

A 3D finite element analysis (FEA) simulation of a mechanical part, likely a bracket or arm. The part is shown in a dark grey color with a green and yellow stress distribution on its internal surface. The background is a blue gradient with a wireframe mesh of a sphere and other mechanical components, suggesting a simulation environment.

Modelovanje i simulacija procesa deformisanja

Nastavnik:

Doc. dr Mladomir Milutinović

Asistent:

Mr Dejan Movrin



METODA KONAČNIH ELEMENATA

Suština aproksimacije kontinuuma po MKE se sastoji u sledećem:

- Posmatrani domen kontinuuma se deli na poddomene konačnih dimenzija koji se nazivaju **konačnim elementima** i zajedno čine mrežu konačnih elemenata:
- Konačni elementi su međusobno povezani u konačnom broju tačaka koje se nalaze na konturi elemenata i nazivaju se **čvorovi**
- Stanje promenljive polja u svakom konačnom elementu se opisuje pomoću **interpolacionih funkcija** (ili funkcija oblika)
- Interpolacione funkcije su unapred zadate funkcije za jedan tip KE i predstavljaju vezu između vrednosti promenljive polja u bilo kojoj tački KE i vrednosti promenljive polja u čvorovima .



METODA KONAČNIH ELEMENATA

Procedura rešavanja problema metodom konačnih elemenata sastoji se iz pet specifičnih koraka:

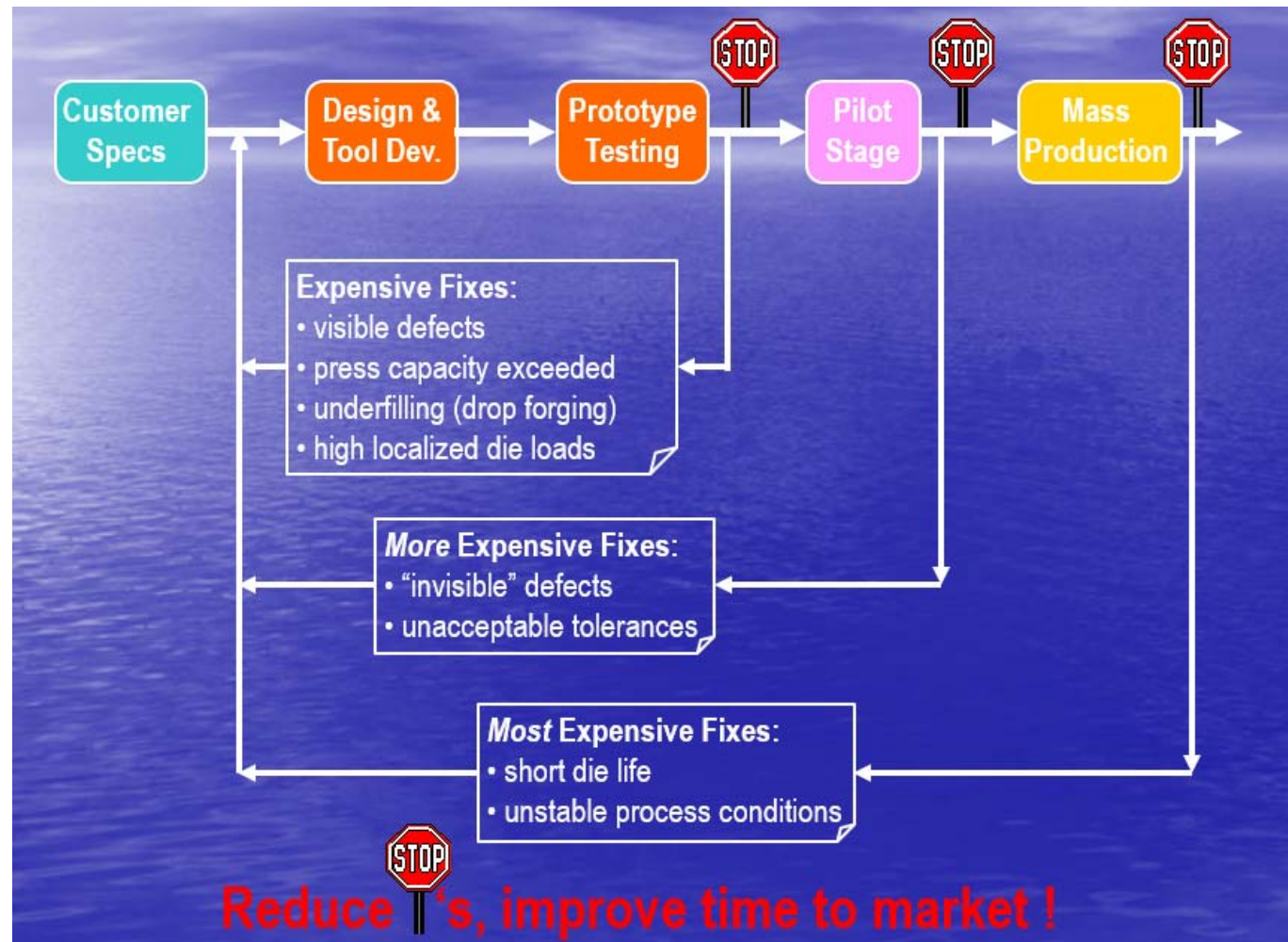
1. Identifikacija problema
2. Definisanje elemenata
3. Formiranje jednačina za element
4. Povezivanje jednačina elemenata
5. Numeričko rešavanje globalnih jednačina



- Why Forging Simulation?

