MANUFATURA DIGITAL DIRETA

O QUE É MANUFATURA DIGITAL DIRETA?

Por Scott Crump, CEO, Stratasys,IInc.

Após 20 anos, o futuro se tornou realidade. Tecnologias de fabricação aditivas, que até recentemente tinham sido relegadas para aplicações de prototipagem rápida, entraram na esfera manufatureira. A utilização de processos de fabricação aditiva é o que diferencia a manufatura digital direta (DDM - Direct Digital Manufacturing) dos métodos convencionais de fabricação, e é a partir dessa tecnologia que surgem vantagens e oportunidades únicas. Diretamente de dados digitais em 3D, um componente é fabricado – camada sobre camada – sem usinagem, moldagem ou fundição.

Stratasys
FOR A 3D WORLD™

White Paper

Uma pergunta frequentemente feita é: “O que é DDM (Direct Digital Manufacturing ou Manufatura Digital Direta)?” A questão surge porque há falta de consenso em muitos aspectos do processo, incluindo seu nome. Ao longo dos últimos anos, o termo manufatura digital direta tornou-se mais comum.

No entanto, nomes alternativos ainda são usados rotineiramente. Quando se discute DDM, muitos usam termos como manufatura rápida, manufatura aditiva ou forma livre de fabricação; todos eles são sinônimos de DDM. A Stratasys, Inc., escolheu adotar DDM porque esse termo distingue claramente a tecnologia de todas as outras. Além disso, esta decisão apoia a Society of Manufacturing Engineers (SME – Sociedade dos Engenheiros Manufatureiros), que endossou DDM como o nome preferencial para essa abordagem de manufatura única.

Como o nome indica, DDM é um processo que utiliza tecnologias de fabricação aditivas, tal como FDM, para a fabricação de peças. Em outras palavras, a DDM produz os componentes que vão dentro dos produtos que uma empresa vende.

Contudo, o conceito ainda está amadurecendo, levando ainda

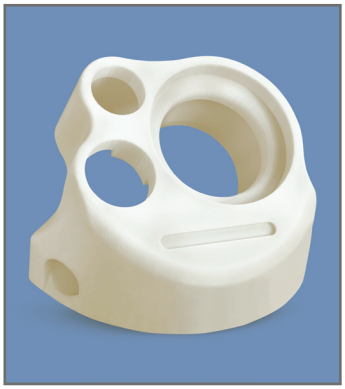

Figura 1: Moldura Klock Werks

Figura 2: Acessório BMW

Figura 3: Molde para injeção por sopro em plástico policarbonato

há algumas discordâncias quanto ao escopo da DDM e como defini-la. No entanto, na Stratasys, a DDM é definida como um processo que é usado para executar uma das três funções seguintes de fabricação:

- Fabricação de bens de uso final: Os itens fabricados são componentes e subconjuntos interno dos produtos que uma empresa vende a seus clientes. (Fig. 1)
- Produção de itens de uso final que são utilizados pelo fabricante: Ao invés de fazer produtos de uma empresa, o processo é usado para a fabricação de dispositivos que auxiliam na produção de produtos vendáveis. Estas ferramentas de fabricação e montagem incluem suportes e acessórios. (Figura 2)
- Criação de ferramentaria para moldagem, fundição ou formação de produtos: Essa aplicação pode ser para a produção direta de ferramentaria ou também para a criação indireta de ferramentaria a partir de um modelo que é construída com tecnologia de fabricação aditiva. (Figura 3).

UMA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O abandono do termo manufatura rápida é devido a dois fatores. Em primeiro lugar, muitos processos convencionais começaram a usar o termo "manufatura rápida" para descrever se a atividade incorpora ou não a tecnologia de fabricação aditiva.

Isto tornou o termo um tanto sem sentido. Em segundo lugar, e mais importante ainda, a DDM oferece muito mais do que uma aceleração do processo de manufatura. Uma ênfase na "rápida" pode levar a uma omissão das inúmeras vantagens entregues durante todo o processo de fabricação. A DDM não é uma simples revisão dos métodos de fabricação existentes que torna o processo mais rápido. É uma mudança radical que muda fundamentalmente o processo de fabricação.

Com a enorme mudança virão novas formas de pensar, novos processos, fluxos de trabalho modificados e procedimentos inovadores. A DDM apresenta uma mudança radical que permite que designers, engenheiros e fabricantes façam o que antes era impraticável ou impossível.A DDM abriu a porta para novos designs de produtos, novos mercados e novos modelos de

negócios. É uma mudança radical que afeta mais que o design e a engenharia de manufatura. Ele tem amplo impacto em toda a organização. Por estas razões, a DDM tem sido rotulada como a próxima revolução industrial. Para a DDM estar à altura dessa visão, para ser a próxima revolução industrial, ela tem que ser posicionada adequadamente e implementada corretamente.

A DDM deve ser vista como uma alternativa aos métodos de fabricação tradicionais, em vez de uma tecnologia de substituição. A DDM não é uma substituição global nos processos de manufatura que estão sendo executados conforme necessidade, expectativa ou desejo. A DDM não é a solução mágica para todos os males do chão de fabrica. Em vez disso, a DDM é uma alternativa que deve ser considerada quando as limitações e restrições de métodos de fabricação existentes impactam a capacidade de fabricar um produto desejado de forma prática, eficiente ou acessível.

