

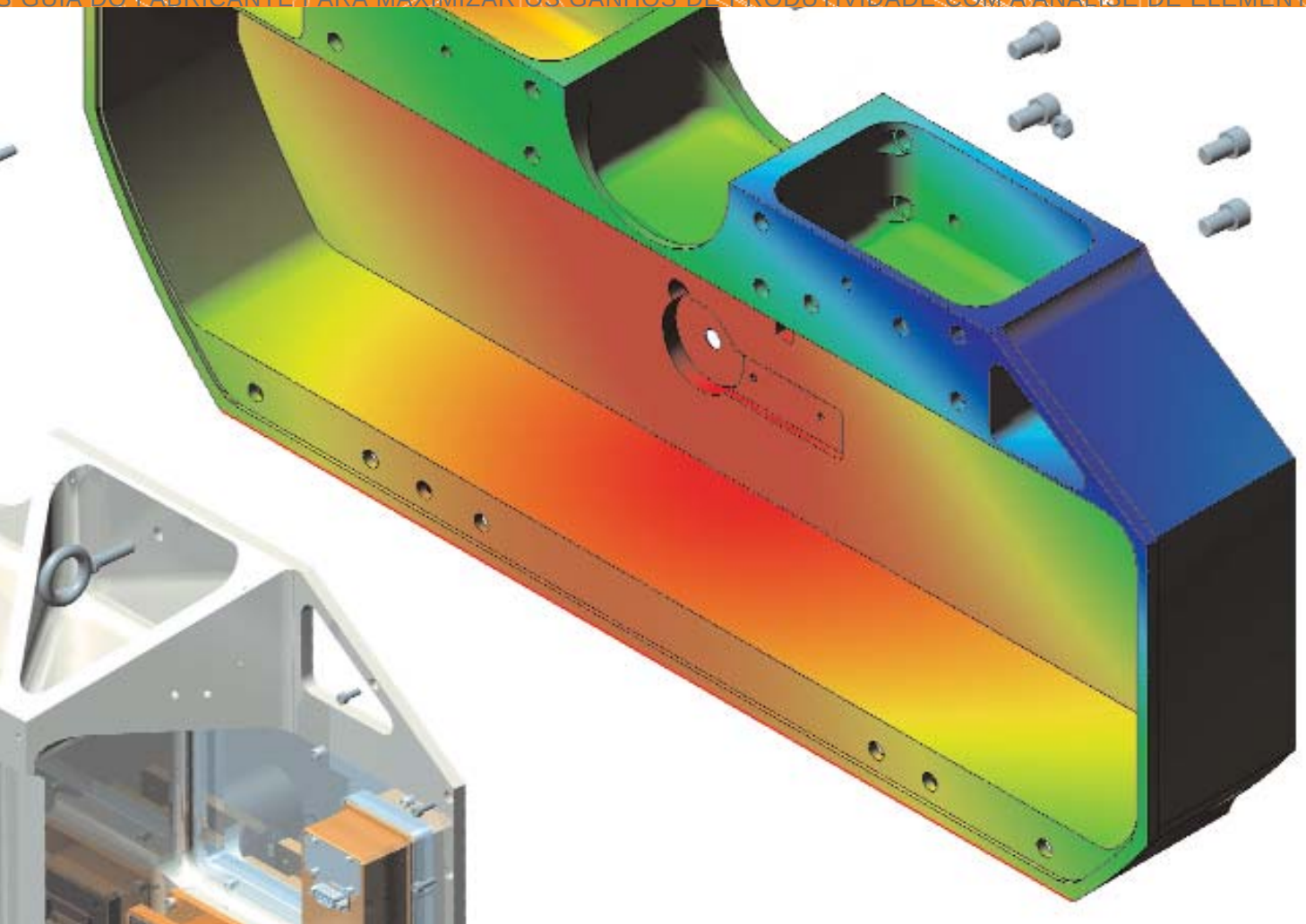
Guia do fabricante para maximizar
os ganhos de produtividade com
a análise de elementos finitos (FEA)



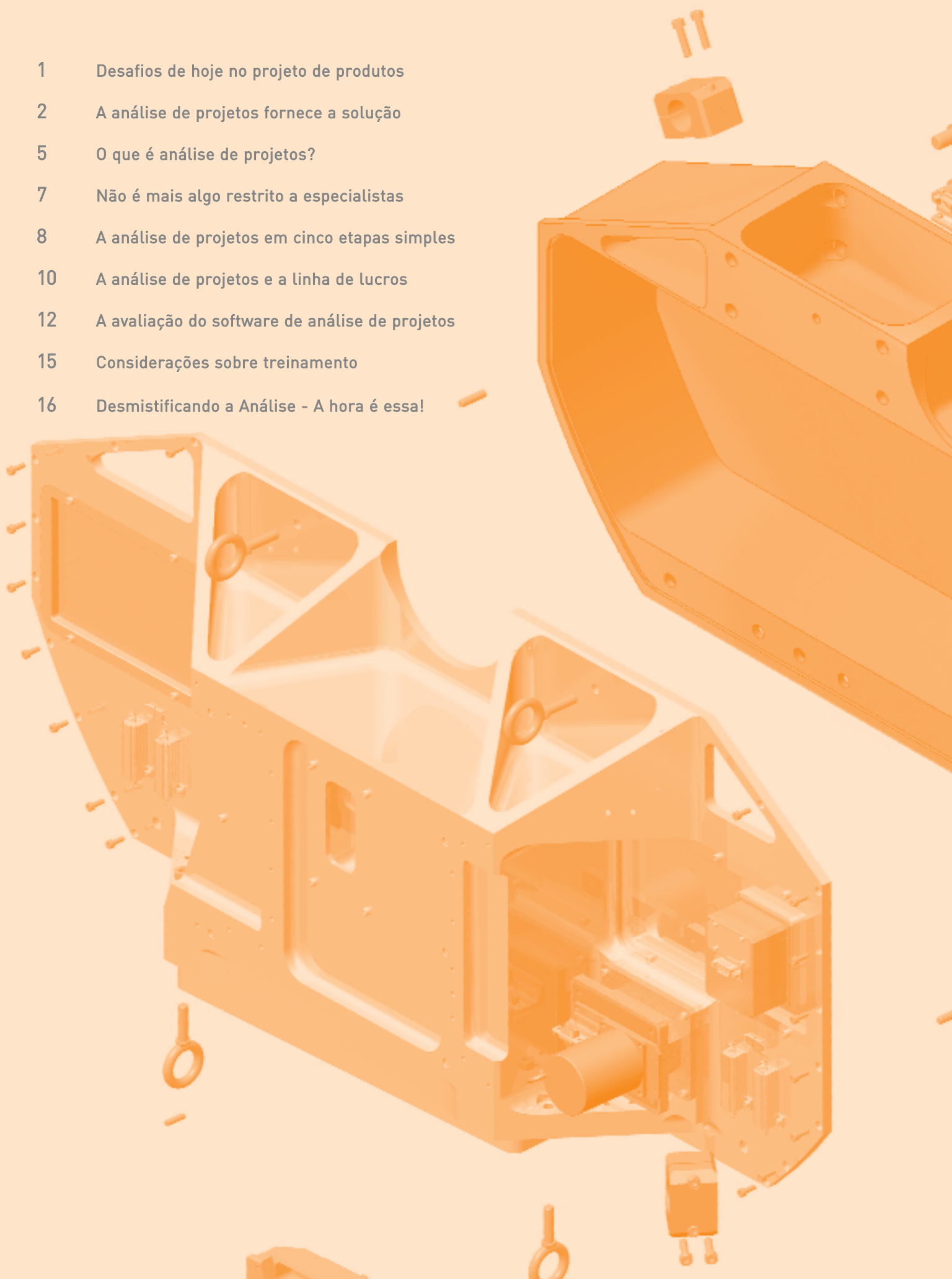
a

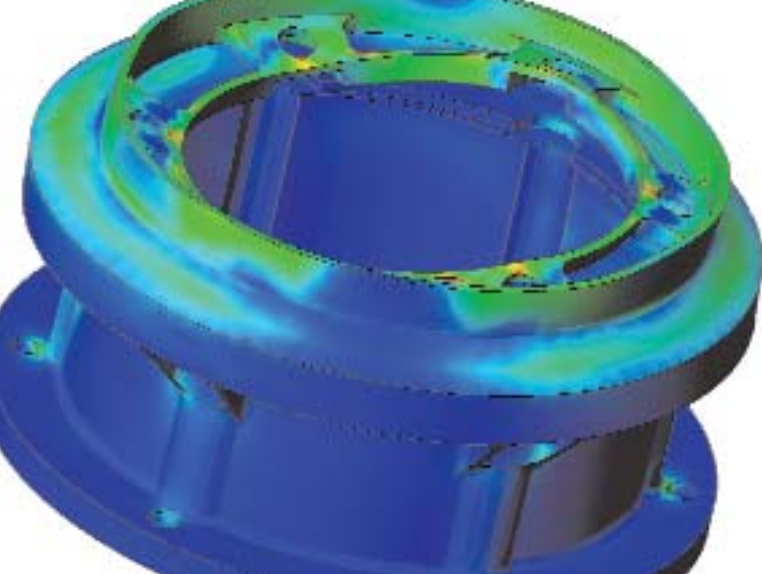
Desmistificando Análise

S GUIA DO FABRICANTE PARA MAXIMIZAR OS GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM A ANÁLISE DE ELEMENTOS FI



- 1 Desafios de hoje no projeto de produtos
- 2 A análise de projetos fornece a solução
- 5 O que é análise de projetos?
- 7 Não é mais algo restrito a especialistas
- 8 A análise de projetos em cinco etapas simples
- 10 A análise de projetos e a linha de lucros
- 12 A avaliação do software de análise de projetos
- 15 Considerações sobre treinamento
- 16 Desmistificando a Análise - A hora é essa!





