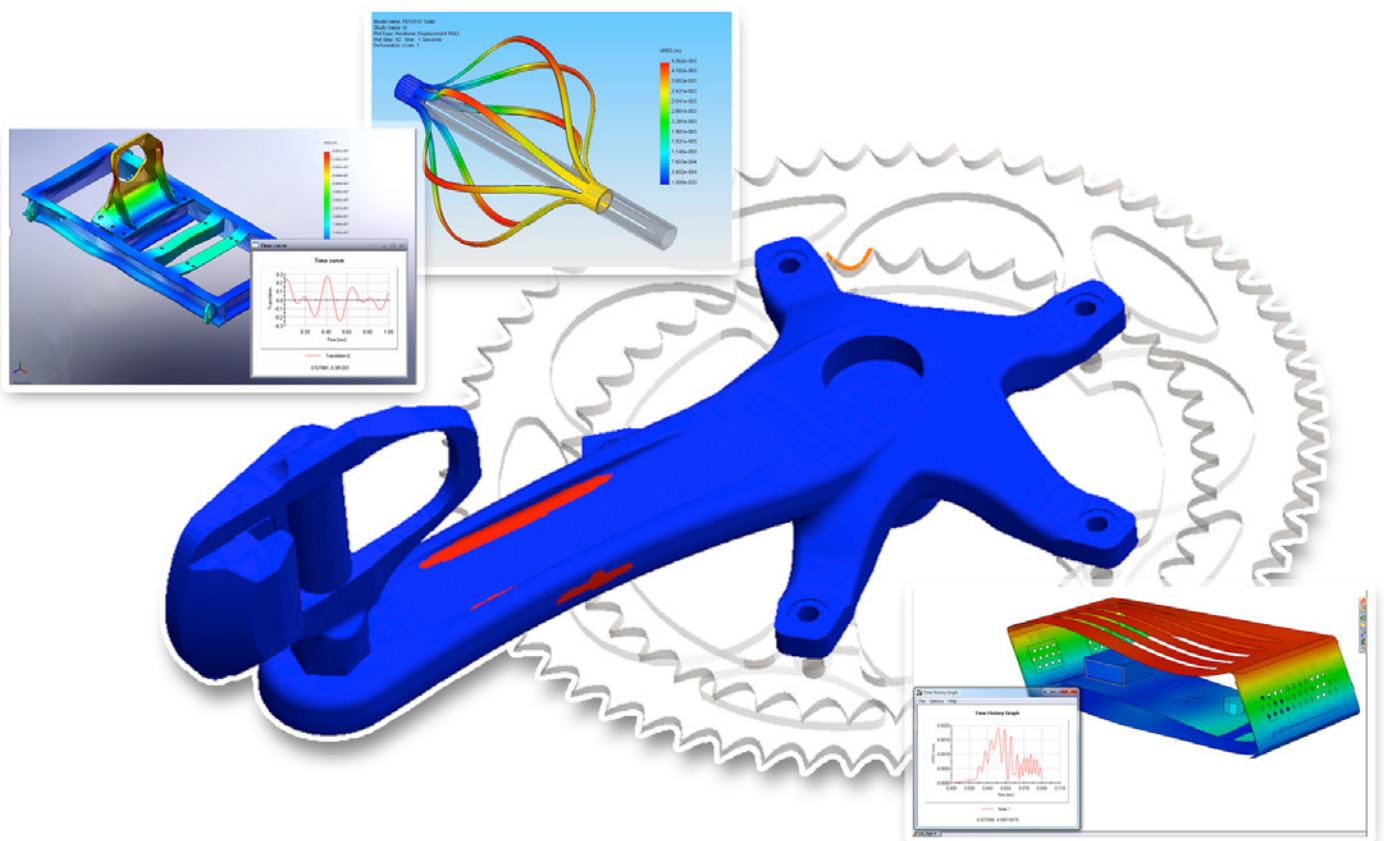


Přesné analýzy návrhů zlepšují vývoj výrobků

Produktový leták



SOUHRN

Vytváření inovativních výrobků vyžaduje pochopení funkčnosti návrhu a konstruktéři, kteří mohou předvídat chování návrhu, jsou efektivnější, inovativnější a úspěšnější. Pomocí analýz integrovaných v 3D CAD softwaru SOLIDWORKS Simulation můžete intuitivně, přesně a nákladově efektivně simulovat, jak bude výrobek fungovat, což vám umožní vytvářet přesně dimenzované a optimalizované návrhy při současném omezení vytváření prototypů a časově náročných zkušebních procesů. Software SOLIDWORKS Simulation vám umožňuje přesně řešit problémy složitých analýz, a pomáhá vám tak překonávat problémy spojené s časem, rozpočtem i kvalitou.

JAK PŘESNOST ANALÝZY PODPORUJE VÝVOJ VÝROBKŮ

Při vytváření úspěšných výrobků jsou nutné inovace, spolehlivost a rychlost. Jako konstruktéři musíte nejen plnit požadavky na formu, přizpůsobení a funkci, ale musíte také vytvářet unikátní, spolehlivé a výrobitelné návrhy výrobků rychleji a s nižšími náklady. Abyste dosáhli těchto cílů, musíte mít co nejdříve co nejvíce informací o tom, jak bude váš návrh fungovat v reálných provozních podmínkách, a to bez uchylování se k časově náročným cyklům testování prototypů nebo dodavatelsky zajišťovaných simulací.

S integrovanými řešeními SOLIDWORKS Simulation můžete provádět přesné simulace FEA přímo v prostředí CAD softwaru SOLIDWORKS, což vám umožní rychlý přístup k výsledkům strukturálních analýz v časných fázích procesu vývoje, přičemž k takovým výsledkům patří úroveň napětí, tvarové deformace, životnost výrobku apod. S těmito zásadními informacemi můžete provádět kritická návrhářská rozhodnutí, která vám pomohou:

- vytvářet výrobkové inovace;
- omezovat vytváření prototypů;
- urychlovat uvedení výrobků na trh;
- optimalizovat použití materiálu;
- eliminovat nejistoty návrhu;
- minimalizovat problémy spojené s funkčností;
- snižovat počet reklamací a vrácení výrobků;
- zvyšovat ziskovost.

Software SOLIDWORKS Simulation, se svým intuitivním uživatelským rozhraním, výkonnými řešiči a rozsáhlými analytickými funkcemi, pro vás představuje integrované konstrukčně-analytické řešení, které je nejen rychlejší a snadněji použitelné, ale zároveň stejně přesné jako jakýkoliv jiný balík simulačního softwaru. V tomto článku se budeme věnovat přesnosti analýz a jak vám jedinečná kombinace přesnosti, snadnosti používání a výkonu softwaru SOLIDWORKS Simulation může pomoci při vývoji vašich výrobků.

“Mohu tak během několika hodin vyřešit problém nelineární simulace, jehož řešení by mi jinak trvalo celé týdny. Díky této rychlosti mohu optimalizaci provádět rychle a vytvořit návrh, který bude fungovat.”

David R. Caldwell
Projektový technik
Smithsonian Astrophysical
Observatory



PŘESNÉ SIMULACE ÚČINKŮ SLUNEČNÍHO VĚTRU

Astrofyzikální observatoř Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO), součást střediska Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CFA), spolupracuje s předními astrofyziky a dalšími vědci na vývoji nejmodernějších vědeckých přístrojů a systémů. SAO úspěšně využívá software SOLIDWORKS Simulation Premium při řešení těch nejobtížnějších technických problémů, jako je například první let lidmi vytvořeného objektu ke hvězdě.

Sonda Solar Probe Plus (SPP) organizace National Aeronautics and Space Administration (NASA) USA bude vypuštěna v roce 2018. Kosmická loď velikosti automobilu se zanoří přímo do sluneční atmosféry. SAO má v tomto projektu za úkol vytvoření zařízení Solar Wind Electrons Alphas and Protons (SWEAP), včetně Faradayova snímače, který bude měřit vlastnosti elektronů, protonů a heliových iontů ve slunečním větru. Náročnost tohoto úkolu je dána tím, že snímač bude umístěn na vnějším plášti kosmické lodi, kde bude vystaven působení intenzivního tepla a silné radiace.