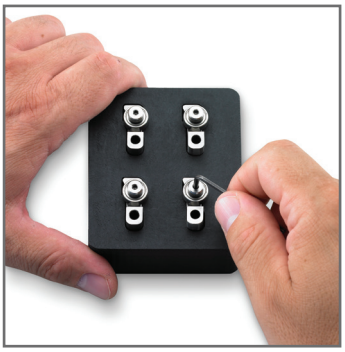

Figura 4: Um braço cilíndrico de suporte ajuda na montagem. FDM versus CNC houve uma redução de custo de 94 por cento quando feito com o processo de FDM. Estimativa de custo da parte retratada:
Estimativa usando método CNC:
Custo: $2.300
Entrega: 3 – 6 semanas
Estimativa usando Processo FDM:
Custo: $300
Entrega: 1 - 2 dias

A DDM cria oportunidade para as empresas, dos mais diversos segmentos, para que obtenham benefícios significativos (figura 4). Atualmente, é um processo viável para indivíduos inovadores e empresas progressistas que usam a DDM para atender necessidades específicas a fim de atingir os objetivos que antes eram inalcançáveis. Para essas empresas a DDM representa uma oportunidade. Para outras, ela cria novas ameaças. Por exemplo, as grandes e estabelecidas corporações têm uma nova fonte de concorrência. A pequena start-up tem uma ferramenta que facilita a entrada em novos mercados com novos produtos enquanto enfrenta muito menos risco. Na verdade, muitas das aplicações inovadoras de DDM são decorrentes de associações de empreendedores nos quais os planos de negócios são baseados e novos modelos de negócios são construídos sobre as vantagens exclusivas da DDM. Esses empreendedores têm uma ferramenta que podem posiciona-los como sendo novas ameaças competitivas para empresas estabelecidas.

Se uma empresa planeja ou não implementar a DDM no curto prazo, ela precisa estar a par das tecnologias, dos avanços e das aplicações. A próxima revolução industrial pode não ter chegado, mas ela está à caminho.

CONCEITOS E BENEFICIOS DA DDM

A principal vantagem da DDM é que ela remove restrições impostas pelo processo de fabricação tradicional, tais como moldagem por injeção ou fundição. A DDM fundamentalmente altera muitos dos “fatos” que são dados como garantidos durante o esforço de projeto, manufatura e montagem do produto. Ela também altera a lógica aplicada às decisões de negócios dos departamentos de vendas, marketing e finanças, bem como os da diretoria executiva. Devido a DDM conferir mudanças fundamentais, muitos têm dificuldades em entender os principais conceitos e benefícios. Para entender o que a DDM pode fazer por uma empresa de manufatura, é necessário entender as mudanças fundamentais conferidos por ela.

O tempo de lançamento do produto no mercado não é mais limitado pelo tempo de espera da ferramentaria. Uma vez que a DDM elimina a ferramentaria, um produto pode ser fabricado no mesmo dia que o design é finalizado. Isso permite uma resposta rápida das empresas, permitindo fazer o mesmo com menos gasto inicial com ferramentaria e bens de capital.

O design do produto não é mais limitado pelas regras do Projeto de Manufatura (DFM - Design For Manufacturability) ou pelas regras de DFA (Design for Assembly - Projeto para Montagem). Dado que os componentes são fabricados utilizando tecnologias de fabricação aditivas, tais como FDM, não há limite para complexidade do design. Peças complexas são feitas sem despesas adicionais ou atrasos de produção.

Revisões de produtos não são mais limitados por níveis de estoque, despesas com novas ferramentarias ou tempo de retrabalho com ferramentaria. Como não há ferramentaria, podem ser usados princípios de produção de pequenas tiragens.Esta estratégia sob demanda reduz os níveis de estoques e minimiza as perdas quando modificações de produtos são implementadas (figura 5). Além disso, as empresas podem alterar o design a qualquer momento, e tão frequentemente quanto desejado, de modo que os produtos permaneçam inovadores, otimizados e rentáveis.

Figura 5: Fabricação de pequena tiragem

Os fabricantes não enfrentam mais a difícil decisão de adiar uma modificação extremamente necessária por causa do tempo perdido e gasto elevado.

Os cronogramas de produção não são mais vinculados a previsões de vendas imprecisas ou pedidos com quantidades economicamente restritos. A prática de produção sob demanda, just-in-time promovido pela DDM, diminui a necessidade de construção do cronograma de produção a partir de uma previsão de vendas que está em um futuro muito distante para ser confiável. Além disso, diferentemente dos métodos de fabricação tradicionais, não há mais desperdício de tempo com preparação ou mudanças. Portanto, não há nenhuma penalidade para frequentes mudanças de produto no cronograma de produção.

A DDM muda os princípios básicos que foram fortemente mantidos por décadas. Ela oferece uma mudança fundamental na forma como os produtos são fabricados. O tempo para lançamento do produto no mercado, liberdade de design, de redesign e planos flexíveis de fabricação são apenas o começo. Estas vantagens representam apenas a ponta do iceberg. A DDM é uma prática de fabricação relativamente nova. E como tal, a indústria e as pessoas têm apenas começado a descobrir as muitas maneiras que ela pode impactar positivamente a fabricação. Com o aumento da adoção da DDM e a expansão do empacotamento de aplicações, a indústria vai descobrir mais usos e mais vantagens da DDM.