"Com a utilização de alguns recursos de otimização, normalmente conseguimos retirar de 15% a 20% de massa adicional."

Jim Staats, vice-presidente,
Alliance SpaceSystems Inc.

→ Desafios de hoje no projeto de produtos

1

Obstáculos da prototipagem

Antes que um novo produto entre em produção, são realizados testes em protótipos para assegurar que o desempenho atenda às expectativas do cliente. Alguns testes exigem apenas modelos físicos simples, enquanto outros, como os testes de integridade estrutural, podem demandar a produção de protótipos físicos totalmente funcionais.

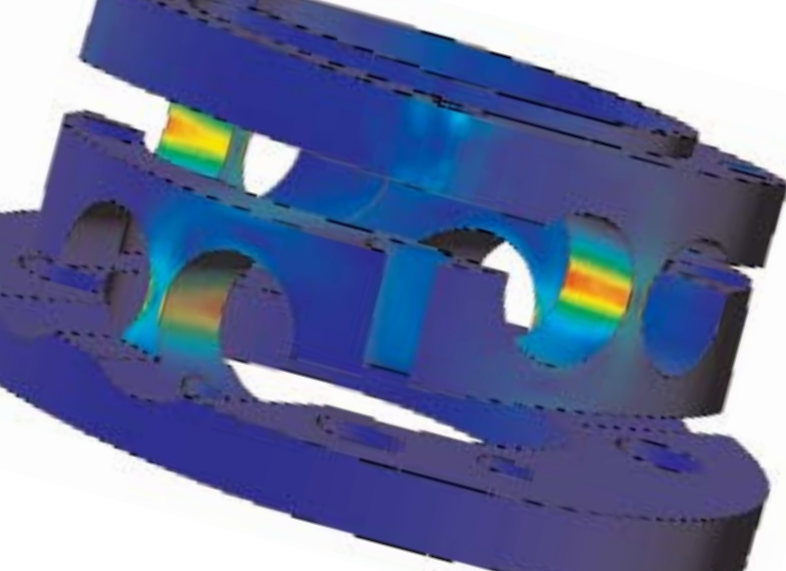
Os protótipos totalmente funcionais são caros, demoram para serem fabricados e prolongam os ciclos de desenvolvimento do produto, especialmente quando são necessários inúmeros protótipos. Testes em protótipos freqüentemente revelam problemas que exigem modificações no projeto, resultando em prototipagem e testes adicionais para examinar o projeto modificado. Normalmente é preciso repetir vários desses protótipos de projeto custosos antes de se chegar ao projeto final do produto.

Geralmente, no mundo real da fabricação, os atrasos e as despesas relacionadas com prototipagem e testes reduzem o número de repetições de projeto-protótipo-teste, o que tem um impacto adverso na qualidade do produto. As empresas simplesmente não podem construir e testar o número de protótipos necessários

para se chegar a um projeto otimizado e acabam aceitando um projeto "suficientemente bom" em vez de buscar a otimização do produto. A prototipagem física e os testes se tornaram os principais obstáculos para o desenvolvimento de produtos com sucesso, provocando impedimentos que aumentam os custos e prolongam os ciclos de projeto, freqüentemente sem produzir o melhor produto possível.

Diante de pressões da concorrência por projetos mais inovadores e otimizados, bem como produtos mais seguros e confiáveis, muitos fabricantes empregam a tecnologia de engenharia auxiliada por computador (CAE) para simular repetições de protótipos-testes e otimizar projetos com base em um meticuloso conhecimento do comportamento físico de um projeto. Ao utilizarem tecnologia predominante para análise de projetos a fim de prever o comportamento, os engenheiros são capazes de otimizar os projetos de produtos no computador antes de construir qualquer protótipo.

Este guia se destina a ajudar engenheiros e desenvolvedores de produtos a compreenderem o valor da análise de projetos 3D, além de descrever como avaliar e selecionar um sistema de análise de projetos que ofereça o máximo de benefícios para o processo de desenvolvimento de produtos.



"A maior vantagem foi a economia de tempo em comparação aos nossos métodos anteriores. O COSMOS é tão rápido e fácil de usar que conseguimos executar as 20 análises necessárias para compreender e solucionar o problema."

Don Bartlett, engenheiro sênior de equipe,
Fanuc Robotics NA

→ A análise de projetos fornece a solução

2

Histórico

No início da década de 1990, o processo de desenvolvimento de produtos começou a evoluir da metodologia de protótipo-teste a um novo paradigma com base na tecnologia de projeto auxiliado por computador (CAD). Em vez de incorrer nos custos e atrasos relacionados com a fabricação e o teste de protótipos, os engenheiros começaram a analisar modelos de computador com a intenção de projeto utilizando o método de elementos finitos, mais conhecido como análise de elementos finitos (FEA).

A análise de projetos com FEA é uma tecnologia de software empregada pelos engenheiros para simular o comportamento físico de um projeto sob condições de operação específicas. A FEA divide um modelo sólido em "elementos" geométricos, matematicamente representados no computador como uma malha 3D que recobre e permeia o modelo sólido para solucionar equações diferenciais que governam fenômenos físicos aplicáveis às geometrias simuladas. Utilizando a FEA, os engenheiros simulam as respostas do projeto às forças de operação e usam os resultados para aperfeiçoar o desempenho, minimizando a necessidade de protótipos físicos.

Os antigos pacotes de software de análise eram aplicativos separados e altamente especializados,

utilizados em simulações exclusivas e específicas que não podiam ser testadas em protótipos com eficácia. Edifícios de controle de reatores nucleares são um exemplo do uso inicial da análise de projetos, simulando um cenário de testes extremamente perigoso para ser duplicado em um protótipo real.

Embora os benefícios da análise de projetos sejam óbvios em todos os tipos de produtos, a mudança do método predominante na indústria, o uso de protótipos físicos, para a análise de projetos 3D só ocorreu na metade da década de 1990 e continua até hoje devido aos seguintes desenvolvimentos importantes:

- » o software de modelagem de sólidos em 3D se tornou poderoso, acessível e fácil de usar;
- » o software de análise de projetos se tornou poderoso, acessível e disponível para pessoas que não são especialistas;
- » o sistema operacional Microsoft® Windows® permitiu o uso de aplicativos CAD e de análise em PCs;
- » o hardware de computador se tornou poderoso, acessível e confiável.

Observe os temas comuns aqui: mais poderoso, mais fácil de usar e mais econômico. A potência tecnológica dos computadores mainframe dos anos 80 agora



A Bucyrus International, Inc.

é líder mundial na fabricação de escavadeiras, furadeiras e cabos de reboque para o mercado de mineração de superfície. Com o software COSMOS, a Bucyrus® conseguiu reduzir o tempo de análise em 20% e o ciclo de projeto em 25%.

3

está disponível nos desktops por uma fração do preço original. O desenvolvimento de ferramentas avançadas de análise permite aos fabricantes tirar proveito da oferta de potência tecnológica acessível e colher os benefícios da análise de projetos predominante.

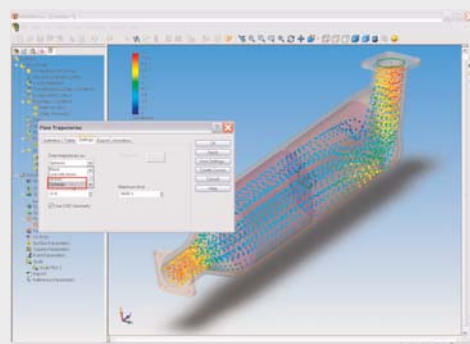
Poderosa combinação

Multiplicando as capacidades combinadas da modelagem de sólidos em 3D e do software de análise de projetos, os engenheiros podem testar um projeto no computador em vez de utilizar repetições de protótipo-teste. Os modelos CAD se tornaram protótipos virtuais e a análise de projetos suplantou os testes físicos, permitindo o desenvolvimento de produtos de maneira mais rápida, otimizada e econômica. Além disso, a análise de projetos por computador permite um exame mais aprofundado do desempenho do produto em comparação a protótipos mais detalhados, resultando em produtos inovadores mais confiáveis e comercializáveis.