„Snímač má fungovat v tak extrémním prostředí, že při jeho konstrukci musíme používat integrované simulační nástroje,“ říká projektový technik David R. Caldwell. „Nedávno jsme provedli testy prototypu ve zkušební zařízení Solar Wind Facility ve středisku Marshall Space Flight Center, a snímač fungoval tak, jak bylo předpovězeno našimi simulacemi v softwaru SOLIDWORKS.“

„U systémů pro kosmické lety je kritickým faktorem hmotnost,“ dodává Caldwell. „Software SOLIDWORKS Simulation Premium nám poskytuje informace, které potřebujeme z hlediska plánování změn tloušťky nebo materiálů, a skutečně optimalizuje naše návrhy.“

JAK PŘESNĚ ANALÝZA KONEČNÝCH PRVKŮ (FEA) SIMULUJE REALITU?

Obecně je možné říci, že systémy FEA využívají metodu konečných prvků, diskretní numerickou techniku pro aproximační řešení problémů mezních hodnot u diferenciálních rovnic, které platí ve fyzice a technice. Model představuje diskretizace geometrie – vytváření sítě s prvky. Protože řešení FEA, bez ohledu na konkrétní balík, jsou založena na metodě konečných prvků, budou jejich výsledky vždy aproximací – dostatečně přesnou pro poskytnutí přesnosti požadované pro provádění důležitých konstrukčních rozhodnutí, ale nikdy takovou, aby stoprocentně přesně odrážela reálný stav – a budou zahrnovat chybu diskretizace.

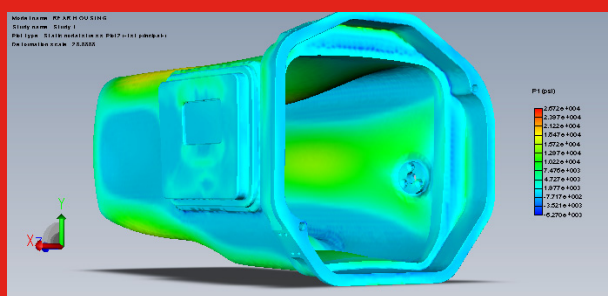
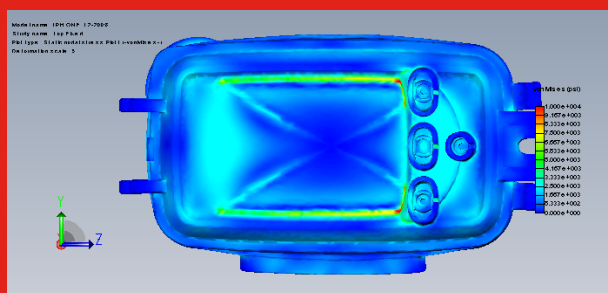
Řešiče FEA využívají výpočetní algoritmy ke generování diferenciálních rovnic pro každou součást z geometrie návrhu, vazeb, vlastností materiálů a zátěží. Poté převádějí diferenciální rovnice na maticové rovnice pro každý prvek za účelem generování globální maticové rovnice pro model. To je obvykle řešeno pomocí přímých řešičů řídkých matic (Direct Sparse) nebo iteračních řešičů: přímé řešiče řídkých matic používají k řešení globální maticové rovnice Gaussovu eliminační metodu; iterační řešiče používají metodu dekompozice domén.

Z matematických základů analýzy konečných prvků vyplývá, že technici musí co nejpresněji používat zátěže a mezní podmínky, aby se co nejvíce přiblížili získání reálné odpovědi. Protože analýza konečných prvků představuje přesnou aproximaci funkčnosti návrhu, je k co možná nejpresnějšímu simulování reality vyžadováno, aby byl problém analýzy nastaven správně.

Skutečná otázka ohledně toho, jak přesně analýza konečných prvků simuluje realitu, proto zní: Jakou potřebujeme, aby analýza měla přesnost? V mnoha případech výsledek v rozmezí ± 5 procent poskytne nezbytné informace pro správná konstrukční rozhodnutí.

„SOLIDWORKS Simulation nám umožňuje pochopit vliv podvodních tlaků a sil již ve fázi návrhu, což nám šetří čas i peníze.“

Stephanie Griffin Peña
Projektová technička
Watershot, Inc.



PŘESNÉ SIMULACE USNADŇUJÍ VÝVOJ VODOTĚSNÝCH POUZDER

Společnost Watershot, Inc. navrhuje a vyrábí vodotěsná pouzdra na kamery, která používají profesionální fotografové a kameramani pracující pod vodní hladinou, a na chytré telefony, pro nadšence při potápění s dýchacím přístrojem, šnorchlem nebo při volném potápění. Společnost spoléhá na analýzy provedené softwarem SOLIDWORKS Simulation, které zajišťují, aby jejich vodotěsná pouzdra vydržela tlaky a síly v různých hloubkách ponoru.

Technici společnosti si plně uvědomují hodnotu intuitivní integrace softwaru SOLIDWORKS CAD a FEA, protože urychluje vývoj. Společnost Watershot může s integrovanými konstrukčně-analytickými nástroji SOLIDWORKS rychle vytvářet koncepty návrhů a simulovat jejich funkčnost v různých hloubkách pod vodní hladinou. Díky tomu, že technici společnosti mohou přesně simulovat chování výrobků, umožňuje jim to zdokonalit jejich návrh bez nutnosti vytváření drahých prototypů.

Například při vývoji vodotěsného pouzdra pro přístroj iPhone 4 se při zkouškách výrobních nástrojů ukázalo, že v určité hloubce se pouzdro tiskne na dotykovou obrazovku chytrého telefonu, a brání tak jeho používání. Software SOLIDWORKS Simulation umožnil společnosti Watershot tento klasický problém prohnutí vyřešit a optimalizovat návrh bez nutnosti provedení podstatných změn výrobních nástrojů.

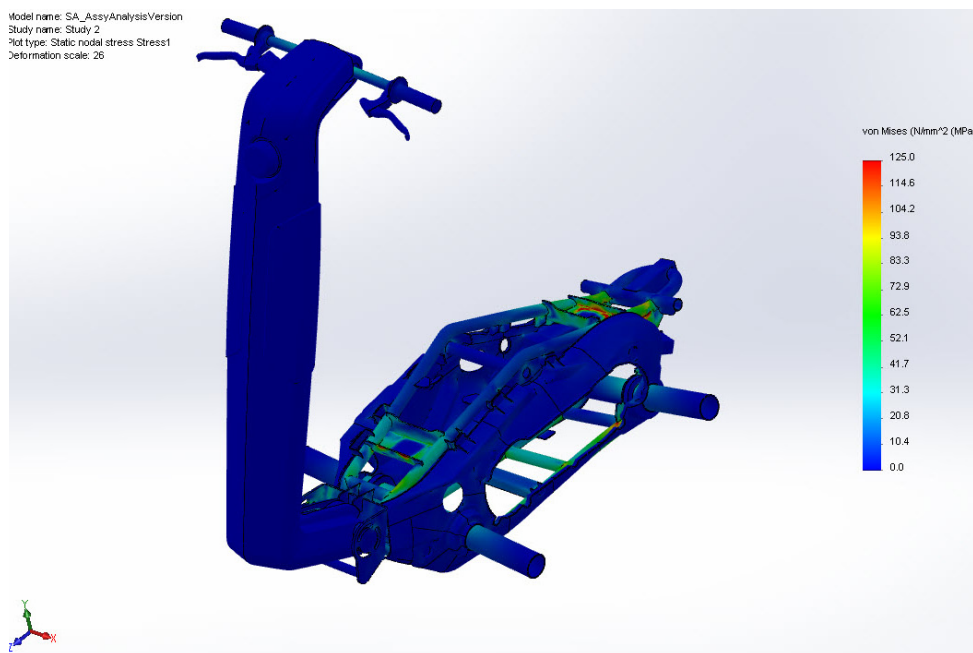
„Pravidelně jsme zkoušeli i jiná vývojářská řešení, ale software SOLIDWORKS byl vždy na úplné špičce,“ zdůrazňuje projektová technička Stephanie Griffin Peña. „Software nám umožňuje provádět vše, co potřebujeme, a způsob, jakým Simulation spolupracuje s CAD softwarem, skutečně zefektivňuje celý proces.“

CO MŮŽETE SIMULOVAT?

Analýza konečných prvků (FEA) a simulační technologie dynamiky kapalin (CFD) vám umožňují používat počítačové matematické modelování k aproximaci a simulaci složitých jevů v reálném prostředí, včetně strukturálního chování, přenosu tepla, proudění kapalin a dynamického chování.