As oportunidades parecem ser ilimitadas. De fato, quaisquer limites que surjam parecem ser auto impostos. A implementação e as vantagens são limitadas apenas pela nossa criatividade, imaginação e inovação. A DDM é uma ruptura radical com a tradição. É um processo revolucionário, e por isso é necessário manter a mente aberta. A DDM está em seus estágios iniciais, e há muitos avanços esperando por nós no futuro. É fácil para os adversários e críticos derrubarem a DDM quando confrontado com o estabelecido método fabril.A DDM é uma revolução que inicialmente será construída de forma evolutiva. Para estabelecer um ponto de apoio, ela vai começar com ganhos incrementais e aplicações de nicho. A revolução completa ainda não chegou. Para que isso ocorra, as melhorias e os avanços são necessários em áreas como tecnologia, equipamentos, materiais e ciências. Para facilitar a próxima revolução, a indústria também precisa de mais educação.

No entanto, a DDM é viável hoje. Todos os dias, as empresas estão caminhando em direção a este futuro e estão recebendo benefícios imediatos. Vai demorar para a revolução completa acontecer; serão necessários agentes de mudança; e vai exigir mente aberta para a indústria avançar para a nova realidade no processo fabril. A manufatura digital direta irá introduzir mudanças fundamentais e vantagens incríveis.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO FDM

Os Sistemas de Produção 3D Fortus são baseados na tecnologia patenteada FDM (Fused Deposition Modeling) da Stratasys. FDM é a tecnologia de Fabricação Aditiva líder da indústria, e é o único que usa materiais termoplásticos de categoria industrial para construir as peças mais duráveis direto de dados 3D. Os sistemas Fortus utilizam a mais ampla gama de materiais avançados e propriedades mecânicas para que seus componentes possam suportar altas temperaturas, produtos químicos cáusticos, esterilização, aplicações de alto impacto.

O processo FDM libera dois materiais — um material para construir a peça e outro material para uma estrutura de suporte descartável. O material é fornecido a partir de um rolo de filamentos de plástico num carretel. Para produzir a peça, o filamento é introduzido numa cabeça de extrusão e aquecido a um estado semilíquido. A cabeça, então, faz a extrusão do material e deposita em camadas tão finas quanto 0,005 polegadas (0,127 mm) de espessura.

Ao contrário de alguns processos de fabricação aditiva, os sistemas Fortus com tecnologia FDM não necessitam de instalações especiais ou ventilação e não há produtos químicos nocivos e subprodutos.

VANTAGENS DA DDM

Implementação rápida

Quando o design de uma é peça é finalizado, a produção pode ser iniciada imediatamente. O tempo de espera das primeiras peças de produtos acabados é agora medida em minutos e horas, não mais em dias, semanas ou meses. A fabricação pode ser iniciada logo após os dados CAD serem finalizados porque não há atraso na produção enquanto se espera o ferramental. Ao invés de esperar de seis a doze semanas para finalizar o projeto de ferramental e construção, as empresas podem simplesmente exportar os dados CAD em arquivo ST e iniciar a produção. O curto ciclo de tempo para a entrega de itens fabricados ajuda na redução do tempo de lançamento no mercado e mantem a pontualidade na entrega quando ocorrem desafios de última hora.

Baixa Necessidade de Capital

Eliminar a ferramentaria não somente reduz o tempo de lançamento do produto no mercado, mas também reduz o custo de fabricação. Os métodos tradicionais de fabricação requerem ferramentas e matrizes caras. Com a DDM, não há necessidade de ferramentaria. Portanto, a quantia inicial necessária para iniciar a produção é reduzida substancialmente. Adicionalmente, outros investimentos de capital, como aqueles para novas linhas de produção, linhas de montagem ou equipamentos especializados para fabricação podem ser evitados ou minimizados. Reduzindo o gasto inicial, as empresas podem proteger seus fluxos de caixa, financiar novos produtos e justificar produtos para mercados com demanda anual baixa.

Complexidade Ilimitada

A DDM promove o design de peças para o melhor desempenho. Considerando que a DDM constrói peças com processo de fabricação aditivo, como FDM, a complexidade do design é ilimitada. Não somente ilimitada, mas também gratuita. Não existe custo adicional para fazer designs sofisticados, intrincados e complexos. Adicionalmente, o tempo para fabricar uma peça complexa não é diferente de um design simples.

A DDM quebra todas as regras associadas aos métodos tradicionais de fabricação. O projeto para manufatura (DFM) e as regras do projeto para montagem (DFA) que dominam os produtos feitos pelos métodos tradicionais de fabricação não são mais aplicados. Sem estas restrições, o design pode ter formas que anteriormente eram impraticáveis ou impossíveis.

Com a DDM, qualquer coisa que o designer vislumbrar pode ser fabricado. A DDM torna a imaginação livre, promove inovação de produtos e permite que o design tenha alto desempenho. Cortar a relação entre complexidade do design, tempo e custo é uma vantagem fundamental da DDM que é chamada de "liberdade de design".