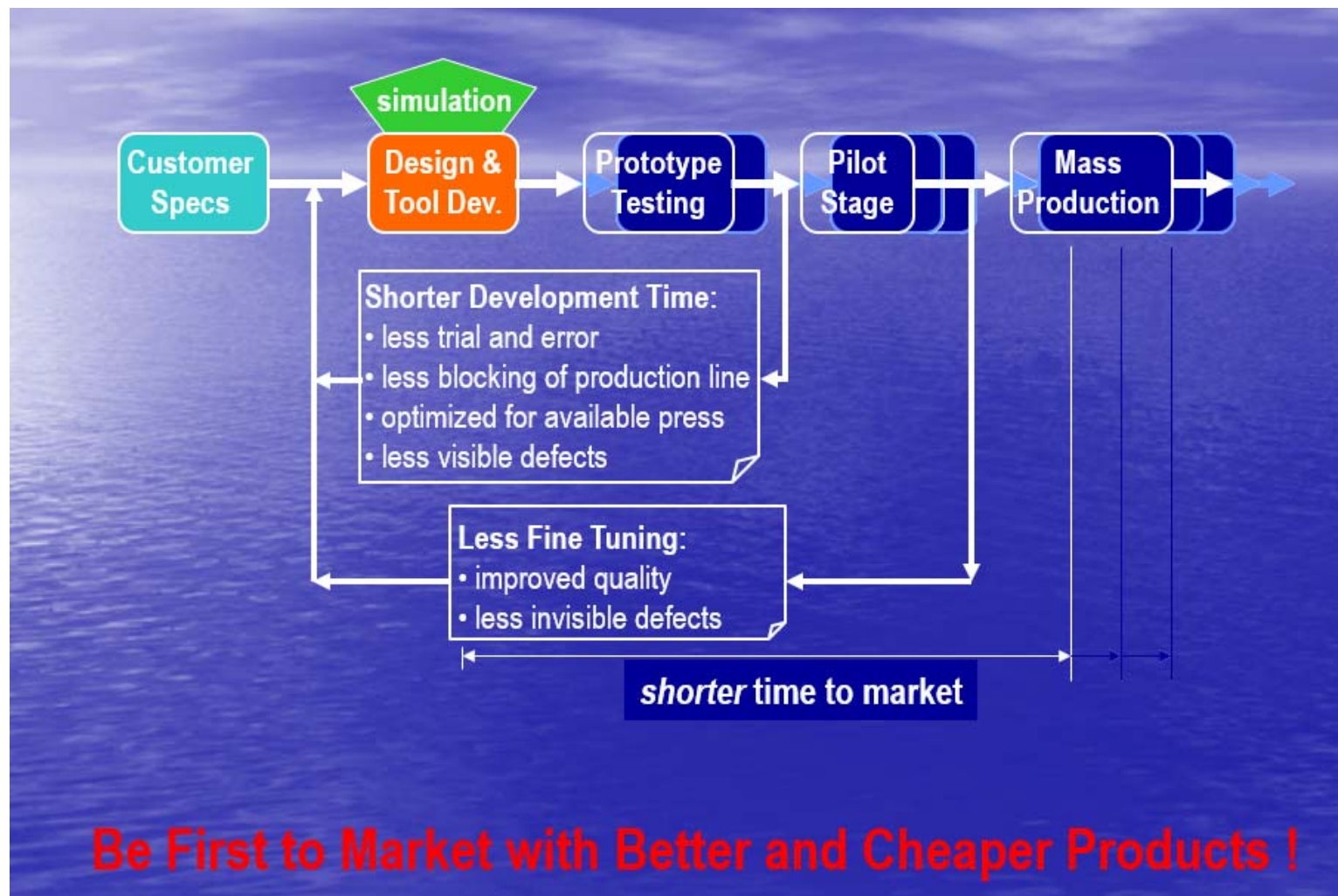


Conventional Product Development



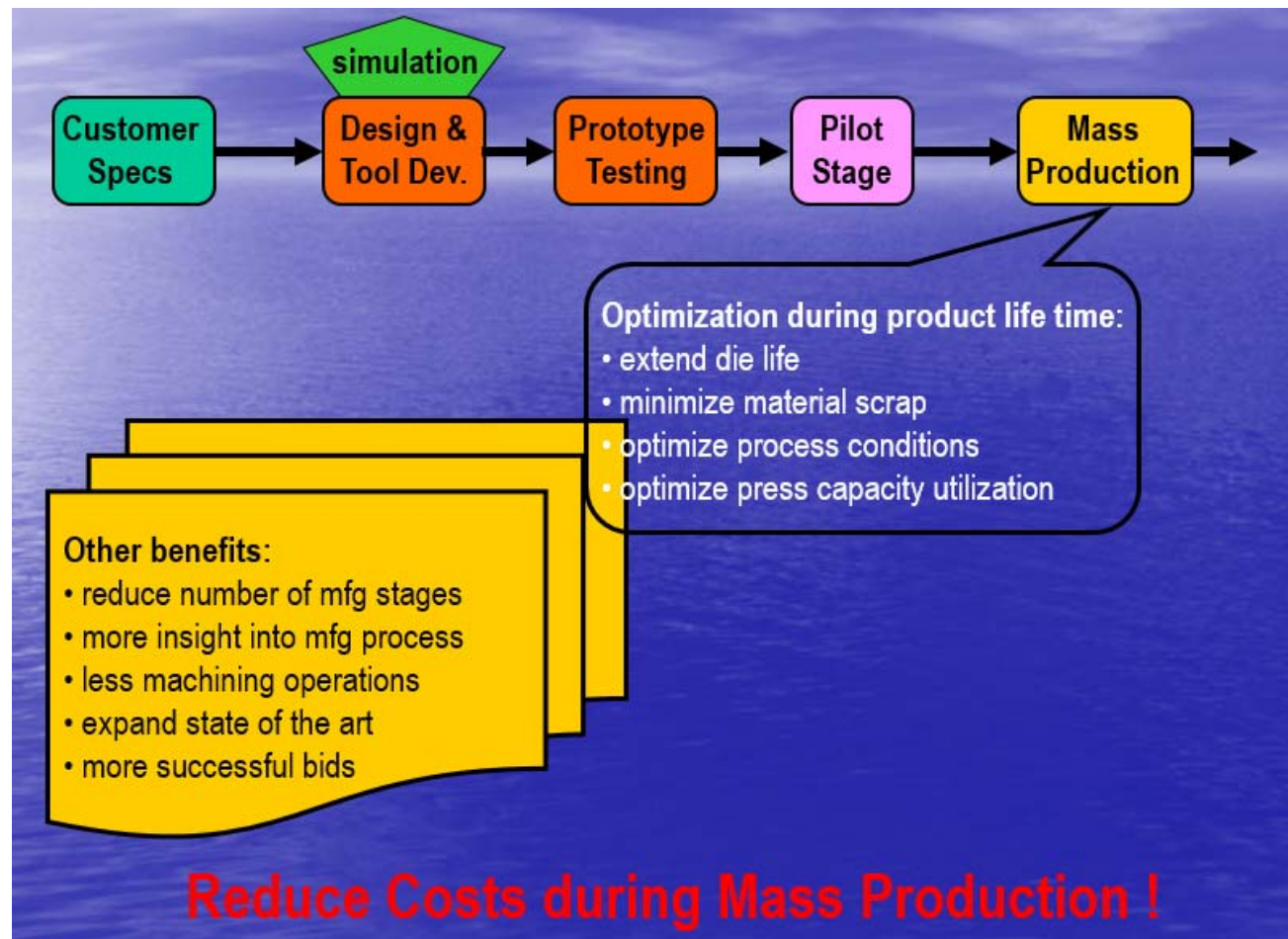


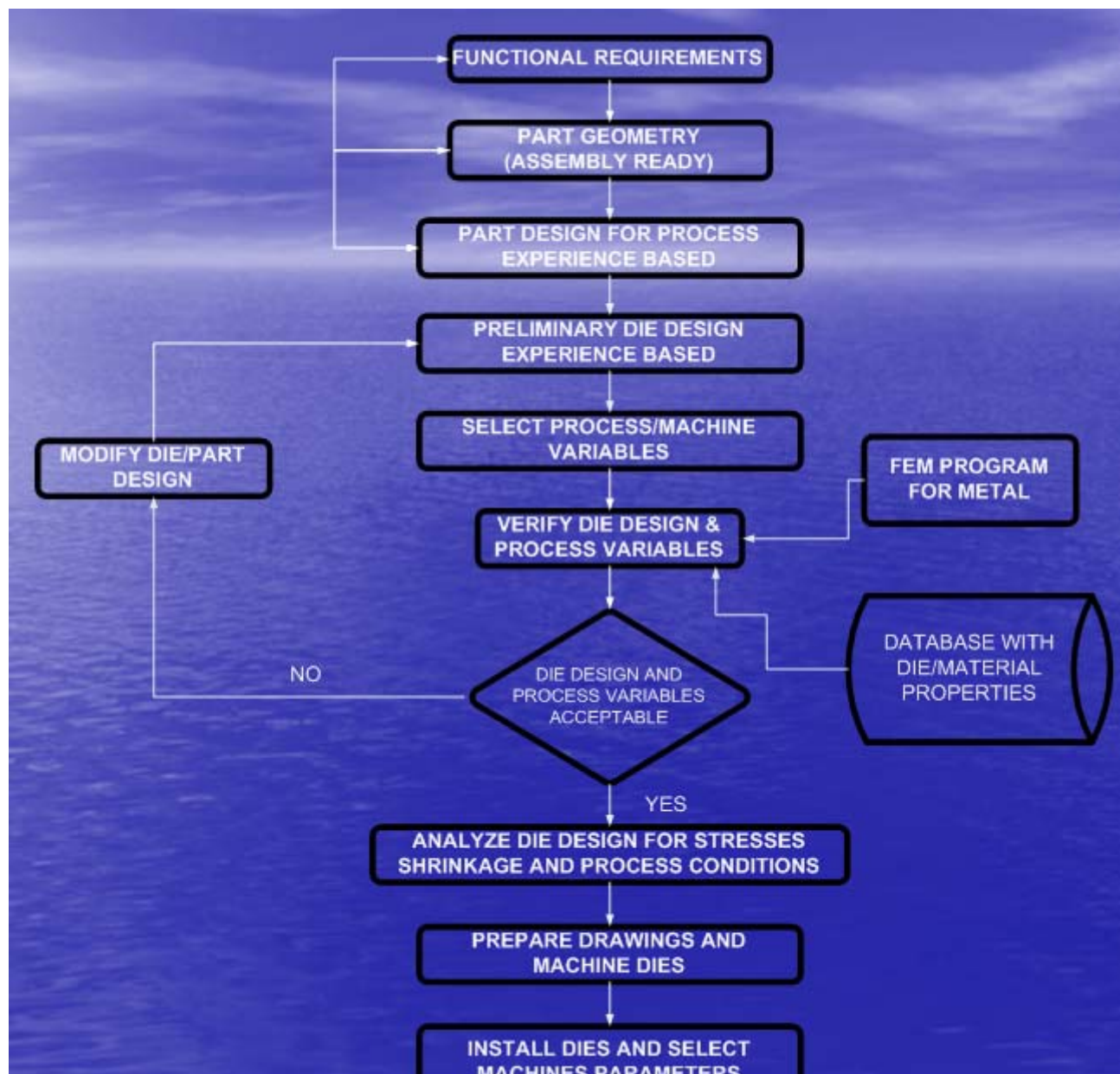
Simulation-Aided Product Development





Additional Benefits of Simulation







Why Simulation

- Reduce Time to Market
- Reduce Cost of Tool Development
- Predict Influence of Process Parameters
- Reduce Productions Cost
- Improve Product Quality
- Better Understanding of Material Behavior
- Reduce Material Waste



Manufacturing Results

- Accurately predict the material flow
- Determine degree of filling of the swage or die
- Accurate assessment of net shape
