

Fabricação de precisão EPTEK | Moldagem de precisão por vazamento e ferramentaria para compósitos

ALÉM DAS PLACAS COLADAS

FERRAMENTARIA FUNDIDA DE PRECISÃO EPTEK

Das placas coladas à fundição monolítica de contorno próximo

Modelos automotivos • Ferramentaria aeroespacial • Dispositivos de precisão



Menos juntas, maior previsibilidade.

Sistemas não metálicos para ferramentaria EPTEK: fundição, pasta e espuma rígida.

Construção com placas coladas

Fundição monolítica de precisão

Usinagem CNC de cinco eixos de um bloco monolítico fundido para ferramentaria, sem juntas entre placas e com superfície lisa e contínua.

No design automotivo, na validação de modelos e na ferramentaria aeroespacial de precisão, a qualidade do bloco determina se superfícies complexas podem ser reproduzidas continuamente e se as dimensões do projeto podem ser transferidas com confiabilidade. Ela também afeta diretamente a eficiência das operações posteriores de colagem, reparo e usinagem.

Para componentes grandes, cavidades profundas e geometrias complexas, as placas convencionais para ferramentaria precisam ser cortadas em várias seções, coladas e curadas antes da usinagem do conjunto. Juntas, camadas de adesivo e acabamentos repetidos prolongam o processo e introduzem incertezas na uniformidade superficial, na estanqueidade a vácuo e na estabilidade dimensional em longo prazo.

Para superar a construção com placas coladas, a EPTEK desenvolveu sua ferramentaria fundida de precisão. A partir dos dados 3D fornecidos pelo cliente, a EPTEK projeta uma cavidade específica de fundição de contorno próximo e produz um bloco monolítico próximo à forma final, transferindo modelos e ferramentas complexos da montagem de placas para a fundição integrada.

“Menos juntas. Maior previsibilidade na fabricação.” Esse é o princípio da ferramentaria fundida de precisão EPTEK.

01 · QUATRO LIMITAÇÕES DAS PLACAS COLADAS PARA FERRAMENTARIA

As placas convencionais para ferramentaria geralmente são fornecidas como painéis retangulares padrão. A fabricação de componentes grandes, cavidades profundas ou ferramentas com formas livres complexas exige distribuição, corte, desbaste, aplicação de adesivo, montagem, fixação, cura e acabamento das juntas. As placas padrão continuam práticas para peças pequenas e regulares; porém, suas limitações se acentuam conforme aumentam o tamanho, a complexidade superficial e as exigências de vácuo.

- As juntas visíveis são difíceis de eliminar

As camadas de adesivo e as placas diferem em cor, dureza, coeficiente de expansão térmica e comportamento no lixamento. Mesmo após preenchimento, lixamento e pintura, as juntas podem reaparecer em acabamentos brilhantes, superfícies de classe A ou após variações prolongadas de temperatura, comprometendo a uniformidade dos modelos de estilo, modelos mestres e ferramentas de alta qualidade.

- A estanqueidade a vácuo pode ser comprometida

As regiões das juntas, as bordas do adesivo e as colagens localmente incompletas podem criar canais ocultos ou microvazios. Em moldes de conformação a vácuo, modelos mestres para laminação de compósitos e dispositivos de recorte a vácuo, esses defeitos podem se tornar caminhos de vazamento, reduzindo o nível de vácuo ou causando retenção instável.

- As linhas de colagem podem limitar a vida útil

As linhas de colagem são descontinuidades na estrutura global. Manuseio, usinagem, aplicação de vácuo, cargas mecânicas e ciclos térmicos repetidos podem causar descolamento local, fissuras ou degraus nas juntas, aumentando o risco de reparos e recalibração.

- A eficiência de fabricação é menor

A montagem tradicional exige corte das placas, aplicação de adesivo, posicionamento, fixação, cura, reparo das juntas e redefinição das referências, seguida da remoção de grande quantidade de material do bloco retangular. A fundição monolítica de contorno próximo distribui o sobremetal necessário à usinagem ao redor da geometria final, reduzindo o excesso de material e o trabalho de desbaste.