Figura 7: Peças para esta pinça robótica foram inicialmente prototipadas e então fabricadas usando o processo FDM

Fig. 8 e 9: caixa para eletrônicos da University of Central Florida e o veículo ao qual pertence. A moldura do veículo laranja foi primeiramente prototipada e então fabricada com ABSi utilizando a máquina baseada em FDM

Liberdade para Redesenhar

Igualmente poderosa à liberdade do design oferecida pela DDM é a nova liberdade para redesenhar peças em qualquer momento do ciclo de vida do produto e com a frequência que se desejar (Figura 8 e 9). Considerando que a ferramentaria foi eliminada, não há absolutamente nenhuma penalidade no redesign de produtos. Uma peça pode ser revista sem adicionar custo ou atraso na produção.

Com os métodos tradicionais de fabricação, há um ponto no ciclo de desenvolvimento do produto que o design é "congelado". A partir deste momento, as revisões de design são inaceitáveis e são acomodadas com grande custo. Com a DDM, o design nunca é congelado. Ele é perpetuamente fluido e adaptável às necessidades do produto, empresa e consumidor.

Consolidação das Peças

As regras do Projeto para Montagem (DFA) existem para que a

coleção de peças possam ser montadas facilmente e rapidamente com um processo repetitivo. Cada operação de montagem leva mais tempo e aumenta a possibilidade de erros. Então as regras do DFA buscam simplificar a montagem para o menor tempo de fabricação, menor custo e menor taxa de refugo. O design ideal para montagem é aquele que elimina completamente a montagem com a consolidação de todas as peças de um subconjunto em um único componente. Enquanto isso frequentemente é uma expectativa não realista na utilização de métodos tradicionais de fabricação, é uma possibilidade bastante realista quando o produto é fabricado com DDM.

A consolidação das peças é uma extensão da liberdade do design. Considerando que a complexidade ilimitada é possível, múltiplos componentes podem ser consolidados em um único item com pouca preocupação para a produtibilidade. O impacto positivo no tempo, custo e qualidade são significativos. Ganhos adicionais são descobertos quando o impacto no gerenciamento da cadeia de suprimentos, programação da produção e controle de estoque são considerados.

Fabricação de Baixa Tiragem

Para a maioria dos métodos convencionais de fabricação, as quantidades econômicas de encomenda (EOQ – Economic Order Quantities) regem a programação da produção e o planejamento da capacidade. Considerando a desmontagem e montagem, esses processos de fabricação produzem os menores custos de fabricação quando a produção excede uma quantidade mínima predeterminada. O desafio é coreografar a programação da produção, planejamento da capacidade e previsão de vendas para produzir o número ideal de produtos ao menor custo com a maior eficiência. Para grandes produções, o ideal é raramente realizado.

A fabricação de baixa tiragem facilita muito a aceleração no atingimento dos níveis de eficiência produtiva, redução de custos e objetivos de estoque. Com a DDM, as empresas têm a fabricação com custo efetivo e sob demanda que podem reagir às mudanças diárias na programação de produção sem serem penalizadas por mudanças não esperadas. A programação se torna mais fácil, o gerenciamento de estoque se torna mais simples e os níveis de estoque diminuem sem aumentar o custo unitário. Considerando que não existe consumo de tempo para montagem e desmontagem, as peças fabricadas no processo DDM podem mudar a cada construção (figura 10).

Figura 10: Cadeira controladora para operador de sonda de perfuração projetada para uma plataforma de perfuração.

Inovação

A vantagem fundamental da DDM é que as empresas estão livres para inovar seus designs de produtos, modelos de negócio, processos de fabricação e fluxos de trabalho. Quando impulsionado para capitalizar tudo que tem a oferecer, a DDM é muito mais que uma tecnologia de substituição. Quando incorporado pela organização e completamente adotado, a DDM pode mudar tudo.

A DDM traz mudanças fundamentais à fabricação. Fazendo isso, também cria novas considerações que são usadas para determinar quando e como implementar a DDM no ambiente fabril.

Considerações

Como em qualquer outro método, processo e tecnologia, a DDM tem restrições e limitações. Se analisado em conjunto com as vantagens, essas considerações irão ajudar na determinação de quando uma empresa deve considerar a DDM.

Figura 11: Protetor de privacidade para teclado ATM Diebold

1.Baixas quantidades

A DDM não é um processo de fabricação para altos volumes. Se a demanda é de milhões de unidades por ano, DDM não é a solução ideal. Normalmente a DDM é utilizada quando a quantidade produzida varia entre 1 e 10.000 unidades por ano (fig. 11). A quantidade justificável de produção varia de acordo com o tamanho do componente. Com a diminuição do tamanho da peça, a quantidade anual produzida aumenta.

2.Qualidade do Resultado

Ao longo dos últimos anos houve avanços tecnológicos que melhoraram a qualidade das peças produzidas pelo DDM.

É esperado que estes avanços continuem e que a qualidade das peças sejam melhoradas ainda mais. Mas, atualmente, existem algumas características que podem ser diferentes das expectativas estabelecidas para métodos produtivos de alto volume.

A primeira consideração de qualidade é a precisão da peça; A DDM atualmente é capaz de garantir precisões de aproximadamente ±0,005 pol para peças pequenas a médias. Ao contrário do processo de moldagem por injeção, a DDM não é atualmente capaz de garantir tolerâncias de ±0,001 a 0,002 pol em todas as particularidades da peça.