- Predict if laps or other defects exist
- Determine the stresses, temperatures, and residual stresses in the work piece.
- Determine optimal shape of preform



Material Behavior

- Determine material properties such as grain size
- Determine local hardness
- Predict material damage
- Predict phase changes and composition
- Simulate the influence of material selection



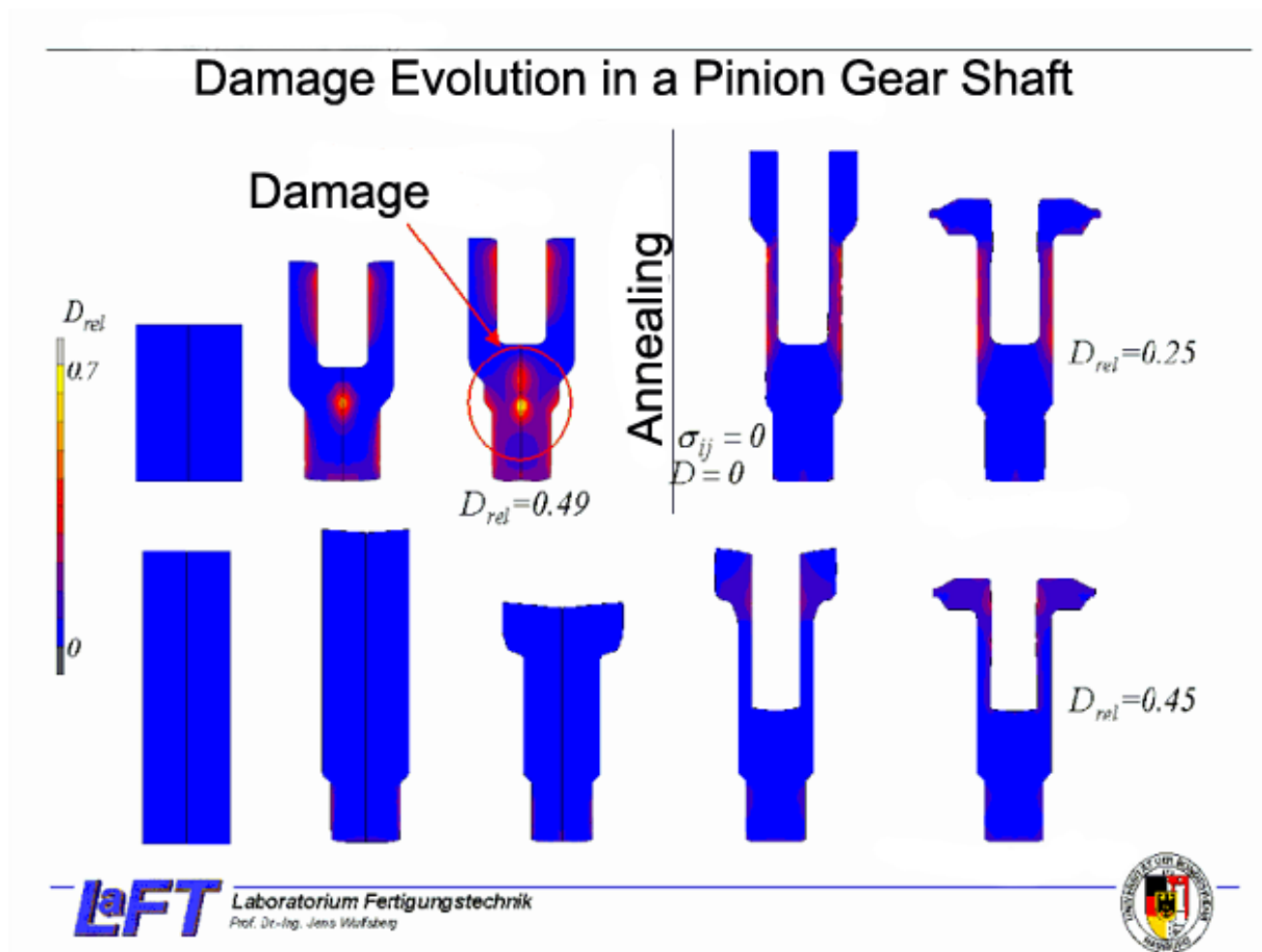
Tool Results

- Determine the forming loads
- Determine the stresses in the tools
- Evaluate tool wear or fatigue
- Simulate the influence of lubrication
- Optimize multi-tool process



