

eBook

Een introductie tot productsimulatie



Index

In dit Visiativ eBook vind je info over:

Pagina

1	Hoe nauwkeurige simulatie ten goede komt aan productontwikkeling	4
	• Nauwkeurig de effecten van de zonnwind simuleren	4
2	Hoe nauwkeurig simuleert FEA de werkelijkheid?	6
	• Nauwkeurige simulaties maken de ontwikkeling van waterbestwendige behuizingen mogelijk	6
	• Wat kunt u simuleren?	8
3	Q&A met FEA-expert Dr. Pawel M. Kurowski	12
	• Precieze simulatieresultaten bevorderen innovaties in thermografische camera's	15
4	SOLIDWORKS Simulation: Nauwkeurigheid + intuïtie = kracht	16
	• Snelle, nauwkeurige simulaties versnellen ontwerp van transmissiesystemen	18
5	Nauwkeurigheid SOLIDWORKS Simulation verifiëren	19
	• Niet-lineaire analysebenchmarks NAFEMS	22
	• Benchmarks geforceerde vibratie NAFEMS	23
	• Nauwkeurigheid SOLIDWORKS Simulation benutten om innovatie te bevorderen	25
	Contactgegevens	26

Inleiding

Voor het creëren van innovatieve producten is inzicht in de ontwerpprestaties nodig; ontwerpers die het gedrag van het product kunnen voorspellen, leveren efficiënter, innovatiever en effectiever werk.

Met de SOLIDWORKS Simulation, in 3D CAD geïntegreerde analyseoplossingen kunt u op een intuïtieve, nauwkeurige en voordelige manier productprestaties simuleren. Zo kunt u de juiste dimensies bepalen, ontwerpen optimaliseren en het aantal prototypen en tijdrovende testfasen beperken. Met SOLIDWORKS Simulation kunt u complexe analyseproblemen oplossen en effectief omgaan met krappe deadlines, beperkt budget en hoge kwaliteitseisen.

Hoe nauwkeurige simulatie ten goede komt aan productontwikkeling

Succesvolle producten ontwikkelen vereist innovatie, betrouwbaarheid en snelheid. Als ontwerptechnicus moet u niet alleen voldoen aan eisen op het gebied van vorm, passing en functie, maar moet u ook - sneller en tegen lagere kosten - unieke, betrouwbare en produceerbare productontwerpen maken. Om deze doelen te bereiken, moet u zo vroeg mogelijk zo veel mogelijk informatie hebben over hoe uw ontwerp in de praktijk zal functioneren zonder dat u uw toevlucht moet nemen tot kostbare, tijdrovende tests van fysieke prototypen of het uitbesteden van simulaties.

Met geïntegreerde oplossingen van SOLIDWORKS Simulation kunt u nauwkeurige FEAsimulaties in SOLIDWORKS CAD-software uitvoeren. Dit geeft u vroeg in het ontwikkelingsproces resultaten van structurele analyses, zoals spanningsniveau, vervormingen, levensduur, etc. Op basis van deze essentiële informatie kunt u belangrijke ontwerpbeslissingen nemen die u helpen om:

- Het product te innoveren
- Prototyping te verminderen
- Time-to-market te verkorten
- Materiaalgebruik te optimaliseren
- Onzekerheden in het ontwerp uit te sluiten
- Prestatieproblemen in het veld te minimaliseren
- Garantieaanspraken en retourzendingen te verminderen
- Winstgevendheid te verbeteren.

Met zijn intuïtieve gebruikersinterface, krachtige solvers en uitgebreide analysemogelijkheden biedt SOLIDWORKS Simulation u een geïntegreerde ontwerpanalyseoplossing die niet alleen sneller en eenvoudiger is te gebruiken dan andere simulatiepakketen, maar ook even nauwkeurig is. In dit document wordt nader ingegaan op de nauwkeurigheid van de analyse en hoe de unieke combinatie van precisie, gebruiksgemak en kracht in SOLIDWORKS Simulationsoftware uw productontwikkeling ten goede kan komen.

"Ik kan een niet-lineair simulatieprobleem dat vroeger een week duurde in een paar uur oplossen. Met een dergelijke snelheid kan ik makkelijk een ontwerp optimaliseren en een product leveren dat presteert."

- David R. Caldwell. Project Engineer, Smithsonian Astrophysical Observatory.

Nauwkeurig de effecten van de zonnewind simuleren

Het Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO), onderdeel van het Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CFA), werkt met toonaangevende astrofysici en wetenschappers aan de ontwikkeling van grensverleggende onderzoeksinstrumenten en -systemen. SAO maakt gebruik van SOLIDWORKS Simulation Premium-software om uiterst complexe technische problemen op te lossen, bijvoorbeeld ten behoeve van het eerste bezoek van een mens aan een ster. De Solar Probe

Plus (SPP) van de National Aeronautics and Space Administration (NASA) wordt in 2018 gelanceerd. Het ruimtevaartuig, dat zo groot is als een auto, zal zich rechtstreeks in de atmosfeer van de zon boren.

Het is de taak van SAO om de Solar Wind Electrons Alphas and Protons (SWEAP-) meetapparatuur te ontwikkelen, inclusief een Faraday-sensor die de eigenschappen van elektronen, protonen, en heliumionen in de zonnewind zal meten. Wat het project zo uitdagend maakt, is dat de sensor zich aan de buitenzijde van het ruimtevaartuig bevindt, waar hij zal worden blootgesteld aan intense hitte en straling.

“De sensor doet dienst in een omgeving die zo extreem is dat we geïntegreerde analysetools moeten gebruiken”, zegt project-engineer David R. Caldwell. “We hebben onlangs prototypetesten uitgevoerd in de Solar Wind Facility van het Marshall Space Flight Center, en de sensor functioneerde zoals voorspeld door onze SOLIDWORKS-simulaties.”

“Met ruimtevaartsystemen is gewicht doorslaggevend”, voegt Caldwell toe. “SOLIDWORKS Simulation Premium geeft ons de informatie die we nodig hebben om een dikte of een materiaal te veranderen en onze ontwerpen werkelijk te optimaliseren.”



Figuur 1

② Hoe nauwkeurig simuleert FEA de werkelijkheid?

Over het algemeen gebruiken FEA-systemen de methode van eindige-elementenanalyse, een speciale numerieke techniek voor het benaderen van oplossingen voor grenswaardeproblemen voor de differentiaalvergelijkingen die de natuurkunde en engineering beheersen. Het model wordt afgebeeld als een discretisatie van de geometrie - waarbij de geometrie gemeshed wordt met elementen. Omdat FEA-oplossingen, ongeacht het pakket, zijn gebaseerd op de methode van eindige elementenanalyse, zijn de oplossingen altijd een benadering - getrouw genoeg om de nauwkeurigheid te bieden die vereist is om belangrijke ontwerpbeslissingen te nemen, maar nooit een 100-procent weergave van de werkelijkheid - en bevatten ze een discretisatiefout.

FEA-solvers gebruiken computeralgoritmes om differentiaalvergelijkingen te genereren voor elk component van ontwerpgeometrie, beperkingen, materiaaleigenschappen en belastingen. Vervolgens zetten ze voor elk element differentiaalvergelijkingen om naar matrixvergelijkingen om een algemene matrixvergelijking voor het model te genereren. Dit wordt over het algemeen opgelost met gebruik van Direct Sparse- of iteratieve solvers: Direct Sparse-solvers gebruiken de Gaussische eliminatiemethode om de algemene matrixvergelijking op te lossen; iteratieve solvers gebruiken de domeindecompositiemethode.

De wiskundige onderbouwing van FEA betekent dat engineers belastingen en grenscondities nauwkeurig moeten toepassen om zo dicht mogelijk bij het werkelijke antwoord te komen. Omdat FEA een getrouwe benadering van ontwerpprestaties geeft, vereist het zo nauwkeurig mogelijk simuleren van de werkelijkheid dat het analyseprobleem correct wordt ingesteld.

De hamvraag ten aanzien van hoe nauwkeurig FEA de werkelijkheid simuleert is: Hoe nauwkeurig wilt u het hebben? In de meeste gevallen zal een marge van ± 5 procent het noodzakelijke inzicht voor het maken van de juiste ontwerpbeslissingen bieden.

