

FEM

Historie en een Cryogene toepassing

Presentation by
Helger van Halewijn



Introductie

- Eindige elementen methoden.
- Oorspronkelijk ontworpen om stress te berekenen in balk constructies.
- De methode is een benadering van de oplossing. Geen exacte (wiskundige) oplossing.

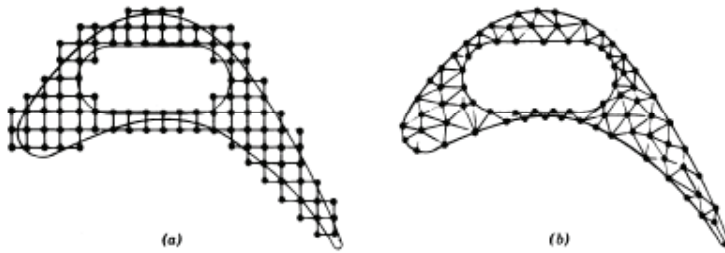
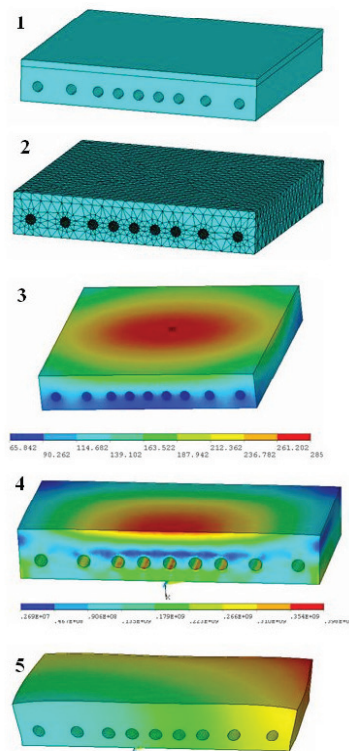


Figure 1.1 (a) Finite difference and (b) finite element discretizations of a turbine blade profile.

- Finite difference methode, “simpele geometrie”
- Finite element method, “complexe geometrie”
 - Daarom zo populair.

Overzicht basis stappen.

1. Geometrie tekenen
2. Ken het type berekening toe (Physics)
3. Definieer de rand voorwaarden
4. Mesh de geometrie
5. Kies een solver, stationair, time dependent, iteratief, direct etc.
6. Solve (Soms uren)
7. Maak Grafieken en of 3D figuren.
8. Speciale berekeningen op basis van de oplossing.



Een beetje geschiedenis

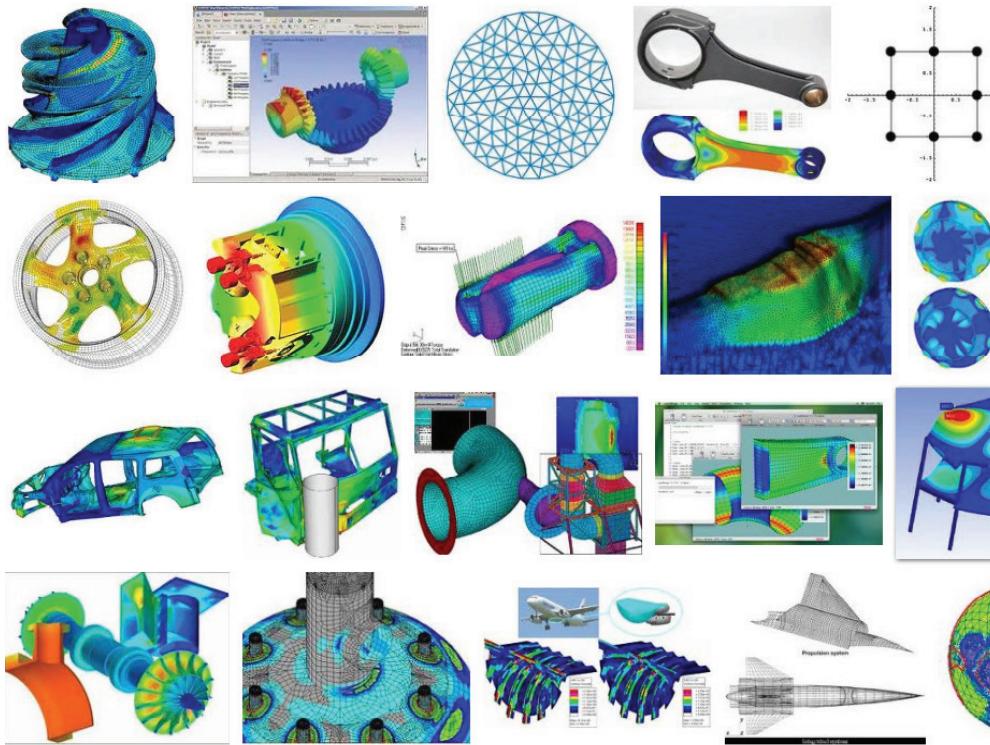
- 1960, finite element method.
- Wie heeft de methode uitgevonden?
Wiskundige, natuurkundige, engineer.
- 1943 Courant. Wiskundig, St Venant torsion
- 1959 Greenstadt, methode van cellen.

