China Precision Metal

Guia técnico | Fundição de precisão e CNC

Preparação da RFQ · DFM · Seleção do processo

Fonte: guia técnico em português · www.chinaprecisionmetal.com/pt/engineering-resources/engineering-toolkit/

Construir a RFQ em torno da peça acabada

Uma RFQ útil proporciona a engenharia e compras informação suficiente para selecionar a rota de fabricação, identificar os fatores de risco reais e cotar a **peça acabada**, não apenas a etapa de fundição ou usinagem. Não faz falta adicionar documentação desnecessária antes de que o fornecedor comprenda a aplicação.

Checklist RFQ: o que enviar

Entrada	Detalhe mínimo útil	por isso importa
Geometria	Modelo 3D nativo quando esteja disponível, mais desenho 2D controlado e revisão	O modelo ajuda ao DFM e à revisão do ferramental; o plano define cotas, notas e critérios de aceitação controlados.
Material e serviço	Liga/especificação, condição de tratamento térmico e meio, pressão, temperatura ou ambiente corrosivo relevante	Material e serviço podem alterar fundição, tratamento térmico, usinagem, acabamento e verificação.
Quantidade	Quantidade de amostras, primeiro pedido, lote típico e volume anual estimado	A quantidade influencia em dispositivo, seleção de processo, fixação, plano de inspeção e economia da peça acabada.
Características críticas	Datums, tolerâncias estreitas, superfícies de vedação/rolamento, roscas e requisitos realmente obrigatórios	O fornecedor pode concentrar a capacidade do processo e a inspeção onde uma falha teria consequências.
Usinagem e acabamento	Superfícies usinadas, parâmetro/valor de rugosidade, polimento, passivação, eletropolimento ou revestimento	Evita cotar uma rota incompleta ou adicionar acabamentos desnecessários em áreas não funcionais.

Entrada	Detalhe mínimo útil	por isso importa
Qualidade e ensaios	Certificado de material, FAI/PPAP, Cpk, END, teste de pressão/vazamentos e rastreabilidade quando aplicável	A verificação deve ser planejado com a rota de fabricação, não ser adicionados depois do preço.
Entrega e modelo de fornecimento	Data exigida de amostras, objetivo normal de produção, destino, embalagem e, se aplicável, VMI, pedido aberto, estoque e liberação, Kanban ou JIT	Separa a urgência pontual do modelo recorrente e torna claras desde o início as regras de estoque e reposição.

A **RFQ Data Sheet** para download separa dados do projeto, características críticas, requisitos de qualidade/ensaio e referências de arquivos em cinco folhas. Para programas repetitivos, indique também o modelo de fornecimento esperado — VMI, pedido aberto, estoque e liberação, Kanban, estoque de segurança ou JIT — quando seja relevante. Complete apenas as seções aplicáveis.

Checklist DFM para fundição por cera perdida

Use esta revisão antes de congelar o ferramental:

1. **Primeiro a função.** Identifique limites de pressão, trajetórias de fluxo, faces de vedação, assentos de rolamento, áreas cosméticas e interfaces de montagem.
2. **Transições de seção.** Revise massas isoladas, mudanças bruscas de espessura e percursos longos e finos. Quando a função permitir, utilize raios e transições graduais.
3. **Dispositivo e machos.** Verifique a desmoldagem do padrão de cera, direção de partição, ângulos de saída, áreas cegas profundas, canais internos e se se justificam machos solúveis ou cerâmicos.
4. **Acesso a canais e corte.** Mantenha as superfícies funcionais afastadas das áreas prováveis de corte de ataques/canais quando seja prático e deixe acesso para corte e acabamento.
5. **Estratégia de usinagem.** Defina superfícies fundidas em relação a usinadas, datums de primeira operação, apoios de fixação e sobremetal local em características críticas.
6. **Acesso de inspeção.** Torne mensuráveis as características críticas desde um esquema de datums viável e decida como verificar áreas ocultas ou internas.
7. **Pressão e END.** Vincule testes de pressão/vazamentos e ensaios não destrutivos ao risco real do serviço e aos requisitos do desenho, em vez de aplicar inspeção genérica em toda a peça.
8. **Adequação comercial.** Avalie dispositivo, quantidade, redução de usinagem, aproveitamento de material, acabamento e inspeção como **custo da peça acabada**.

Folha de seleção de processo: fundição por cera perdida vs CNC vs forjamento

Comece pelo **requisito da peça acabada**, não por um processo preferido. A tabela é uma ferramenta de peneirado para decidir qual rota merece um DFM e análise econômico detalhados; não substitui a validação do desenho, material e serviço.