"SOLIDWORKS Simulation stelt ons in staat om tijdens het ontwerp de invloed van druk en krachten onder het wateroppervlak te begrijpen. Dit bespaart tijd en geld."

- Stephanie Griffin Peña. Project Engineer, Watershot Inc.

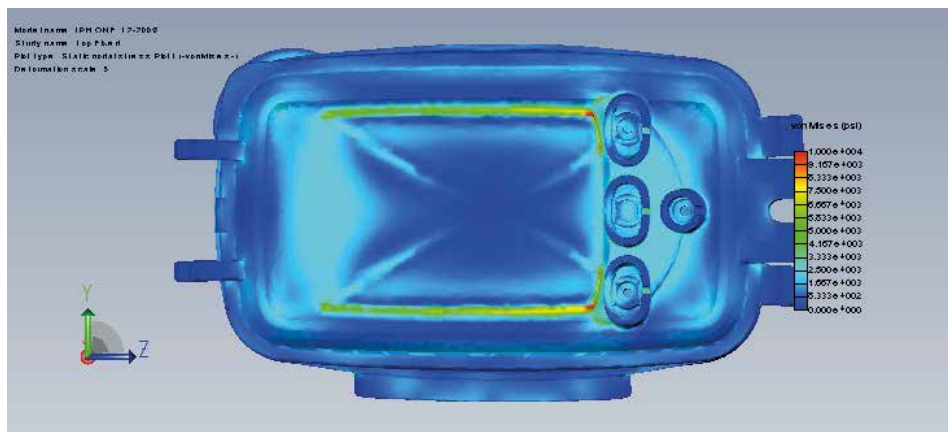
Nauwkeurige simulaties maken de ontwikkeling van waterbestendige behuizingen mogelijk

Watershot, Inc. ontwikkelt en produceert waterbestendige behuizingen voor camera's van professionele onderwaterfotografen en cinematografen, en voor smartphones van scuba-, snorkel- en vrijduikliefhebbers. Het bedrijf vertrouwt op SOLIDWORKS Simulation-analysesoftware om te garanderen dat hun waterdichte behuizingen de druk en krachten weerstaan die samenhangen met verschillende diepten onder water. De engineers van het bedrijf stellen de intuïtieve integratie van SOLIDWORKS CAD- en FEA-software op prijs omdat het de ontwikkeling versnelt. Met geïntegreerde

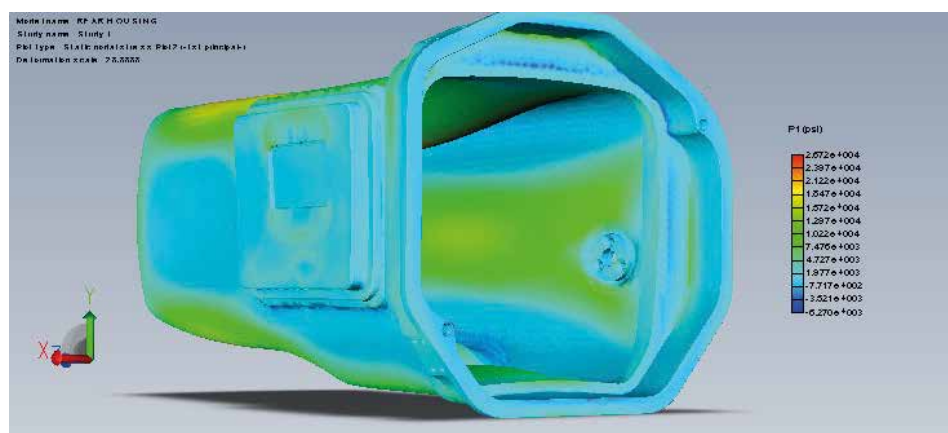
ontwerpanalysetools van SOLIDWORKS kan Watershot snel ontwerpconcepten maken en de prestaties ervan bij verschillende diepten onder water simuleren. Omdat engineers van Watershot productgedrag nauwkeurig kunnen simuleren, kunnen ze ontwerpen verfijnen en daarbij kostbare prototypen vermijden.

Bijvoorbeeld, tijdens de ontwikkeling van de waterbestendige behuizing voor de iPhone 4 lieten tooltesten zien dat de behuizing bij een bepaalde diepte tegen het touchscreen van de smartphone drukte, waardoor de telefoon niet meer functioneerde. SOLIDWORKS Simulation-software stelde Watershot in staat om dit klassieke doorbuigprobleem op te lossen en het ontwerp te optimaliseren, zonder belangrijke gereedschapswijzigingen door te voeren."

We hebben zo nu en dan naar andere ontwikkelingsoplossingen gekeken, maar SOLIDWORKS kwam altijd als beste uit de bus", benadrukt project-engineer Stephanie Griffin Peña. "De software biedt alles wat we nodig hebben, en de manier waarop Simulation met het CAD-pakket werkt, stroomlijnt het proces in hoge mate."



Figuur 2



Figuur 3

Wat kunt u simuleren?

Met simulatietechnologie voor Finite Element Analysis (FEA, eindige-elementenanalyse) en Computational Fluid Dynamics (CFD, numerieke stromingsleer) kunt u computergebaseerde wiskundige modellen gebruiken om de complexe fenomenen van het fysieke universum te benaderen, waaronder structurele en dynamische gedragingen en gedrag bij warmteoverdracht en vloeistofstroming.

Structurele analyse

U kunt FEA-software gebruiken om het gedrag dat samenhangt met de mechanica van vaste stoffen te simuleren. Zullen de spanningen die binnen een structuur ontstaan - of het nu een machineonderdeel of een stalen brug is - er onder operationele belastingen toe leiden dat deze breekt, verbuigt, meegeeft of vervormt? Wat zijn de natuurlijke frequenties van een structuur en hoe beïnvloeden ze de prestaties van het product? Hoe zit het met verplaatsing, trilling of vermoeiing? Wanneer u een ontwerp maakt waarin twee of meer componenten met elkaar in contact komen, kunt u ontdekken hoe dit contact de ontwerpprestaties beïnvloedt. U kunt ook kinematische onderzoeken uitvoeren en de belastinginformatie uit de resultaten gebruiken voor het uitvoeren van opeenvolgende structurele analyses.

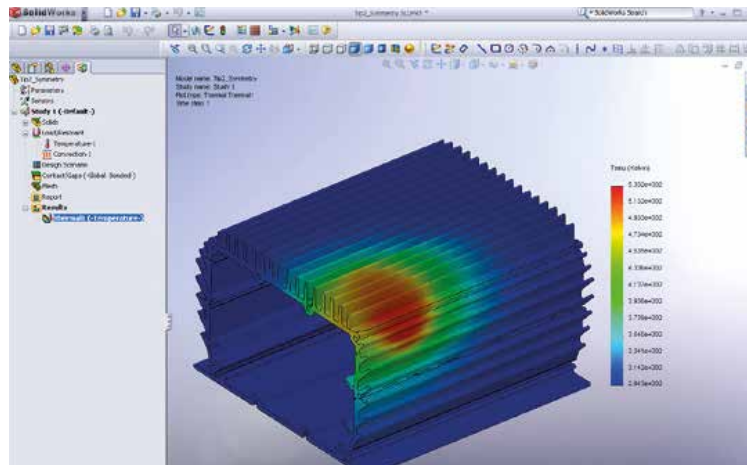


Figuur 4: Structurele analyse biedt spanningsverdeling om kritieke gebieden in kaart te brengen.

Thermische analyse

Begrijpen hoe warmteoverdracht de ontwerpprestaties beïnvloedt, is uit het oogpunt van veiligheid en prestaties belangrijk voor een toenemend aantal producten. Veel materialen hebben temperatuurafhankelijke eigenschappen. U kunt simulatiesoftware gebruiken om verschillende soorten warmteoverdracht te simuleren - waaronder geleiding, convectie of straling - en warmteoverdracht binnen en tussen componenten in uw ontwerp en de ontwerpomgeving berekenen. U kunt effecten in kortdurende situaties en stabiele situaties simuleren.