Outro fator é a repetibilidade peça-a-peça. Com o estado atual da tecnologia, assim como existe em todas as tecnologias em algum grau, existe a variância dimensional de uma execução para outra nas máquinas DDM. Também considere que sem uma segunda finalização superficial, o acabamento da peça DDM pode não estar adequado para componentes externos que requerem um alto nível estético. Ao contrário, o acabamento é mais apropriado para componentes internos. De qualquer forma, o acabamento da superfície não deve ser usado arbitrariamente para descartar a DDM. Por exemplo, os sistemas Fortus 400mc e 900mc possuem peças externas que foram produzidas com DDM.

3.Característica do material

A consideração final é sobre as propriedades dos materiais que estão disponíveis para as tecnologias DDM.

Enquanto a tecnologia como FDM oferece plásticos de categoria industrial como o ABS, policarbonato e misturas de ABS/PC, a seleção do material é muito mais limitada que para um processo de moldagem por injeção. A Stratasys possui uma das maiores gamas de materiais com formulações distintas, mas ainda não chega perto das centenas de plásticos projetados ou ligas metálicas que estão disponíveis para os métodos de fabricação tradicionais.

Para as peças de plástico, também considere que podem existir concessões com as propriedades mecânicas, elétricas ou térmicas. Generalizando, e quando se considera todas as tecnologias DDM, as propriedades do material não correspondem àquelas dos materiais utilizados nos processos de fabricação tradicionais. Por exemplo, um material FDM ABSproporciona aproximadamente 80% da resistência de uma peça ABS moldada por injeção.

CONCLUSÃO

A DDM é um processo que permite às empresas inovarem o design de produtos, modelos de negócio e processos de fabricação. Ela permite que os engenheiros otimizem os design e maximizem o desempenho. A DDM pode acelerar o lançamento de produtos enquanto elimina custos ferramentais o tempo de espera para a produção de ferramentas. E também livra os fabricantes das limitações dos processos convencionais, o que permite liberdade para fazer o design de itens complexos e para alterar o design a qualquer momento.

Ainda, como em todos os processos, existem algumas limitações. Para as oportunidades da DDM, busque aplicações em produções de baixo volume que podem ser ajustadas para acomodar as limitações em qualidade e materiais. Para a próxima revolução industrial acontecer, melhorias e avanços são necessários nas áreas como tecnologia, equipamentos, materiais e ciência. Nos próximos dias, meses e anos, esses avanços serão realizados. Quando isso acontecer, a DDM vai se tornar predominante em mais empresas e em mais produtos.

COMO IDENTIFICAR OPORTUNIDADES

A dificuldade em saber reconhecer quando a DDM deve ser considerada é uma oportunidade. Diferentemente dos processos de fabricação convencionais, que são limitados a processar classes específicas de materiais ou destinados a características específicas do produto, a DDM é utilizada com sucesso numa grande variedade de indústrias para uma ampla gama de produtos fabricados a partir de muitas classes de materiais. Neste aspecto, a DDM é mais semelhante à usinagem, mas sem as restrições de fabricação. Com tantas oportunidades para alavancar o processo, as empresas podem ignorar boas aplicações que poderiam beneficiar-se da DDM. Para evitar essa omissão, existem cinco características em comum de implementações de DDM bem-sucedidas que os designers e engenheiros podem usar para identificar rapidamente o próximo produto que irá se beneficiar dela.

INDICADORES DE OPORTUNIDADES DDM

Complexidade

Embora a complexidade da peça não seja um requisito para a DDM, os benefícios que podem ser obtidos geralmente aumentam proporcionalmente à complexidade do design da peça (figura 12). A razão é que para formas extremamente simples pode haver vários métodos de fabricação disponíveis que podem entregar uma peça em um período razoavelmente rápido e com valor acessível. Isto é verdade porque o tempo e o custo de métodos convencionais de fabricação são geralmente proporcionais à complexidade da peça. Assim, com o design tornando-se mais complexo, ou mais carregado, o custo de ferramentaria, usinagem, moldagem, fundição, estampagem e conformação tendem a subir. Do mesmo modo, o tempo de espera para receber as primeiras peças fabricadas também aumenta.

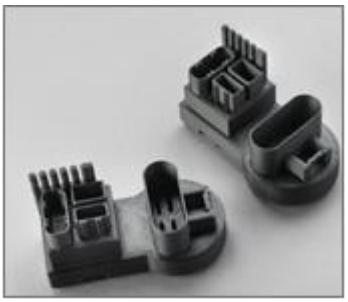

Figura 12: Geometrias complexas são prováveis candidatas à DDM

Com a DDM, não há nenhuma ligação entre complexidade, tempo e custo. Ao contrário dos métodos tradicionais, o tempo de espera e gastos de fabricação são mais estreitamente **ligados ao tamanho e volume de uma peça do que ao design do componente. Como resultado, as vantagens da DDM sobre os métodos tradicionais são mais significativas com componentes mais complexos.**

Grande investimento inicial

Fabricar requer investimento em cada produto produzido. Há um investimento substancial de trabalho, tempo e dinheiro para a criação de ferramentas, suportes, moldes e maquinários. Por exemplo, um único molde de injeção pode custar $75.000 ou mais e levar de oito a dezesseis semanas para ser feito. À medida que o investimento inicial de tempo e dinheiro cresce, a DDM torna-se uma alternativa cada vez mais viável.