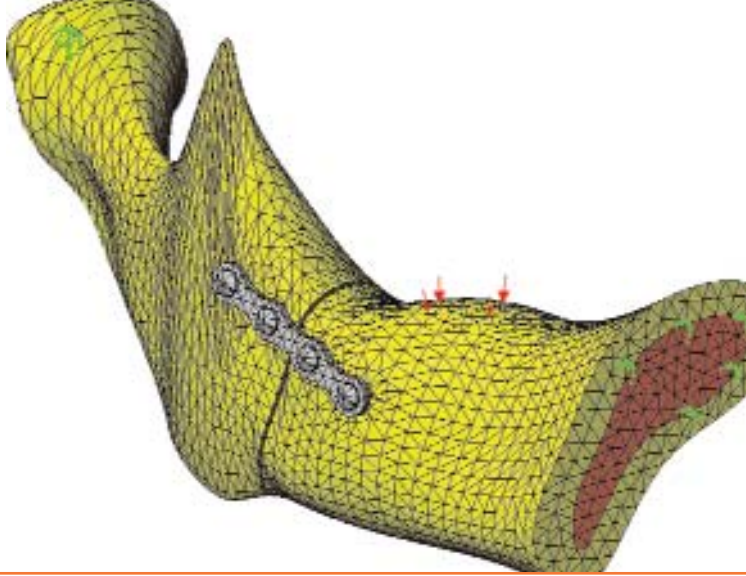
Protótipos versus Análise de projetos

Estudos mostraram que 80% dos custos de fabricação de um produto se concentram no projeto aprovado, razão pela qual a capacidade de executar repetições rápidas e econômicas antes da liberação do projeto se tornou uma vantagem essencial frente à concorrência. A análise

de projetos possibilita executar repetições de projeto de modo rápido e econômico em modelos de computador, no lugar de protótipos físicos de custo elevado. Mesmo se os custos de prototipagem não fossem considerações importantes, a análise de projetos oferece benefícios significativos para a qualidade dos produtos, permitindo que os engenheiros detectem problemas em menor tempo que o necessário para construir um protótipo. A análise também facilita o estudo de mais de uma opção e ajuda no desenvolvimento de projetos otimizados. A análise rápida e econômica quase sempre revela soluções não intuitivas, muito úteis aos engenheiros, pois oferece uma percepção melhor das características do produto.



Integração de CAD e análise em uma só janela



"A fim de desenvolver uma nova união artificial para mandíbulas, diferentes variações de modelos foram criadas com diversos materiais de placa/parafuso, e foram realizadas análises estáticas no COSMOSWorks™ para verificar como o uso de diferentes materiais afetaria a tensão."

Tomoaki Kawamoto e Toshio Sugahara, pesquisadores, Universidade Okayama, Faculdade de Odontologia

Mesmo que não esteja quebrado, ainda assim pode ser necessário consertar

Numerosos equívocos cercam o uso do software de análise de projetos. Muitos engenheiros acreditam que a análise de projetos com base em FEA é esotérica, cara e difícil de usar. Alguns engenheiros acreditam que software de análise de projetos exige um Ph.D para poder ser utilizado, só é empregado por empresas realmente grandes e não é necessário para o tipo de trabalho que realizam. Estudos revelam que sete entre cada dez engenheiros usuários de CAD 3D têm essa impressão.

Como resultado, muitos engenheiros conduzem projetos não-testados até o protótipo ou até a produção, prejudicando a qualidade do produto e valiosos relacionamentos com o cliente. Em outros casos, projetistas simplesmente permanecem no mesmo rumo reproduzindo produtos ultrapassados, preferindo continuar com conceitos que funcionaram no passado em vez de procurar inovar e abrir novos horizontes. A premissa é: "Se não estiver quebrado, não tente consertar." Permanecer na situação atual pode custar muito dinheiro a uma empresa em termos de oportunidades perdidas para a introdução de produtos modernos com melhor qualidade, esteticamente mais agradáveis e que mais consumidores desejarem comprar.

A não-otimização do projeto de produtos pode aumentar as despesas, por exemplo, o uso de material em excesso, que poderia ser evitado pela implementação da análise de projetos e de otimização. Economizar apenas um décimo de centavo por unidade pode totalizar uma soma razoável quando o fabricante produz milhares de unidades. Em outras palavras, mesmo "se não estiver quebrado, ainda assim pode ser necessário consertar."

Agora que a análise de projetos está totalmente automatizada e muito acessível - alguns recursos de análise são incluídos gratuitamente como parte de determinados pacotes de CAD 3D -, os equívocos a respeito dessa técnica estão desaparecendo na medida em que cada vez mais engenheiros avaliam ferramentas de análise de projetos.



Um braço conector antes e depois da otimização



A KryoTech, Inc.,

fabricante de inovadores sistemas de resfriamento para computadores pessoais, reduziu seu ciclo de projeto de um ano para três meses, em parte através do uso da análise de projetos integrada no COSMOS dentro do software SolidWorks.

→ O que é análise de projetos?

5

Em termos simples, análise de projetos é uma poderosa tecnologia de software para simular comportamentos físicos no computador. O objeto irá se quebrar? O objeto irá se deformar? Ele irá aquecer excessivamente? Esses são os tipos de perguntas que a análise de projetos responde com precisão. Em vez de fabricar um protótipo e desenvolver procedimentos de teste complexos para analisar o comportamento físico de um produto, os engenheiros podem obter essas informações de maneira rápida e precisa no computador. Como a análise de projetos pode minimizar ou até eliminar a necessidade de prototipagem física e de testes, a tecnologia se tornou preponderante no mundo da fabricação durante a última década como uma ferramenta para desenvolvimento de produtos, se tornando onipresente em todos os campos da engenharia.

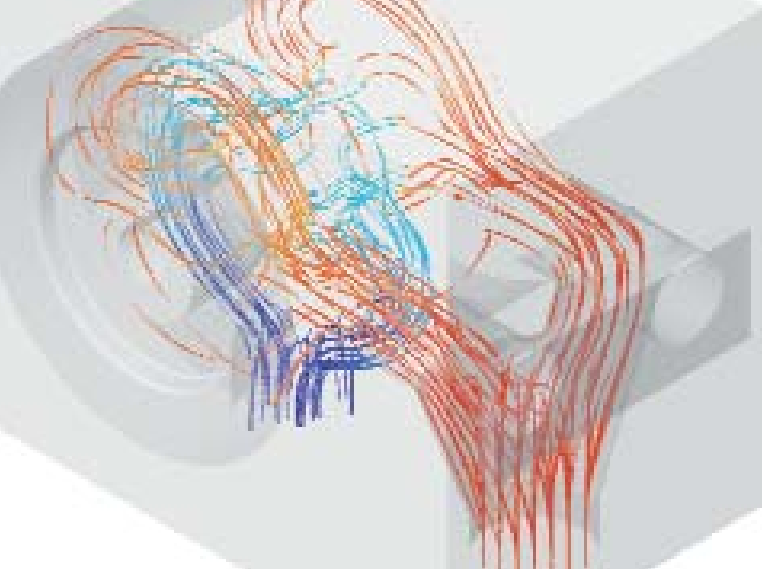
A análise de projetos emprega o método de análise de elementos finitos (FEA) para simular o comportamento físico do projeto de um produto. O processo da FEA consiste na subdivisão de todo o sistema em componentes individuais ou "elementos" cujo comportamento é facilmente entendido, seguido da reconstrução do sistema original a partir desses componentes. Essa é uma maneira natural de realizar análises em engenharia e até em outros campos analíticos, como na economia. Um braço de controle na suspensão de um carro, por exemplo, é uma forma contínua.

Um aplicativo de análise testa o braço de controle dividindo a geometria em "elementos", analisando-os e, em seguida, simulando o que acontece entre os elementos. O aplicativo exibe os resultados como imagens em 3D com códigos de cores, onde o vermelho normalmente mostra uma área de falha e o azul indica áreas que mantêm a integridade sob a carga aplicada.

Engenheiros utilizam a análise de projetos para praticamente todos os tipos de desenvolvimento de produto e trabalho de pesquisa imaginável. Analisar projetos de máquinas, plásticos moldados por injeção, sistemas de resfriamento, produtos que emitem campos eletromagnéticos e sistemas influenciados por dinâmicas de fluidos são apenas alguns exemplos de como empresas utilizam análises de projetos.



Nessa ilustração as regiões em vermelho indicam falhas em potencial.



"Alguns programas de software mostram simplesmente que você está obtendo benefícios. Eu diria que o COSMOS se pagou mais de dez vezes."

Steve Massey, engenheiro mecânico,
Sturman Industries

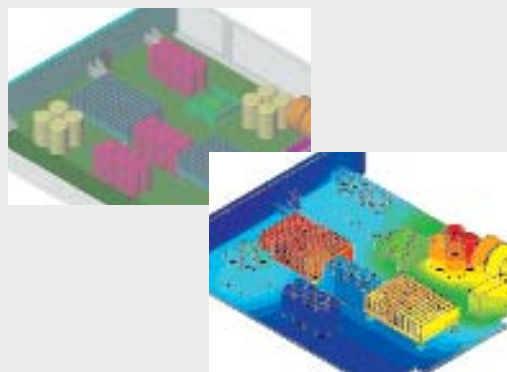
6

No campo da engenharia mecânica, a análise de projetos pode resolver uma ampla variedade de problemas no desenvolvimento de produtos. Engenheiros podem usar a análise de projetos para fazer previsões sobre o comportamento físico de praticamente todas as peças ou do conjunto, sob quaisquer condições de carga: de uma simples viga sob carga de flexão até simulações de acidentes de automóvel e análise de vibrações em aeronaves. A verdadeira potência da análise de projetos é a sua capacidade de realizar qualquer desses tipos de estudo com precisão e sem fabricar nada. Basta ter um modelo CAD.

