

WHITE PAPER

Microfusão

A revolução de peças impressas para
fundição direta



O que são modelos para fundição à cera perdida impressos em 3D?

A fundição à cera perdida com modelos impressos em 3D substitui os modelos tradicionais de cera por peças de sacrifício fabricadas digitalmente. Essa abordagem elimina a necessidade de moldes metálicos, permitindo a produção de geometrias complexas com alta precisão e custos reduzidos.

Ideal para prototipagem rápida de uma determinada peça antes de fazer o molde, peças personalizadas e atender baixos volumes de peças, a tecnologia acelera o processo de fundição enquanto mantém a qualidade superficial exigida por setores como:

- Automotivo
- Sanitário
- Óleo e gás
- Implantes

Aplicações incluem:

- Peças metálicas com geometrias complexas (ex.: turbinas, válvulas);
- Protótipos funcionais para validação antes da produção em série;
- Substituição de peças descontinuadas sem retrabalho de ferramentais.

Desafios na fundição tradicional

O método convencional de fundição à cera perdida enfrenta obstáculos críticos:

- **Custos elevados:** a produção de moldes metálicos por usinagem CNC é cara, especialmente para baixos volumes.
- **Prazos longos:** desenvolvimento de ferramentais pode levar semanas ou meses.
- **Limitações geométricas:** dificuldade em fabricar peças com saliências ou canais internos complexos.

Manufatura Aditiva como solução

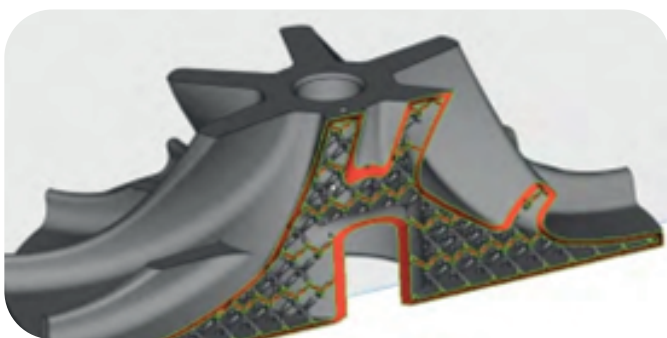
O método convencional de fundição à cera perdida enfrenta obstáculos críticos:

- **Redução de custos:** eliminação de moldes metálicos e redução de material;
- **Lead time de horas:** impressão direta de modelos em resina por MSLA, sem etapas intermediárias;
- **Liberdade de design:** geometrias impossíveis de serem usinadas ou moldadas;
- **Sustentabilidade:** minimização de desperdício de cera e cerâmica.

Tecnologia e materiais

A tecnologia MSLA (estereolitografia mascarada), da Formlabs, é a chave para modelos de fundição precisos. Combinada à Clear Cast, um material livre de antimônio e com baixo teor de cinzas (<0,02%), permite:

- **Precisão dimensional:** precisão de $\pm 0,15\%$ XY e camadas ultrafinas de 0,05 mm (com a resina Clear Cast) garantem fidelidade ao design;
- **Resistência térmica:** a resina Clear Cast Suporta queima em fornos a até 900°C sem deformação;
- **Acabamento liso:** minimiza a necessidade de pós-processamento, diferentemente das peças impressas em PLA por FFF;
- **Peças leves para fundir direto:** com a maior liberdade geométrica, pode ser aliviado o modelo impresso para ser fundido assim reduzindo o volume da peça, diminuindo custo, tempo de impressão e de queima.



Impressão 3D como solução para o problema

É verdade que a impressão 3D ainda não consegue competir com a produção em larga escala dos métodos tradicionais de fabricação, com recorte para a maioria das aplicações.

Entretanto, a manufatura aditiva é uma maneira eficaz de produzir componentes que muitas vezes são tão eficientes, ou melhores, quanto usinados ou moldados por injeção, por exemplo, até mesmo em pequenos lotes.

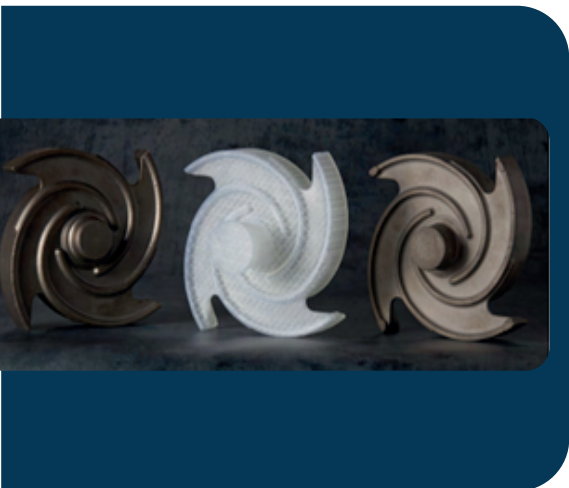
O uso da impressão 3D industrial para a produção de peças finais traz a transformação das capacidades produtivas do mercado, agregando aos processos de produção tradicionais.

