro de usinagem de até Ø 260 mm

### Processo completo para carcaças de estator em forma de pote no centro de usinagem:

A usinagem interna é extremamente eficiente e precisa com a ajuda das ferramentas de perfuração. Além disso, a solução inovadora para os centros de usinagem permite usinar o exterior na mesma fixação, sem necessidade de voltar a fixar. Isto oferece uma oportunidade perfeita para os clientes que estão fazendo a transição para a e-mobilidade, utilizando o seu parque de máquinas existente com foco na usinagem de grandes carcaças cúbicas de alumínio.



# Soluções para carcaças de motores elétricos

## Furos de rolamento e posicionamento

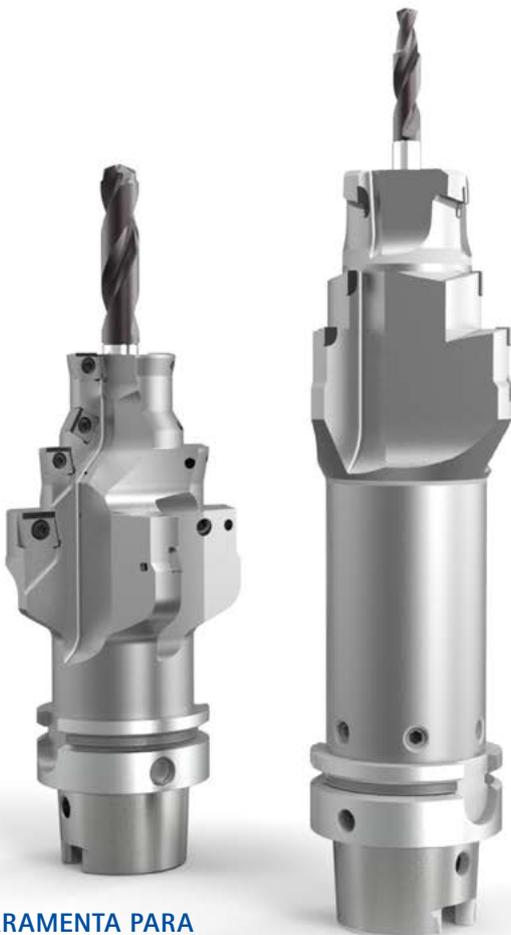
### Com máxima concentricidade e circularidade

Para a funcionalidade e grau de eficácia do motor elétrico é decisiva uma fenda de ar constante entre o rotor e o estator. Além da coaxialidade dos furos do rolamento e do estator, a circularidade e a forma cilíndrica do assento do rolamento são decisivas para isso. Para atender às demandas de alta coaxialidade, é vantajoso usinar o assento do rolamento em uma fixação (usinagem de remoção). No modelo de carcaça tubular ou em forma de panela, há pelo menos um ponto de apoio em uma tampa de mancal separada, que é posicionada na carcaça do motor elétrico por meio de furos de posicionamento ou superfícies de encaixe.



### 1. Pré-usinagem

#### Mandrilamento dos furos de rolamento e posicionamento



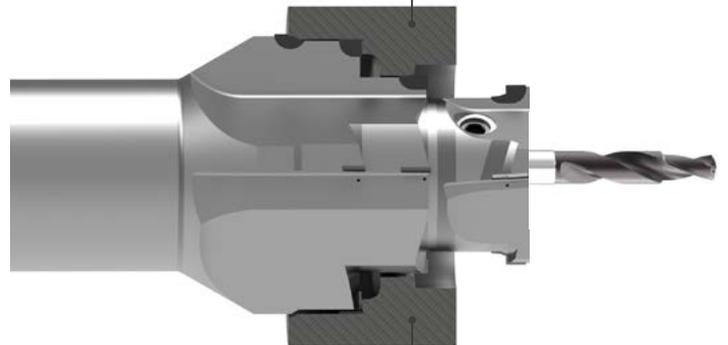
#### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO ISO

- Ferramenta para mandrilamento de múltiplos estágios com broca escalonada de metal duro integral
- Pastilhas de corte ISO com tip de PCD

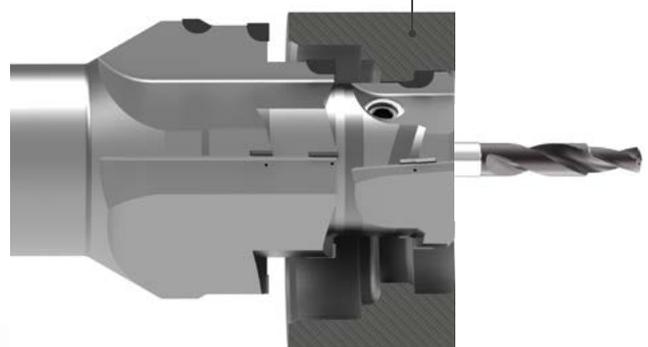
#### FERRAMENTA PARA FRESAMENTO DO FURO DE PCD