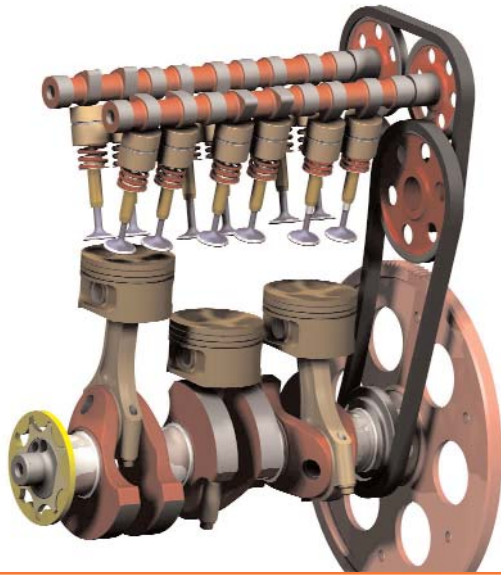
A aplicação mais comum da análise de projetos no campo da engenharia mecânica é a análise de tensões. Engenheiros estudam as tensões (estruturais e térmicas) em uma peça para determinar se ela irá falhar ou não, e se é necessário realizar modificações no projeto para superar problemas em potencial. A análise de projetos também é usada para determinar o potencial de deformação em peças, frequências de ressonância e modos de vibração de peças e montagens, respostas dinâmicas e sísmicas, tensões de contato e distribuição de temperaturas, etc. A análise de projetos também é usada para analisar fluxo de fluidos gasosos ou líquidos em tubulações, misturas de ar e combustível

no coletor de admissão de motores ou plástico derretido preenchendo um molde.

Além de trabalharem muito de perto com pacotes CAD, os aplicativos comerciais de análise de projetos também oferecem interfaces com programas cada vez mais populares de análise de movimento para criar sistemas completos de análise virtual e teste. Em outras disciplinas de engenharia, a análise de projetos é utilizada com sucesso para estudar campos eletromagnéticos, fluxo de lençóis freáticos, crescimento ósseo, etc.



O COSMOSFloWorks™ foi usado para modelar o fluxo de ar através do ambiente desta placa de circuitos



A Steve Prentice Design Limited

é uma empresa de consultoria automotiva que utiliza o software COSMOS para análise de primeira aprovação. Em 18 meses concluímos mais projetos de conceito do que nunca, com nível maior de definição e em menos tempo do que pensávamos ser possível.

→ Não é mais algo restrito a especialistas

7

A análise de projetos fornece mais benefícios quando implementada bem no início do ciclo do projeto, pois é nessa ocasião que é mais fácil e econômico alterar o projeto. Quando a análise é realizada em conjunto com a modelagem de sólidos, os engenheiros de projeto podem utilizar os resultados para consertar, aprimorar ou otimizar os projetos.

Durante muitos anos a análise de projetos foi domínio exclusivo de analistas altamente especializados, que a realizariam em modelos após o engenheiro de projetos ter concluído seu trabalho. Esse procedimento resultava em uma grande perda de tempo, devido às idas e vindas da interação entre engenheiros e analistas, especialmente quando modelos sólidos tinham que ser recriados em um pacote de análise separado.

Entretanto, recentemente os benefícios da utilização da análise de projetos como parte de um projeto conceitual se tornaram aparentes. Quando treinados corretamente para o uso de sistemas de análise modernos e integrados, os engenheiros de projetos estão mais bem posicionados do que analistas para usar os resultados com o objetivo de modificar modelos sólidos durante as repetições. O envolvimento direto dos engenheiros na análise de seus próprios projetos proporciona agilidade no processo inteiro e assegura que as modificações indicadas sejam

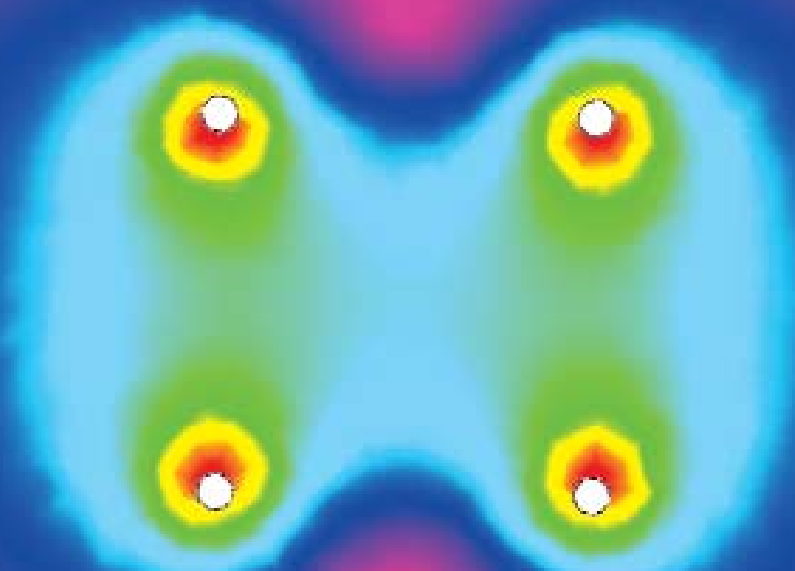
imediatamente implementadas no processo de desenvolvimento do projeto.

A tecnologia de análise de projetos está auxiliando de diversas maneiras a apagar as linhas de demarcação entre as estruturas de engenharia tradicionais. Esboçar, projetar e analisar projetos de produtos eram tarefas tradicionalmente separadas e executadas por pessoas diferentes, mas a disponibilidade de softwares poderosos, fáceis de usar e acessíveis para CAD e análise de projetos gerou um sentimento maior de colaboração entre todas as funções de engenharia.

Os analistas continuam a exercer um papel importante na condução de tipos mais avançados e demorados de análises.



Os usuários podem comunicar resultados de análises a outros membros das equipes de projeto através de ferramentas como o SolidWorks eDrawings



"O COSMOS proporciona uma economia de tempo tão notável que chega a ser imensurável. Podemos alterar a geometria e concluir a análise em meia hora. Se tivéssemos que realizar esses cálculos tridimensionais à mão, isso levaria dias."

Chris Andre, engenheiro mecânico,
Genetronics

→ A análise de projetos em cinco etapas simples 8

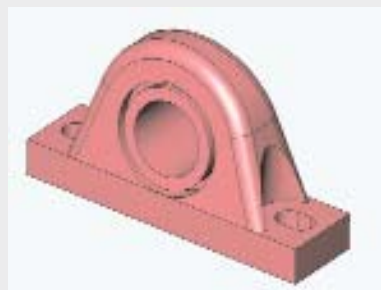
Este suporte apresenta um exemplo simples de como a análise de projetos é utilizada. O projeto do suporte acabou de ser concluído e estamos prontos para criar os desenhos de produção com base no modelo CAD.

Entretanto, não temos certeza se o suporte será forte o suficiente para suportar as cargas de serviço sem deformações e tensões excessivas. Os prazos para produção estão se aproximando e estamos no limite do orçamento, portanto precisamos de respostas de maneira rápida e econômica. A análise de projetos é capaz de fornecer essas respostas utilizando nada mais que nosso modelo CAD original e um pacote de análise.

Utilizando um sistema integrado de análise de projetos é possível conduzir análises diretamente no modelo sólido sem precisar sair do pacote CAD. Uma vez dispondo da geometria, podemos configurar o modelo, executar as análises e estudar os resultados em poucas etapas de fácil execução.

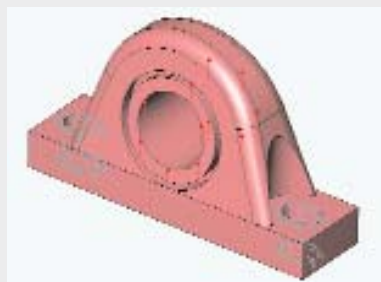
Etapa 1

Primeiro, definimos e atribuímos as propriedades do material ao modelo.



Etapa 2

Em seguida, aplicamos as cargas corretas e suportes que representam as condições de carregamento da vida real.





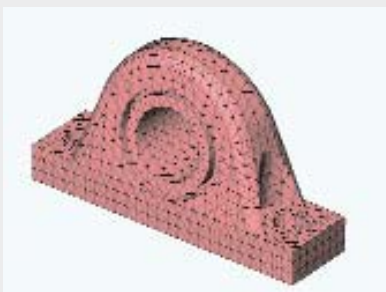
A True Technologies

é uma empresa de consultoria em engenharia. Defrontados com uma peça que falhava após apenas 20 minutos de uso, eles recorreram à análise. Depois que a peça foi otimizada no COSMOS, ela funcionou por mais de 1.000 horas sem falhas, mesmo quando a potência foi aumentada em 50%.