Strukturální analýza

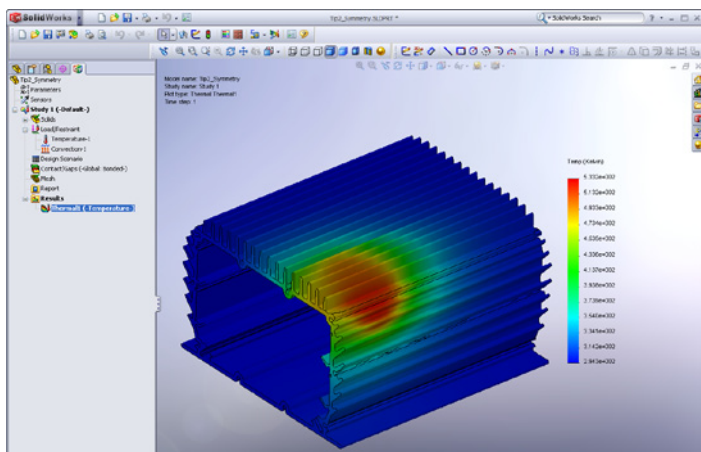
Software FEA můžete používat k simulování různých chování spojených s mechanikou pevných látek. Způsobí napětí vytvořená v konstrukci – ať se jedná o součást stroje nebo mostový vyztužený nosník – při provozní zátěži její narušení, zkroucení, plastické tečení nebo deformaci? Jaké jsou přirozené frekvence konstrukce a jaký budou mít vliv na funkčnost návrhu? A co posunutí, vibrace nebo únava? Při vytváření návrhů, ve kterých dvě nebo více součástí přichází do kontaktu s jinou součástí, můžete zjistit, jak tento kontakt ovlivní funkčnost návrhu. Můžete také provádět kinematické studie a tyto výsledky použít ke zjišťování důležitých informací o zátěži pro provádění následných strukturálních analýz.



Strukturální analýza ukazuje rozložení napětí pro identifikaci kritických oblastí

Teplotní analýza

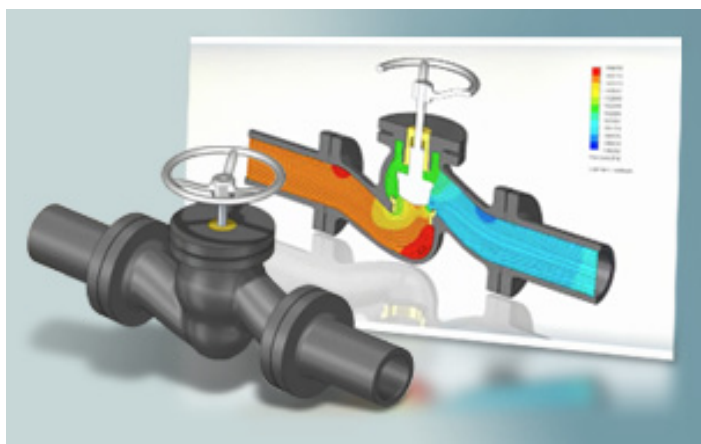
Pochopení toho, jak přenos tepla ovlivňuje funkčnost návrhu, je důležité z hlediska požadavků na bezpečnost a funkčnost u stále rostoucího počtu výrobků. Mnoho materiálů má vlastnosti závislé na teplotě a vy můžete používat analytický software k simulování různých typů přenosu tepla – včetně vodivosti, konvekce nebo vyzařování – a k výpočtu přenosu tepla v rámci součástí a mezi nimi, ve vašem návrhu a v jeho okolí. Můžete simulovat přechodové účinky i účinky ustáleného stavu. Teplotní problémy lze řešit buď pomocí strukturální analýzy, nebo pomocí analýzy proudění kapalin. Při teplotní strukturální analýze se účinek proudícího vzduchu nebo proudící kapaliny stává zátěží nebo mezní podmínkou. Při analýze proudění kapalin můžete počítat teplotní účinky proudících kapalin, ať už se jedná o skutečnou kapalinu nebo o plyn.



Teplotní analýza pomáhá produktovým technikům předvídat problémy s přehříváním již v časných fázích procesu navrhování

Analýza dynamiky kapalin

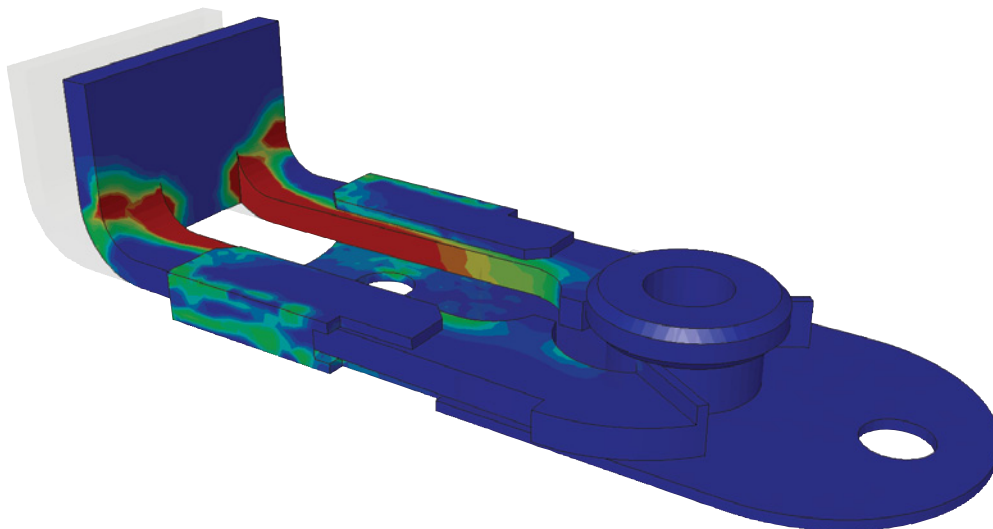
Software pro analýzu výpočtové dynamiky kapalin (CFD) můžete používat k plnění neustále rostoucích požadavků na pochopení toho, jak chování a dynamika kapalin – ať už se jedná o skutečné kapaliny nebo o plyny – ovlivňuje funkčnost návrhu. Technologie CFD analýz softwaru SOLIDWORKS Flow Simulation, i když byla zpočátku používána primárně jako alternativa nákladného testování v aerodynamickém tunelu za účelem zlepšení aerodynamiky letadel a automobilů, se dnes ve stále vyšší míře používá k vyhodnocování problémů týkajících se proudění, jako je například ověřování dostatečného chlazení elektroniky, maximalizace výkonu systémů vytápění, ventilace a klimatizace (HVAC) a ladění dalších výrobních procesů založených na proudění.



Teplotní analýza pomáhá produktovým technikům předvídat problémy s přehříváním již v časných fázích procesu navrhování

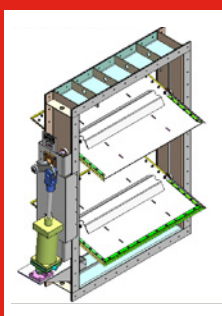
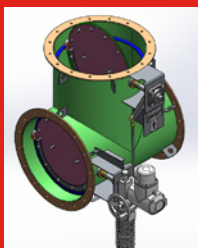
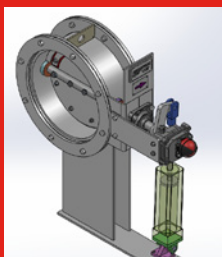
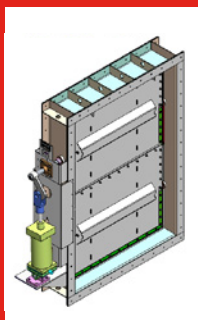
Lineární nebo nelineární analýza konečných prvků

I když můžete nástroje lineární analýzy konečných prvků použít k simulaci chování mnoha typů návrhů, některé fyzikální jevy jsou ze své podstaty nelineární. Jinými slovy, fyzikální odezva je nepoměrná k aplikovaným zátěžím a mezním podmínkám. Kdykoliv se zabýváte nelineárními materiály, jako je například guma nebo plasty, nelineární geometrie, nelineární interakce mezi díly, nebo nelineární zátěže a mezní podmínky, musíte použít nelineární analýzy FEA ke zlepšení přesnosti aproximace.



„S přesnými simulacemi pomocí softwaru SOLIDWORKS k tomu skutečně nepotřebujeme vytvářet a testovat prototypy.“

Subhash Bidwai
Generální ředitel
DEMECH Esscano
Power India Pvt. Ltd.



PŘESNOST SIMULACE UMOŽŇUJE VSTUP NA TRH S PRŮMYSLOVÝMI REGULÁTORY

Potřeba omezovat průtok plynů a kapalin v mnoha provozech a výrobních závodech – včetně elektráren, oceláren, cementáren, petrochemických zařízení a mnoha dalších procesních provozů – činí z průmyslových regulátorů nezbytnost. Společnost DEMECH Esscano Power India Pvt. Ltd. (DEP), společný podnik Esscano Power A/S Denmark a Deccan Mechanical & Chemical Industries Pvt. Ltd., byla založena za účelem splnění náročných požadavků na technologie spojené s výrobou regulátorů.