- Ferramenta para o fresamento da furação de múltiplos estágios com broca escalonada de metal duro integral
- Mandrilamento e fresamento circulares com apenas uma ferramenta
- Arestas de corte PCD soldadas

#### Processo de mandrilamento



#### Fresamento circular



## 2. Usinagem de acabamento

### FRESAS CIRCULARES ISO DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS E COM ESTÁGIO DE MANDRILAMENTO INTEGRADO

- Mandrilamento do furo do rolamento
- Usinagem de acabamento de superfícies planas e canal radial



### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO COM SISTEMA WP

- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Ajustáveis
- Guias
- Usinagem de remoção integrada



### FERRAMENTA PARA MANDRILAMENTO DE PRECISÃO

- Ferramenta conjugada de múltiplos estágios com broca escalonada soldada
- Usinagem de acabamento de furo do rolamento e posicionamento
- Arestas de corte PCD soldadas



### FERRAMENTA PARA ACABAMENTO FINO COM SISTEMA WP

- Pastilhas de corte equipadas com PCD
- Ajustáveis
- Guias
- Usinagem de remoção integrada

### Superfícies vedantes e de apoio



### CABEÇOTE DE FACEAMENTO COM INSERTOS DE FRESA DE PCD

- Geração de perfis de superfície definidos para superfícies vedantes e de apoio (por exemplo, estruturas de corte cruzado)
- Qualidade de superfície  $R_z < 1$



### CABEÇOTE DE FACEAMENTO MONOLÍTICO COM INSERTOS DE FRESA DE PCD

- Saliências mais longas possibilitam a usinagem de pontos de difícil acesso

### Usinagem externa do furo do rolamento



### ALARGADOR EXTERIOR COM SISTEMA EA

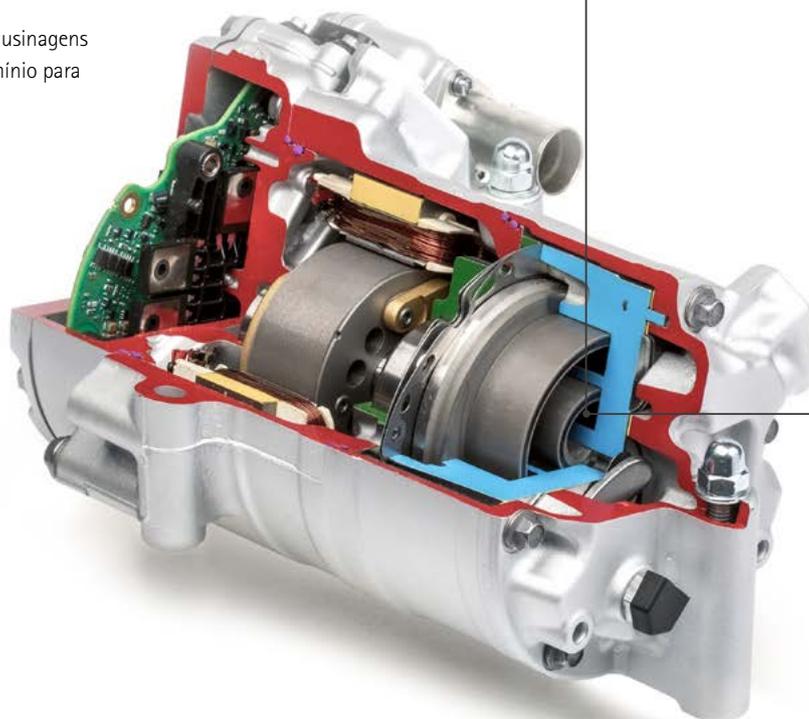
- Usinagem externa do furo do rolamento

# Unidades auxiliares elétricas

Como consequência da eletrificação na indústria automotiva, cada vez mais as tarefas de acionamento dos motores de combustão interna estão sendo realizadas por componentes elétricos. Ao eletrificar as unidades auxiliares, esses componentes podem ser usados conforme necessário e dependendo da carga, contribuindo, assim, para a redução do consumo de energia. Eles se destacam pela sua alta confiabilidade e baixa emissão de ruídos, bem como pela excelente eficiência energética.

Um exemplo disso é o compressor scroll, usado como compressor para refrigeração do sistema elétrico e no gerenciamento térmico.

São apresentadas, a título de ilustração, três usinagens específicas em um compressor scroll de alumínio para a utilização em um veículo elétrico.