Simulation allows you to capture behavior that can not be readily measured – providing deeper insight into your manufacturing processes

Damage Prediction - Chevroning



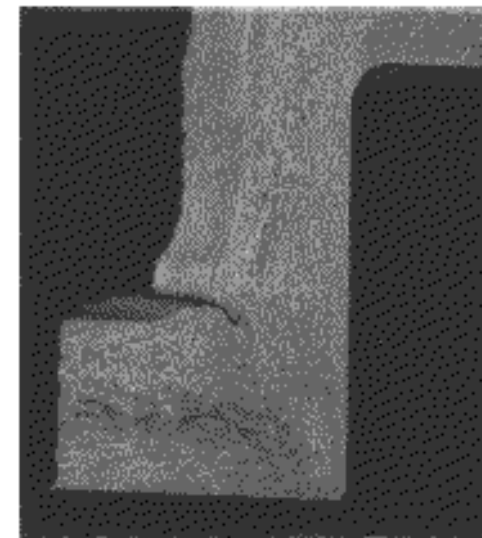
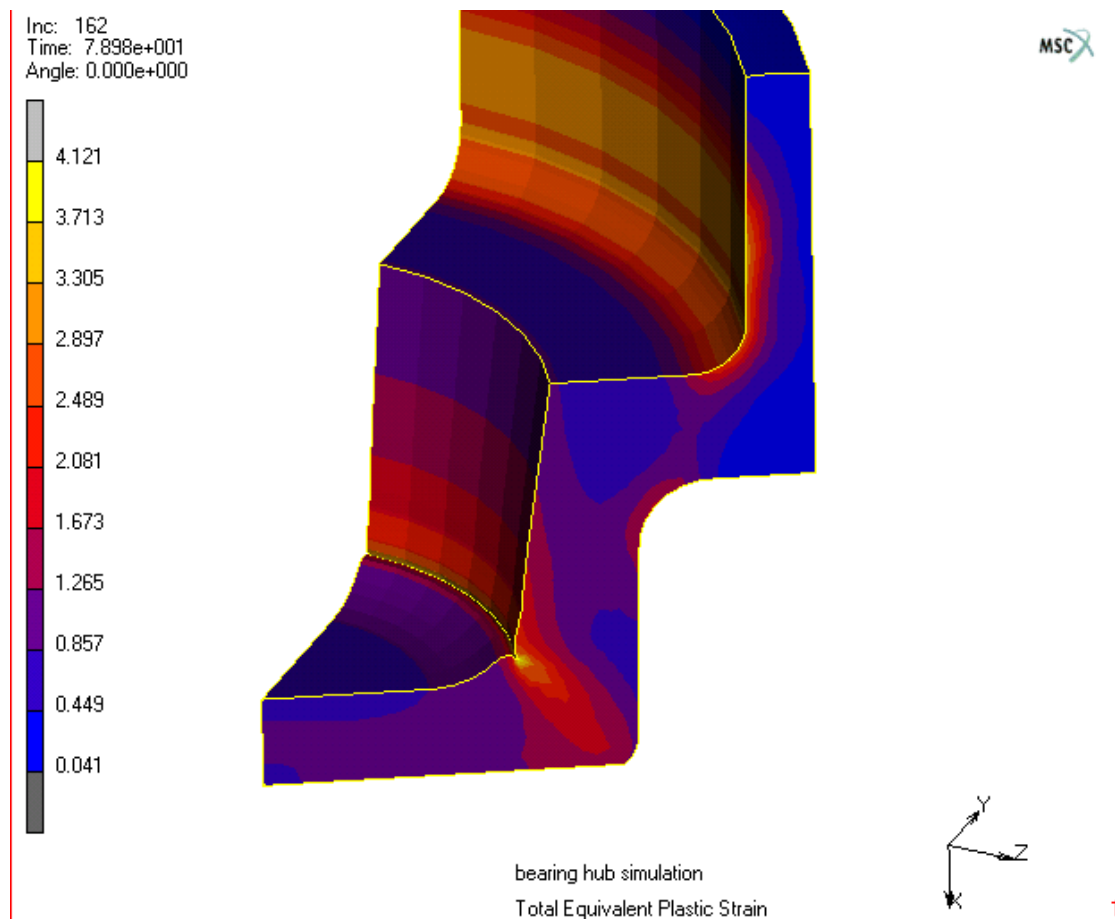
Multi-stage

Hydraulic Press
 with Annealing

Transfer Press



Possible forming of laps and its prediction through simulation technique





Kinematics

- Placing the workpiece
- Closing the tools
- Forming process
- Removal of the tools
- Extraction of the workpiece
 - Including spring-back
- Subsequent cool-down



Flexible Tool Definition

- Rigid Tools
- Deformable
- Direct CAD NURB Description



Material Models

- Elastic Plastic
- Rigid Plastic
- Material Database
- Isotropic hardening
- Cowper-Symonds
- Power Laws
- Johnson-Cook
- Kumar
- Grain Size Prediction
- Phase Changes



Effects of Elasticity

- Elasticity of Tools
- Prestressed Dies
- Residual Stresses
- Behavior of part during ejection or removal
- Determination of tolerances



Friction

- Friction Influences:
 - load and energy requirements
 - metal flow
 - pressure distribution
 - die wear
- Friction Models
 - Coulomb friction
 - plastic shear friction
 - combination
- User-extendable Database