9

Etapa 3

Agora aplicamos a malha à geometria. A aplicação de malha consiste basicamente na divisão da geometria em pequenas partes de forma simples chamadas de elementos finitos. A análise de projetos utiliza os elementos finitos para calcular a resposta do modelo às condições de carregamento indicadas. A aplicação de malha é realizada automaticamente com mínima ou nenhuma intervenção do usuário.

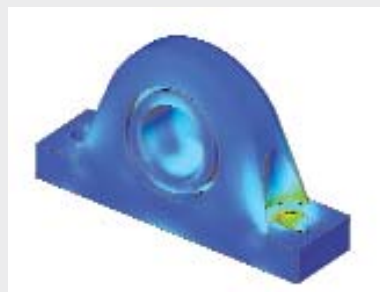


Etapa 4

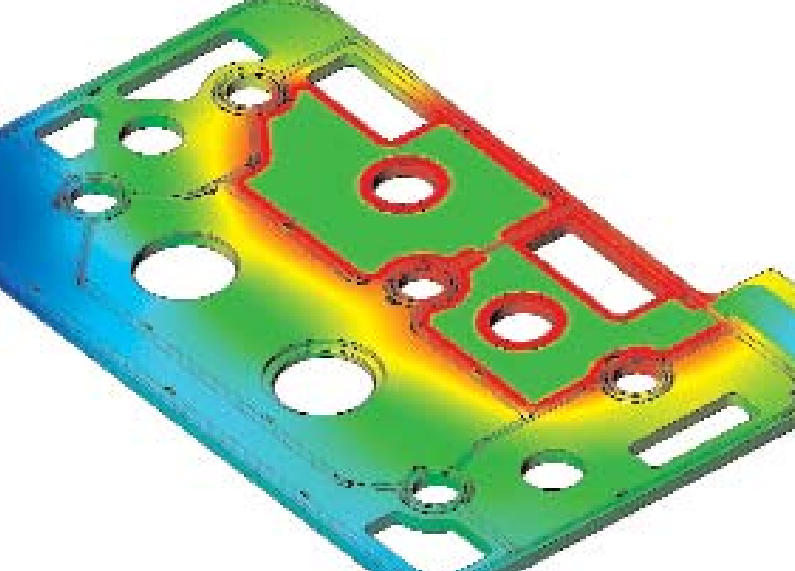
Após a aplicação da malha ao modelo, a solução da análise é executada. Esta etapa é totalmente automática e não requer a intervenção do usuário.

Etapa 5

Uma vez concluída a solução, podemos analisar os resultados. As propriedades disponíveis dependem do tipo de análise executada. Em nosso caso, estamos interessados nas propriedades estruturais, como deflexões e tensões. Também podemos usar a análise de projetos para avaliar frequências ressonantes, distribuição de temperaturas ou resposta estrutural a cargas dinâmicas.



Os resultados da análise verificam a função do projeto ou mostram onde é necessário modificar o projeto para eliminar os problemas e atingir os níveis de exigência em termos de qualidade, nível de tensão, frequência natural, etc. Os pacotes integrados de análise permitem realizar modificações facilmente no mesmo modelo CAD que utilizamos na análise inicial.



"Com o COSMOSWorks, podemos fazer cálculos nos diversos métodos de projetos com facilidade e rapidez, ainda durante a fase de projeto. Podemos então compará-los entre si."

Karsten Hoffman, líder de projeto,
Dräger Medical

→ A análise de projetos e a linha de lucros

10

A utilização da análise como ferramenta de projeto cria produtos com mais qualidade, de maneira mais rápida e a um custo mais baixo. Para obter esses benefícios, é necessário investir na compra de software de análise de projetos e no treinamento de usuários. Normalmente não é preciso adquirir novo hardware, já que as estações de trabalho de CAD existentes costumam ser adequadas para a execução do software de análise.

O retorno sobre o investimento (ROI) real obtido por uma empresa na implementação de software de análise de projetos depende do tipo de análise necessária, do pacote de análise específico selecionado, de como o software de análise será implementado e da quantidade de treinamento conduzido.

Em muitos casos, o custo do software de análise e do treinamento é recuperado durante o primeiro ano da implementação.

Retorno sobre o investimento (ROI)

Embora uma avaliação abrangente do ROI antes da implementação da análise de projetos em 3D seja útil para propósitos de planejamento, os cálculos simples com base em métricas facilmente quantificáveis também podem oferecer idéias úteis. A seguir, um exemplo no campo da engenharia automotiva.

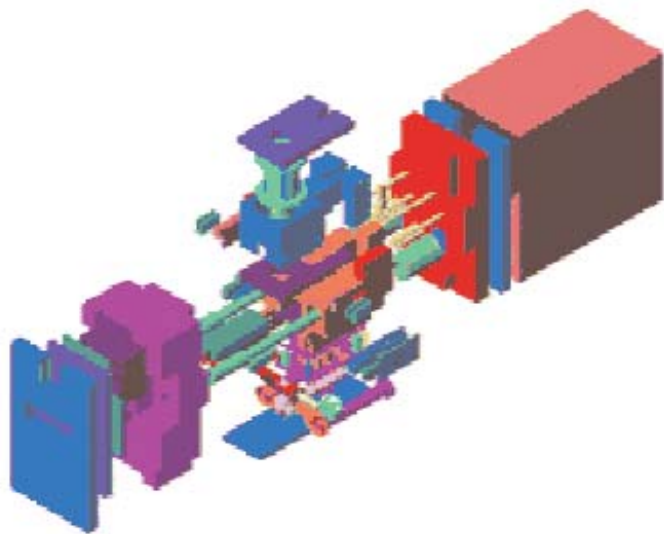
O custo de prototipagem e teste de peças simples como suportes de motor, polias ou ferragens para portas pode alcançar de US\$ 10.000 a US\$ 20.000, e essas etapas levam várias semanas para serem

concluídas. Compare essa despesa com o custo de uma única licença de software integrado de análise de projeto mais o treinamento do usuário, e é fácil perceber como o software de análise de projetos pode beneficiar uma empresa.

Na maioria das vezes, os resultados da análise podem ser produzidos em questão de horas, uma vantagem significativa sobre a concorrência para todas as empresas de fabricação. Os benefícios de redução de custo obtidos com o uso da análise de projetos em lugar da tradicional prototipagem/teste são ainda maiores no caso de peças e produtos complexos.

Os custos de prototipagem/teste de peças complexas podem chegar facilmente a centenas de milhares de dólares e demorar meses para a conclusão. O cálculo de ROI pode fornecer facilmente a economia de custos, mas existem benefícios adicionais que são mais difíceis de quantificar, como a capacidade de analisar várias configurações do projeto, o potencial de redução dos custos da garantia e o impacto geral da qualidade do produto.

O ROI será diferente para cada caso. Além disso, as empresas devem considerar os custos associados à não utilização da análise de projetos no desenvolvimento de produtos. É claro que os benefícios de custo e a qualidade do produto associados ao uso da análise de projetos como parte do desenvolvimento do produto podem resultar em retornos consideráveis para o investimento da empresa nesse tipo de software.

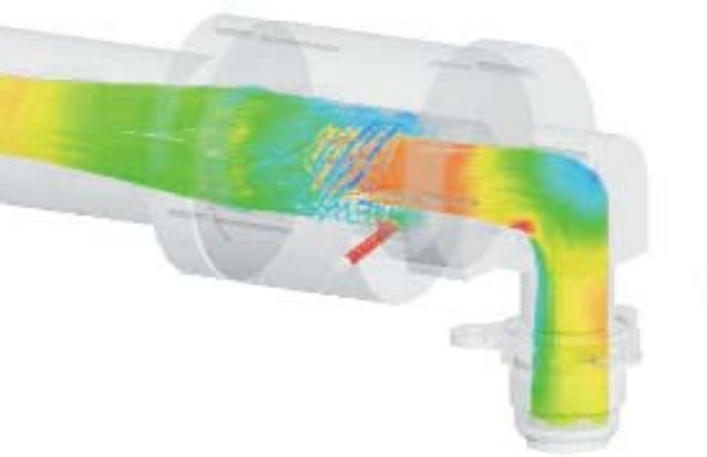


A SANDIA National Laboratories

gastou cinco meses de trabalho e garantiu apenas 90% de aproveitamento com um produto de análise da concorrência. Depois de trocar para o COSMOS, a SANDIA National Laboratories conseguiu analisar um modelo sólido de 306 peças e extremamente detalhado em apenas uma semana.