- Begin jaren 60, ruimtevaart

Ontwikkeling in een notepad

- 1974, 10 boeken bekend op het gebied van FEM.
- 1982, 40 boeken.
- 1991, 400 boeken.
- 2010, Google 12,2 miljoen hits.

Google, de eerste 2,8 miljoen pictures maandag 27 september 2010



30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Multi-physics

- Koppeling van fysische velden:
- Mechanica en temperatuur.
- Joule heating.

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Multifield modeling

- Thermoelectricity Seebeck 1821
 - $E=Q \cdot \nabla T$
- Thermoelectricity Peltier 1834
- Duhamel formulation of multifield equations (no coupling)
- 1 Multifield formulation of deformable media
 - Navier >>> Navier-Stokes incompressible 1821
 - Viscous fluids 1822
- 2 Multifield formulation Maxwell
 - Electrodynamics 1864 - 1879.

Multifield modeling

- Multifield formulation heat conduction with strain 1910
- Coupled thermoelasticity 1956, Biot.
- From 1950 on:

Two field modeling:

- Thermoelasticity
- Electroelasticity
- Magnetoelasticity
- Piezoelasticity

Three field modeling

- Magnetothermoelasticity
- Thermoelectroelasticity
- Hygrothermoelasticity

Four field modeling

- Electromagnetic thermoelasticity

Five field modeling

- Electromagnetic hygrothermoelasticity

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Domains, Boundaries,

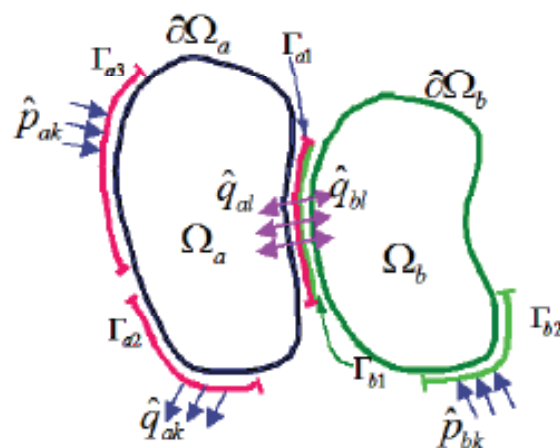


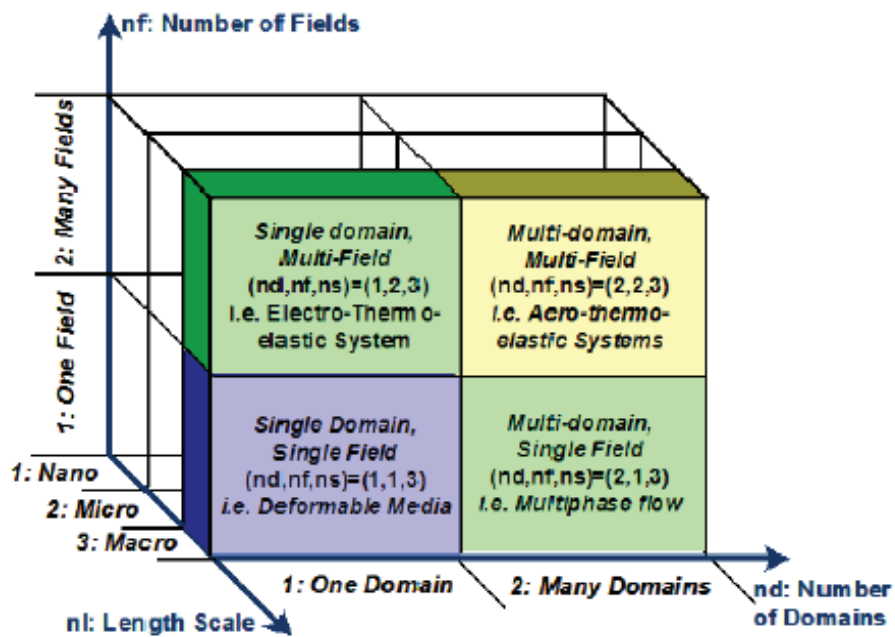
Figure 2: Interacting multi-domain and multi-field continuum systems idealization.