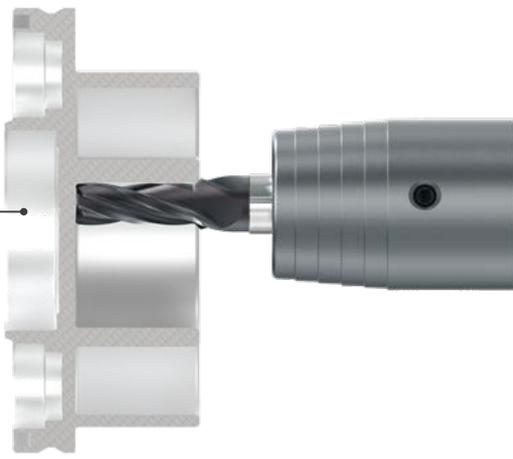
## CARACTERÍSTICAS

- Peças principais Orbit e Fixed Scroll
- A precisão geométrica e a conexão são fundamentais
- Posicionamento exato das espirais entre si

## EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

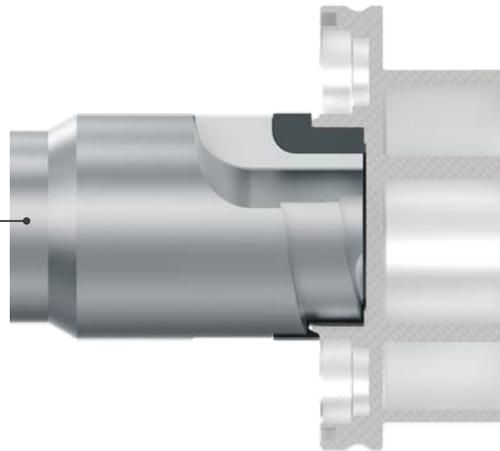
- Alto grau de precisão da forma das espirais ( $\leq 20 \mu\text{m}$ )
- Alta perpendicularidade dos flancos em relação à superfície da base ( $\leq 20 \mu\text{m}$ )
- Paralelismo e uniformidade de  $\leq 10 \mu\text{m}$
- Rugosidade da superfície ( $R_z$ ) na faixa de um só dígito
- Interação perfeita entre máquina e ferramenta





### 1 ALTA PRECISÃO DAS FORMAS DAS ESPIRAIS

- Pré-usinagem e usinagem de acabamento com fresas de metal duro integral
- As arestas de corte extremamente afiadas asseguram estabilidade dimensional elevada



### 2 PRECISÃO NO FURO DO ROLAMENTO

- Pré-usinagem através do fresamento circular com fresas de PCD de três facas
- Usinagem de acabamento com ferramenta para mandrilamento de PCD de duas facas com dois estágios e distribuição do corte para a redução das forças de corte



### 3 CANAIS PARA ELEMENTOS DE VEDAÇÃO

- A pré-usinagem e a usinagem de acabamento dos canais são realizadas com ferramentas para mandrilamento PCD de duas facas
- A ferramenta combinada permite a usinagem dos furos de conexão
- A distribuição do corte reduz as forças de corte e garante a formação ideal dos cavacos