Economia de custos devido à rapidez de colocação no mercado		
Tamanho da equipe de engenharia e projeto	5	
Salário bruto médio (inclui custos indiretos variáveis)	US\$65.000	
Melhoramento no tempo de colocação no mercado usando a análise do COSMOS	30%	
Economia de tempo anual devido ao aumento de produtividade (em homem-hora)	3000	
Economia de custo anual devido ao tempo aprimorado de colocação no mercado	US\$97.500	
Economia de custo devido à melhor qualidade do produto		
Custo anual de falhas em campo	US\$100.000	
Redução das falhas em campo devido ao uso da análise do COSMOS	20%	
Economia de custo anual devido à redução das falhas em campo	US\$20.000	
Custo anual de recalls de produtos	US\$10.000	
Redução nos recalls devido ao uso da análise do COSMOS	15%	
Economia de custo anual devido à redução dos recalls	US\$1.500	
Economia total de custo devido à melhor qualidade do produto	US\$21.500	
Economia de custos pela redução de protótipos e testes físicos		
Custo anual de protótipos	US\$150.000	
Redução nos protótipos devido ao uso da análise do COSMOS	32%	
Economia de custo anual devido à redução dos protótipos	US\$48.000	
Custo anual de testes físicos	US\$175.000	
Redução nos testes físicos devido ao uso da análise do COSMOS	23%	
Economia de custo anual devido à redução dos testes físicos	US\$40.250	
Economia total de custo devido à melhor qualidade do produto	US\$88.250	
Aumento nos lucros devido à maior rapidez de colocação no mercado e qualidade superior		
Receita anual	US\$20.000.000	
Margem de lucro média	8%	
Aumento nas vendas devido à qualidade superior dos produtos	3%	
Aumento anual dos lucros devido à qualidade superior dos produtos	US\$48.000	
Aumento nas vendas devido à maior rapidez de colocação no mercado	5%	
Aumento anual dos lucros devido à qualidade superior dos produtos	US\$80.000	
Aumento total nos lucros devido à maior rapidez de colocação no mercado e melhor qualidade	US\$128.000	

Resumo da economia e do aumento nos lucros		
Economia de custo anual devido à rapidez na colocação no mercado		US\$97.500
Economia anual de custo devido à qualidade superior do produto		US\$21.500
Economia de custo anual devido à redução dos protótipos e testes físicos		US\$88.250
Aumento anual nos lucros devido à rapidez na colocação no mercado e qualidade superior		US\$128.000
Taxa de desconto		15%
Benefício financeiro anual devido ao software de análise COSMOS		US\$335.250
Benefício financeiro trienal devido ao COSMOS, valor líquido atual		US\$880.269
Custo total de propriedade (TCO)		
Custo total assumido do primeiro ano (que inclui licença, hardware, treinamento, suporte, instalação, gerenciamento, etc.) por estação		(US\$10.000)
Custo total assumido após o primeiro ano (incluindo atualizações, suporte, treinamento adicional, etc.) por estação		(US\$3.000)
Número de estações adquiridas	5	
TCO no primeiro ano para todas as estações		(US\$50.000)
TCO no período de três anos para todas as estações, valor líquido atual		(US\$74.386)
Retorno sobre o investimento (ROI)		
ROI total no primeiro ano		US\$285.250
ROI para os primeiros três anos, valor líquido atual		US\$805.883



"Não há dúvida de que o COSMOS ajudou-nos a reduzir o tempo de projeto. Quando iniciamos o projeto, a estimativa era de que ele seria concluído em oito meses. Com o COSMOS, economizamos dois meses de trabalho de desenvolvimento."

David Rachels, engenheiro,
Purolator-Facet

→ A avaliação do software de análise de projetos 12

Existem muitos programas diferentes para análise de projetos no mercado. Como as empresas de fabricação devem proceder para avaliar e selecionar o pacote de análise mais adequado para uso como ferramenta de projeto? Qual pacote de análise de projetos produz o maior retorno sobre o investimento quando implementado no processo?

Existem várias questões importantes a considerar na avaliação e seleção do software de análise de projetos:

Os pacotes de análise de projetos devem ser integrados a sistemas CAD. Embora seja possível trocar informações entre pacotes de análise e de CAD por meio de arquivos neutros como GES ou STEP, esse método é demorado, imprevisível, sujeito a erros e não oferece associatividade bidirecional entre o CAD e os modelos de análise. A melhor opção entre os dois é uma interface direta.

Um pacote de análise de projetos integrado só funciona bem se o software CAD for um modelador de sólidos paramétrico baseado em recursos e totalmente associativo. Com esses tipos de sistemas de CAD, os engenheiros de projetos podem suprimir temporariamente os recursos geométricos de menor importância sem excluí-los permanentemente e examinar configurações de projeto diferentes aproveitando-se da natureza paramétrica do modelo CAD.

Em um sistema verdadeiramente integrado, o software CAD se torna host do aplicativo de análise. Isso não só

permite repetições rápidas de análise, como também reduz substancialmente o tempo de treinamento porque todas as funções de geometria (geralmente a parte mais demorada da análise de projetos) são realizadas no pacote CAD com o que já se tem familiaridade.

O software de análise de projetos deve ser fácil de usar, mas também deve incluir recursos para a intervenção do usuário. O software integrado de análise de projetos deve permitir o controle do usuário sobre aplicação de malha, tipo e ordem de elementos, esquema de idealização e método de solução desejado. Embora as opções padrão oferecidas por softwares avançados de análise de projetos sejam aceitáveis na maioria dos casos, o usuário deve ser capaz de controlar tarefas específicas de análise se a intervenção for necessária ou desejada.

O software de análise de projetos deve dispor de um bom aplicador automático de malha e um solver rápido. A qualidade da malha de elementos finitos é essencial para produzir resultados de análise precisos e um solver rápido é importante para que os resultados sejam apresentados em tempo hábil. Ter um bom aplicador de malha e um solver rápido reduz ou elimina a necessidade de preparação da geometria antes da aplicação da malha. Mesmo os grandes modelos CAD recebem malha e são resolvidos rapidamente com solvers rápidos e geradores de malha automáticos e velozes.



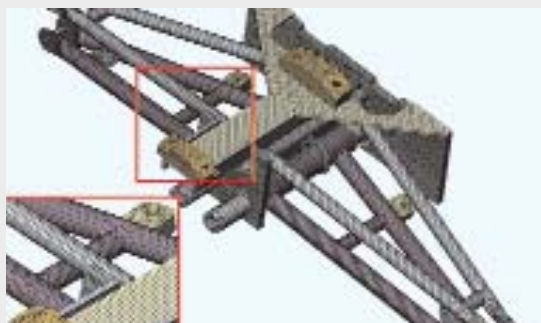
SpaceShipOne,

a primeira nave tripulada particular foi projetada e construída pela Scaled Composites, Inc. A empresa usou o software COSMOS para análise composta durante cerca de 15 anos, o que contribuiu para a aparência exclusiva da nave.

13

O software de análise de projetos deve realizar os tipos mais comuns de análise. Qual deve ser a capacidade do sistema de análise? Os engenheiros às vezes são tentados a selecionar um pacote que execute todos os tipos de análise possíveis, caso isso seja necessário algum dia.

Os pacotes de análise sofisticados funcionam bem nas mãos de analistas altamente treinados, mas o desempenho é deficiente quando usados simultaneamente com o CAD durante o processo de desenvolvimento do produto. Em vez de optar pelo software de análise mais poderoso do mercado, os fabricantes devem procurar o pacote que atenda a maioria de suas necessidades da melhor maneira possível.



Malha da suspensão dianteira de um snowmobile.

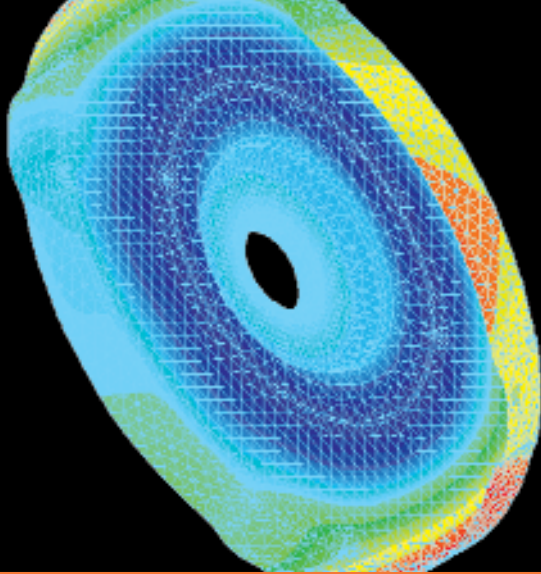
Os tipos de análise realizados na maioria dos processos de análise de projetos simultâneos são:

- » Análise de tensão linear
- » Análise de tensão de contato
- » Análise de modelo de frequência
- » Análise térmica de estado estável
- » Análise de flambagem

Os sistemas integrados de análise de projetos devem oferecer suporte a esses tipos de análise com a opção de adicionar mais recursos posteriormente. Se um projeto ocasional exigir um tipo de análise mais avançado, como análise não-linear ou dinâmica, ela provavelmente será complexa demais para ser implementada por um engenheiro de projeto no processo em si.

É recomendável colocar análises complexas nas mãos de um analista especializado. Quando análises mais avançadas se tornam necessárias, os pacotes integrados de análise de projetos facilitam o intercâmbio de dados entre engenheiros de projeto e analistas sem precisar reconstruir ou converter o modelo. Por essa razão, o pacote integrado de análise projetos deve ser idealmente um subconjunto de um programa de análise maior.