Quando os produtos são feitos com DDM, não há nenhum custo de ferramentaria e nem espera para as primeiras peças de produção. Uma vez que a DDM elimina custos de ferramentaria e agiliza a produção, ela minimiza o investimento inicial para um novo produto. Para uma empresa de manufatura, isso se traduz em melhor fluxo de caixa, aumento de lucro e diminuição da dívida.

Reduzir o investimento inicial também abre portas para implementações de mais produtos e de lançamento de produtos com baixa demanda anual projetada. Com a DDM, o alto custo de amortização para ferramentaria de um item de pequenademanda não é mais um fator de tomada de decisão. Pelo contrário, as empresas podem optar por criar um novo produto e construir um novo mercado sem levar em consideração o custo por unidade atribuída às despesas iniciais de produção.

Redesign

Processos d fabricação convencionais são os mais adequados para execuções de produções fixas e estáticas. Qualquer alteração no design do produto resulta em um indesejado investimento de trabalho, tempo e dinheiro. Uma vez em produção, alterações no design são caras e demoradas.

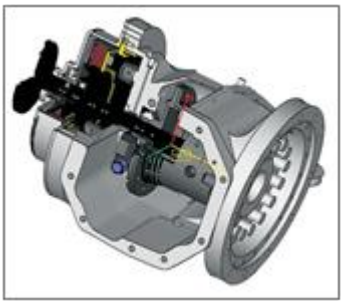

Figura 13: Liberdade para redesenhar arbitrariamente mesmo com geometrias complexas

Portanto, o objetivo dos processos de fabricação atuais é minimizar as alterações a fim de maximizar a produtividade e o lucro. A DDM burla essa regra tradicional. Uma vez que a DDM

promove a liberdade de redesign arbitrária, qualquer produto que provavelmente necessite de revisões de design torna-se um candidato para o processo de fabricação aditiva (figura 13). Ao usar a DDM, a produção de um design revisado é simplesmente uma questão de modificar os dados de CAD, exportar um novo arquivo e iniciar a máquina DDM. Não há nenhum custo adicional de retrabalho ou de novo ferramental e nenhuma interrupção nos planos de produção. Portanto, se um produto é susceptível a alteração, a DDM é uma boa alternativa aos métodos tradicionais.

A liberdade de redesign é a razão pela qual muitos fabricantes estão agora usando a DDM como uma ponte para a produção. Isso lhes dá a flexibilidade para mudar o projeto após o lançamento de um produto.

Customização

Para produtos customizados, existe 100% de garantia de redesign. Se um produto é customizado para cada cliente, a DDM deve ser o primeiro processo a ser considerado. Ela proporciona customização com menos trabalho, por isso é mais rápida e econômica. Apesar da maioria dos fabricantes não oferecer produtos customizados e, portanto, não se beneficiar deste aspecto da DDM, talvez valha à pena considera-la se qualquer item na produção atual puder se beneficiar da customização. Se um produto estático e imutável puder ser capitalizado na DDM, isso oferecerá maior valor para os clientes?
Atualmente, as áreas de medicina e odontologia são as mais propensos a implementar a DDM para grandes volumes de produtos customizados porque muitos dos itens devem ser customizados para cada paciente. Da mesma forma, eles foram os pioneiros na adoção da DDM.

Baixo Volume de Produção

Se as previsões de vendas são medidas em milhões de peças por ano e o design não é alterado, é provável que a DDM não seja uma alternativa para os métodos de fabricação de alto volume. As aplicações ideais da DDM possuem baixa produção anual por conta da taxa de produtividade e custo unitário.

Onde a moldagem por injeção pode produzir seis peças por minuto por alguns centavos de dólar cada, a DDM irá tipicamente levar muitas horas e dezenas ou até mesmo centenas de dólares por peça. Então, as produções de alto volume não são ideais para a DDM. No entanto, é importante notar que o volume de produção não é medido somente em termos de peças por ano.

Para identificar corretamente uma oportunidade DDM, avalie o volume em termos de polegadas cúbicas por ano. Calcule o volume anual multiplicando o número total de peças pelo volume de peças físicas. Utilizando essa medida de volume anual, do tamanho pequeno, do tamanho pequeno, a taxa de produção pode ser de 500 por execução e o tempo de execução pode ser algumas horas. O segundo caso é o pequeno número de peças médias a grandes. Se você quiser fazer uma peça do tamanho de um liquidificador, um plano de produção razoável pediria uma quantidade de peças na proporção dos milhares (figura 14).

Figura 14: Medida de volume anual grande número de peças pequenas ou pequeno número de peças médias e grandes é ideal para a DDM.

CONCLUSÃO

Essas cinco características são os indicadores fundamentais de que a DDM deve ser considerada. De qualquer forma, é vital notar que elas são somente simples indicadoras de avaliação que servem para construir orientações gerais. Para o sucesso da DDM, nem todos os cinco indicadores devem estar presentes. Na maioria dos casos, somente uma ou duas características podem fazer a DDM ser um processo viável e valioso.