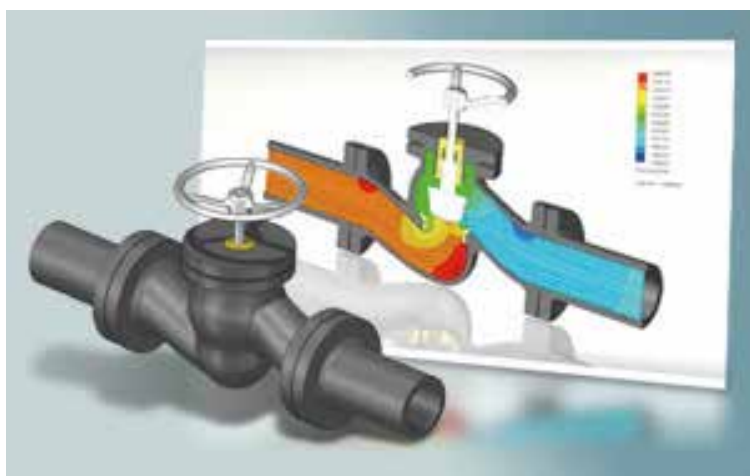
Thermische problemen kunnen worden opgelost met gebruik van een structurele analyse of vloeistofstromingsanalyse. In een thermische structurele analyse wordt het effect van lucht- of vloeistofbeweging een belasting of grensconditie. In een vloeistofstromingsanalyse kunt u de thermische effecten van bewegende vloeistoffen berekenen, of het nu een vloeistof of een gas is.



Figuur 5: Thermische analyse helpt product-engineers om vroeg in het ontwikkelingsproces oververhittingsproblemen te voorspellen.

Analyse van Computational Fluid Dynamics (numerieke stromingsleer)

U kunt analysesoftware voor Computational Fluid Dynamics (CFD) gebruiken om te voldoen aan de steeds groeiende behoefte om te begrijpen hoe het gedrag en de dynamiek van vloeistoffen - vloeibaar dan wel als gas - ontwerp prestaties beïnvloeden. SOLIDWORKS Flow Simulation CFD-analysetechnologie werd oorspronkelijk vooral gebruikt als een alternatief voor dure windtunneltesten voor het verbeteren van de aerodynamica van vliegtuigen en auto's. Nu wordt het echter steeds meer gebruikt om andere stromingsgerelateerde problemen te beoordelen, zoals het valideren van afdoende koeling van elektronica; het maximaliseren van de prestaties van verwarmings-, ventilatie-, en airconditioningsystemen (HVAC); en het verfijnen van andere stromingsgebaseerde productieprocessen.



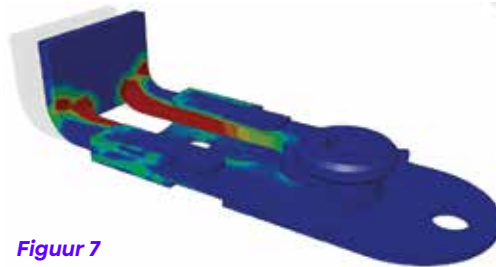
Figuur 6

Lineaire of niet-lineaire FEA

Hoewel u lineaire FEA-analysetools kunt gebruiken om het gedrag van veel verschillende ontwerpen te simuleren, zijn sommige fysieke fenomenen niet-lineair van aard. Met andere woorden, de fysieke reactie is niet evenredig aan de toegepaste belastingen en grenscondities. Wanneer u te maken hebt met niet-lineaire materialen zoals rubber of plastic, niet-lineaire vormen, niet-lineaire interacties tussen onderdelen, of niet-lineaire belastingen en grenscondities, moet u niet-lineaire FEA-analyses uitvoeren om de nauwkeurigheid van de benadering te verbeteren.

"Met de nauwkeurigere simulaties die door SOLIDWORKS worden geboden, is er volstrekt geen noodzaak om een prototype te bouwen en te testen."

Subhash Bidwai. General Manager, DEMECH Esscano Power India Pvt. Ltd.



Figuur 7

Nauwkeurige simulatie bevordert het betreden van industriële markten

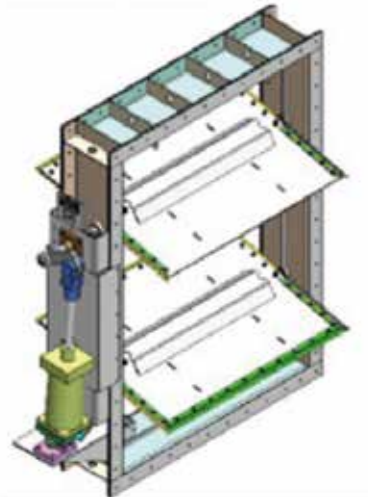
De noodzaak om gassen en vloeistoffen te controleren in fabrieken en industriële installaties - waaronder krachtcentrales, staalmolens, cementfabrieken, petrochemische faciliteiten en andere procesindustrieën - vereist industriële regelkleppen en dempers. DEMECH Esscano Power India Pvt. Ltd. (DEP), een joint venture van Esscano Power A/S Denmark en Deccan Mechanical & Chemical Industries Pvt. Ltd., werd opgericht om te voldoen aan de hoge eisen die worden gesteld aan dempertechologie.

DEP ontwerpt en produceert vele soorten industriële dempers, waaronder multilouwer kleppen, vlinderkleppen, glijdende dempers en andere varianten. Het bedrijf heeft snel een prominente plaats in de industriële markt verworven, waarbij het nieuwe concepten introduceert die prestatie- en kostenvoordelen bieden.

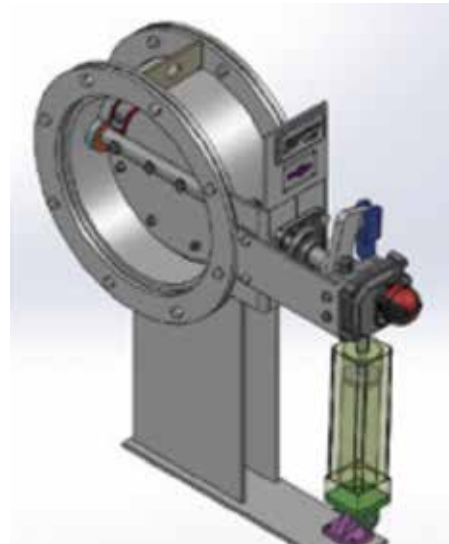
Door SOLIDWORKS Simulation Premium- en SOLIDWORKS Flow Simulationsoftware te gebruiken hoeft DEP geen prototypes van haar systemen te bouwen en te testen. Het bedrijf vertrouwt op SOLIDWORKS-simulatietools om de doelstelling te realiseren om kleppen te produceren die 99.95 tot 100 procent efficiënt zijn.

"We begonnen SOLIDWORKS-simulatie te gebruiken om de thermische expansie van de bladen te

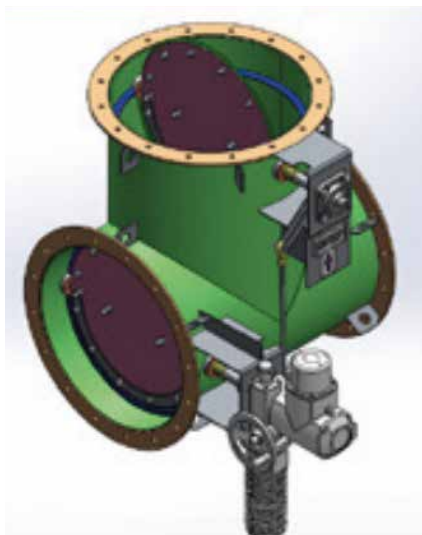
berekenen bij het werken onder extreem hoge temperaturen”, vertelt algemeen directeur Subhash Bidwai. “We moeten afdoende speling bieden om deze expansie mogelijk te maken en tegelijkertijd lekverlies dat de efficiency belemmert, voorkomen. Met de nauwkeurige simulaties die SOLIDWORKS biedt, is het bouwen en testen van een prototype volstrekt overbodig.”