O software de análise de projetos também deve incorporar ferramentas para a comunicação da intenção do projeto aos outros membros da empresa responsável pelo desenvolvimento do produto. Pacotes de análise devem possuir ferramentas eficazes para a apresentação de resultados de maneira clara e concisa.



"O COSMOS me ajudou a ver que existiam duas soluções viáveis: duplicar a espessura ou projetar um entalhe no anel. Como era duplicar a espessura do material envolvia custos menores, optei por essa solução."

Tao You, engenheiro,
Fleetguard, Inc.

A geração automática de relatórios e resultados deve tornar as constatações da análise acessíveis a todos que disponham de software padrão de ambiente de escritório, sem precisarem utilizar o próprio software de análise. Os arquivos de resultados devem ser criados nos formatos gráficos padrão, como .html para gráficos na Internet e .avi para plotagens com animação.

As técnicas e recursos de análise devem estar disponíveis e acessíveis aos usuários. O pacote de análise de projetos oferece acesso a sistemas de ajuda on-line, suporte técnico telefônico e grupos de usuários e consultores independentes do fornecedor do software?

A consideração final ao avaliar e selecionar um sistema de análise de projetos é o custo. O software de análise de projetos não deve ser muito caro, seja em termos de custo de licenciamento, custo de implementação ou de treinamento. Entretanto, o preço não deve ser a única consideração. Muitas vezes o custo na aquisição de um software inadequado suplanta em muito a economia obtida por conta do valor da compra.

Existe também o ROI projetado a ser considerado. O pacote que é um pouco mais caro pode proporcionar uma economia muito maior e compensar em muito a diferença de preço.

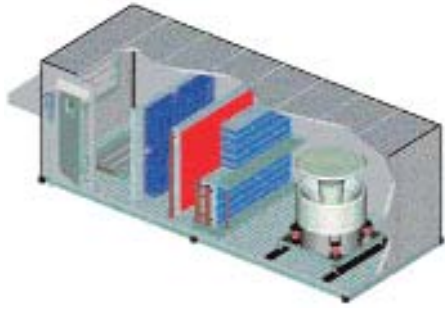
Em resumo, quando avaliar e selecionar um sistema de análise de projetos, considere o seguinte:

O sistema CAD deve ser:

- » Um modelador de sólidos paramétrico baseado em recursos e totalmente associativo
- » Capaz de criar todas as geometrias para funções de CAD e análise
- » Capaz de se movimentar entre modelos de análise e de projeto enquanto mantém as geometrias vinculadas

O pacote de análise de projetos deve ser:

- » Integrado a um modelador de sólidos paramétrico baseado em recursos e totalmente associativo
- » Projetado para minimizar a necessidade do envolvimento do usuário em tarefas específicas de análise, mas oferecer ferramentas para o seu controle, se for necessário
- » Equipado com um gerador de malha avançado e uma variedade de solvers rápidos
- » Capaz de trabalhar com todos os tipos de análise como estática, de frequência, de contato, de flambagem e térmica
- » Adaptável a pacotes de análise sofisticados para analistas
- » Equipado com ferramentas para comunicação com os demais membros da organização de desenvolvimento
- » Capaz de fornecer um bom suporte para o usuário
- » Ter um preço razoável



A Cambridgeport Air Systems

substituiu três protótipos físicos utilizando a análise e economizou um valor estimado entre US\$ 5.000 e US\$ 6.000. "O COSMOS não só comprova o funcionamento dos projetos, como também auxilia nossos engenheiros a revelarem erros nos projetos e consertá-los antes que surjam na fabricação ou nos testes."

→ Considerações sobre treinamento

15

Preparar e treinar os engenheiros para tirar proveito dos benefícios da análise de projetos é tão importante quanto selecionar o pacote certo para as necessidades de um fabricante. Os engenheiros de projeto normalmente precisam conduzir apenas tipos simples de análise, e os pacotes integrados de análise de projetos atuais tornam a teoria da FEA algo completamente transparente ao usuário. A maioria dos engenheiros de projeto possui o conhecimento básico necessário para utilizar a análise de projetos.

O período de treinamento necessário em análise para que um engenheiro de projeto se torne produtivo deve ser medido em dias, não em semanas ou meses. O elemento-chave para o treinamento eficaz em análise é o fornecimento de um entendimento conceitual sólido a respeito de seus fundamentos, como principais premissas, limitações e erros inerentes, bem como erros comuns, armadilhas e equívocos.

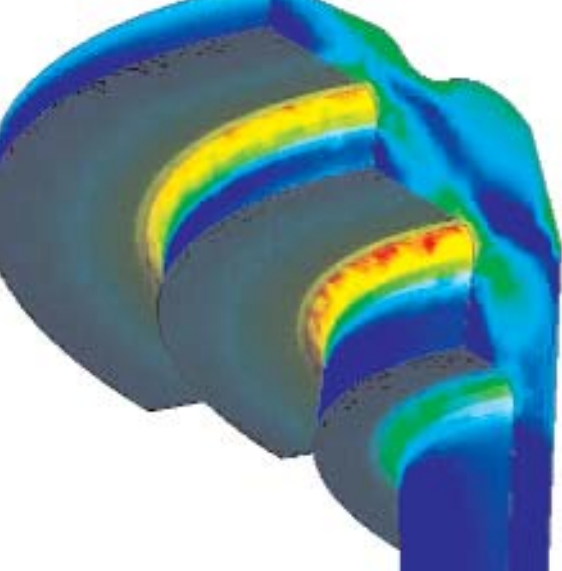
O curso de treinamento em análise deve seguir uma metodologia prática no computador a fim de que os participantes possam se beneficiar da sinergia produzida pela aquisição de habilidades no software enquanto se familiarizam com a teoria da análise. A ênfase excessiva em "como executar o software" pode ocultar questões mais importantes relacionadas com os fundamentos

da análise e dar a impressão que familiaridade com o software significa conhecimento em análise. A experiência na indústria indica que os usuários que conhecem os fundamentos de análise descobrem rapidamente como operar o software, mas adquirir habilidades operacionais no software não implica necessariamente no entendimento completo do processo de análise.

Em resumo, o treinamento em análise de projetos deve:

- » Destacar o entendimento conceitual da análise
- » Evitar excesso de conteúdo sobre software à custa do conhecimento básico da análise
- » Utilizar exemplos práticos com nível progressivo de complexidade
- » Empregar exemplos que utilizam modelos CAD
- » Combinar teoria com exemplos práticos
- » Utilizar software integrado de análise de projetos, enfatizando as diferenças entre as duas tecnologias
- » Fazer o acompanhamento posterior com um treinamento específico do software

Enquanto o treinamento voltado para o uso correto da análise pode tornar um bom engenheiro ainda melhor, o oposto pode torná-lo perigoso. Um treinamento eficaz faz toda a diferença.



"Ao visualizar as peças no COSMOS, fomos capazes de atingir nossos objetivos em termos de peso, resistência e fatores de segurança. Aprimoramos substancialmente a confiabilidade do nosso motor utilizando o software de FEA em nossos componentes."

John Calhoun, engenheiro,
Robert Yates Racing

→ Desmistificando a Análise - A hora é essa!

16

Desmistificação da Análise

Integrar a desmistificação da análise no ciclo de projeto é uma etapa importante para os fabricantes. Muitas empresas, inclusive os clientes do COSMOS mencionados neste guia, já fizeram essa transição e obtiveram benefícios comerciais, de engenharia e de produtividade no processo.

Os rápidos avanços na tecnologia de hardware e software de computadores da atualidade criam uma oportunidade ideal para os fabricantes incorporarem a análise no processo de projetos. Como abordado neste guia, as etapas básicas para incorporar a análise incluem:

- » Entender como a análise fornece a solução para muitos desafios no projeto de produtos
- » Reconhecer que as ferramentas de análise evoluíram de modo a se tornarem mais eficazes e fáceis de usar por pessoas não especializadas
- » Avaliar meticulosamente as ferramentas de análise com base em qualificações e necessidades

Seguindo estas etapas, as empresas de manufatura podem maximizar os benefícios do uso de desmistificando a Análise em projetos mecânicos. No processo, a maioria dos fabricantes obtém um aumento de vendas e de receita, além de aprimorar a qualidade e a confiabilidade do produto.

Para saber mais sobre como clientes do COSMOS se beneficiaram com "Desmistificando a Análise", consulte os estudos de casos de clientes publicados no site do COSMOS (www.cosmosm.com).