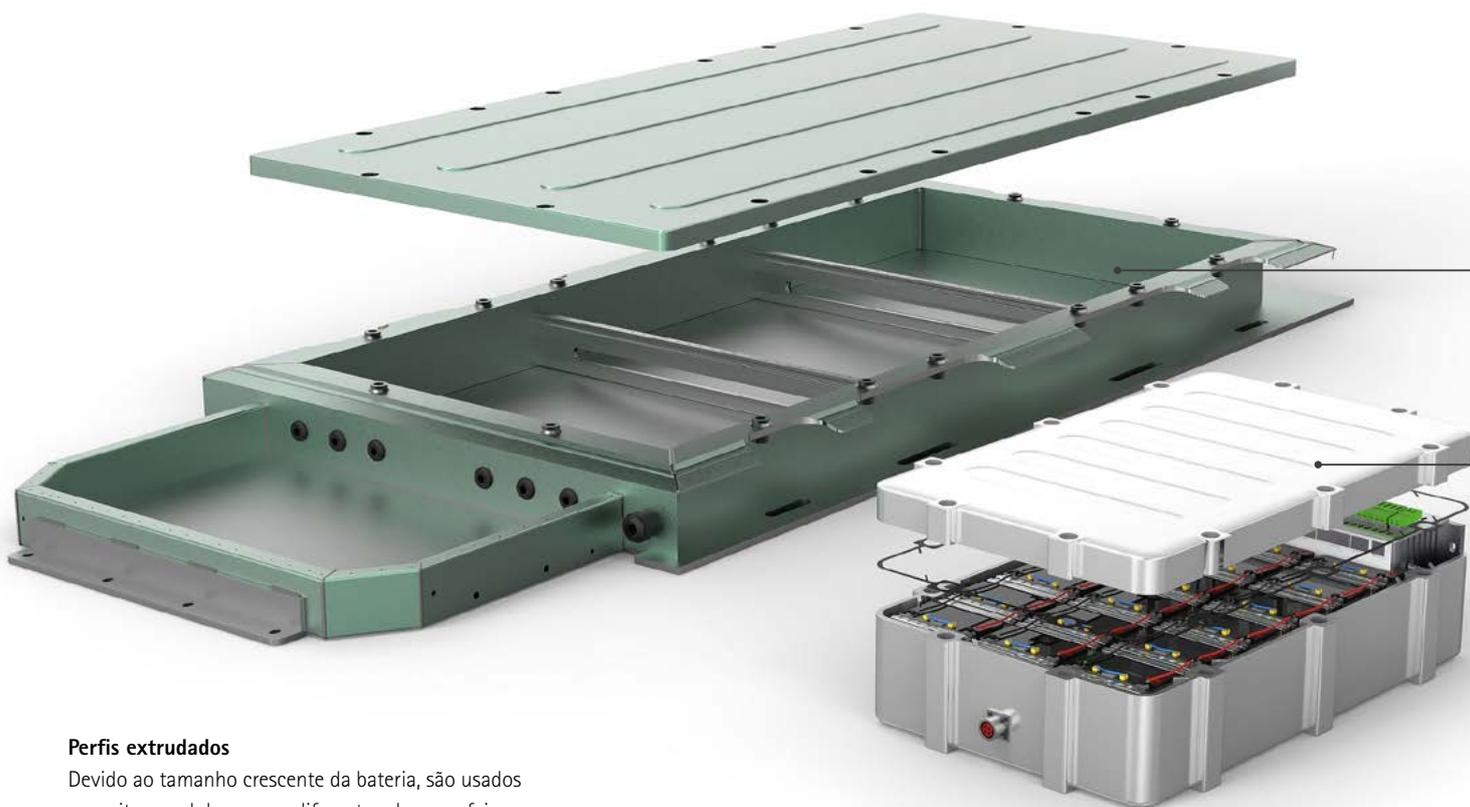
A MAPAL oferece o processo completo para usinagem de compressores scroll.

# Carcaça para abastecimento energético

Para a proteção das peças eletrônicas como, por exemplo, sistema de baterias ou potência eletrônica, contra influências ambientais exteriores e para a fixação dos componentes no espaço interior a fim de garantir o funcionamento sem problemas durante a operação do veículo, são utilizadas diferentes carcaças. As exigências às carcaças dependem do sistema eletrônico e do conceito de acionamento. Atualmente, são utilizados diferentes materiais e processos de fabricação.

## CARACTERÍSTICAS

- Componentes frágeis de parede fina (suscetíveis a vibração)
- Construção como um tanque fundido ou como uma construção em estrutura feita de perfis ocós
- Alumínio parcialmente com baixo teor de silício
- Grande área (2 × 3 m)
- Principalmente operações de furação e fresamento e rosqueamento
- Exigências de precisão e superfície para buchas de cabos e conexões de refrigeração



### Perfis extrudados

Devido ao tamanho crescente da bateria, são usados conceitos modulares para diferentes classes e faixas de desempenho. Por esta razão, perfis de alumínio extrusado são soldados para formar uma carcaça.

#### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

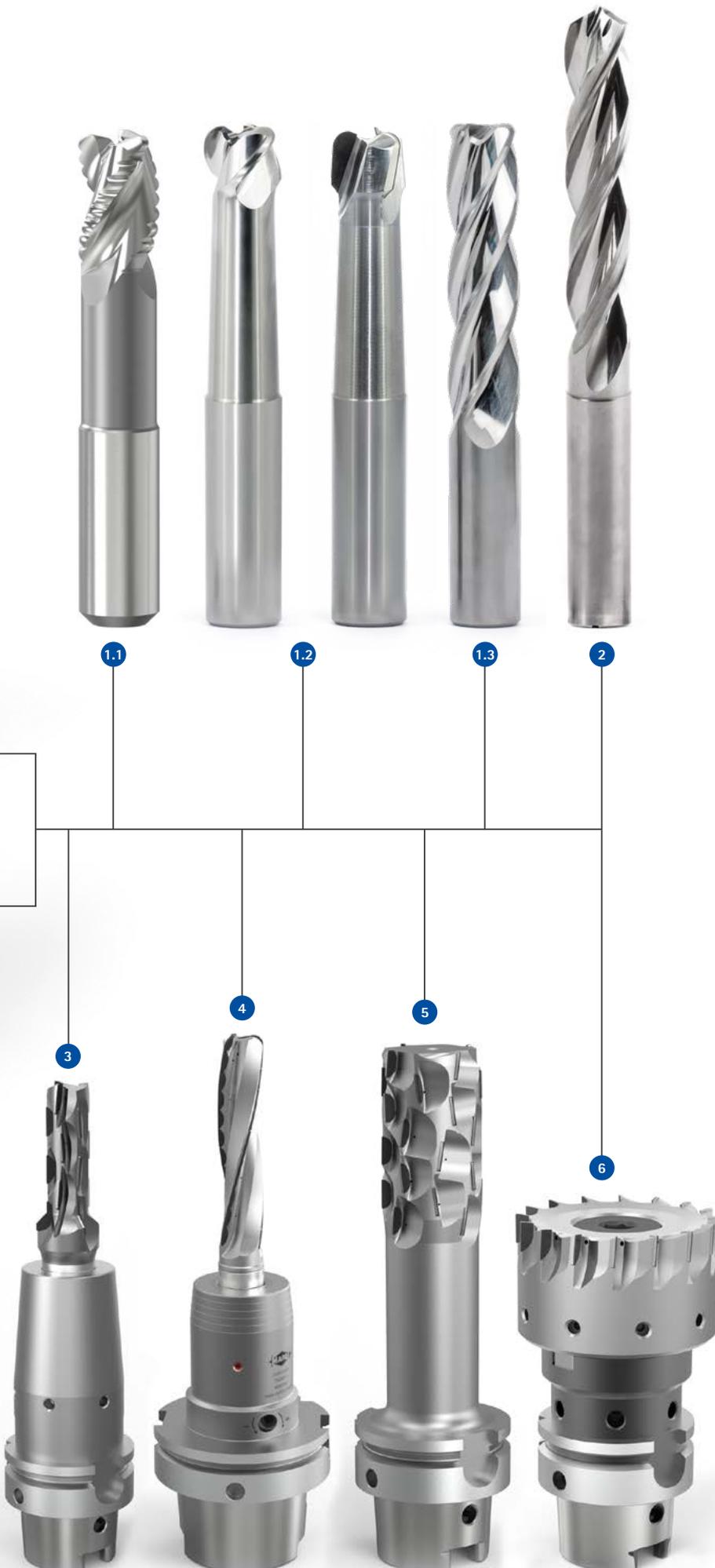
- Material fino com múltiplas camadas
- Furação: Vibrações e formação de rebarba. Formação de anéis na ferramenta
- → Fresas helicoidais / furação por interpolação evita formação de rebarba e anéis
- Fresamento: Material fino tende a vibrar
- → Menos vibrações através da geometria de corte otimizada

### Carcaça fundida

As carcaças fundidas de alumínio são usadas principalmente para acomodar potência eletrônica ou bateria com menor sistemas para veículos híbridos. As estruturas complexas da carcaça são concebidas com canais de refrigeração integrados.

#### EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

- Fresamento de superfícies vedantes (exigências de superfície parcialmente especial)
- Furação dos furos principais (> 50 furos por peça)
- Fresamento de superfícies de admissão para sistema eletrônico e células de bateria em caso de maior alcance da ferramenta



### 1 PROGRAMA STANDARD PARA A USINAGEM DE COMPONENTE ESTRUTURAIS

- Geometria de corte altamente positiva
- Forças de corte reduzidas
- Corte de baixa vibração

#### 1.1 OPTIMILL-ALU-WAVE

- Usinagem em desbaste com poucas vibrações e com maior profundidade de corte

#### 1.2 OPTIMILL-SPM

- Ideal para a produção de aberturas de cavidades
- Modelo em metal duro integral ou com arestas de corte PCD soldadas

#### 1.3 OPTIMILL-SPM-FINISH

- Acabamento de grandes profundidades em etapa única
- Forte desempenho em caso de emaranhamento elevado

### 2 TRITAN-DRILL-ALU

- Criação de furos centrais
- Três arestas de corte para as maiores taxas de avanço
- Maior precisão de posicionamento por meio da aresta de corte transversal autocentrante

### 3 FRESA DE PCD COM LÂMINAS ALTERNADAMENTE DISPOSTAS

- Forças de corte reduzidas sobre toda a profundidade de usinagem

### 4 FRESA DE PCD EM ESPIRAL

- Acabamento de estruturas de paredes finas

### 5 FRESA HELICOIDAL DE PCD

- Rebarbar com maior profundidade de corte

### 6 CABEÇOTE DE FACEAMENTO DE PCD

- Faceamento com profundidades de corte até 10 mm
- Geração de perfis de superfície definidos para superfícies vedantes e de apoio