DEP navrhuje a vyrábí mnoho typů průmyslových regulátorů, včetně regulátorů s více žaluziemi, regulátorů se škrticí klapkou, posuvných regulátorů a dalších variant těchto zařízení. Společnost si, díky zavádění nových konceptů, které nabízejí výkon i cenové výhody, rychle vybudovala přední pozici na trhu průmyslových regulátorů.

Používáním softwaru SOLIDWORKS Simulation Premium a SOLIDWORKS Flow Simulation společnost DEP eliminovala nutnost vytváření prototypů a fyzického testování svých systémů. Společnost se spoléhá na nástroje SOLIDWORKS Simulation při podpoře svých cílů ve výrobě regulátorů a dosahuje přitom úspěšnosti 99,95 až 100 procent.

„Začali jsme používat SOLIDWORKS Simulation k výpočtům teplotní roztažnosti lopatek pracujících při extrémně vysokých teplotách,“ říká generální ředitel Subhash Bidwai.

„Musíme zajistit přiměřené vůle odpovídající této roztažnosti, a přitom zabraňovat netěsnostem, které snižují účinnost regulátoru. S přesnými simulacemi pomocí softwaru SOLIDWORKS k tomu skutečně nepotřebujeme vytvářet a testovat prototypy.“

OTÁZKY A ODPOVĚDI S EXPERTEM NA ANALÝZU KONEČNÝCH PRVKŮ DR. PAWLEM M. KUROWSKÝM

Dr. Pawel M. Kurowski, odborný asistent technické fakulty Faculty of Engineering, University of Western Ontario, je předním expertem na poli produktového designu, konstrukční analýzy a mechaniky pevných látek. Než se stal odborným asistentem, Dr. Kurowski pracoval více než 20 let jako konstruktér a technik vývoje a výzkumu v automobilovém, obranném a těžkém průmyslu.

Proč jste se rozhodl standardizovat řešení SOLIDWORKS Simulation jako preferovaný nástroj svého technického studijního programu?

Jsem velkým zastáncem navrhování pomocí nástrojů pro analýzu konečných prvků (FEA), protože tyto nástroje umožňují nejkomplexnější porozumění provozním prostředím a konstrukčnímu záměru produktu, a nejlépe dovolují používat analýzu konečných prvků k optimalizaci návrhů již v časných fázích procesu. Naším standardem je software SOLIDWORKS Simulation, protože je kompletně integrovaný s 3D modelovacím prostředím SOLIDWORKS a používá i stejné rozhraní, což z něj činí řešení, které se snáze učí i používá.

Jak využíváte software SOLIDWORKS Simulation ve vašem technickém studijním programu?

Software SOLIDWORKS Simulation používáme v našich vysokoškolských i postgraduálních kurzech FEA. Jeden z našich kurzů – Pokročilé počítačem podporované strojírenství (CAE) – kombinuje používání softwaru SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation a SOLIDWORKS Motion Simulation ke zkoumání různých typů fyzikálních jevů, které mohou ovlivňovat funkčnost návrhu. Široká řada funkcí softwaru umožňuje studentům zkoumat chování návrhu ze všech úhlů, ať už se jedná o strukturální jevy, proudění kapalin, tepelné jevy, pohyb, vibrace, vyrobiteľnosť či udržiteľnosť. Software SOLIDWORKS Simulation a SOLIDWORKS Flow Simulation poskytuje širokou řadu funkcí FEA a CFD v prostředí jediného okna a prostředí analýzy. Používáním softwaru SOLIDWORKS Simulation dáváme studentům pevný základ pro provádění numerických analýz návrhů.

Nečiní integrace do prostředí CAD a snadnost použití ze softwaru SOLIDWORKS Simulation méně výkonný nástroj, než jsou jiné softwarové balíky FEA?

Ne. Ve skutečnosti je pravdou opak. Software SOLIDWORKS Simulation je mocnějším nástrojem než jiné softwarové balíky FEA, protože se snadno učí a rychleji jej lze používat. Všechny programy FEA jsou založeny na metodě konečných prvků a jejich matematické postupy jsou téměř stejné. Software SOLIDWORKS Simulation vyniká díky své integraci s modelovacím prostředím CAD, intuitivnímu uživatelskému rozhraní, dobře navrženým řešičům, řízením sítě a vynikající řadě typů analýz.

Znamená snadnost používání softwaru SOLIDWORKS Simulation, že je méně přesný?

Ne. To, že se software snadno používá, vůbec neznamená, že je snad jednoduchý nebo méně přesný. Přesnost v analýze konečných prvků závisí na správném definování problému, schopnosti pochopení typu analýzy, která má být prováděna a zachování integrity matematického modelu. Žádný FEA program není 100% přesný, protože všechny používají stejné techniky numerické diskretizace. Z hlediska přesnosti je software SOLIDWORKS Simulation stejně mocným nástrojem jako každý jiný. Tvrdím, že jestliže se software SOLIDWORKS Simulation snáze používá, znamená to jednodušší přesné nastavení problému pro analýzu, což vede k přesnějším výsledkům.



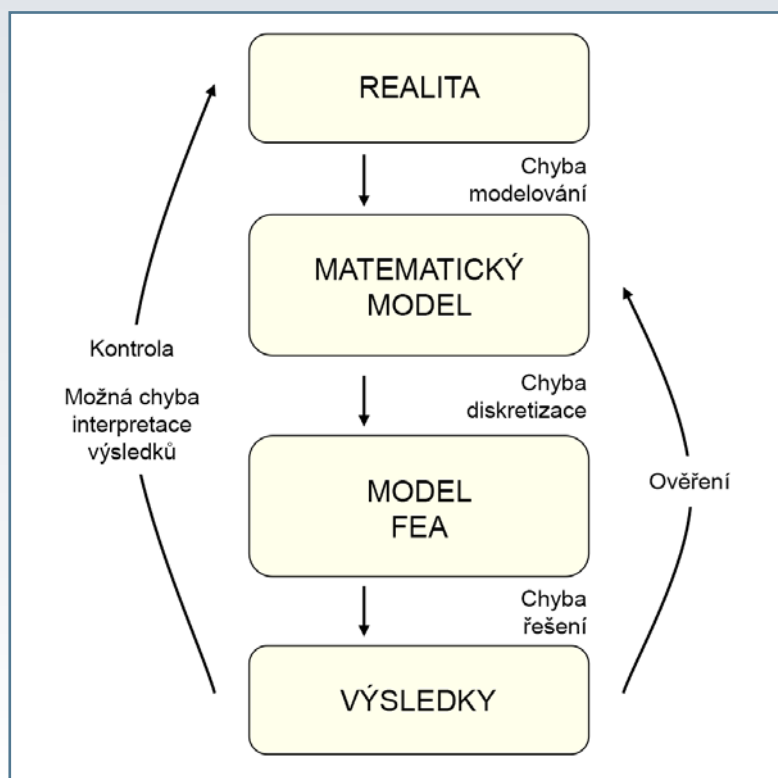
Jak mohou uživatelé zvýšit přesnost výsledků FEA?

Existují dvě oblasti, které mohou mít vliv na přesnost softwarových balíčků FEA. Jednou je přesné nastavení problému pomocí správného typu analýzy, zadání správných vlastností materiálů, zátěží a mezních podmínek, a výběr správných prvků pro typ analýzy, kterou spouštíte. Druhou je kontrola velikosti chyby diskretizace pomocí adaptivních metod a řízení sítě. Chyba diskretizace je neodmyslitelnou součástí FEA; můžete ji kontrolovat ručně pomocí řízení sítě, nebo automaticky pomocí h-adaptivního nebo p-adaptivního tvoření sítě. V softwaru SOLIDWORKS Simulation můžete použít tyto techniky k vyladění automaticky generované sítě v oblastech zájmu. H-adaptivní přístup zvyšuje počet prvků v oblasti zájmu za účelem zvýšení přesnosti, zatímco p-adaptivní technika zvyšuje řád mnohočlenů používaných k aproximaci pole posunutí pro prvky v oblasti s vysokým počtem odhadovaných chyb, a zlepšuje tak přesnost.

Jak přesné musí být výsledky FEA?