CONSTRUÇÃO COM PLACAS COLADAS	Distribuir e cortar → desbastar → colar e fixar → curar → reparar juntas → redefinir referências → desbaste intenso
FUNDIÇÃO DE CONTORNO PRÓXIMO	Dados 3D → cavidade específica → fundição monolítica → usinagem de acabamento direcionada

As placas padrão continuam adequadas para componentes pequenos e regulares. Suas desvantagens se acentuam em ferramentas grandes, cavidades profundas, superfícies complexas, aplicações de vácuo e projetos com exigências estéticas elevadas.

02 · FUNDIÇÃO DE CONTORNO PRÓXIMO: UMA NOVA ROTA DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS

A ferramentaria fundida de precisão EPTEK segue a rota de fundição de contorno próximo reconhecida internacionalmente: um bloco tridimensional próximo à forma final é fundido ao redor da geometria do produto. Comparado às placas empilhadas e coladas, o processo reduz a remoção de material, o tempo de usinagem CNC, o desgaste das ferramentas e os cavacos, proporcionando uma superfície contínua sem juntas entre placas.

Isso representa mais que uma mudança na forma do material: reorganiza todo o fluxo de fabricação do bloco. Dos dados 3D e do projeto da cavidade à fundição monolítica e à usinagem de precisão, o material é distribuído ao redor do contorno final do produto. O bloco mantém apenas o sobremetal necessário e pode seguir diretamente para acabamento CNC ou de cinco eixos, eliminando corte, colagem e cura das placas e reparo das juntas.

ETAPA DO PROCESSO	DESCRIÇÃO
01 Dados e projeto da ferramenta	Projetar um molde específico de fundição a partir dos dados 3D do cliente, definindo o sobremetal para usinagem, posições dos inserts, circuitos de vácuo e outros detalhes do processo.

ETAPA DO PROCESSO	DESCRIÇÃO
02 Usinagem da cavidade	Usinar por CNC a cavidade de espuma para reproduzir com precisão a geometria do produto, controlando o consumo de material e aproximando-se do contorno final.
03 Fundição e cura	Verter poliuretano líquido (PUCAST®) ou epóxi (EPCAST®) e curar para formar uma estrutura monolítica. Peças espessas podem utilizar ciclos de cura e pós-cura em etapas.
04 Usinagem mínima de acabamento	Desmoldar um bloco monolítico com sobremetal limitado. Uma usinagem leve de acabamento produz a peça final; em projetos adequados, o tempo de usinagem pode ser reduzido em mais de 50%.

A EPTEK seleciona o sistema de poliuretano PUCAST® ou epóxi EPCAST® conforme o tamanho do componente, temperatura de serviço, dureza superficial, desempenho em compressão, peso e requisitos de usinagem. Peças espessas, de alta precisão ou destinadas a temperaturas elevadas podem utilizar cura e pós-cura em etapas para reduzir tensões internas e estabilizar as propriedades finais.

03 · FERRAMENTARIA FUNDIDA DE PRECISÃO E PLACAS COLADAS

O valor da ferramentaria fundida de precisão vai além de substituir uma placa padrão: aproxima muito mais o bloco inicial da geometria final.

CRITÉRIO	PLACAS COLADAS PARA FERRAMENTARIA	FERRAMENTARIA FUNDIDA DE PRECISÃO EPTEK
Estabilidade dimensional	As múltiplas interfaces adesivas podem se deformar de maneiras diferentes com a variação da temperatura.	A estrutura monolítica contínua, a formulação controlada e a pós-cura favorecem um comportamento dimensional uniforme.
Estanqueidade a vácuo	As linhas de colagem e os vazios podem criar caminhos de vazamento, dificultando a manutenção do vácuo.	Menos interfaces entre placas reduzem os possíveis caminhos de vazamento.
Eficiência de usinagem	O corte, a colagem e a cura das placas, o reparo das juntas e o desbaste intenso criam uma longa sequência de processos.	O sobremetal próximo à forma final encurta os percursos de desbaste e reduz o desgaste das ferramentas.
Vida útil	As linhas de colagem são regiões relativamente fracas e podem se descolar ou fissurar sob cargas térmicas e mecânicas.	Eliminar as linhas de colagem entre placas permite otimizar a vida útil por meio do sistema de material, da densidade e do projeto estrutural.
Custo total	Econômicas para peças pequenas e regulares, mas os custos de montagem e desbaste aumentam muito em ferramentas grandes.	Uma cavidade específica exige investimento inicial, mas permite controlar melhor o prazo e o custo totais em ferramentas grandes e complexas.