# Soluções para carcaças de bateria

## Usinagem completa do quadro de bateria

### Usinagem sem vibrações de carcaças complexas de paredes finas

- Furação com tempo de ciclo curto
- Fresamento com controle de cavacos perfeito
- Usinagem de diversos diâmetros com uma ferramenta
- Fresamento de furos escalonados
- Redução de vibrações
- Faceamento de superfícies



#### REBARBAR ECONÔMICO DE BOLSÕES E SUPERFÍCIES

- Fresa de acabamento OptiMill-SPM-Finish
- Acabamento para obter as melhores qualidades de superfície e um ótimo controle das vibrações

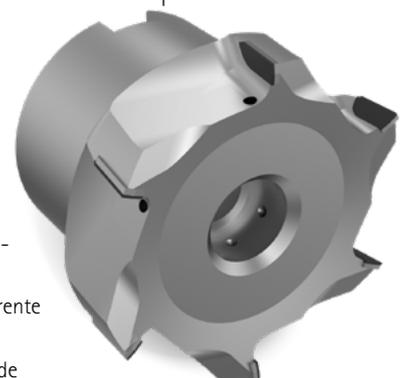


#### FURAÇÃO COM TEMPO DE CICLO CURTO

- Broca de metal duro integral MEGA-Drill-Alu
- Foco na formação de cavacos
- Processos de perfuração eficazes com um maior número de diâmetros iguais

#### DESBASTE E ACABAMENTO DE SUPERFÍCIES PLANAS

- Cabeçote de faceamento de PCD FaceMill-Diamond-ES
- Usinagem de superfícies planas com diferente sobremetal com uma ferramenta
- Possibilidade de usinagem de desbaste e de acabamento



### FRESAMENTO DE DIFERENTES DIÂMETROS

- Fresa de PCD OptiMill-Diamond-SPM
- Operações de fresamento circular de vários diâmetros e superfícies
- Redução das trocas de ferramenta graças à utilização flexível da ferramenta

### DESBASTE DE BOLSOS E SUPERFÍCIES

- Fresa de PCD para usinagem flexível de várias características
- A seleção do diâmetro de acordo com o componente permite a usinagem eficaz em termos de tempo de ciclo
- Controle das vibrações graças à posição de montagem alternada das arestas de corte PCD

### FRESAMENTO DE MÚLTIPLOS FUROS

- Operações de fresamento circular de vários diâmetros
- Fresa circular PCD com várias características de usinagem
- Usinagem de furos escalonados de um lado

### Fresar ao invés de furar

A abordagem do fresamento ao invés da convencional furação está se revelando inovadora na usinagem de componentes, especialmente no contexto da mobilidade elétrica. Esta estratégia apresenta não só uma maior estabilidade do processo, mas também uma redução do tempo de processamento. Graças a ferramentas de fresamento especializadas, é possível uma adaptação flexível a diferentes diâmetros de furo e materiais, como o alumínio de fixação longa.

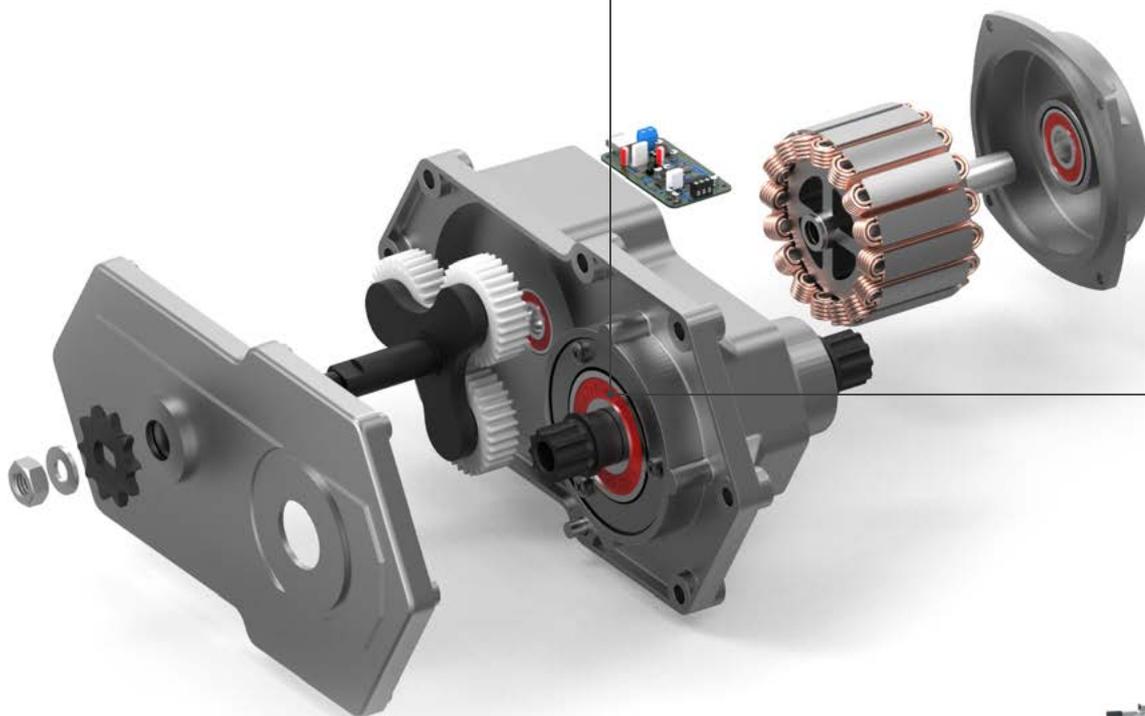
Com testes bem-sucedidos, como demonstrado pela MAPAL, essa abordagem rompe com antigas convenções e abre potencial para melhorar o tempo de produção e a qualidade. O fresamento como alternativa à perfuração está se tornando cada vez mais importante, especialmente na fabricação de componentes para veículos elétricos como, por exemplo, carcaças de baterias e estruturas soldadas.