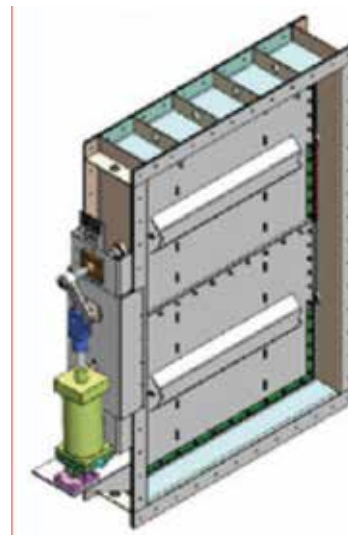
Figuur 8



Figuur 9



Figuur 10



Figuur 11

3 Q&A met FEA-expert Dr. Pawel M. Kurowski

Dr. Pawel M. Kurowski, universitair docent aan de Faculty of Engineering van de University of Western Ontario, is een toonaangevend expert op het gebied van productontwerp, ontwerpanalyse en mechanica van vaste stoffen. Voordat hij hoogleraar werd, werkte Dr. Kurowski meer dan 20 jaar als ontwerp- en R&D-engineer in bedrijfstakken als automotive, defensie en heavy equipment.

Waarom besloot u te standaardiseren op SOLIDWORKS Simulation-oplossingen als de uitgelezen tool voor uw engineeringcurriculum?

Ik ben een groot voorstander van het gebruik van FEA-tools door ontwerptechnici omdat zij het meeste inzicht hebben in de operationele omgeving en het ontwerpdoel van een product. Zij zijn het best in staat zijn om FEA te gebruiken om een ontwerp vroeg in het proces te optimaliseren.

We hebben op SOLIDWORKS Simulation-software gestandaardiseerd omdat het volledig is geïntegreerd met en direct is gekoppeld aan de SOLIDWORKS 3D-modelleeromgeving, waardoor de oplossing eenvoudiger te leren en gebruiken is.



Figuur 12: Dr. Pawel M. Kurowski

Hoe gebruikt u SOLIDWORKS Simulation-software in uw engineeringprogramma?

We gebruiken SOLIDWORKS Simulation in onze FEA-cursussen voor studenten en afgestudeerden. Een van deze cursussen - Advanced Computer-Aided Engineering (CAE) - combineert het gebruik van SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation en SOLIDWORKS Motion Simulation om de verschillende soorten fysieke fenomenen te onderzoeken die ontwerpprestaties kunnen beïnvloeden. De krachtige functionaliteit van de software biedt studenten de mogelijkheid om alle facetten van het ontwerpgedrag te bekijken, of het nu gaat om sterkte, vloeistofstroming, thermisch, beweging, trilling, produceerbaarheid of duurzaamheid. SOLIDWORKS Simulation en SOLIDWORKS Flow Simulation bieden de meest uitgebreid FEA- en CFD-functionaliteit binnen een singlewindow ontwerp- en analyseomgeving. Door SOLIDWORKS Simulation-software te gebruiken bieden we studenten een gedegen basis op het gebied van numerieke ontwerpanalyse.

Maakt CAD-integratie en gebruiksgemak SOLIDWORKS Simulation minder krachtig dan andere FEA-pakketten?

Nee. In feite is het tegenovergestelde het geval. SOLIDWORKS Simulation is krachtiger dan andere FEA-pakketten omdat het eenvoudiger te leren en sneller in het gebruik is. Alle FEA-programma's zijn gebaseerd op de methode van eindige-elementenanalyse en de wiskundige basis is in wezen overal hetzelfde. SOLIDWORKS Simulation blinkt uit door de integratie met het CAD-modellieren, de intuïtieve gebruikersinterface, de goed ontworpen solvers, de mesh-functies, en de reeks superieure analysetypen.

Is SOLIDWORKS Simulation, omdat het eenvoudig is te gebruiken, minder nauwkeurig?

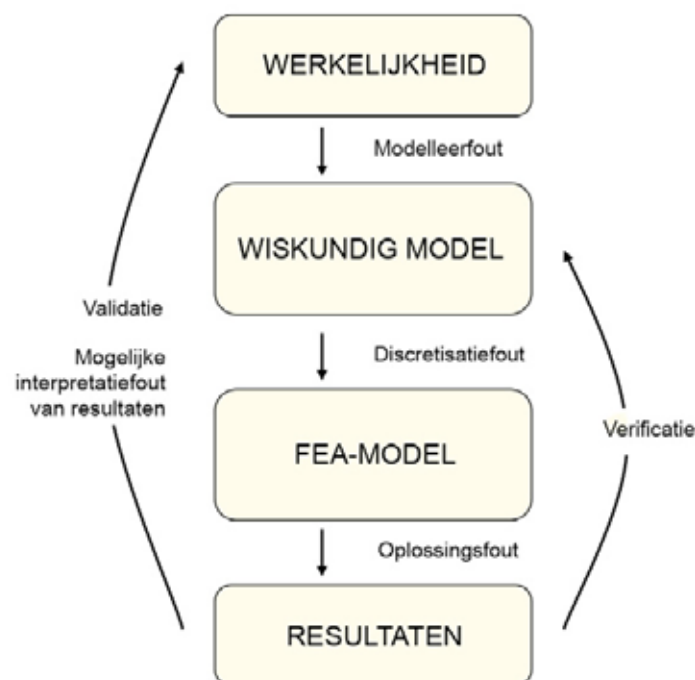
Nee. Dat de software eenvoudig te gebruiken is, betekent niet dat het versimpeld of minder nauwkeurig is. Nauwkeurigheid in FEA hangt af van het correct definiëren van het probleem, weten welk type analyse moet worden uitgevoerd en handhaving van de integriteit van het wiskundige model. Geen enkel FEA-programma is 100 procent nauwkeurig omdat ze allemaal dezelfde numerieke discretisatietechnieken gebruiken.

Qua nauwkeurigheid is SOLIDWORKS Simulation net zo sterk als andere programma's. Ik zou zelfs zeggen dat SOLIDWORKS Simulation, omdat het eenvoudiger in gebruik is, het nauwkeurig instellen van het analyseprobleem minder gecompliceerd maakt, wat tot nauwkeuriger resultaten leidt.

Hoe kunnen gebruikers de nauwkeurigheid van FEA-resultaten verhogen?

Er zijn twee gebieden die de nauwkeurigheid in FEA-pakketten kunnen beïnvloeden. Het ene is het correct instellen van het probleem door het juiste type analyse te gebruiken, nauwkeurige materiaaleigenschappen, belastingen en grenscondities in te voeren, en de juiste elementen te selecteren voor het type analyse dat u uitvoert. Het andere is het beheersen van de grootte van de discretisatiefout door gebruik van adaptieve methoden en mesh-functies. Discretisatiefouten zijn inherent aan FEA; u kunt deze handmatig beheersen met mesh-functies of automatisch door h-adaptieve of p-adaptieve meshing te gebruiken.

In SOLIDWORKS Simulation kunt u deze technieken gebruiken om de automatisch gegenereerde mesh in relevante gebieden te verfijnen. De h-adaptieve benadering verhoogt het aantal elementen in het relevante gebied om de nauwkeurigheid te vergroten. De p-adaptieve techniek verhoogt op plaatsen waar waarschijnlijk fouten zullen optreden de orde van de gebruikte polynomen waarmee het verplaatsingsveld vanelementen wordt benaderd.



Figuur 13

Beïnvloedt elementtype de nauwkeurigheid?

Vanzelfsprekend. Bijvoorbeeld, een thin shell-element modelleert lineaire verdeling van spanning in het vlak over zijn dikte. Als u dit element gebruikt om een muur te modelleren waar mechanische spanning geen lineaire verdeling over de dikte heeft, zal dit onjuiste resultaten opleveren. Een 2D-element met mechanische spanning veronderstelt constante spanning over zijn dikte. Als we het gebruiken om een probleem te modelleren waar spanning over de dikte wel verandert, zullen we wederom onjuiste resultaten produceren. De lijst van "elementmisbruik" is lang, en we moeten altijd elementen selecteren die het verwachte patroon van spanningsverdeling kunnen modelleren. Dit geldt voor elk FEA-programma. Een element is op zichzelf niet "nauwkeurig" of "onnauwkeurig". De term "nauwkeurigheid" is van toepassing op de mesh die is opgebouwd uit eindige elementen.