A redução de peso, a eficiência de usinagem e o prazo de cada projeto dependem do tamanho do componente, da densidade do material, do projeto estrutural, do sobremetal e dos critérios de aceitação. As placas padrão podem continuar mais econômicas para peças pequenas, regulares e extremamente urgentes; a fundição monolítica de contorno próximo costuma ser mais eficiente para componentes grandes, superfícies complexas, vedação a vácuo e acabamentos de alta qualidade.

04 · DESIGN AUTOMOTIVO, MODELOS E FERRAMENTARIA

As aplicações automotivas representam aproximadamente 50% dos projetos de ferramentaria fundida de precisão EPTEK. A tecnologia abrange da validação inicial do estilo e confirmação dos dados de engenharia aos modelos internos e externos, modelos funcionais, dispositivos de controle e moldes para pequenas séries.



Modelo de estilo automotivo: um bloco monolítico fundido permite reproduzir superfícies de classe A sem juntas.

- Modelos de estilo e modelos mestres

Adequado para exteriores completos de veículos e modelos de estilo de seções da carroceria, para-choques, para-lamas, painéis dianteiros e traseiros, aerofólios, caixas de roda, faróis, grades e componentes aerodinâmicos. Em superfícies grandes, cavidades profundas ou estruturas irregulares, o bloco monolítico reduz o risco de juntas entre placas aparecerem sob pinturas brilhantes e facilita a transferência da massa de modelagem para CAD, a revisão das superfícies de classe A e a aprovação final do projeto.

- Modelos de controle dimensional e modelos de referência “cubing”

Os dados do veículo ou subconjunto permitem fabricar modelos de controle dimensional, ajuste e validação de montagem para verificar folgas, nivelamento, relações entre contornos e compatibilidade de montagem. Alta estabilidade dimensional, boa conservação das bordas e acabamento superficial fino são requisitos essenciais do material.

- Modelos e ferramentas de interiores e exteriores

As aplicações incluem painéis de instrumentos, painéis de porta, consoles centrais, pilares, forros de teto, componentes de bancos, revestimentos do porta-malas, faróis e painéis de carroceria de veículos de novas energias. O material também pode ser utilizado em moldes de conformação a vácuo, moldes RIM de baixa pressão, moldes para espuma, ferramentas para revestimentos macios e moldes de compósito para pequenas séries.

- Dispositivos de controle, montagem e suportes de componentes

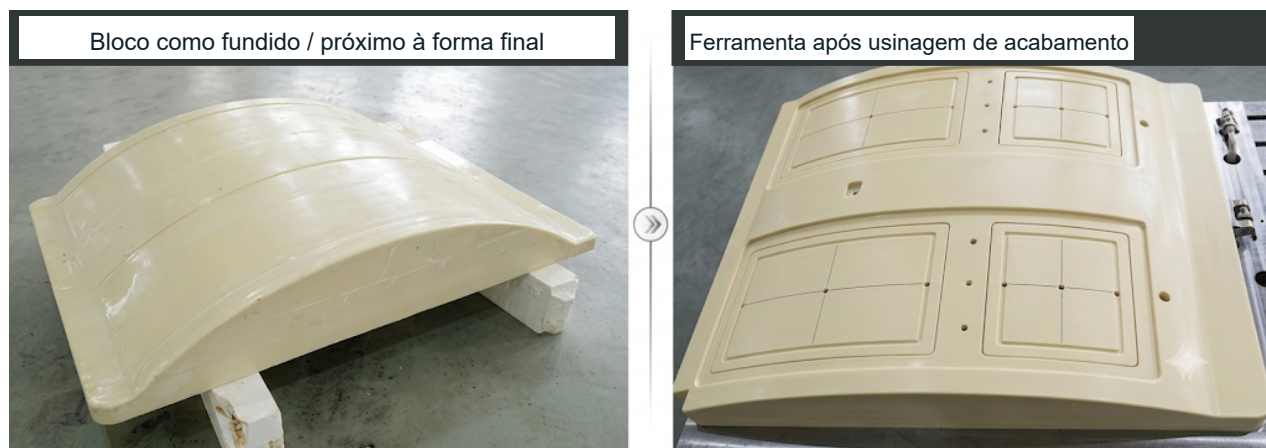
Adequado para dispositivos de controle de contornos, posicionamento, suportes de montagem, bases de medição e ferramentas de exposição de painéis de carroceria, acabamentos internos e externos e componentes estruturais. O bloco pode ser fundido próximo ao contorno de apoio necessário e depois usinado com furos de referência, pinos de posicionamento, blocos de controle e insertos metálicos, equilibrando precisão, peso e facilidade de manuseio.