# Pequena carcaça de motor usando como exemplo o acionamento de uma bicicleta elétrica (e-bike)

A mobilidade elétrica há muito tempo encontrou o seu lugar na vida cotidiana. O público em geral foi apresentado pela primeira vez aos acionamentos elétricos em bicicletas. As carcaças do motor, entre outras coisas, representam um desafio em sua produção – elas devem ser pequenas e leves e, ao mesmo tempo, altamente precisas.

Nas últimas décadas, a MAPAL ganhou uma vasta experiência na usinagem de pequenas carcaças de motor feitas de alumínio e magnésio, por exemplo, caixas para motosserras, ciclomotores ou cortadores de grama. No entanto, os requisitos de precisão aumentaram mais uma vez com a eletrificação.



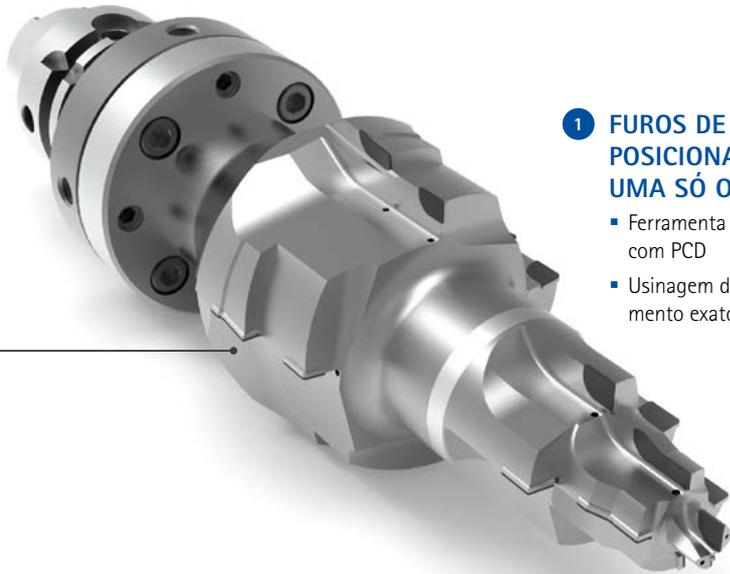
## CARACTERÍSTICAS

- Duas partes ou três partes (carcaça e tampa)
- Carcaças fundidas feitas de alumínio ou magnésio
- Componentes frágeis de parede fina (susceptíveis a vibração)
- Trajetos de contorno com vários estágios
- Os requisitos geométricos e dimensionais são elevados (tolerâncias de forma, de funcionamento e de posição)

## EXIGÊNCIAS DA USINAGEM

- Circularidade < 0,01 mm
- Tolerância de diâmetro IT7
- Rugosidade média Rz < 10 µm





### 1 FUROS DE ROLAMENTO E DE POSICIONAMENTO EXATOS EM UMA SÓ OPERAÇÃO

- Ferramenta especial escalonada combinada com PCD
- Usinagem de furos de rolamento e posicionamento exatos em uma só operação



### 2 FURAÇÃO E FRESAMENTO EM UMA ÚNICA FERRAMENTA

- Ferramenta de fresamento de furos com PCD de múltiplos estágios
- Estágios de furação para furos de rolamento e posicionamento
- Estágio de fresamento para acabamento de canais de vedação

### A MAPAL oferece um pacote completo para a usinagem de pequenas carcaças de alumínio ou magnésio.

Em primeiro lugar, as ferramentas de PCD e de metal duro integral são ideais para a usinagem de ambos os materiais. Dependendo dos requisitos e da complexidade, a MAPAL projetará o melhor conceito, incluindo todas as ferramentas e mandris. Ferramentas combinadas, cada uma cobrindo várias etapas de trabalho, tornam o processo mais econômico.