Existem tecnologias que permitem a fabricação de modelos com geometrias complexas, totalmente distintas, personalizáveis, sem a necessidade de um ferramental específico, o que reduz significativamente os custos de produção.

As principais vantagens da impressão 3D em peças finais:

1. Produtos customizáveis: como a impressão 3D não utiliza ferramental específico, produzir itens customizáveis se torna extremamente acessível.
2. Pequenos lotes: a fabricação de lotes específicos de peças se torna atrativo, pois em poucas horas é possível obter a quantidade exata de peças necessárias, sem um lote mínimo para viabilidade.
3. Desenvolvimento de produto: a facilidade de fabricação de modelos distintos em poucas horas acelera o desenvolvimento de novos produtos e a possibilidade do teste de aceitação de mercado.
4. Tempo de mercado: com a velocidade do desenvolvimento do produto e a capacidade de produção de lotes, é possível aproveitar oportunidades de mercado sem grandes burocracias.

Casos de sucesso

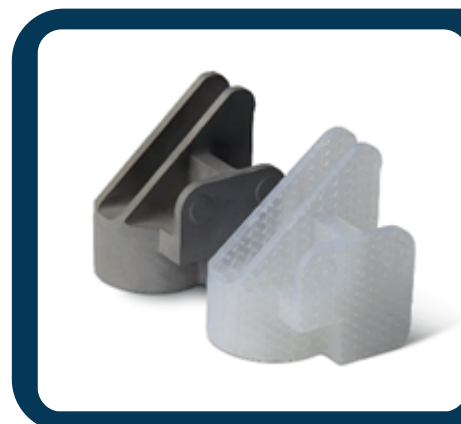


Caso 1: Universidade do Norte de Iowa (UNI)

- Material: Clear Cast Resin
- Aplicação: rotor de alumínio A356 para testes aerodinâmicos
- **Resultados:**
 - Impressão em 12 horas (vs. três semanas para moldes tradicionais)
 - Queima limpa a 900°C, sem resíduos de cinzas na cerâmica.

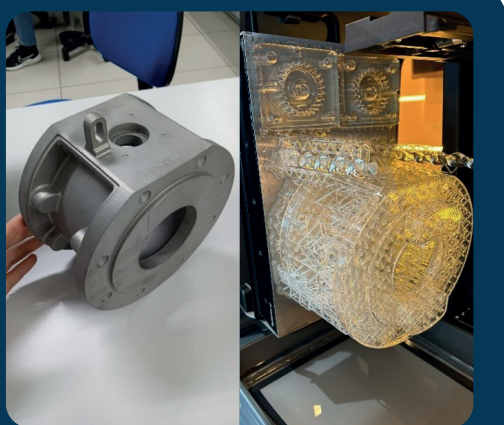
Caso 2: Diversified Metalsmiths

- Material: Clear Cast Resin
- **Resultados:**
 - Redução de US\$ 200 por peça em custos.
 - Qualidade comparável à cera, com prazos 70% menores.



Caso 3: MGA (Serra Gaúcha, Brasil)

- Tecnologia: Form 4L + Clear Cast Resin
- Aplicação: peças em aço inoxidável 304
- **Resultados:**
 - Substituição bem-sucedida de modelos em PLA (mais lentos e menos precisos).
 - Acabamento superficial superior, compatível com requisitos industriais.



Conclusão

A impressão 3D de modelos para fundição à cera perdida é uma revolução para a indústria, oferecendo:

- Agilidade: produção de modelos em horas, não semanas;
- Custo-benefício: ideal para lotes pequenos e geometrias complexas;
- Versatilidade: aplicável a metais como titânio, aço inoxidável e alumínio.

Apêndice:

Características técnicas

- **Resistência à compressão:** até 2,5 MPa (varia com geometria)
- **Conteúdo de cinzas:** <0,02%
- **Expansão térmica:** menor que resinas concorrentes
- **Compatibilidade:** testada com metais como aço inoxidável, titânio e cromo cobalto.



SKA