To je otázka, kterou si musí konstruktéři položit ještě před spuštěním analýzy. Přesnost záleží na následujících okolnostech:

1. Jak dobře byl problém definován z hlediska typu analýzy, vlastností materiálů, mezních podmínek atd. Říkáme tomu chyba modelování. Definování problému a s tím související chyba modelování jsou z hlediska FEA externí faktory. Řízení chyby modelování je součástí správného definování problému.
2. Jak dobře byl problém diskretizován. To se nazývá chybou diskretizace. V mnoha případech je přesnost v řádu několika procent dostačující, ale software SOLIDWORKS Simulation vám poskytuje nástroje k jejímu upravení podle vašich potřeb – od jednoduchých zjemnění ruční sítě až po pokročilá automatická h-adaptivní řešení.
3. Jak dobře byl problém vyřešen. Jedná se o numerickou chybu zaokrouhlení, kumulovanou řešičem. V softwaru SOLIDWORKS Simulation je tato chyba minimalizována použitím rychlých a dobře navržených řešičů.



Ovlivňuje přesnost typ prvku?

Samozřejmě, že ovlivňuje. Například prvek tenké skořepiny modeluje lineární rozložení rovinných napětí napříč svou tloušťkou. Použití tohoto prvku k modelování stěny, v níž rovinná napětí nemají lineární rozložení napříč tloušťkou, bude mít za následek nesprávné výsledky. 2D prvek rovinného napětí předpokládá konstantní napětí napříč tloušťkou. Pokud jej použijeme k modelování problému tam, kde se napětí mění napříč tloušťkou, opět dostaneme nesprávné výsledky. Seznam „nesprávných použití prvků“ je dlouhý a my musíme vždy vybrat prvky, které jsou schopny modelovat očekávaný vzor rozložení napětí. To platí pro jakýkoliv program FEA. Prvek sám o sobě je buď „přesný“ nebo „nepřesný“. Pojem „přesnost“ se týká sítě vytvořené z konečných prvků.

Které prvky jsou přesnější: šestistěnné nebo čtyřstěnné?

Abychom pochopili, proč někteří uživatelé FEA říkají, že prvky šestistěnné (cihla) jsou přesnější než prvky čtyřstěnné, musíme se vrátit časem zpět na začátek 80. let 20. století. Do té doby programy FEA běžely na velmi pomalých počítačích (podle dnešních standardů). Analytici museli omezovat velikost modelů – což znamená používat větší prvky prvního řádu – jen proto, aby bylo možné analýzu spustit. Z tohoto důvodu prvky prvního řádu cihla nabízely významné výhody oproti prvkům prvního řádu čtyřstěn stejné velikosti. Bylo to proto, že prvky prvního řádu cihla modelují pole posunutí druhého řádu a lineární pole napětí, zatímco prvky prvního řádu čtyřstěn modelují lineární pole posunutí a konstantní napětí. Z tohoto důvodu se prvky prvního řádu cihla chovají jako prvky druhého řádu čtyřstěn. Pokud chcete použít čtyřstěny místo cihel, musíte použít prvky druhého řádu čtyřstěn, nebo prvky prvního řádu čtyřstěn menší velikosti. Obě možnosti byly na počítačích 80. let obtížně realizovatelné.

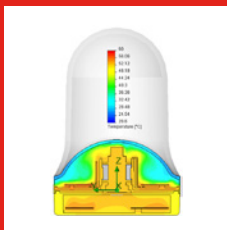
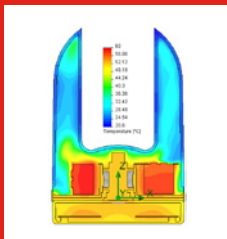
Dnes již nikdo prvky prvního řádu nepoužívá. Větší síť lze snadno vytvářet automatickým síťováním a problémy rychle řešit účinnými řešiči. Všudypřítomné prvky druhého řádu čtyřstěn modelují pole druhého řádu posunutí a pole prvního řádu napětí. V moderních programech FEA již prvky cihla nemají žádné výhody oproti prvkům čtyřstěn. Zůstává však otázka estetiky sítě. Mnoho lidí považuje cihlové síť za esteticky příjemnější, i když krásně tvarované cihly na vnějších plochách modelu mohou skrývat vysoce zkroucené prvky cihla nebo čtyřstěn uvnitř.

Analýza konečných prvků je strašákem některých konstruktérů. Proč?

Protože používání mnoha balíků FEA je tak obtížné, je pro konstruktéry extrémně náročné získat pomocí nich smysluplné výsledky bez dlouhého období intenzivního školení. To je důvod, proč SOLIDWORKS Simulation je mým preferovaným řešením FEA. Umožňuje snadněji nastavit problémy analýzy a generovat přesné, smysluplné výsledky. Se softwarem SOLIDWORKS Simulation se mohou technici seznámit a začít ho používat již po několika hodinách úvodního školení.

„Jsme nadšení přesností softwaru SOLIDWORKS Flow Simulation. Díky jeho naprosté přesnosti můžeme rychle vyhodnocovat inovativní přístupy.“

Marcel Tremblay
Technický ředitel FLIR
Systems, Inc.



PŘESNÉ VÝSLEDKY SIMULACÍ UMOŽNILY DALŠÍ INOVACE U TERMOVIZNÍCH KAMER

Společnost FLIR Systems, Inc. je předním světovým výrobcem termovizních infračervených kamer. Společnost využívá software SOLIDWORKS Simulation Premium a SOLIDWORKS Flow Simulation k vývoji nových námořních, bezpečnostních i ručních termovizních řešení.

Například při vývoji námořních otočných a sklopných kamer řady M technici snížili výšku původní konstrukce o 1,5 palce, což mělo za následek zvýšení teploty nad technické údaje motoru. Společnost FLIR provedla řadu konstrukčních změn a spojených průtokových/teplotních analýz. Proces umožnil společnosti FLIR změnit návrh tak, že došlo ke snížení teploty o 23 °C (rezerva 6 °C) bez nutnosti výroby jediného prototypu.

„Kamera řady M ukázala, jak mocným nástrojem je spojená průtoková/teplotní analýza,“ říká technický ředitel Marcel Tremblay. „Celé to záleží na vzduchu uvnitř a spojené průtokové/teplotní analýza je mnohem přesnější než analýza pouze vedení tepla nebo konvekce. Umožňuje nám simulovat různé scénáře pro lepší pochopení, kde snadněji dosáhneme cíle, aniž bychom museli vytvářet skutečné prototypy. To představuje úsporu měsíců práce.“

„Software SOLIDWORKS představuje perfektní kombinaci snadnosti používání a výkonu,“ říká Tremblay. „CAD systém usnadňuje modelování a simulační nástroj nám umožňuje optimalizovat, vyladovat a zlepšovat spolehlivost návrhů.“

SOLIDWORKS SIMULATION: PŘESNOST + INTUITIVNOST = VÝKON

Řešení SOLIDWORKS Simulation v sobě mají, díky jedinečné kombinaci snadnosti používání, rychlosti, přesnosti a výkonu, skvělý potenciál pro zlepšování vašeho procesu vývoje výrobku. Se softwarem SOLIDWORKS Simulation máte přístup k univerzální sadě analytických funkcí – včetně řešičů, tvorby sítě a nástrojů pro komunikaci výsledků – přímo z 3D CAD modelovacího prostředí SOLIDWORKS.