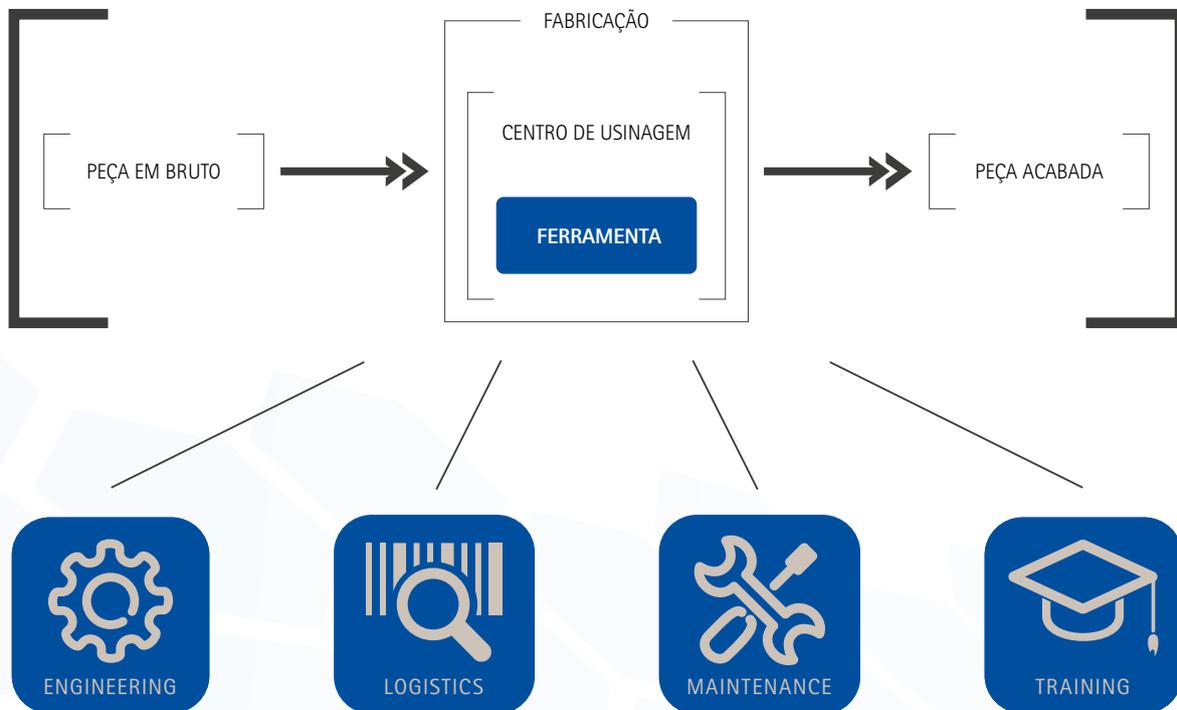


# Serviço individual, customizado

As raízes da MAPAL estão na fabricação de ferramentas personalizadas. O foco é, portanto, sempre em aconselhamento holístico e suporte para tarefas e processos de usinagem.

A MAPAL oferece suporte em todas as fases e áreas de produção com uma extensa variedade de serviços. Independentemente de ser necessário desenvolver uma nova fabricação, otimizar processos, introduzir novas tecnologias, recondi-  
cionar máquinas em novas peças ou expandir o know-how de colaboradores.





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 oferecidos pela MAPAL se concentram em processos otimizados e suporte integral no caminho para a Indústria 4.0. O objetivo é sempre auxiliar significativamente o cliente na obtenção de um processo tranquilo, fabricação produtiva e econômica.

## VANTAGENS

- Soluções para peças completas, inclusive ferramentas, dispositivos, programa NC e colocação em funcionamento
- Projeto e implementação de processos completos de uma única fonte
- Suporte no local rápido e flexível em todo o mundo
- Tecnologia de ferramentas eficiente e com custos otimizados
- Harmonização ideal entre ferramenta, peça, dispositivo e máquina
- A mais alta qualidade de produto, confiabilidade de processo e eficiência econômica desde o início
- Rendimento rápido do planejamento à implementação com máxima segurança de planejamento



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

## USINAGEM DE FUROS

ALARGAMENTO | ACABAMENTO FINO

FURAÇÃO CONTÍNUA | MANDRILAMENTO | ESCAREAMENTO

## FRESAMENTO

## FIXAÇÃO

## TORNEAMENTO

## ACIONAMENTO

## AJUSTAR | MEDIR | DISTRIBUIR

## SERVIÇOS

FOLLOW US