Há casos de sucesso onde os produtos não demonstraram nenhuma destas características, mas os recursos únicos e inovadores da DDM provaram ser muito valiosos para serem ignorados.

Considerando que os engenheiros e fabricantes não estão acostumados com os conceitos da DDM, a simples

recomendação é revisar os produtos conforme eles passem pelo processo de design e fabricação. Revise-os para verificar se existe alguma característica em comum para a implementação da DDM com sucesso. Fazendo isso, oportunidades e 3 aplicações novas e interessantes se tornarão visíveis.

INDÚSTRIAS E APLICAÇÕES

A Stratasys implementou muitas operações de DDM nos últimos anos. Sua tecnologia FDM é usada para fabricar peças para produção e fazer ferramentas para fabricação e montagem.

A aplicação de DDM mais recente para as máquinas de fabricação da Stratasys foi a Fortus 900mc. No total, 32 componentes desta máquina foram fabricados com o processo de DDM (figura 15). Em alguns casos, a DDM foi usada para preservar os compromissos de data de entrega, em outros foi utilizada para melhorar a funcionalidade do produto e, ainda, em outros foi utilizada para reduzir os custos fabris.

Talvez a aplicação mais marcante seja a fabricação da moldura da tela da frente da máquina. Historicamente, este componente foi fabricado em folha de metal porque o custo da ferramentaria para a moldagem por injeção não era justificada para o baixo volume de máquinas que eram fabricadas. O custo estimado para produzir moldes para uma moldura era próximo de $100.000, e levaria dois a três meses para finalizar o processo de construção da ferramenta. Com a DDM, a Stratasys ganhou as vantagens do componente plástico sem o custo e tempo necessários para a moldagem. O resultado foi uma peça desenhada exclusivamente para sua forma e função.

A moldura da tela ilustra a liberdade de design e a liberdade do redesign (figura 16). Originalmente concebida e desenvolvida como um única peça com detalhes complexos, foi descoberto — tardiamente no ciclo de design — que o design em um único componente poderia dificultar quando a manutenção fosse necessária no painel da tela e aumentar os custos de reparo.

Figura 15: Sistema de Produção Fortus 900mc 3D da Stratasys. 32 componentes neste sistema foram fabricados usando DDM.

Figura 16: Moldura da tela da Fortus 900mc fabricadas em outra Fortus 900mc.

Para corrigir a situação, a moldura foi segmentada em três pedaços separados. Esta revisão do design facilita a simples desmontagem e reduz drasticamente os custos de substituição. Enquanto a "consolidação das peças" é uma grande vantagem da DDM, a moldura da tela ilustra que o contrário também é verdadeiro. Se a moldura fosse produzida com ferramentaria, ela teria sido proibitivamente onerosa para dividir o único componente em três peças que necessitam de três moldes de injeção. Quando questionado sobre as vantagens da DDM, a equipe de engenheiros de design também observou que eles aproveitam da flexibilidade que a DDM introduziu no cronograma de projeto. Ao invés de trabalhar com uma linha de tempo restrita com limitações para alterações de última hora no ciclo de design, os engenheiros de design descobriram que eles estavam continuamente alterando o design das peças, por desempenho e custo, bem dentro dos ciclos de desenvolvimento de produto e fabricação. Estas modificações continuaram além da data de lançamento do produto 900mc. Diferentemente da fabricação tradicional, o design é sempre fluido — ele nunca congela — porque as mudanças podem ser incorporadas antes de cada execução de uma peça feita com a manufatura digital direta.

Embora um pouco mais mundana, uma aplicação igualmente importante da DDM é a produção de suportes, acessórios e peças auxiliares de montagem. A equipe de engenharia de fabricação tem adotado a DDM como

práticas padrão porque ela requer menos esforço, menos tempo e menos dinheiro. Com a DDM, os engenheiros de fabricação projetam novos suportes e os colocam em serviço no dia seguinte. Quando limitados pelos suportes usinados por CNC, projetos similares podem levar de duas a seis semanas. Acelerando o processo, a DDM permite que engenheiros de fábrica tenham respostas muito mais rápidas às necessidades do chão de fábrica.

Outro fator importante é que a solução de DDM requer menos tempo e esforço de cada engenheiro de fábrica. Se as ferramentas de fabricação e montagem fossem produzidas, o engenheiro investiria um tempo significativo para documentar a peça num desenho CAD, solicitar cotações para a usinagem, colocar um pedido, gerenciar o provedor e montar o suporte assim que recebido. Usando as máquinas Fortus baseadas em FDM como dispositivos DDM, as ferramentas de fabricação e montagem são produzidas com somente alguns minutos do tempo do engenheiro.

BMW

Como a Stratasys, a BMW tem usado extensivamente a DDM para ferramentas de fabricação e montagem. O departamento de peças e acessórios da BMW (bem como suas instalações na matriz) afirmou que a DDM é uma boa alternativa para os métodos convencionais de corte de metal como fresamento, torneamento e perfuração. Esta equipe documentou as vantagens financeiras, incluindo redução de custos na documentação da engenharia, armazenagem e fabricação. De qualquer forma, as vantagens mais importantes foram originadas nas liberdades de design que a DDM oferece.