Welke zijn nauwkeuriger: brick- of tetraëdische (tet) elementen?

Om te begrijpen waarom sommige FEA-gebruikers zeggen dat hexahedrale (brick-) elementen nauwkeuriger zijn dan tetraëdische (tet) elementen, moeten we teruggaan in de tijd naar begin jaren tachtig. In die tijd draaiden FEA-programma's naar de huidige maatstaven op zeer trage computers. Analisten moesten de omvang van een model beperken - wat neerkwam op het gebruik van grote elementen van de eerste orde - alleen maar om het te laten draaien. Voor dat doel boden brick-elementen van de eerste orde aanzienlijke voordelen boven even grote tet elementen van de eerste orde. Dit komt doordat brick-elementen van de eerste orde een verplaatsingsveld van de tweede orde en lineair spanningsveld modelleren, terwijl tet elementen van de eerste orde een lineair verplaatsingsveld en constante spanning modelleren. Als gevolg daarvan gedragen brickelementen van de eerste orde zich als tet elementen van de tweede orde. Als u tets in plaats van bricks wilde gebruiken, moest u tet elementen van de tweede orde of kleinere tet elementen van de eerste orde gebruiken. Beide opties waren moeilijk te implementeren op computers uit de jaren tachtig.

Vandaag de dag gebruikt niemand nog elementen van de eerste orde. Grote meshes worden eenvoudig gemaakt door auto-meshers, en problemen worden snel opgelost door efficiënte solvers. De alom aanwezige tet elementen van de tweede orde modelleren een verplaatsingsveld van de tweede orde en een spanningsveld van de eerste orde. In moderne FEA-programma's hebben brick-elementen geen voordelen meer boven tets. Resteert de vraag naar de esthetiek van een mesh. Veel mensen vinden brick-meshes esthetischer ondanks dat fraai gevormde bricks aan de buitenste vlakken van het model sterk vervormde brick- of tet elementen binnenin kunnen verbergen.

FEA intimideert sommige ontwerptechnici. Waarom?

Omdat veel FEA-pakketten zo moeilijk te gebruiken zijn, is het uiterst problematisch voor ontwerptechnici om er zonder een langdurige periode van intensieve training nuttige resultaten mee te verkrijgen. Dit is waarom SOLIDWORKS Simulation-software de FEA-oplossing van mijn voorkeur is. Het maakt het gemakkelijker om analyseproblemen in te stellen en nauwkeurige, betekenisvolle resultaten te genereren. Met SOLIDWORKS Simulation-software kunnen engineers na een paar uur inleidende training meteen aan de slag.

"We staan versteld van de precisie van SOLIDWORKS Flow Simulation. Dankzij deze enorme precisie kunnen we snel innovatieve methoden beoordelen."

Marcel Tremblay. Director of Mechanical Engineering FLIR Systems, Inc.

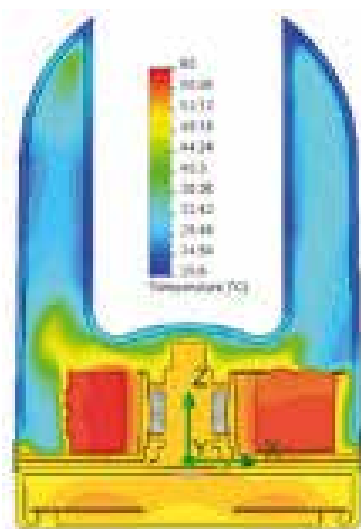
Precieze simulatieresultaten bevorderen innovaties in thermografische camera's

FLIR Systems, Inc. is 's werelds toonaangevende producent van thermografische infraroodcamera's. Het bedrijf vertrouwt op SOLIDWORKS Simulation Premium- en SOLIDWORKS Flow Simulation-software om nieuwe maritieme, beveiligings- en draagbare thermografische applicaties te ontwikkelen.

Tijdens de ontwikkeling van de M-serie maritieme draai- en kantelcamera moesten engineers bijvoorbeeld de hoogte van het oorspronkelijke ontwerp met 1,5 inch (3,8 cm) verlagen, wat resulteerde in een temperatuurstijging boven de specificaties van de motor. FLIR maakte een reeks ontwerpwijzigingen en voerde gecombineerde flow-/thermische analyses uit. Het proces stelde FLIR in staat om het ontwerp aan te passen en de temperatuur 23 °C te verlagen (een buffer van 6 °C) zonder één enkel prototype te bouwen.

"De camera uit de M-serie laat zien hoe krachtig het gebruik van gecombineerde flow-/thermische analyse is", zegt directeur mechanische engineering Marcel Tremblay. "Het draait allemaal om de lucht binnenin, en een gecombineerde flow-/thermische analyse is nauwkeuriger dan alleen geleiding of convectie. Het stelt ons in staat om diverse scenario's te simuleren en sneller te zien op welke punten het ontwerp kan worden verbeterd zonder een prototype van het ontwerp te hoeven maken. Dit heeft ons maanden aan tijd bespaard."

"SOLIDWORKS is de perfecte combinatie van gebruiksgemak en kracht", zegt Tremblay. "De CAD-systemen maken het modelleren eenvoudig en de simulatietools stellen ons in staat om de betrouwbaarheid van ontwerpen te optimaliseren, verfijnen en verbeteren."



Figuur 14



Figuur 15

④ SOLIDWORKS Simulation: Nauwkeurigheid + intuïtie = kracht

SOLIDWORKS Simulation-oplossingen hebben het grootste potentieel om uw product-ontwikkelingsproces te verbeteren vanwege hun unieke combinatie van gebruiksgemak, snelheid, nauwkeurigheid en kracht. Met SOLIDWORKS Simulation-software hebt u, rechtstreeks vanuit de SOLIDWORKS CAD-modelleromgeving, toegang tot een veelzijdige reeks analyse-mogelijkheden waaronder solver, mesh en tools waarmee u de resultaten communiceert.

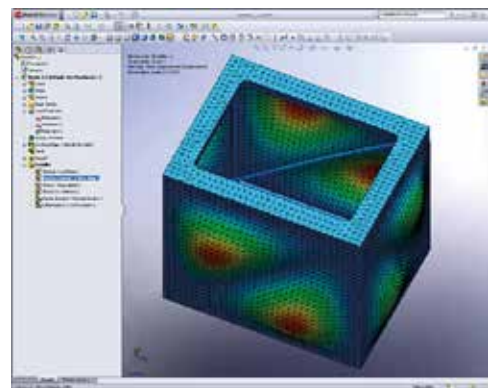
Mogelijkheden

SOLIDWORKS Simulation-oplossing biedt een volledige reeks van soorten analyses om te voldoen aan vrijwel elke simulatiebehoefte, waaronder:

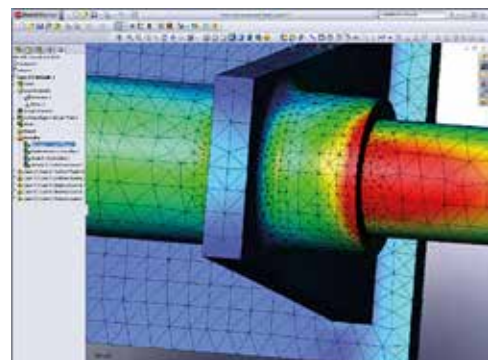
- Structurele analyse van eenvoudig lineair tot uiterst niet-lineaire problemen
- Lineaire en niet-lineaire trillingsanalyse
- Thermische analyse – stabiele toestand en veranderende toestand
- Levensduuranalyse vermoeiing
- Vloeistofstromingsanalyse
- Bewegingssimulatie
- Multifysica-analyse met gekoppelde velden waarbij bovenstaande mogelijkheden worden gecombineerd.