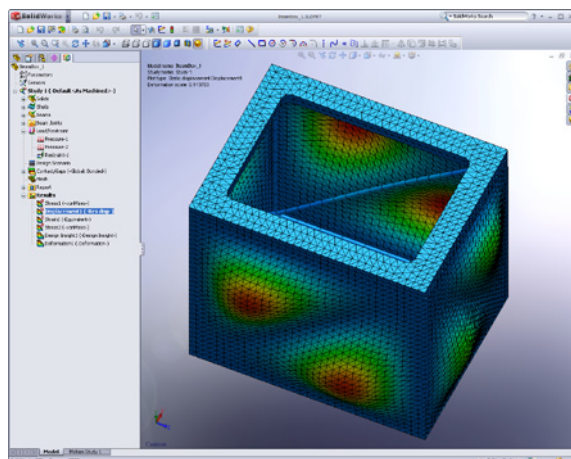
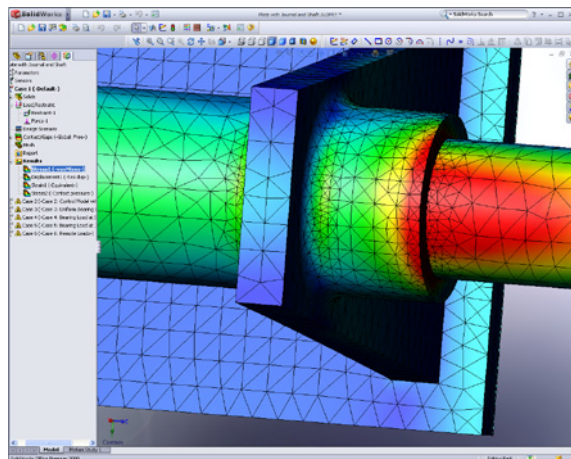
Možnosti

Řešení SOLIDWORKS Simulation poskytuje kompletní řadu typů analýz, které splní prakticky jakýkoliv požadavek na simulaci, včetně následujících:

- Strukturální analýzy od jednoduchých lineárních problémů až po vysoce nelineární problémy
- Lineární a nelineární analýza vibrací
- Teplotní analýza – ustálený stav a přechodový stav
- Analýza únavové životnosti
- Analýza proudění kapalin
- Simulace pohybu
- Víceprvkové multifyzikální analýzy při kombinaci výše uvedených možností

Řešení SOLIDWORKS Simulation vám rovněž umožňuje provádět mnoho typů studií s těmito typy analýz, včetně následujících:

- Statická (napětí)
- Frekvence
- Vyboulení
- Únavová
- Vibrace
- Kontakt
- Sestava
- Nelineární
- Dynamická
- Modální časový průběh
- Harmonická
- Nahodilé vibrace
- Spektrum odezvy
- Optimalizace návrhů
- Kinematika a dynamika
- Plastové a gumové součásti
- Proudění kapalin
- Teplotní řízení elektroniky
- Faktory teplotního komfortu
- Spojená teplotní/strukturální
- Spojená teplotní/průtoková
- Plnění plastových forem
- Udržetelnost



Sítování

Software SOLIDWORKS Simulation vám umožňuje využívat výhod jeho rychlého automatického sítování, stejně jako flexibilních a výkonných nástrojů na vyladování sítě, včetně h-adaptivních a p-adaptivních funkcí pro zlepšení přesnosti simulace. Můžete se rozhodnout vytvářet pevné, skořepinové, nosníkové nebo smíšené typy sítí, v závislosti na vaší geometrii. Můžete se také rozhodnout mezi 3D a 2D reprezentací vašeho problému. Úzká integrace SOLIDWORKS Simulation v rámci CAD softwaru SOLIDWORKS umožňuje automatický překlad typu geometrie do typu sítě; svarů do nosníku, povrchu do skořepin.

Řešiče

Software SOLIDWORKS Simulation FEA vám umožňuje využívat buď přímé nebo iterační metody řešení, s vlastními řešiči Direct Sparse nebo FFEPlus. Software automaticky vybere nejlepší řešič pro vaši konkrétní analýzu. Software například použije řešič Direct Sparse pro statické, frekvenční studie, studie zborcení a teplotní studie, a přejde na iterativní FFEPlus řešič v případech nelineárních a kontaktních analýz. U velkých modelů – s miliony stupni volnosti (DOF), bude automaticky použit řešič Direct Sparse.

Komunikace výsledků

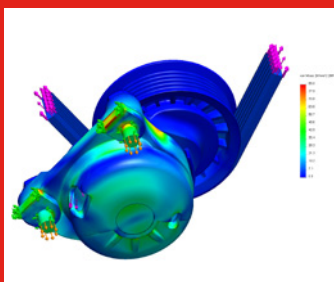
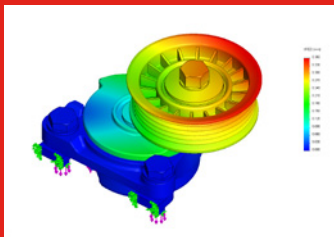
Pokud provedete analýzu, kterou chcete zdokumentovat, software SOLIDWORKS Simulation vám umožní automaticky generovat technickou zprávu založenou na výsledcích. Můžete rychle a snadno vytvořit animace pro zvýraznění výsledků strukturálních, teplotních, pohybových studií a studií proudění kapalin. Můžete také uložit výsledky analýzy do kompaktního souboru SOLIDWORKS eDrawings, který vám umožní komunikovat výsledky prostřednictvím e-mailu či tabletů a chytrých telefonů.

Integrace s CAD

Co skutečně odlišuje software SOLIDWORKS Simulation od jiných balíčků FEA, je jeho kompletní integrace do 3D CAD modelovacího prostředí SOLIDWORKS. Se softwarem SOLIDWORKS Simulation není nutné importovat ani exportovat modely při spouštění analýz ani při úpravách modelů na základě výsledků simulace a následném opětovném spuštění analýzy. Protože veškeré simulace FEA a CFD probíhají v 3D CAD modelovacím prostředí SOLIDWORKS, můžete efektivněji využívat software Simulation již v počáteční fázi navrhování. Můžete také využívat výhod CAD nástrojů, jako jsou například konfigurace návrhu, ke spouštění řady analýz na jediném modelu, jediné analýzy na řadě modelů, nebo určité směsné konfigurace těchto dvou scénářů. Můžete také využívat výhod CAD dat – například vlastností materiálů, umístění dílů (vazeb) nebo definic upevňovacích prvků – k zefektivnění nastavování vašich simulací.

„Protože navrhujeme výrobky, musíme být schopni provádět řadu simulačních studií – od komplikované kontaktní analýzy konečných prvků až po studie optimalizace návrhu, citlivosti, pohybové analýzy a únavové studie. Potřebujeme řešení FEA, které nejen zvládne všechny tyto typy analýz, ale které nám zároveň okamžitě dodá přesné výsledky. Takovým řešením je software SOLIDWORKS Simulation Premium.“

Dr. Steve Jia
Hlavní technik, CAE
Technologies and Materials
Engineering
Litens Automotive Group



RYCHLÉ A PŘESNÉ SIMULACE URYCHLUJÍ NAVRHOVÁNÍ PŘEVODOVÝCH SYSTÉMŮ

Skupina Litens Automotive Group zaujímá celosvětově vůdčí pozici v navrhování a výrobě technických převodových systémů a jejich součástí. Skupina Litens, která je předním dodavatelem v automobilovém průmyslu, si udržuje svou vedoucí pozici na trhu nepřetržitým vývojem inovativních výrobků, které řeší výkon vozidel i problémy týkající se hlučnosti, vibrací a tvrdosti převodů (NVH).

Používáním softwaru SOLIDWORKS Simulation Premium k provádění simulací, jako integrální součástí procesu navrhování, skupina Litens omezila opakované vytváření prototypů a s tím související náklady, při současném urychlení celého vývojového procesu. Technici společnosti provádějí velmi komplikované kontaktní analýzy – stejně jako kinematické, dynamické, únavové, teplotní analýzy a analýzy posunutí – přímo v konstrukčním prostředí SOLIDWORKSu.

„Čas představuje kritický faktor a s rychlým řešičem v softwaru SOLIDWORKS Simulation Premium můžeme vyřešit kontaktní analýzu kompletní sestavy během několika hodin. Kdo jiný by to mohl udělat?“ říká hlavní technik Dr. Steve Jia. „Pokud zvážíte hodnotu času a nákladů na vytváření prototypů, které nám virtuální produktový vývoj pomocí nástrojů CAE pomáhá ušetřit, dostanete se na částku v řádech milionů dolarů každý rok.“

Krásu softwaru SOLIDWORKS Simulation Premium spočívá v tom, že snadným způsobem nabízí robustní vytváření sítě, rychlý řešič a schopnost provádění simulací velmi velkých sestav ve velmi komplikovaných kontaktních situacích,“ dodává Dr. Jia. „Se softwarem SOLIDWORKS Simulation Premium jsme dosáhli vynikající návratnosti investic a spoléháme na něj při naší každodenní práci.“

OVĚŘOVÁNÍ PŘESNOSTI SOFTWARE SOLIDWORKS SIMULATION

Přesnost výsledků softwaru SOLIDWORKS Simulation si můžete ověřit pomocí nástrojů pro ověřování problémů a srovnávacích testů od organizace National Agency for Finite Element Methods and Standards (NAFEMS), které jsou součástí softwaru. Software SOLIDWORKS Simulation obsahuje ověřovací nástroje pro všechny typy analýz, které porovnají výsledky FEA softwaru SOLIDWORKS Simulation se známými analytickými řešeními. Software rovněž zahrnuje srovnávací testy NAFEMS pro statické, teplotní, nelineární, frekvenční a lineární dynamické studie. Srovnávací testy NAFEMS dokumentují přesnost výsledků analýz pro všechny komerčně dostupné balíky FEA. Níže jsou uvedeny příklady ověřovacích problémů SOLIDWORKS Simulation a NAFEMS.