Visualization

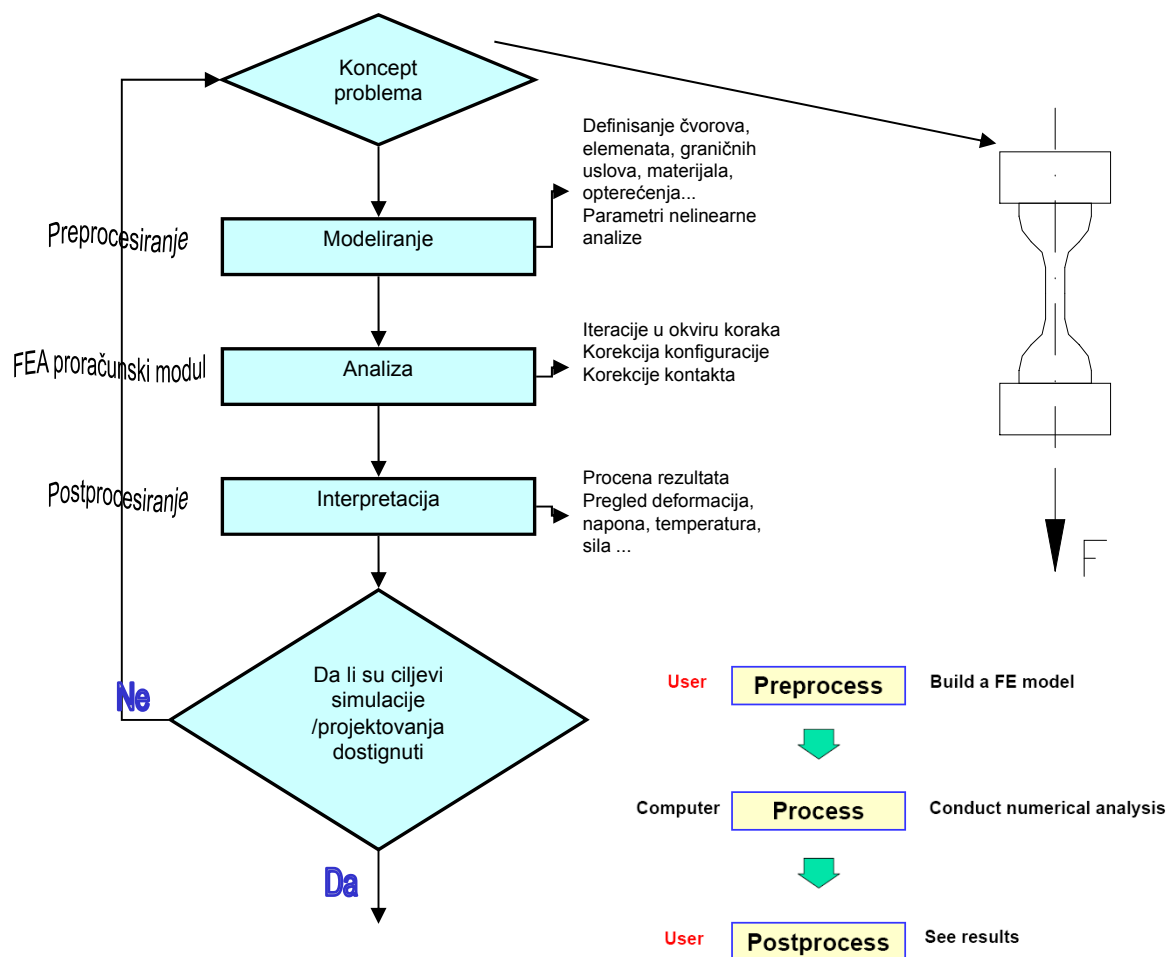
- Tracking of Material Particles
- Flow Line Images
- Time History of Tool Forces
- Deformation of Workpiece
- Contour Plots of all Quantities



METODA KONAČNIH ELEMENATA

Standardna procedura:

1. Definisanje geometrije
(3D CAD model dela, alata, mašine, sistema...)
2. Modelovanje procesa
(materijal, opterećenje, granični uslovi, temperatura, trenje....)
3. Kreiranje mreže konačnih elementa (mesh, remash itd)
4. Algoritam proračuna
(solver)
5. Vizualizacija rešenja i interpretacija rezultata





METODA KONAČNIH ELEMENATA

Priprema analize ili predprocesiranje je najvažnija i najdugotrajnija faza u procesu analize MKE. Kvalitet operacija modeliranja obavljenih u ovoj fazi u velikoj meri utiče na kvalitet rezultata analize.

Ulaz: Geometrijski i negeometrijski podaci o strukturi

Uticaji: Specifikacija, principi, ograničenja ...

Izlaz: Idealizovani i diskretizovani model

Kao izlaz iz faze preprocesiranja imamo
idealizovani i diskretizovani model.

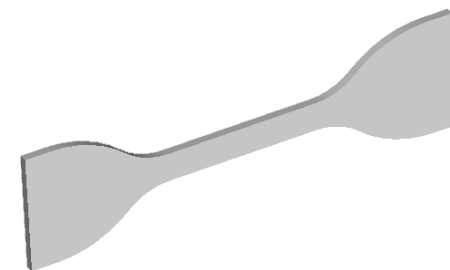


METODA KONAČNIH ELEMENATA

1. Idealizacija

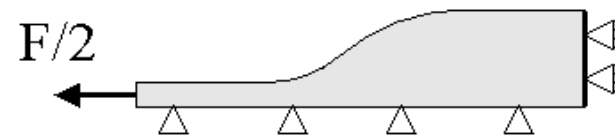
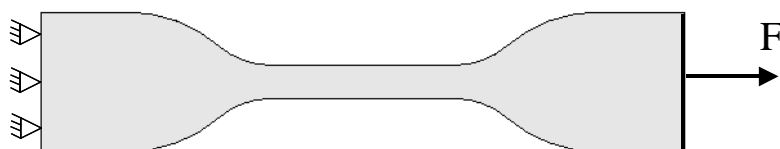
a) Asimilacija modela

- Izbor geometrijskog modela (koja verzija je aktuelna)
- Transformacija modela (u odgovarajući format primeren MKE programu)



b) Atributacija

- Pridruživanje materijala (preko modula elastičnosti, Poasonovog koef., krive napon-deformacija itd.)
- Pridruživanje opterećenja (pritisci, sile, toplotni fluks itd.)
- Pridruživanje graničnih uslova (uklještenja, pokretni oslonci, temperatura, itd.)

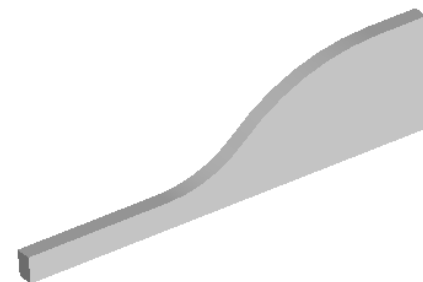




METODA KONAČNIH ELEMENATA

c) Apstrakcija

- Uklanjanje detalja (oborene ivice, otvori, žljebovi na nekritičnim mestima)
- Prepoznavanje simetrije (potpuna ili delimična simetrija geometrije i atributa)
- Redukcija modela (3D \rightarrow 2D, odbacivanje simetričnih delova, izvlačenje elemenata koji se periodično ponavljaju ...). Pri definisanju graničnih uslova koji odgovaraju simetriji, u čvorovima koji leže na ravni simetrije treba dozvoliti samo translacije u ravni simetrije i rotaciju oko ose normalne na tu ravan.
- Dalja uprošćenja

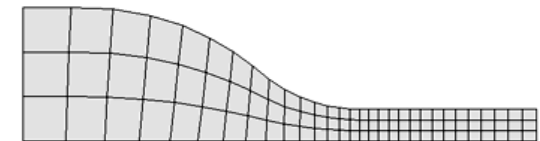
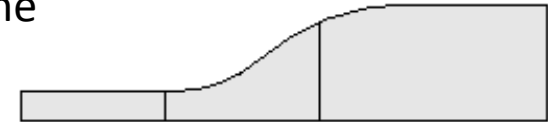




METODA KONAČNIH ELEMENATA

2. Diskretizacija

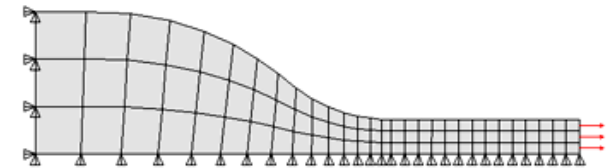
- a) Zoniranje (ciljevi: izrada pravilne mreže, kontrola veličine elemenata, podstruktuiranje)
- Identifikacija potencijalnih zona
 - Definisanje karakterističnih zona (zajedno sa gustinom ili lokacijama čvorova, tipovima elemenata)
 - Podela strukture na zone
- b) Generisanje mreže (automatski - po zonama, ili ručno)
- c) Ocena oblika mreže (od strane programa, u toku generacije mreže ili na zahtev)