De SOLIDWORKS Simulation-oplossing stelt u ook in staat om veel soorten onderzoek binnen deze analysetypen uit te voeren, waaronder:

- Statisch (spanning)
- Frequentie
- Buckling
- Vermoeiing
- Vibratie
- Contact
- Assemblage
- Niet-lineair
- Dynamisch
- Modale tijdgeschiedenis
- Harmonisch
- Willekeurige vibratie
- Reactiespectrum
- Ontwerptimalisatie
- Kinematica en dynamica
- Plastic- en rubbercomponenten
- Vloeistofstroming
- Thermisch beheer elektronica
- Thermische comfortfactoren
- Thermisch-structureel gekoppeld
- Thermisch-vloeistof gekoppeld
- Plastic vorm-vulling
- Duurzaamheid



Figuur 16



Figuur 17

Meshers

Met SOLIDWORKS Simulation-software profiteert u van de snelle automatische mesher alsmede flexibele en krachtige mesh-verfijningstools, waaronder h-adaptieve en p-adaptieve mogelijkheden voor het verbeteren van simulatienauwkeurigheid. U kunt ervoor kiezen om solid, shell, beam, of gemengde mesh-typen te maken, conform uw geometrie. U kunt kiezen tussen 3D- en 2D-weergave van uw probleem. De nauwe integratie van SOLIDWORKS Simulation in SOLIDWORKS CAD maakt de automatische vertaling van vormtype naar meshtype; gelaste structuren naar beam en oppervlakken naar shells mogelijk.

Solvers

SOLIDWORKS Simulation FEA-software stelt u in staat om ofwel rechtstreekse of iteratieve oplossingsmethoden met zijn Direct Sparse- of FFEPlus-solvers te gebruiken. De software zal automatisch de beste solver voor uw betreffende analyse kiezen. Bijvoorbeeld, de software zal de Direct Sparse-solver gebruiken voor statische, frequentie-, buckling-, en thermische onderzoeken, en zal standaard overgaan op de iteratieve FFEPlus-solver voor niet-lineaire en contactanalyses. Voor grote modellen - met miljoenen degrees of freedom (DOF) - wordt automatisch de grote Direct Sparse-solver gebruikt.

Communicatie van resultaten

Als u een analyseonderzoek hebt uitgevoerd dat u wilt documenteren, kunt u met SOLIDWORKS Simulation-software automatisch een technisch rapport op basis van resultaten genereren. U kunt snel en eenvoudig animaties maken om de resultaten van structurele, thermische, bewegings- en vloeistof-flow-onderzoeken naar voren te halen. U kunt ook analyseresultaten opslaan in een compact SOLIDWORKS eDrawings-bestand waarmee u resultaten via e-mail, tablets en smartphones kunt communiceren.

CAD-integratie

Wat SOLIDWORKS Simulation-software werkelijk onderscheidt van andere FEA-pakketten, is de volledige integratie ervan in de SOLIDWORKS CAD-modelleeromgeving. Met SOLIDWORKS Simulation hoeft u geen modellen te importeren of exporteren om een analyse uit te voeren of om modellen aan te passen op basis van simulatieresultaten, en vervolgens de analyse opnieuw uit te voeren. Omdat alle FEA- en CFD-simulaties binnen de SOLIDWORKS CADmodelleeromgeving plaatsvinden, kunt u Simulation tijdens de initiële ontwerpfase efficiënter benutten. U kunt ook profiteren van CAD-tools zoals ontwerpconfiguraties om een reeks van analyses op een enkel model, een enkele analyse op een familie van modellen, of een mix van deze twee uit te voeren. U kunt ook de CAD-gegevens benutten - zoals materiaaleigenschappen, positionering van onderdelen (mates), of definities van bevestigingen - om de instelling van uw simulaties te stroomlijnen.

"Bij het ontwerpen van producten moeten we verschillende Simulationstudies kunnen uitvoeren - van gecompliceerde eindigelementen contactanalyse tot ontwerpoptimalisatie, gevoeligheids-, bewegingsanalyse- en vermoeiingsonderzoeken. We hadden een FEA-oplossing nodig die niet alleen al deze typen analyses kan beheren, maar ook direct nauwkeurige resultaten kan produceren. Die oplossing is SOLIDWORKS Simulation Premium."

Dr. Steve Jia. Hoofdtechnicus CAE Technologies and Materials Engineering Litens Automotive Group.

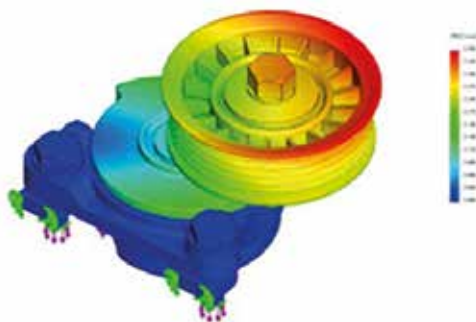
Snelle, nauwkeurige simulaties versnellen ontwerp van transmissiesystemen

Litens Automotive Group is de wereldwijd marktleider op het gebied van ontwerp en productie van geconstrueerde krachttransmissiesystemen en -componenten. Als hoofdleverancier van de auto mobiel industrie heeft Litens zich als marktleider gehandhaafd door voortdurend innovatieve producten te ontwikkelen die problemen op het gebied van lawaai, trillingen en schokken (NVH -noise, vibration and harshness) oplossen.

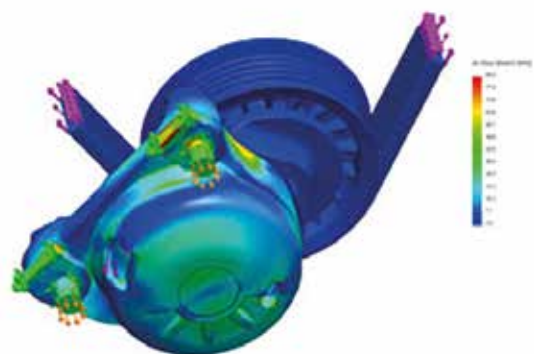
Door SOLIDWORKS Simulation Premium-software te gebruiken om simulaties uit te voeren als integraal onderdeel van het ontwerpproces is Litens erin geslaagd het ontwikkelen van prototypes drastisch te beperken, de daaraan verbonden kosten te verlagen en tegelijk het ontwikkelings proces te versnellen. De engineers van het bedrijf voeren, direct binnen de SOLIDWORKS-ontwerpomgeving, zeer ingewikkelde contactanalyses uit - evenals kinematische, dynamische, vermoeiings-, verplaatsings- en thermische simulaties.

“Tijd is de kritieke factor, en met de snelle solver in SOLIDWORKS Simulation Premium-software kunnen we in een paar uur contactanalyses van de gehele assemblage uitvoeren. Dat doet niemand ons na”, stelt hoofdtechnicus dr. Steve Jia. “Virtuele productontwikkeling op basis van CAE biedt ons een tijdsbesparing en een besparing op de kosten van prototypeontwikkeling die neerkomt op miljoenen dollars per jaar.”

“Het mooie van SOLIDWORKS Simulation Premium-software is dat het een robuuste mesher en snelle solver biedt, en de mogelijkheid om zeer grote assemblagesimulaties met zeer gecompliceerde contactsituaties eenvoudig te beheren”, voegt dr. Jia toe. “We hebben met SOLIDWORKS Simulation Premium een uitstekende ROI (return on investment) gerealiseerd en vertrouwen op de software voor ons dagelijks werk.”



Figuur 18



Figuur 19

5 Nauwkeurigheid SOLIDWORKS Simulation verifiëren

U kunt de nauwkeurigheid van SOLIDWORKS Simulation-resultaten verifiëren via verificatieproblemen en benchmarks van de National Agency for Finite Element Methods and Standards (NAFEMS) die in de software zijn opgenomen. SOLIDWORKS Simulation-software omvat verificatieproblemen voor alle typen analyse waarbij SOLIDWORKS Simulation FEA-resultaten worden vergeleken met die van bekende analysesystemen. De software bevat ook NAFEMSbenchmarks voor statische, thermische, niet-lineaire, frequentie-, en lineair dynamische onderzoeken. NAFEMS-benchmarks documenteren de nauwkeurigheid van analyseresultaten voor alle commercieel beschikbare FEA-pakketten. Voorbeelden van verificatieproblemen van SOLIDWORKS Simulation en NAFEMS volgen.