Ohýbání konzolového nosníku

Popis

Vypočítejte maximální průhyb a maximální rotaci (θ) konzolového nosníku zatíženého smykovou silou o velikosti 1 lbf, která působí na volném konci konzoly. Délka konzoly je 10" a rozměry jejího průřezu jsou 1"x1". Konzolový nosník je modelován jako dvě shodné konzoly spojené na společném rozhraní s podmínkou spojeného kontaktu.

Typ studie

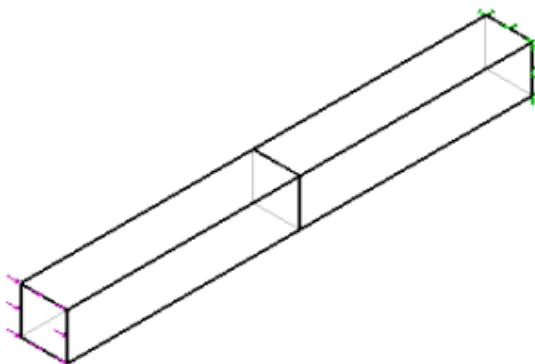
Statická

Typ sítě

Objemová síť a nosníková síť
v samostatných studiích

Vlastnosti materiálu

Modul pružnosti = 1×10^6 psi,
Poissonova konstanta = 0,4



Výsledky

	Teorie	SOLIDWORKS Simulation – Objemová síť	SOLIDWORKS Simulation – Nosníková síť
Posun na volném konci (UX), palce	-0,004	-0,004	-0,004
Rotace na volném konci (RY), rad	-0,0006	Není k dispozici	-0,0006

Analytické řešení

Posunutí na volném konci: $UX = (2 * P * L^3) / (6 * E * I)$

Rotace konce: $\theta = 3 * UX / (2 * L)$

kde:

- **P:** Smyková síla
- **L:** Délka nosníku
- **E:** Modul pružnosti
- **I:** Moment setrvačnosti plochy

Frekvence trojúhelníkového křídla

Popis

Vypočítejte přirozené frekvence pravoúhlého rovnoramenného trojúhelníkového křídla. Shodné strany trojúhelníka jsou 6" dlouhé a tloušťka je 0,034". Jedna ze shodných stran trojúhelníku je pevná.

Typ studie

Frekvence

Typ sítě

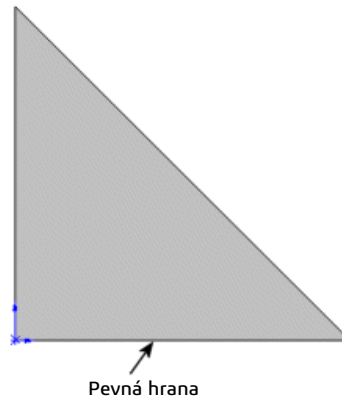
Sít skořepiny

Parametry materiálu

Tloušťka skořepiny = 0,034 in – tenkostěnná formulace

Vlastnosti materiálu

Modul pružnosti = $6,5 \times 10^6$ psi,
Poissonova konstanta = 0,3541, hustota = 0,06411 lb/in³



Výsledky

Frekvence č.	Teorie (Hz)	SOLIDWORKS Simulation (Hz)	
		Sít úkosu	Vysoce kvalitní síť
1	55,9	55,917	55,925
2	210,9	211,130	211,363
3	293,5	292,701	293,198

Literatura

„ASME Pressure Vessel and Piping 1972 Computer Programs Verification“,
I. S. Tuba a W. B. Wright, ASME Publication I-24, Problem 2.

Ustálené vedení tepla v ortotropní desce

Popis

Obdélníková deska $1\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0,1\text{ m}$ vytváří teplo $Q = 100\text{ W/m}^3$. Dvě sousední hrany jsou izolovány a dvě ostatní hrany vyzařují do atmosféry teplo o teplotě 0°C . Deska má ortotropní vlastnosti. Určete rozložení teploty v desce v ustáleném stavu.

Typ studie

Teplotní analýza v ustáleném stavu.

Typ sítě

Sít skořepiny.

Parametry skořepiny

Tloušťka skořepiny = $0,1\text{ m}$ – formulace tenkostěnné skořepiny.

Vlastnosti materiálu a další vstupy

Tepelná vodivost $X = KX = 10\text{ W/(m.K)}$, tepelná vodivost $Y = KY = 0\text{ W/(m.K)}$. Součinitel konvekce podél delší hrany = $h_1 = 10\text{ W/m}^2\text{.K}$. Součinitel konvekce podél kratší hrany = $h_2 = 1 = 20\text{ W/m}^2\text{.K}$.

Rady pro modelování

Modeluje se polovina desky.

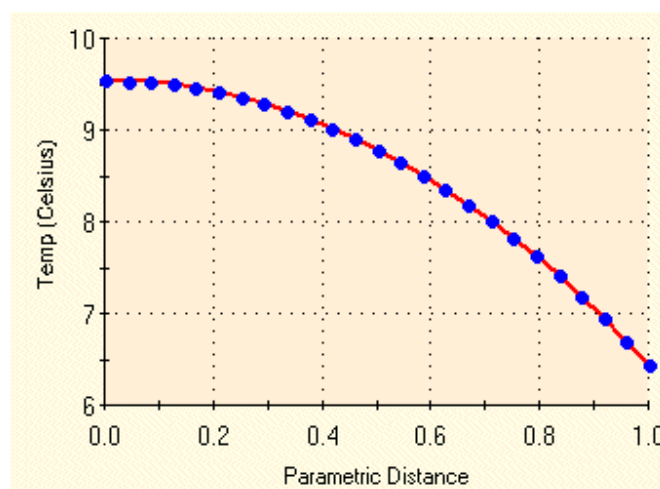
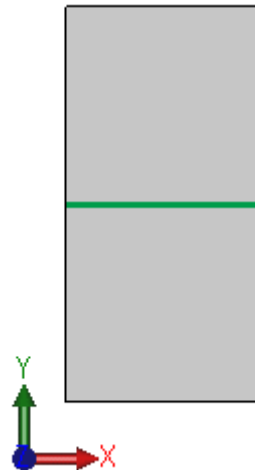
Pokud není použita žádná jiná podmínka, použijí se automaticky izolované podmínky.

Výsledky

Na následujícím obrázku je graf kolísání teploty ve směru X podél dolní hrany modelu. Graf souhlasí s výsledky v referenčních materiálech.

Literatura

M. N. Ozisik,
„Heat Conduction,“
Wiley, New York, 1980.



KRITÉRIA NELINEÁRNÍ ANALÝZY NAFEMS

Torzní zborcení konzolového nosníku

Určete průhyb konce Z pro konzolový nosník vystavený konstantnímu zatížení $P = 0,017 \text{ N}$ podél směru Y. Upevněte stranu AB konzolového nosníku. Problém je vyřešen pro konzervativní případ zatížení. Pro simulaci neúplnosti je přidáno malé boční zatížení pro přírůstkovou nelineární analýzu.

Typ studie

Nelineární statická s formulací velkého posunutí

Typ sítě

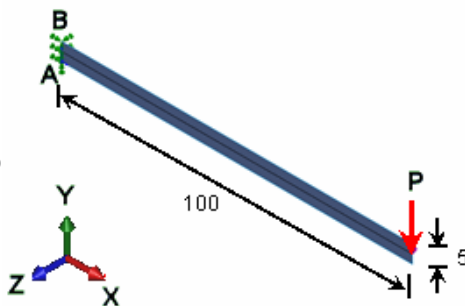
Síť skořepiny

Velikost sítě

Použijte standardní síťování s velikostí globálního prvku 1,5 mm.

Parametry skořepiny

Tloušťka skořepiny = 0,2 mm - formulace tenké skořepiny



Vlastnosti materiálu

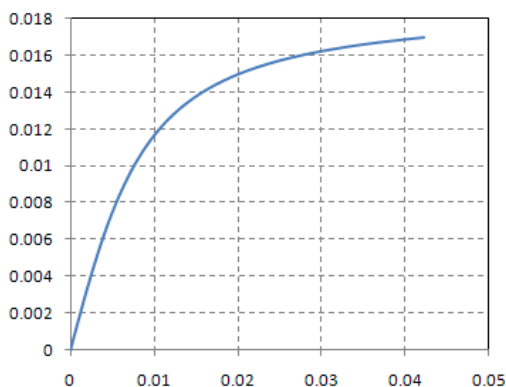
- Modul pružnosti (E) = $10 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$
- Poissonova konstanta (ν) = 0

Výsledky

V cílovém umístění definujte čidlo **Závislé na pracovním postupu** a použijte nástroj **Sonda** k vytvoření grafů pro složku posunu UZ. Zpracujte výsledky pomocí speciálního softwaru na generování grafu.