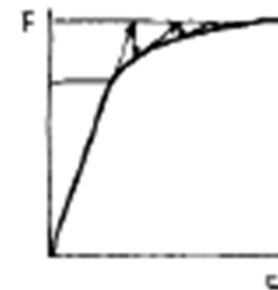
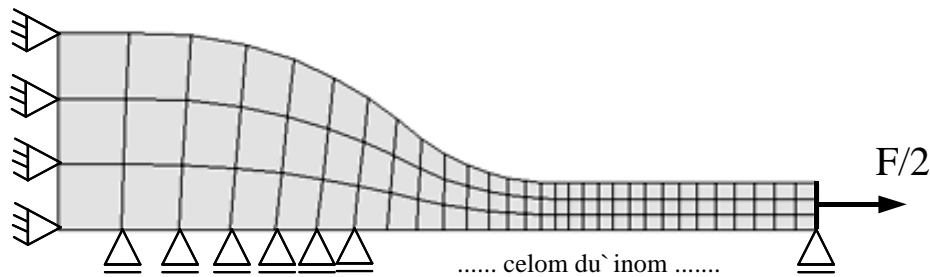


METODA KONAČNIH ELEMENATA

- f) Diskretizacija atributa (prebacivanje opterećenja, graničnih uslova i materijala sa geometrije na konačne elemente - programski ili ručno)



- g) Generisanje ulaznih podataka (program)





METODA KONAČNIH ELEMENATA

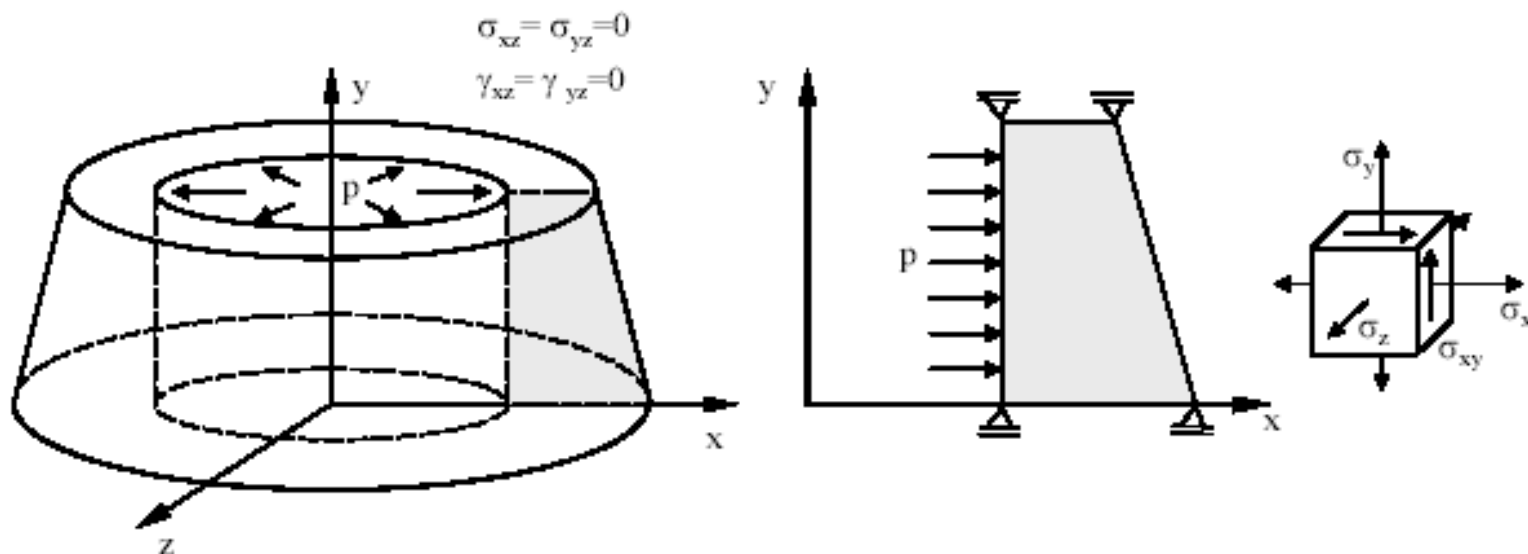
SPECIJALNI SLUČAJEVI 3D NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA

Za potrebe analize MKE, posebno su značajni specijalni slučajevi prostornog (3D) naponsko-deformacionog stanja, za koje se model koji se analizira može prikazati u ravni, kao dvodimenzionalan (2D). Analizom dvodimenzionalnog modela, pre svega se postiže ušteda u potrebnom vremenu rada računara, tako što se smanjuje veličina matrice krutosti, tj. broj jednačina sistema koji treba da se reši. Ovi specijalni slučajevi su:

1. Osnosimetrično stanje deformacije
2. Ravno stanje deformacije
3. Ravano stanje napona



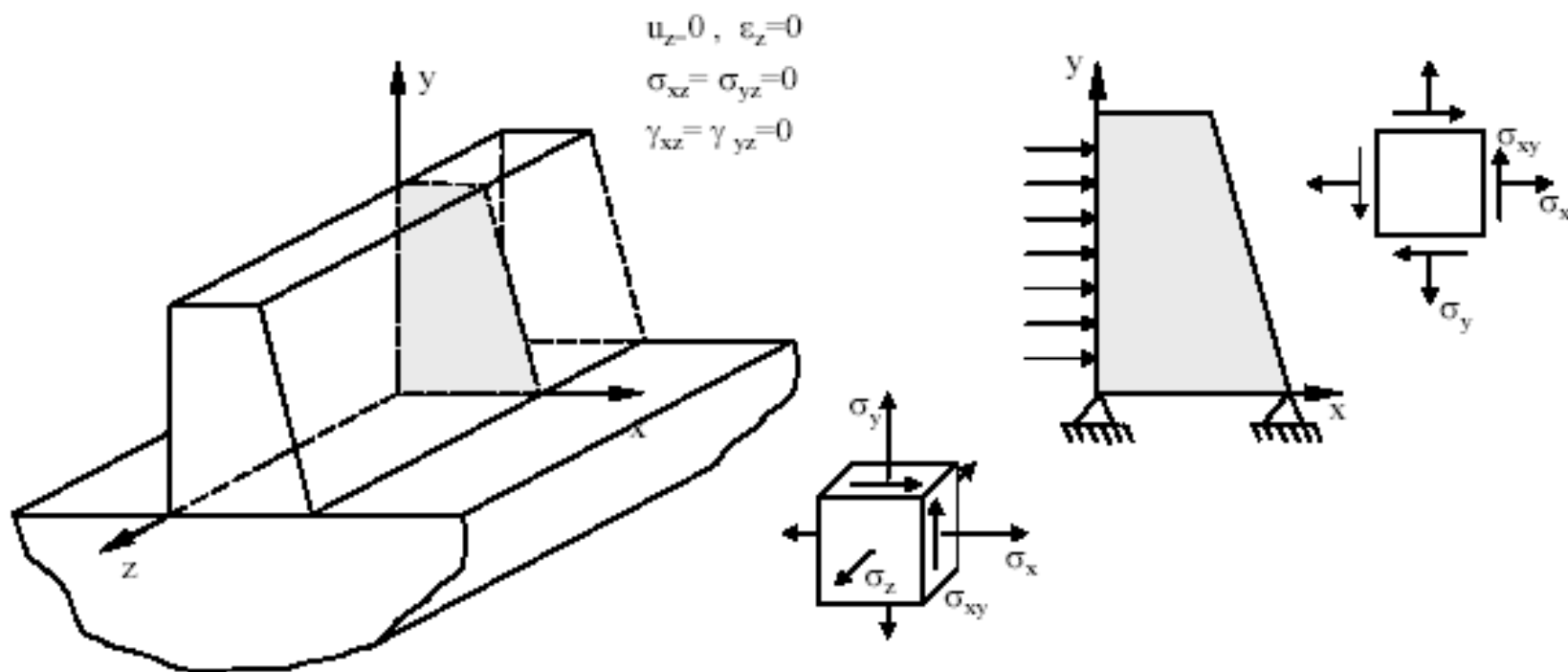
SPECIJALNI SLUČAJEVI 3D NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA



Osnosimetrično stanje deformacije



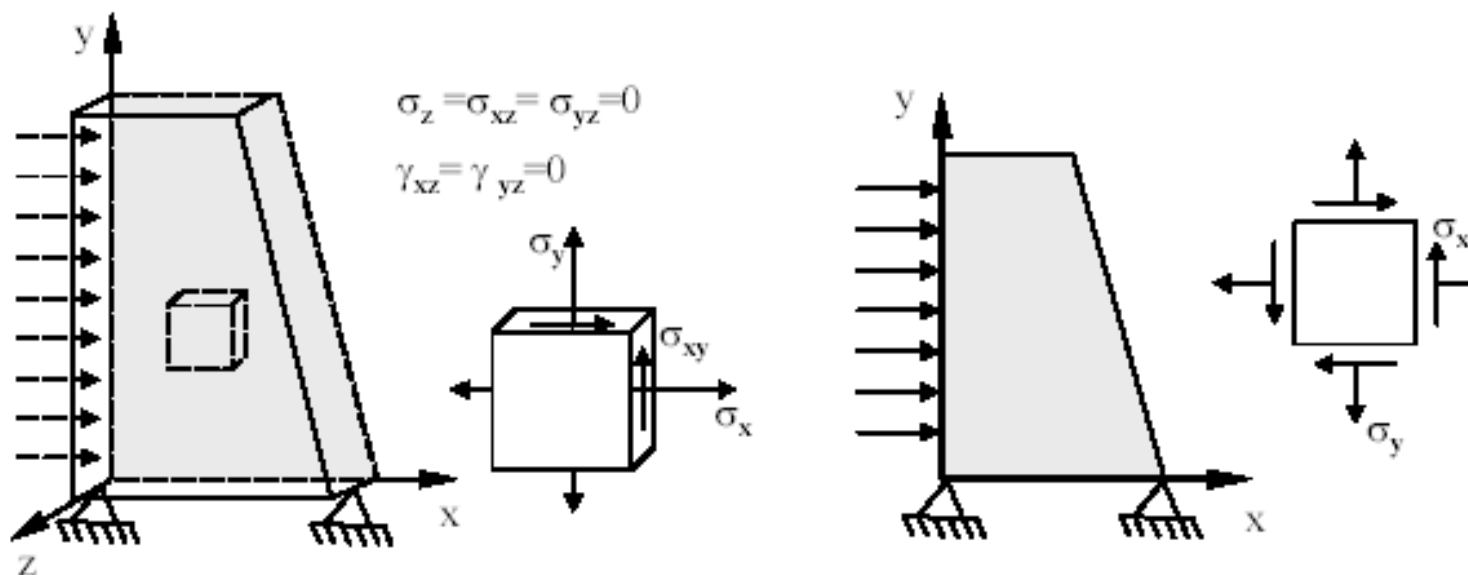
SPECIJALNI SLUČAJEVI 3D NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA



Ravansko deformaciono stanje



SPECIJALNI SLUČAJEVI 3D NAPONSKO-DEFORMACIONOG STANJA



Ravansko naponsko stanje



TIPOVI KONAČNIH ELEMENATA

Izbor tipa konačnog elementa je jedan od najvažnijih koraka u primeni metoda konačnih elemenata. Pravilan izbor je veoma važan za dobijanje tačnih rezultata.

Osnovne osobine konačnih elemenata su:

- oblik
- broj i vrsta čvorova
- broj i vrsta stepeni slobode u pojedinim čvorovima i
- vrsta interpolacionih funkcija.

Bez bilo kog od ovih parametara, konačni element nije potpuno definisan. S obzirom na njihov oblik, elementi mogu biti sa pravolinijskim i sa krivolinijskim konturama. Bitna je podela na:

- linijske
- ravanske i
- prostorne



INTERPOLACIONE FUNKCIJE

Funkcije pomoću kojih se predstavlja polje promenljivih u elementu, nazivaju se **interpolacione funkcije, funkcije oblika ili aproksimativne funkcije.**

Pomoću interpolacionih funkcija se uspostavlja neposredna veza između vrednosti funkcije u bilo kojoj tački elementa i osnovnih nepoznatih parametara u čvorovima.

Vrednost funkcije u nekoj tački se interpolira između njenih vrednosti u čvorovima.

Pomoću ovih funkcija određena je samo kvalitativno promena funkcije u elementu, što znači da je definisan samo njen oblik dok je intenzitet te promene određen vrednostima parametara u čvorovima.

Od izbora interpolacionih funkcija zavisi ispunjenje kontinuiteta između pojedinih elemenata.

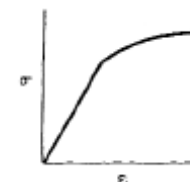
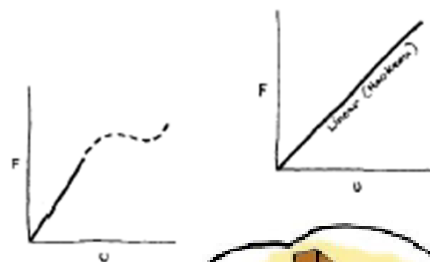
U MKE se uglavnom koriste polinomi kao interpolacione funkcije i to: **Lagrange-ovi polinomi, Serendipitz funkcije i Hermite-ovi polinomi.**



NELINARNA ANALIZA

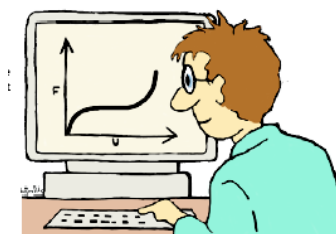
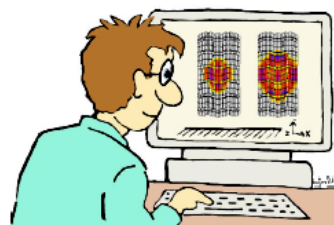
Veći deo realnih problema je nelinearan. Ova nelinearnost nastaje kao posledica nelinearnih karakteristika:

- geometrije
- graničnih uslova
- materijala

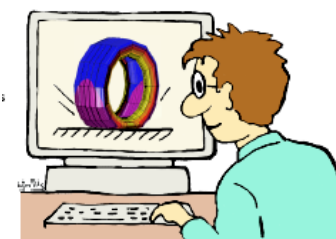


Nelinearnost materijala

geometrijska
nelinearnost



nelinearnost
graničnih
uslova





OBRADA DEFORMISANJEM I MKE

U analizi procesa obrade deformisanjem zbog zanemarivanja elastičnih deformacija prihvatljiva je idealizacija ponašanja materijala kao kruto-plastičan, odnosno kruto-viskoplastičan. Analize bazirane na ovakvoj pretpostavci su poznate kao formulacije tečenja (*flow formulation*).