05 · APLICAÇÕES DE FERRAMENTARIA AEROESPACIAL

As peças aeroespaciais de compósito e chapa costumam ser grandes, de paredes finas e baixa rigidez, com curvaturas complexas e elevadas exigências de precisão. São necessárias ferramentas específicas durante laminação e

conformação, recorte e furação, inspeção e montagem. Atualmente, as aplicações aeroespaciais representam aproximadamente 50% dos projetos de ferramentaria fundida de precisão EPTEK.

Ferramentaria de grandes dimensões: comparação das etapas de produção



Ferramentaria de grandes dimensões: comparação das etapas de produção

Bloco como fundido / próximo à forma final

Ferramenta após usinagem de acabamento

Bloco grande de ferramentaria antes e depois da usinagem: o bloco fundido próximo à forma final minimiza a remoção de material e mantém o sobremetal superficial necessário.

• Modelos mestres para moldes de compósito

Um modelo mestre é a referência de alta precisão utilizada para fabricar um molde de produção de compósito. A EPTEK pode fundir um bloco monolítico diretamente a partir dos dados da peça de compósito ou da ferramenta final. A usinagem de cinco eixos gera uma superfície contínua, seguida de selagem, revestimento, gelcoat ou tratamento desmoldante. As aplicações típicas incluem modelos mestres de revestimentos de asas em fibra de carbono, painéis de fuselagem, portas, carenagens, pontas de asa, longarinas e nervuras.

- Para modelos mestres de compósito de baixa ou média temperatura, selecionar um sistema de poliuretano ou epóxi conforme o material de laminação, a temperatura de cura, o número de ciclos térmicos e os requisitos de precisão.

- Para modelos mestres de moldes de pré-impregnados, verificar a temperatura de deflexão térmica, o coeficiente de expansão térmica, o ciclo de pós-cura e a compatibilidade com o sistema de gelcoat.

• Dispositivos de fixação a vácuo e recorte

Após a cura, as peças de compósito geralmente são posicionadas em dispositivos de fixação a vácuo e recorte ajustados à sua superfície. A ferramentaria fundida de precisão EPTEK forma o corpo do dispositivo como um único bloco; depois, a usinagem CNC cria a superfície de ajuste, ranhuras de vácuo, canais de ar, ranhuras de vedação e referências de posicionamento. Diferentemente dos dispositivos de placas coladas, o bloco monolítico não tem juntas atravessando a superfície de trabalho, reduzindo o risco de caminhos de vazamento nas linhas de colagem.

- Peças típicas: revestimentos de asas em fibra de carbono, painéis de fuselagem, portas, carenagens, painéis sanduíche com núcleo de colmeia e componentes internos em compósito.

- Após a usinagem, realizar selagem superficial, inspeção da continuidade da vedação, testes de vácuo por zonas e um teste de retenção de vácuo do dispositivo completo.