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Multiphysics space



30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Cryo toepassing

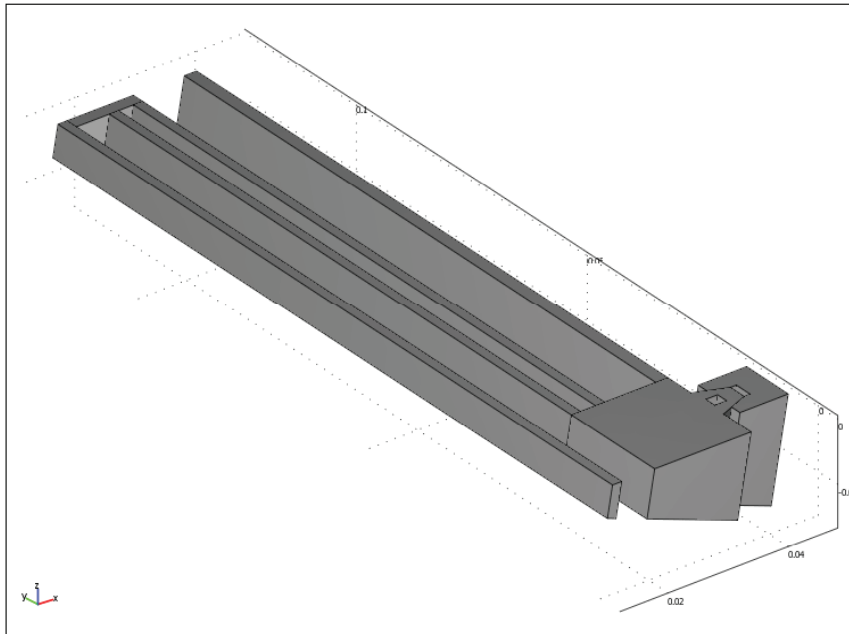
- De vraag was:
- Bij welke temperatuur gaat het inwendige van een RVS buis stuk (“scheurt”) bij plotselinge blootstelling aan 20 K H₂?
- Bij welke temperatuur, en gegeven maten van de buis?
 - Gegevens van α , λ en C_p als functie van T zijn bekend.

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Overzicht Johnston koppeling