Em muitos casos, a BMW tem fabricado suportes de montagem ergonomicamente projetados que desempenham melhor que aqueles feitos com os métodos tradicionais. Por exemplo, uma ferramenta portátil de alinhamento feita com o processo FDM entrega maior produtividade, menor fadiga do trabalhador e maior repetibilidade do processo. O designer do suporte de montagem conseguiu fabricar uma configuração de projeto que tinha um melhor equilíbrio e era 72% mais leve.

Para muitas empresas, as ferramentas de fabricação e montagem são ideais para suas primeiras tentativasde implementação da DDM. Estes dispositivos demonstraram ser aplicações de DDM de baixo risco e alto retorno. Suportes também ajudam a ilustrar as possibilidades oferecidas pela DDM. Eles podem fazer conceitos intangíveis se tornarem reais. Quando as pessoas vêm a DDM em ação, elas podem facilmente entender o que é e o que pode fazer. Isto gera ideias criativas e novas aplicações.

Figura 17. Na AG da BMW, Regensberg, um sistema Fortus baseado em FDM é utilizado para fabricar ferramentas de montagem como a acima.

Figura 18: Na UCF, a estrutura do veículo subaquático foi primeiro prototipado e então foi fabricado em ABSi usando a mesma máquina baseada em FDM.

Universidade da Flórida Central

Saindo do chão de fabrica da Stratasys e das linhas de montagem da BMW, as aplicações da DDM alcançaram os mares com um projeto na Universidade da Flórida Central. A universidade participou de uma competição autônoma de veículos subaquáticos. Seu participante, chamado Scout (figura 18), aproveitou as vantagens da DDM para conseguir o premio de “melhor novo design”.

Na competição do ano anterior, a equipe de projeto usou um invólucro moldado a vácuo que desperdiçava espaço e era muito pesado. As limitações do processo tornaram impossível incluir braçadeiras e compartimentos na peça moldada. Primeiramente, a equipe utilizou uma peça usinada como uma alternativa, mas várias lojas de máquinas disseram que a geometria era tão complexa que seria impossível ou proibitivamente oneroso usinar. Isso os motivou usar a FDM de modo que pudessem fazer o invólucro do veículo subaquático com a DDM. O novo projeto era muito superior ao predecessor moldado a vácuo. De acordo com a equipe de projeto, o invólucro reduziu o número total de componentes, diminuiu o peso do veículo e aumentou a resistência, custando menos.

NorSap

A NorSap fabrica móveis e equipamentos para a marina e indústrias costeiras que possuem aplicações de baixo volume e alto valor. A empresa comprou o sistema FDM Fortus com a intenção de utilizá-lo 80% para protótipos e 20% para fabricação (DDM). Uma vez em operação, a empresa descobriu que seu uso para a tecnologia de fabricação aditiva era de 80% do tempo para DDM de seus produtos de alto valor.

Figura 19: Projetada para plataforma petrolífera costeira, esta cadeira controladora para operador de sonda de perfuração foi prototipada usando o sistema FDM Fortus. Então 25 componentes dela foram fabricados pelo mesmo sistema.

Uma aplicação inicial da DDM surgiu quando a empresa estava fabricando uma cadeira timoneiro que deveria ser colocada em serviço no mar do Norte. Como muitas das linhas de produto da NorSap, a cadeira timoneiro foi customizada para um cliente específico. Para esta cadeira, a empresa fez um projeto inteiramente novo e tinha somente dias para entregar.

Assim que os protótipos FDM de componentes complexos foram finalizados, a NorSap descobriu que não havia razão para que eles não pudessem ser utilizadas como peças produtivas. A rápida resposta permitiu que a NorSap entregasse a cadeira pontualmente.

Este sucesso inicial da DDM foi o catalisador para que a máquina Fortus fosse utilizada primariamente para aplicações produtivas. Hoje, a NorSap utiliza sua máquina 24 horas por dia, 7 dias da semana e faz isso com baixíssima supervisão do operador. Geralmente, suas produções DDM de peças estão prontas um dia após a finalização do design. De acordo com um empregado da NorSap, “a DDM é verdadeiramente revolucionária.”

Este sucesso inicial da DDM foi o catalisador para que a máquina Fortus fosse utilizada primariamente para aplicações produtivas. Hoje, a NorSap utiliza sua máquina 24 horas por dia, 7 dias da semana e faz isso com baixíssima supervisão do operador. Geralmente, suas produções DDM de peças estão prontas um dia após a finalização do design. De acordo com um empregado da NorSap, “a DDM é verdadeiramente revolucionária.”

Por meio da Stratasys, BMW, Universidade da Florida Central e NorSap, o poder da manufatura digital direta pode ser observado. Para a NorSap, a vantagem é a redução do tempo de espera e a customização dos produtos. Para a Universidade da Florida Central, a vantagem é o design alternativo que antes era impossível. Para a BMW a vantagem é o paradigma dos novos designs, melhor desempenho e redução de custo. E para a Stratasys, são todas estas vantagens juntamente com uma resposta mais rápida da engenharia de produção, liberando seus recursos mais valiosos, seu grupo de talentosos empregados.

A DDM será a próxima revolução industrial porque oferece às empresas uma liberdade sem precedentes para inovar seus produtos, processos e negócios.