Buigen van een cantilever beam

Beschrijving

Bereken de maximale doorbuiging en maximale rotatie (θ) van een eenzijdig ingeklemde balk die wordt belast met een dwarskracht ter grootte van 1 lbf (4.45 N) die inwerkt op het vrije einde van de cantilever. De lengte van de cantilever is 10 inch (25,4 cm) en de afmetingen van de dwarsdoorsnede zijn 1 inch x 1 inch (2,5 cm x 2,5 cm). De cantilever beam is gemodelleerd als twee identieke cantilevers die bij hun gemeenschappelijk interface zijn verbonden met een Bonded-contactsituatie.

Soort onderzoek

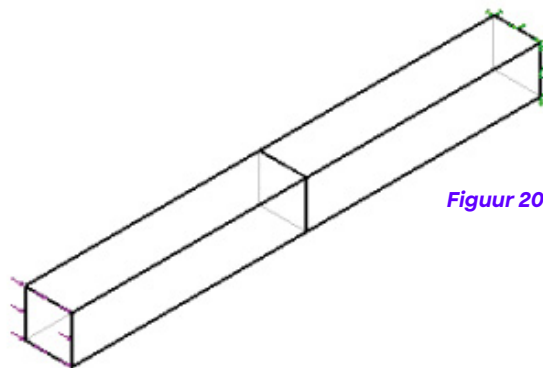
Statisch

Mesh-type

Solid mesh en Beam mesh in aparte onderzoeken

Materiaaleigenschappen

Elasticiteitsmodulus = 1×10^6 psi,
Poisson-factor = 0.4



Figuur 20

Resultaten

	Theorie	SOLIDWORKS Simulation Solid Mesh	SOLIDWORKS Simulation Beam Mesh
Verplaatsing aan het vrije einde (UX), in	-0,004	-0,004	-0,004
Rotatie aan het vrije einde (RY), rad	-0,0006	NVT	-0,0006

Analytische oplossing

Verplaatsing aan het vrije einde: $UX = (2 * P * L^3) / (6 * E * I)$

Eindrotatie: $3 * UX / (2 * L)$

Waarbij:

- **P:** Schuifspanning
- **L:** Lengte beam
- **E:** Elasticiteitsmodulus
- **I:** Gebied traagheidsmoment

Frequenties van een driehoekige vleugel

Beschrijving

Bereken de natuurlijke frequenties van een vleugel met gelijkbenige driehoek. De gelijke zijden van de driehoek zijn 6 inch (15 cm) lang en de dikte is 0.034 inch (0,086 millimeter). Een van de gelijke zijden van de driehoek is vast.

Soort onderzoek

Frequentie

Mesh-type

Shell-mesh

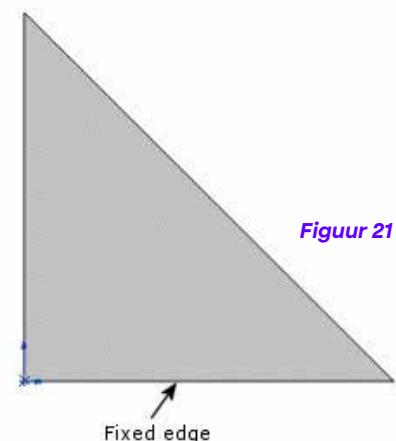
Materiaalparameters

Shell-dikte = 0.034 inch (0,086 cm) - Thin-formulering

Materiaaleigenschappen

Elasticiteitsmodulus = 6.5×10^6 psi, Poisson-factor = 0.3541, Dichtheid = 0.06411 lb/in³

Resultaten



Figuur 21

Frequentienr.	Theorie (Hz)	SOLIDWORKS Simulation (Hz)	
		Conceptmesh	Hoogwaardige mesh
1	55,9	55,917	55,925
2	210,9	211,130	211,363
3	293,5	292,701	293,198

Referentie

"ASME Pressure Vessel and Piping 1972 Computer Programs Verification, door I.S. Tuba en W. B. Wright, ASME Publication I-24, Problem 2."

Warmtestroming stabiele toestand in een orthotropische plaat

Beschrijving

Een rechthoekige plaat van 1m x 2m x 0.1m genereert warmte met een snelheid van $Q = 100 \text{ w/m}^3$. Twee naastliggende randen worden geïsoleerd en de twee andere randen voeren warmte aan de atmosfeer af tegen 0°C . De plaat heeft orthotropische eigenschappen. Bepaal de temperatuurverdeling in stabiele toestand in de plaat.

Soort onderzoek

Thermische analyse stabiele toestand.

Mesh-type

Shell-mesh.

Shell-parameters

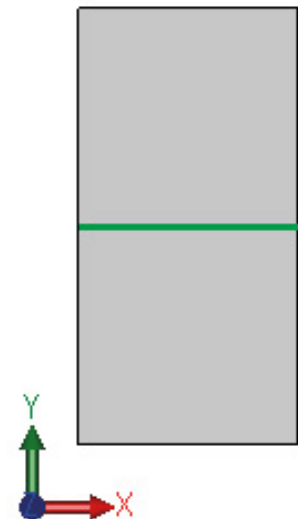
Shell-dikte = 0,1 m – Thin shell-formulering.

Materiaaleigenschappen en andere invoer

Thermische geleiding in X = $KX = 10 \text{ w/(m.K)}$, Thermische geleiding in Y = $KY = 0 \text{ w/(m.}^\circ\text{K)}$. Convectiecoëfficiënt langs de lange rand = $h1 = 10 \text{ w/m}^2\text{.K}$. Convectiecoëfficiënt langs de korte rand = $h2 = 1 = 20 \text{ w/m}^2\text{.K}$.

Aanwijzingen voor modellering

Eén helft van de plaat is gemodelleerd. Geïsoleerde condities zijn automatisch wanneer geen andere conditie wordt toegepast.



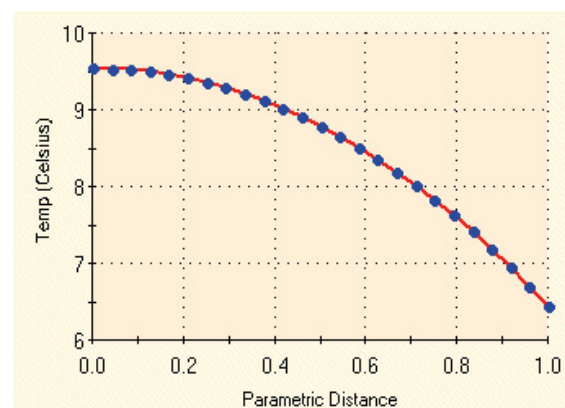
Figuur 22

Resultaten

De grafiek van de temperatuurvariatie in de X-richting langs de onderste rand van het model wordt in de figuur hieronder weergegeven. De grafiek komt overeen met referentieresultaten.

Referentie

M.N.Ozisk, "Heat Conduction", Wiley, New York, 1980.



Figuur 23

Niet-lineaire analysebenchmarks NAFEMS

Torsie-buckling van een cantilever

Bepaal de bovenste Z-doorbuiging voor een cantilever die is onderworpen aan een constante belasting van $P = 0.017 \text{ N}$ langs de Y-richting. Bevestig de rand AB van de cantilever. Het probleem wordt opgelost voor het geval van behoudende belasting. Een kleine laterale belasting wordt toegevoegd om de toegepaste imperfectie voor de incrementele niet-lineaire analyse te simuleren.

Soort onderzoek

Niet-lineair statisch met grote verplaatsingsformulering.

Mesh-type

Shell-mesh.

Mesh-grootte

Gebruik een standaardmesh met algemene element grootte van 1.5 mm .