Empresas que se beneficiaram com os produtos de análise COSMOS

Acme Electric Aerospace Division | Adams Rite Aerospace | Aerocontrol Group | Aerojet GE Corp. | Aerospace Corporation | Aerospace Industrial Development Corporation | ArmorWorks, Inc. | Avionics Specialties | Axsys Technology | BAE Systems | BF Goodrich Aerospace | Ceradyne Inc. | DreeseCode Software | Eagle Picher Technologies | Eaton Aeroquip | Electroimpact | Fairchild Fasteners | Fluid Components International | Fluid Regulators Corporation | Foster-Miller | Frontier Systems | Hartwel Corp. | Honeywell International Inc. | Huck International | Inbis Technology Ltd. | Industria | Innovative Engineering | Kaiser Electronics | Lawrence Livermore National Lab | Leigh Aerosystems Corp. | Lifeport Inc. | Litton Guidance & Control Systems | Lockheed Martin | Maestranza Aerea De Madrid | Mason Electric Co. | MHD Instruments | Michigan Aerospace | Mide Technology Corp | NASA Ames Research Center | NASA Dryden Flight Research Center | NASA Glen Research Center | National Aerospace Laboratories | Pacific Design Technologies, Inc. | Parker Hannifin Corp. | Pratt & Whitney | Reynolds, Smith & Hils Inc. | Sandia National Laboratories | Scaled Composites | Smiths Aerospace | Stage III Technologies | Technology Research Institute | Tecstar, Inc. | TRW Space & Electronics Group | Unison Industries | Universal Aerospace | Woodward FST | Wyle Laboratories | Advanced Integrated Manufacturing | American Expedition Vehicles | AP Racing | Autoliv North America | Automation Tooling Systems | Automotive Systems Laboratory Inc | Balcrank Products | Branick Industries, Inc. | Breed Technologies, Inc. | Casco Products Corp. | Castrol North America | Champion Laboratories, Inc. | Composite Group | D&R Technology Dechelis Machine | Delphi Packard Electric Systems | DSM Engineering | Epilog | Fey | Automotive | Ford Rvt Visteon | General Motors | Gentex Corp | GM Powertrain | Grove Design | GRP Connecting Rods | Hartwel Corp. | Honda R&D | Honeywell Co., Ltd. | Immersion Corp. | Impco Technologies, CA | International Rectifier, Ca | Johnson Controls Lasertronics | Lear Corporation | Litens Automotive Group | Lund Industries | Maxon Lift | MSX International | Nordson Corporation | Norgren Automotive, Inc. | Olin Brass | Performance Accessories | Power Trax | Raetech Corp. | Roush Technologies | Solakian Plastics | Spectra Premium Industries | Teleflex | Turbodyne Systems Inc. | Tuthil Transport Technologies | Ultra Dyne | Visteon Automotive Steering | Volkswagen de Mexico | Wetheril Assoc., Inc. | Wynn Oil Co. | Yakima Products, Inc. | Yazaki Europe Ltd. | Adaptive Micro Systems | Amerock | B. Braun Medical | Bainbridge Networks | Berliner Wasserbetriebe | Bril Manitoba | Bristol Babcock | Columbus-McKinnon Corporation | Cybex International, Inc. | Datastrip Products, Inc. | Delta Hudson Engineering, Ltd. | Diamondback Fitness | Dorma Door Controls, Inc. | Easton Sports Composites | Eldon Design Associates, Inc. | Electronic Sensor Technology | Enersys Inc. | Eveready Battery | First Alert | Flex Products, Inc. | GE Lighting | Glad Manufacturing Company | GT Bicycles | Hewlett Packard | Hitachi Corp. | Icon Health and Fitness Inc. | Interlink Technologies | JBL Professional | Johnson Outdoor | Kimberly Clark Corporation | Klein Bicycle | Klipsch Inc | Konica Corporation | Life Fitness Products | Lockheed Martin | Lucent Technologies | Masonite International | Matsushita Air Conditioning | McKee Foods Corp. | Medeco Security Locks | Milwaukee Electric Tool Corp. | Motorola Incorporated | Nautilus Schwinn Fitness | NEC Machinery | Philips Medical Systems | Polaris | Polaroid Corporation | Procter & Gamble | Raytech Corporation | Rockford Corp | Smith & Wesson | Sony Wega GmbH | Spectra Logic | Stairmaster | Tality Inc. | Waterpik Technologies | Waupaca Elevator | Western Digital | ABB Switchgear | Aerovironment Inc. | Alden Products | American Power Conversion | American Water Heater Co. | Andis Company | Andrew Corp. | Anvik Corp | AVO International | Basler Electric | Battele Memorial Institute | Chattanooga Group | Chromalox | Crouse-Hinds Div. Of Cooper | Daka Development Ltd. | Dynetics | Everbrite | Excelon Automation | Frazer-Nash Research LTD. | Greene, Tweed & Company, Inc. | Hansen Corporation | Heatrex Wescon Ind. | Hendry Telephone Products | IAP Research, Inc. | Interconnect Devices Inc. | Intermatic Inc. | Inventas AS | Jakel Inc. | Johnson Electric Industrial Manufactory Ltd. | JST Corporation | Kaman Aerospace Corp. | Kubota Corporation | LG Industrial Systems | MacLean Power Systems | MAEC Cahors | Marathon Electric | Marlow Industries | MBM Technology | Microvision | Milwaukee Electric Tool | Motile | Nxtphase | Pacific Scientific Co. | Petron Industries | Philips Oral Healthcare (Optiva) | Samtec, Inc. | Senco Products | Silicon Bandwidth, Inc. | SL Montevideo Technology | Southwire Co. (Wire And Cable Div.) | Star Trac By Unisen | Stratagene Cloning Systems | Subsea Mudlift Drilling Company, LC | Toshiba Intl Corp. | Trinton PLC | Universal Power Track | XiDEM Corporation | Alum-A-Lift | American Meter Co. | Amtech | Applied Materials | Ashbrook Corporation | Australian Submarine Corp. | Automatic Systems, Inc. | Baker Oil Tools | Barksdale, Inc. | Bimba Manufacturing | Bock GmbH & Co., | Bouwdienst Rijkswaterstaat | Cannon Industries, Inc. | Carl Closs Schweisstechnik GmbH CG Technologies | Datacard Corporation | Delta Design | Eastman Chemical Co. | Fanuc Robotics | Ferraz Shawmut | FleetMaster, Inc. | Flow Matrix Corp. | Foley Drilling | Fuji Impulse Corp | Galbreath Incorporated | Haliburton Produtos Ltda | Hyundai Heavy Industry | Ingersoll Milling Machine | Johnson Corporation | Matsushita Electronic Components | Milipore Corporation | Monterey Bay Aquarium Research Institute | Nakamura-Tome Precision Industry | Nanjing Aeronautics Ltd. | National Aerospace Lab | National Nuclear Regulator | Neumag GMBH | Nortel Optoelectronics | Northrop-Grummen | Oil States Subsea Ventures Inc. | Prolec - GE | Quizix | Rytec Corporation | Sagian- Beckman Inst. | Seaway Industrial Products | Skyjack | Speedgrip Chuck Ltd. | Tigercat Industries | Volvo Parts AB | W.L. Gore & Associates | Westfalia Technologies | Worldwide Oilfield Machine | Yang Iron Works Co | Yasunaga Corp. | Yehuda Tzabari | Zinser Textilmaschinen GmbH | Zolner GmbH | 3F Therapeutics, Inc. | 454 Corporation | Abbott Laboratories | Adac Labs | Advanced Instruments | ALZA Corporation | Applied Materials | Avail Medical | Bard Access Systems | Bard Endoscopic Technology | Bard Interventional Products | Baxa Corporation | Baxter Healthcare Corp. | Bayer, Incorporated | Becton Dickinson Medical Systems | Beere Precision Medical Instruments | Boston Scientific Corporation | Bryan D. Knodel, Inc. | Carr Metal Products, Inc. | Catheter Innovations | Chattanooga Group | Chroma Vision | DJ Orthopedics | Draeger Medizintechnik GmbH | Dunlee | EARTH-LITE | Elcam | Elscint | Endius Incorporated | Ethicon Endo SpA | Genetronics | GenoSpectra, Inc. | Glaxosmithkline | Johns Hopkins Applied Physics | Johnson & Johnson, Inc. | Lawrence Berkely Labs | Maquet AG | MedSource Technologies | Medventures | Murray Inc. | Nova Biomedical | Okayama University | Pacifix | Packard Instrument Company | Pulmonetic Systems | Ranfac Corp. | Roesch AG | Spinal Concepts | Spinevision | Stratagene Cloning Systems | Stryker Patient Handling | Sulzer Dental | Tensys Medical | Thermo Labsystems | Tomotherapy, Inc. | Vertis Neuroscience | Xiros Plc



Sede da Empresa

SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 EUA
Telefone: +1-978-371-5011
Email: info@solidworks.com

Sede na Europa

Telefone: +33-4-42-15-03-85
E-mail: infoeurope@solidworks.com

Sede na América Latina

Telefone: +55-11-3186-4150
ou 0800-772-4041
Email: info@solidworks.com



A DO FABRICANTE PARA MAXIMIZAR OS GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM A ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

A ilustração é cortesia do National Optical Astronomy Observatory, coordenado pela Association of Universities for Research in Astronomy, sob contrato de cooperação com a National Science Foundation.

SolidWorks é uma marca registrada da SolidWorks Corporation e COSMOS é uma marca comercial da SolidWorks Corporation. Todos os outros nomes de empresas e produtos são marcas comerciais ou marcas registradas dos seus respectivos proprietários. SolidWorks é uma empresa da Dassault Systemes ©2006 SolidWorks Corporation. Todos os direitos reservados.
MKCOS3DPTB0906