05 · APLICAÇÕES DE FERRAMENTARIA AEROESPACIAL - CONTINUAÇÃO

• Blocos para ferramentas de estiramento e conformação de chapas

Os revestimentos de alumínio e os componentes de chapas finas de aeronaves exigem moldes com superfícies precisas, resistência à compressão suficiente e boa resistência ao desgaste durante estiramento em baixa temperatura, conformação por estiramento, trabalho manual e conformação corretiva. Para programas de desenvolvimento, pequenas séries e superfícies complexas, as ferramentas de resina podem ser usinadas rapidamente em cinco eixos e são mais fáceis de manusear e modificar que blocos metálicos.

- Ferramentas de inspeção e dispositivos de montagem

A inspeção e a montagem de componentes aeroespaciais exigem transferência confiável de referências, posicionamento de contornos e fixação repetível. A ferramentaria fundida de precisão EPTEK pode ser utilizada em calibradores de contornos e superfícies, dispositivos de posicionamento para montagem, bases de gabaritos de furação e dispositivos de colagem. Um bloco monolítico fundido cria contornos de apoio complexos com peso relativamente baixo e pode incorporar pinos, buchas, insertos roscados, assentos esféricos e alvos de medição.

Em projetos aeroespaciais, a seleção do material e os ciclos de cura devem ser validados conforme a temperatura de serviço, o número de ciclos térmicos, a precisão dimensional, a compatibilidade com revestimentos ou gelcoat, os requisitos de vácuo e o plano final de inspeção.

06 · PORTFÓLIO DE PRODUTOS EPTEK

A EPTEK oferece um portfólio completo de materiais e equipamentos para design automotivo, moldes aeroespaciais e ferramentaria de precisão: de massas de modelagem, núcleos leves e placas a ferramentaria fundida de precisão, materiais em pasta, núcleos solúveis em água e sistemas de usinagem de cinco eixos.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
Ferramentaria fundida de precisão em poliuretano PUCAST®	Cura rápida, excelente usinabilidade, baixa geração de pó e opções flexíveis de densidade. Adequado para modelos de estilo automotivo, dispositivos de controle e montagem, dispositivos de recorte a vácuo e modelos mestres de compósito de baixa temperatura.
Ferramentaria fundida de precisão em epóxi EPCAST®	Excelente estabilidade dimensional, bom desempenho em temperaturas elevadas e baixa expansão térmica. Adequado para modelos mestres de compósito de temperaturas mais altas, modelos mestres para moldes de pré-impregnados e dispositivos de inspeção de precisão.
Placas para ferramentaria PUBOARD® / EPBOARD®	Placas de poliuretano e epóxi de alta temperatura para modelos pequenos, ferramentas rápidas, dispositivos de controle e modelos mestres para moldes de pré-impregnados.
Materiais leves para núcleos PUFOAM® / LBOARD®	Espuma rígida de poliuretano de células finas para modelos mestres grandes, modelos mestres leves, modelos mestres para moldes de compósito e suporte interno de estruturas ajustadas ao contorno.
Material em pasta para ferramentaria EPMOLD®	Para camadas superficiais de modelos mestres grandes, regularização de superfícies complexas, modificações locais e fabricação de ferramentas por aplicação manual ou mecânica.
Resinas e pré-impregnados para ferramentaria EPMOLD®	Sistemas de alto desempenho para moldes aeroespaciais em compósito, incluindo moldes de infusão a vácuo, moldes de pré-impregnados e ferramentas em compósito de alta temperatura.
Massa de modelagem iClay	Para desenvolvimento do estilo automotivo e validação do projeto. Pode ser retrabalhada e recebe acabamento facilmente para produzir modelos com superfícies de classe A.

FAMÍLIA DE PRODUTOS	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
Materiais para núcleos solúveis em água	Para formar estruturas ocas complexas em compósito. Após a cura, o núcleo pode ser removido com água, superando as limitações de desmoldagem dos núcleos convencionais.

CONSULTAS DE PROJETOS

Blocos fundidos sem juntas, modelos, moldes e dispositivos personalizados

Envie seus dados 3D. A EPTEK pode entregar a solução completa, de um bloco fundido de precisão até uma peça acabada por usinagem de cinco eixos.