Shell-parameters

Shell-dikte = $0,2 \text{ m}$ – Thin shell-formulering

Materiaaleigenschappen

- Elasticiteitsmodulus (E) = $10 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$
- Poisson-factor (ν) = 0

Resultaten

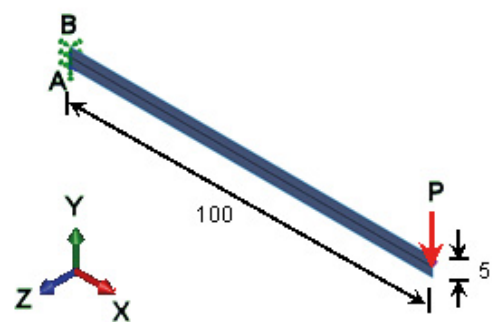
Definieer een workflow-gevoelige sensor op de doellocatie, en gebruik de probe-tool om de grafiek voor de UZ-verplaatsingscomponent te ontwerpen. Verwerk de resultaten met gebruik van grafische software om de grafiek te genereren.

De X-as geeft de UZ-verplaatsings component in mm en de Y-as geeft de toegepaste belasting in N weer.

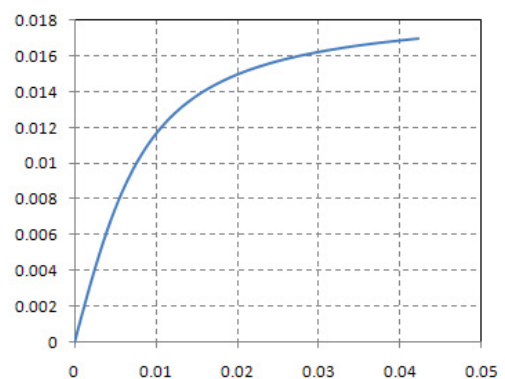
De doorbuigingscurve van de belasting komt overeen met de eindige-elementenoplossing die in de referentie wordt geboden.

Referentie

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



Figuur 24



Figuur 25

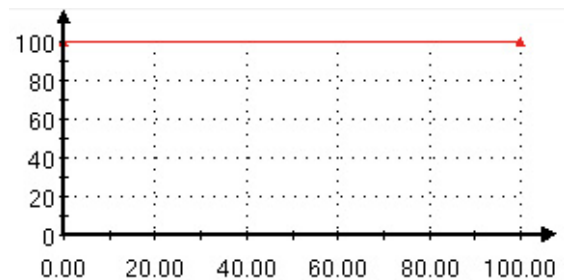
Benchmarks geforceerde vibratie NAFEMS

Eenvoudig ondersteunende dunne plaat onder plotseling toegepaste druk

Bereken de maximale UZ-verplaatsing en buigspanning (SY of SX) in het midden van een eenvoudig onder steunde vierkante plaat met een zijde van 10 m en dikte van 0.05 m die onderworpen is aan een plotseling toegepaste normale druk van 100 N/m².

Soort onderzoek

Er worden drie shell-onderzoeken gemaakt.



Figuur 26

Naam onderzoek	Soort onderzoek
Modale damping	Lineaire dynamica - Transiënt (modale damping)
Rayleigh-damping	Lineaire dynamica - Transiënt (Rayleigh-damping)
Statisch	Statisch

Mesh-type

Shell-mesh voor alle drie onderzoeken. Shell-dikte = 0,06 m – Thin shell-formulering.

Materiaaleigenschappen

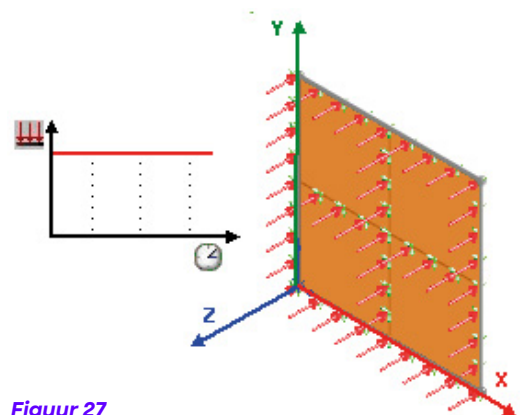
Linear Elastic Isotropic. Elasticiteitsmodulus (E) = 2×10^{11} N/m², Massadichtheid (ρ) = 8000 Kg/m³, Poisson-factor (ν) = 0,3.

Belasting

Plotseling toegepaste normale drukbelasting van 100 N/m² op het hele vlak. Horizontale as is tijd (sec) en verticale as is druk (N/m²).

Dynamische opties

- Aantal modusvormen = 16
- Oplossingstijd = 1,2 sec
- Tijdstap = 0,002 sec



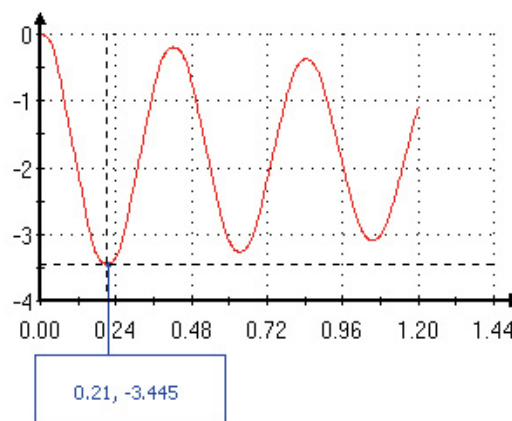
Figuur 27

Damping

- Modale-damping: 2% van kritieke damping voor alle 16 modi
- Rayleigh-damping: Massacoefficient $\alpha_0 = 0,299$, Stijfheidscoëfficiënt $\alpha_1 = 1,339 \times 10^3$.

Resultaten

De responsgrafieken UZ-verplaatsing en buigspanning in het midden van de plaat komen overeen met de analytische resultaten. De grafiek illustreert de tijdgeschiedenis van de UZ-verplaatsing in het midden van de plaat. Horizontale as is tijd (sec) en verticale as is UZ (mm).



Figuur 28

SOLIDWORKS Simulation

	Referentie	Modale_damping	Kayleigh-damping
Maximale UZ-verplaatsing in het midden	3,523 mm (t = 0,21 sec)	3,445 mm (t = 0,21 sec)	3.457 mm (t = 0,21 sec)
Maximale buigspanning in het midden	2,484 N/mm ²	2,360 N/mm ²	2,296 N/mm ²
Verplaatsing in stabiele toestand in het midden	1,817 mm	1,775 mm	1,775 mm

Referentie

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

Nauwkeurigheid SOLIDWORKS Simulation benutten om innovatie te bevorderen

Inzicht verkrijgen in hoe een ontwerp zal presteren binnen de feitelijke gebruiksomgeving kan u helpen om innovatieve productontwerpen efficiënter en kosteneffectiever te maken. Met de SOLIDWORKS Simulation-oplossing kunt u een reeks analyses uitvoeren om nauwkeurige informatie over ontwerpprestaties te verkrijgen direct binnen uw SOLIDWORKS CADmodelleeromgeving, zonder uw toevlucht te hoeven nemen tot kostbare, langdurige testcycli voor het testen van prototypen.

Het gebruik van SOLIDWORKS Simulation-oplossingen stelt u in staat om de productiviteit te verhogen, kosten te beheersen, productieproblemen te elimineren, prestatieproblemen te minimaliseren, vertrouwen in het ontwerp te vergroten en effectiever samen te werken. U kunt nauwkeurige SOLIDWORKS Simulation-resultaten gebruiken om belangrijke ontwerpbeslissingen te nemen die leiden tot kwalitatief betere en meer innovatieve producten, kortere time-to-market en lagere kosten.

Ga voor meer informatie over hoe krachtige, nauwkeurige SOLIDWORKS Simulation-oplossingen uw ontwikkelingsproces kunnen verbeteren naar www.solidworks.com/simulation of bel naar **+31 (0)418-510 557** voor Nederland of **+32 (0)53-608 138** voor België.



Contactgegevens

Wil je graag meer weten over 3D metaalprinten en hoe je dat combineert met SOLIDWORKS, neem dan contact op met:

Dennie Rijk

✉ dennie.rijk@visiativ.com

☎ +31 (0)6 24 15 78 16

Algemene contactgegevens

Visiativ Benelux

Dimensions Group B.V.

Hogeweg 133

5301 LL Zaltbommel

☎ +31 (0)418 – 510557

✉ info.benelux.3dprinting@visiativ.com

🌐 webshop.visiativ.nl