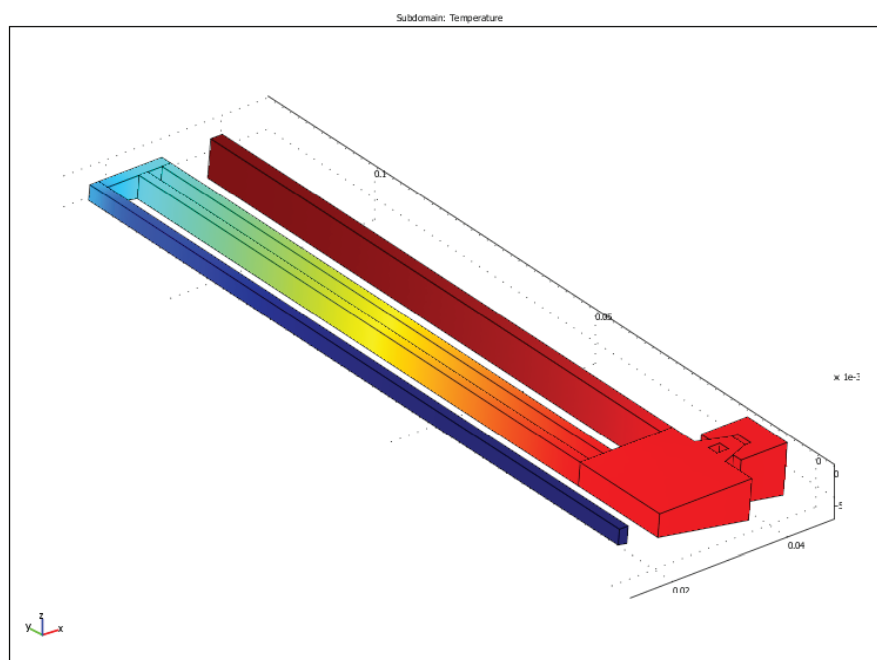


30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Temperatuur profiel

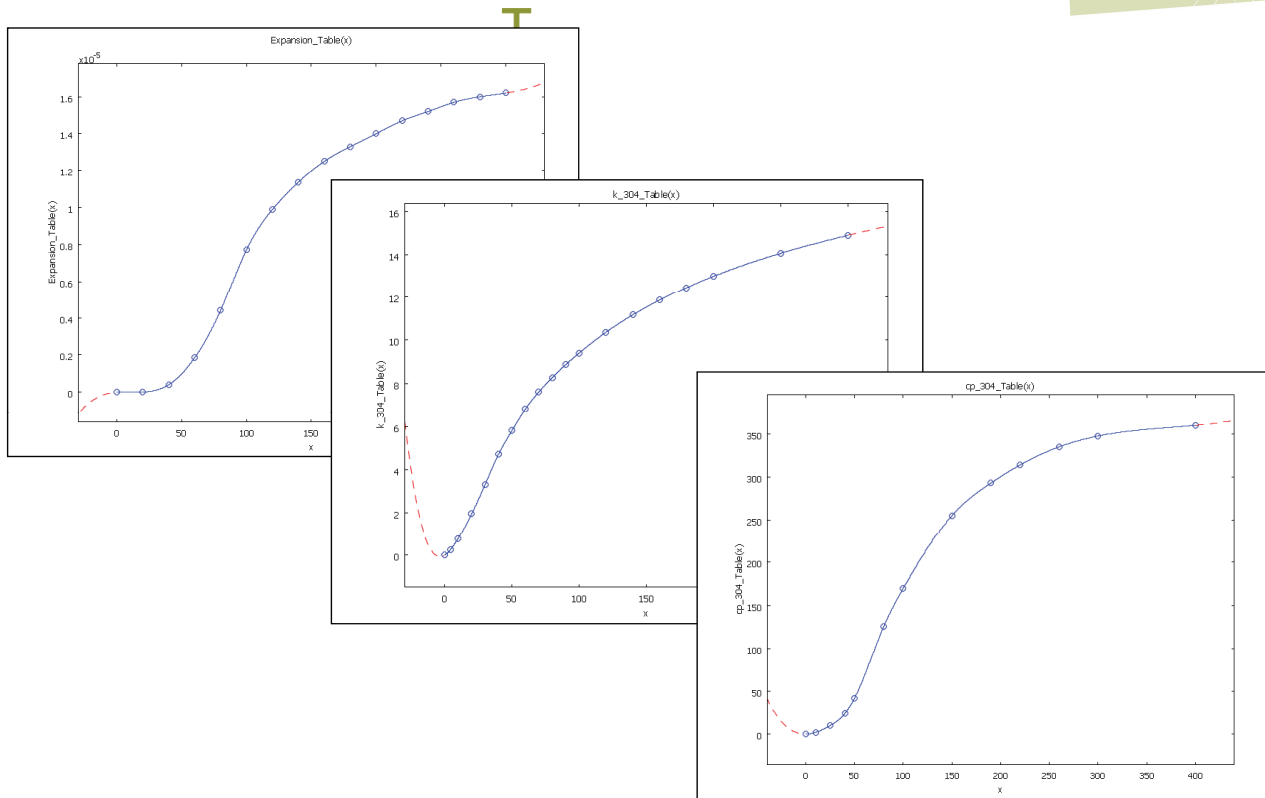


30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Uizetting, warmtegeleiding, warmtecapaciteit