Fator de decisão	Fundição por cera perdida	CNC a partir de material forjado/laminado	Forjamento + usinagem
Geometria exterior complexa	Costuma ser forte quando a forma próxima da forma final elimina muita usinagem	Forte para baixo volume ou geometria acessível; a retirada de material pode ficar mais cara com a complexidade	Melhor se a pré-forma forjada pode continuar sendo relativamente simples; o detalhe complexo costuma ser usinagem
Canais internos / áreas difíceis de usinar	Pode ser atraente se o projeto de machos e o acesso de fundição são factíveis	Limitada pelo acesso de ferramenta salvo furado, mandrinado, EDM ou divisão em várias peças	Geralmente pouco adequada para canais internos complexos fechados na pré-forma
Urgência de protótipo / projeto em mudança	Dispositivo e desenvolvimento costumam retardar o início	Frequentemente é a rota mais rápida em material de produção para poucas unidades e geometria em mudança	O desenvolvimento de matrizes costuma ser menos atraente antes de estabilizar o projeto
Volume repetitivo e aproveitamento de material	Melhoria quando o volume justifica dispositivo e a forma próxima da forma final reduz usinagem/chatarra	Atraente a baixo volume; pode piorar se uma grande quantidade de liga cara for removida repetidamente	Pode ser forte a volume sustentado quando geometria e propriedades se encaixam com o forjamento
Propriedades mecânicas determinantes	Adequada para muitos componentes industriais quando liga, tratamento, qualidade de fundição e aceitação são adequados	Conserva as propriedades do material trabalhado selecionado, fixas a orientação de usinagem e geometria final	A frequente preferida quando especificação, fadiga/ impacto ou fluxo direcional de grão tornam o forjamento importante
Tolerâncias estreitas / vedação / rolamentos	As características críticas costumam ser acabadas por usinagem após a fundição	A usinagem direta dá um controle forte das características acessíveis	As características críticas costumam ser acabadas por usinagem após o forjamento
Investimento em dispositivo / risco de mudanças	Normalmente exige dispositivo; as mudanças posteriores devem ser controladas	Sem molde de fundição/ forjamento, por isso as mudanças são relativamente fáceis	Matrizes/dispositivos podem ser significativos e favorecem um projeto estável
Serviço estanque sob pressão	O processo por si apenas não garantiza estanqueidade; projeto, controle de fundição, usinagem e verificação de pressão/vazamentos continuam sendo decisivos	Um material trabalhado denso pode reduzir o risco do bruto, mas o vedação final depende de projeto e usinagem	Um bruto forjado denso pode reduzir o risco inicial, mas o vedação final depende de projeto e usinagem

Sequência prático de peneirado

1. **Descartar primeiro restrições não negociáveis:** especificação de material, propriedades necessárias, requisitos normativos/do cliente e risco de serviço.
2. **Comparar a economia da peça acabada, não o preço do processo bruto:** dispositivo, desempenho de material, horas de usinagem, fixações, acabamento, inspeção e volume recorrente devem ser avaliados juntos.
3. **Usar CNC como referência útil:** mesmo que não seja a rota de longo prazo, usinar a partir de material maciço pode mostrar o valor da forma próxima da final e pode ser correto para protótipos urgentes ou baixo volume.

4. **Manter as características críticas neutrales ao processo:** faces de vedação, assentos de rolamento, roscas e datums estreitos podem seguir necessitanda usinagem qualquer que seja o processo de partida.
5. **Validar antes de converter:** alterar entre forjamento, fundição ou usinagem a partir de material deve ser confirmada em relação ao desenho controlado e às condições reais de serviço.

Um exemplo real é nosso caso dinamarquês de conversão de forjamento a fundição por cera perdida, onde a rota mudou apenas após confirmar a viabilidade técnica e o cliente informou uma redução de aproximadamente 30% no custo do componente.

Como é um pacote pronto para o fornecedor

Útil: desenho 2D controlado + material + quantidade. Suficiente para um primeiro peneirado técnico e comercial.

Melhor: 3D nativo + 2D controlado + volume anual + cotas críticas + requisitos de acabamento. Facilita DFM mais rápido e uma definição de rota mais confiável.

Melhor: o anterior mais condições de serviço, requisitos de qualidade/ensaios, datas-alvo, embalagem e logística. Reduz esclarecimentos e aproxima a cotação ao programa real de produção.

Descargas

- Baixar o guia técnico (PDF em português)
- Baixar a planilha RFQ editável (XLSX em português)

A checklist é uma ajuda de definição. O desenho controlado, as especificações e os requisitos de projeto acordados continuam sendo os documentos de aceitação aplicáveis.