Osa X zobrazuje součást posunutí UZ v mm a osa Y zobrazuje aplikované zatížení v N.

Křivka zatížení-deformace souhlasí s řešením konečného prvku uvedeného v literatuře.



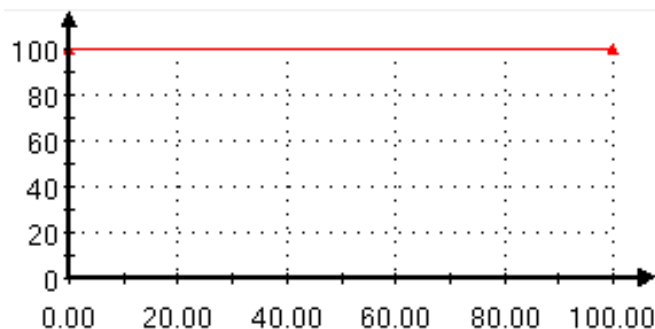
Literatura

NAFEMS Publication R0065, The International Association for the Engineering Analysis Community, „Background to Finite Element Analysis of Geometric Non-linearity Benchmarks, 1999“.

KRITÉRIA NAFEMS PRO VYNUCENÉ KMITÁNÍ

Prostě podepřená tenká deska vystavená náhlému tlaku

Vypočítejte špičkový UZ průhyb a napětí v ohybu (SY nebo SX) na středu prostě podepřené čtvercové desky o straně 10 m a tloušťce 0,05 m vystavené náhle působícímu normálnímu tlaku 100 N/m².



Typ studie

Budou vytvořeny tři studie skořepiny:

Název studie	Typ studie
Modální_tlumení	Lineární dynamika - přechodová (modální tlumení)
Rayleighovo_tlumení	Lineární dynamika - přechodová (Rayleighovo tlumení)
Statická	Statická

Typ sítě

Síť skořepiny pro všechny tři studie. Tloušťka skořepiny = 0,05 m – formulace tenkostěnné skořepiny.

Vlastnosti materiálu

Lineární elastický izotropní. Modul pružnosti (E) = 2×10^{11} N/m², Hustota (ρ) = 8000 Kg/m³, Poissonova konstanta (ν) = 0,3.

Zatížení

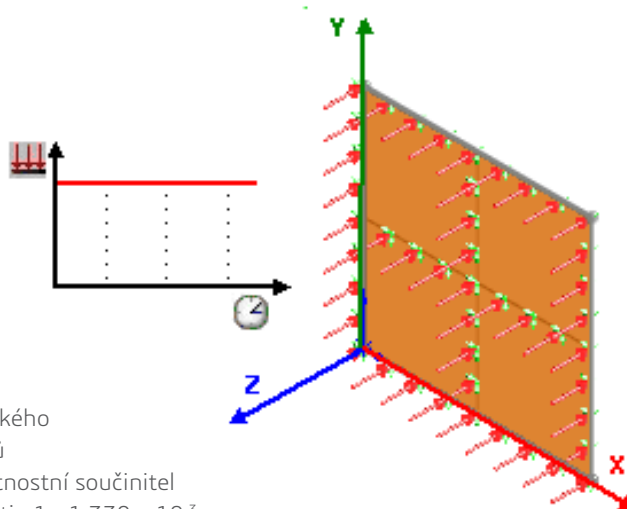
Náhle působící normální tlakové zatížení 100 N/m² na celou plochu.
Horizontální osa je čas (s) a vertikální osa je tlak (N/m²).

Dynamické možnosti

- Počet tvarů režimu = 16
- Doba řešení = 1,2 s
- Časový krok = 0,002 s

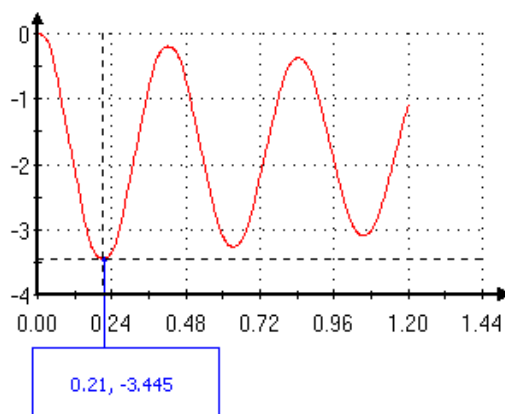
Tlumení

- Modální_tlumení: 2 % kritického tlumení pro všech 16 režimů
- Rayleighovo_tlumení: Hmotnostní součinitel $a_0 = 0,299$, součinitel tuhosti $a_1 = 1,339 \times 10^{-3}$.



Výsledky

Grafy reakce UZ průhybu a napětí v ohybu na středu desky souhlasí s analytickými výsledky. Graf znázorňuje časový průběh UZ posunutí ve středu desky. Horizontální osa je čas (s) a vertikální osa je UZ (mm).



SOLIDWORKS Simulation			
	Literatura	Modální_tlumení	Rayleighovo_tlumení
Maximální UZ průhyb (posun) na středu	3,523 mm (t = 0,21 s)	3,445 mm (t = 0,21 s)	3,457 mm (t = 0,21 s)
Špičkové napětí v ohybu na středu	2,484 N/mm ²	2,360 N/mm ²	2,296 N/mm ²
Ustálené posunutí ve středu	1,817 mm	1,775 mm	1,775 mm

Literatura

NAFEMS, Publication R0016, The International Association for the Engineering Analysis Community, „Selected Benchmarks for Forced Vibration“, Test 13T, 1989.

VYUŽIJTE PŘESNOSTI SOFTWARE SOLIDWORKS SIMULATION K URYCHLENÍ INOVACÍ

Získání informací o tom, jak se bude návrh chovat ve skutečném provozním prostředí, vám může pomoci při vytváření inovativních produktových návrhů účinněji a nákladově efektivněji. S řešením SOLIDWORKS Simulation můžete provádět řadu analýz za účelem získání přesných informací o funkčnosti návrhu přímo z rozhraní 3D CAD modelovacího prostředí SOLIDWORKS, a vyhnout se tak jinak nutným nákladným a dlouhým cyklům prototypového testování.

Používání softwaru SOLIDWORKS Simulation vám umožní zvýšit produktivitu, řídit náklady, eliminovat výrobní problémy, minimalizovat problémy funkčnosti, zvyšovat jistotu při navrhování a efektivněji spolupracovat. Přesné výsledky ze softwaru SOLIDWORKS Simulation můžete používat k přijímání důležitých konstrukčních rozhodnutí, která povedou k vyšší kvalitě a inovativnějším výrobkům za pouhý zlomek času a nákladů.

Chcete-li se dozvědět více informací o tom, jak mohou výkonná řešení SOLIDWORKS Simulation zlepšit váš proces vývoje výrobků, navštivte stránku www.solidworks.com/CZ-simulation nebo zavolejte na telefonní číslo **+420 543 216 642**.

Naše platforma 3DEXPERIENCE® je základem pro jednotlivé produktové řady, pokrývá 12 průmyslových odvětví a přináší širokou nabídku oborově zaměřených řešení.

Platforma 3DEXPERIENCE společnosti Dassault Systèmes poskytuje firmám i jednotlivcům virtuální vizi projektů pro udržitelnou inovaci. Její špičková řešení mění způsob, jímž jsou navrhovány, vyráběny a podporovány nové výrobky. Portfolio produktů pro spolupráci od společnosti Dassault Systèmes podporuje sociální inovaci a rozšiřuje možnosti, kterými může virtuální svět zlepšovat svět reálný. Společnost má přes 182 300 zákazníků ve více než 80 zemích světa a všech průmyslových odvětvích. Více informací najdete na webových stránkách www.3ds.com/cz-cz.



| The 3DEXPERIENCE Company

Severní a Jižní Amerika
Dassault Systèmes
175 Wyman Street
Waltham, Massachusetts
02451-1223
USA

Evropa/Střední východ/Afrika
Dassault Systèmes
10, rue Marcel Dassault
CS 40501
78946 Vélizy-Villacoublay Cedex
France

**Sídlo společnosti
v České republice**
+420-543-216-642
info@solidworks.cz