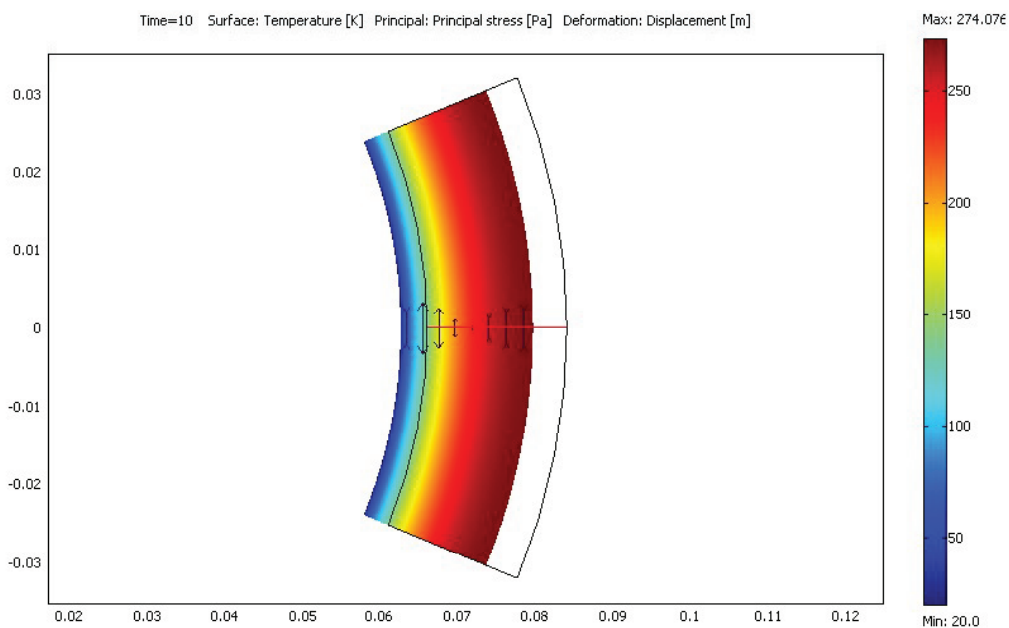


30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Effect inwendige buis

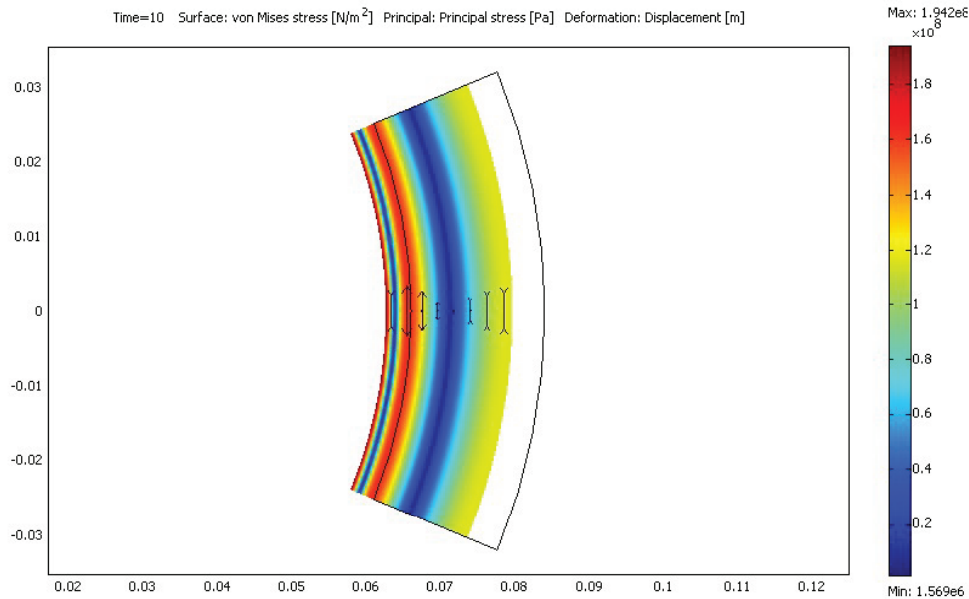


30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Stress inwendige buis.

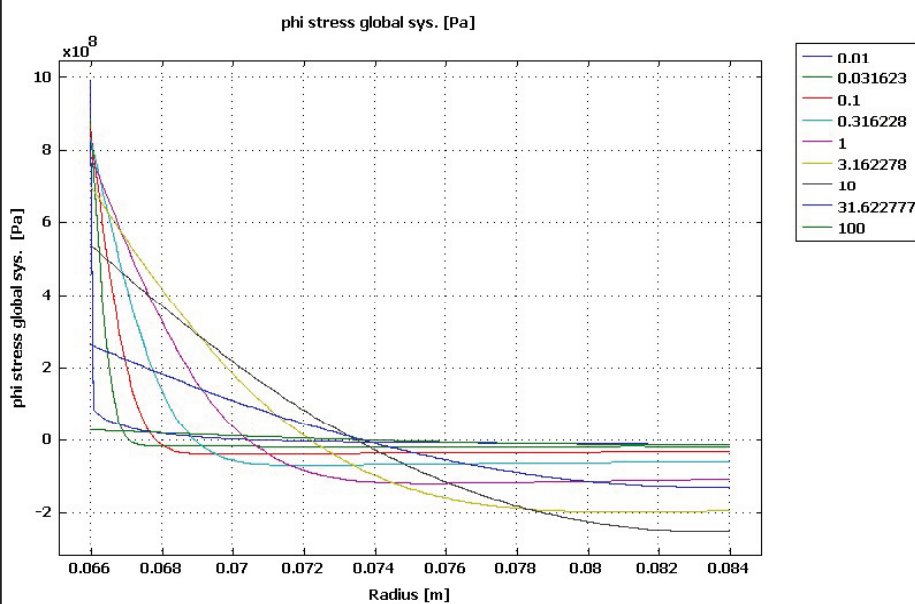


30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Material parameters constant



- Max stress $8.5 \cdot 10^8$ Pa

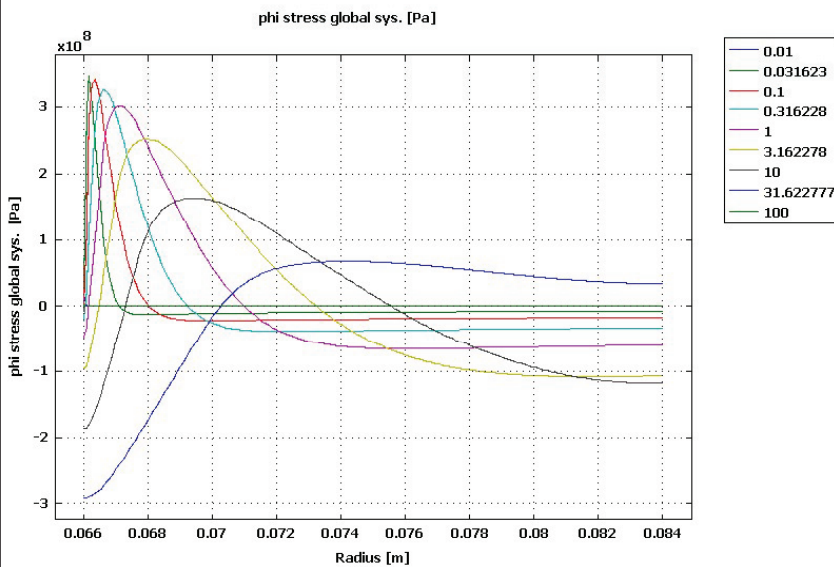
- Tensile strength 10^9 Pa

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

Materiaal parameters afhankelijk van T



- $C_p(T)$
- $\lambda(T)$
- $\alpha(T)$
- Max stress $3.5 \cdot 10^8$ Pa

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS


Kracht van FEM

- Niet lineair materiaal gedrag wordt gewoon doorgerekend.
- Uiteraard moeten rvw en andere instellingen juist zijn.
- Resultaat was contra intuïtief!
Of was de vraagstelling fout?
- Testen leverden een goed resultaat op.

30-09-2010

Mikrocentrum

physixfactor
R&D SOLUTIONS

- 
- Geschiedenis,
 - Opstapje FEM,

 - Vandaag zijn er allerlei sprekers uit vele disciplines van FEM.

 - Graag uw aandacht daarvoor!

 - Dank voor uw aandacht.