U drugim vrstama primene, npr. strukturnoj analizi konstrukcija, zanemarivanja elastičnih deformacija se ne mogu primeniti. To je tzv. formulacija čvrstog tela (*solid formulation*), gde se ponašanje materijala opisuje kao elasto-plastično ili elasto-viskoplastično.



OBRADA DEFORMISANJEM I MKE

- Primena metode konačnih elemenata u problemima obrade deformisanjem počela je proširenjem tehnike strukturne analize na oblast plastičnih deformacija.
- Tako je rana primena metode bazirala na matrici napon-plastična deformacija razvijenoj na osnovu Prandtl-Reuss jednačina.

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \dot{\varepsilon}_{ij}^e + \dot{\varepsilon}_{ij}^p$$

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^p = \sigma'_{ij} \dot{\lambda}$$

- Rešavanje velikog broja problema u obradi deformisanjem uslovio je razvoj numeričkih procedura baziranih na formulaciji tečenja.
- Inicijalna primena kruto-plastične metode konačnih elemenata primenjivana je u analizi procesa sabijanja i ostalih jednostavnih procesa.
- Značajno poboljšanje metode postignuto je uključivanjem uticaja brzine deformacije i temperature na ponašanje materijala pri plastičnom deformisanju, što predstavlja objedinjeni termo-kruto-viskoplastični pristup u MKE analizi. Tako je metoda uspešno primenljiva i za analizu toplih i procesa na povišenim temperaturama.
- Dalji razvoj metode vodio je ka tzv. inverznoj analizi, za procenu prethodnog oblika u višeoperacionim procesima obrade deformisanjem.



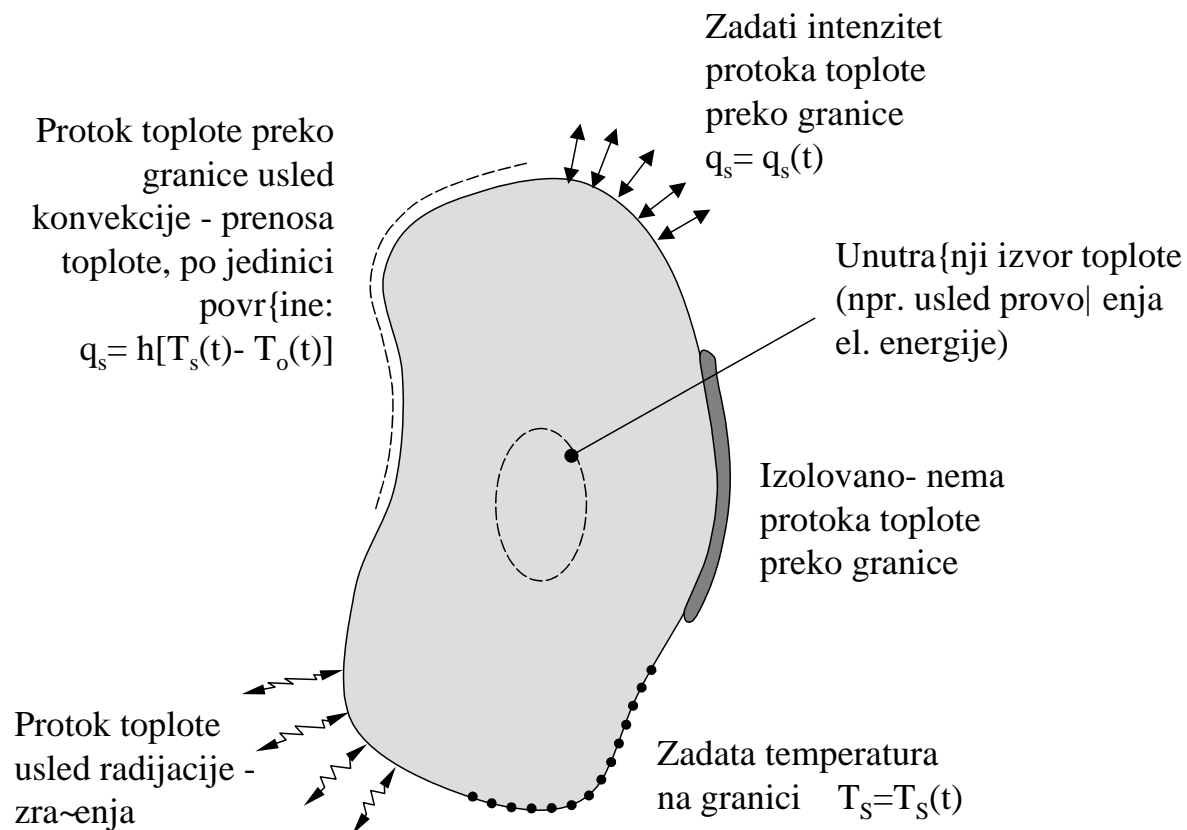
TERMIČKI PRORAČUNI PRIMENOM MKE

Razlikuju se tri osnovna načina prostiranja toplote:

1. **Kondukcija**, ili provođenje toplote, predstavlja prenos toplotne energije sa molekula na molekul u samom telu ili sa jednog na drugo telo, pri čemu se menja temperatura sredine. Moguća je kod čvrstih, tečnih i gasovitih tela.
2. **Konvekcija** ili prelaženje toplote je prostiranje toplote izazvano kretanjem fluida (makroskopskih delića). Fluid može da bude u tečnom ili gasovitom stanju. Fluidi pri kretanju dolaze u dodir sa sredinama različitih temperatura i pri tome se razmenjuje toplota. To je molarni prenos toplote, uslovljen molarnim kretanjem fluida. Ukoliko ne postoji kretanje fluida, ne postoji ni razmena toplote konvekcijom.
3. **Radijacija** ili zračenje predstavlja prostiranje toplote putem elektromagnetnih talasa. Njime je toplotu moguće preneti i kroz vakuum, jer, za razliku od prethodne dve, nije vezana za supstancu.



TERMIČKI PRORAČUNI PRIMENOM MKE



Granični uslovi pri termičkom proračunu



TERMIČKI PRORAČUNI PRIMENOM MKE

Analiza stacionarnog stanja (*steady-state analysis*) podrazumeva da je temperatura u svakoj tački tela nezavisna od vremena ($\partial T / \partial t = 0$). Može biti:

- **Linearna** - koeficijenti toplotne provodljivosti (kondukcije) materijala i prenosa (konvekcije) toplote ne zavise od temperature - konstantni su.
- **Nelinearna** - koeficijenti toplotne provodljivosti (kondukcije) materijala i prenosa (konvekcije) toplote zavise od temperature

Analiza prelaznog (nestacionarnog) stanja (*transient analysis*) - ($\partial T / \partial t \neq 0$) takođe može biti:

- **Linearna**
- **Nelinearna**

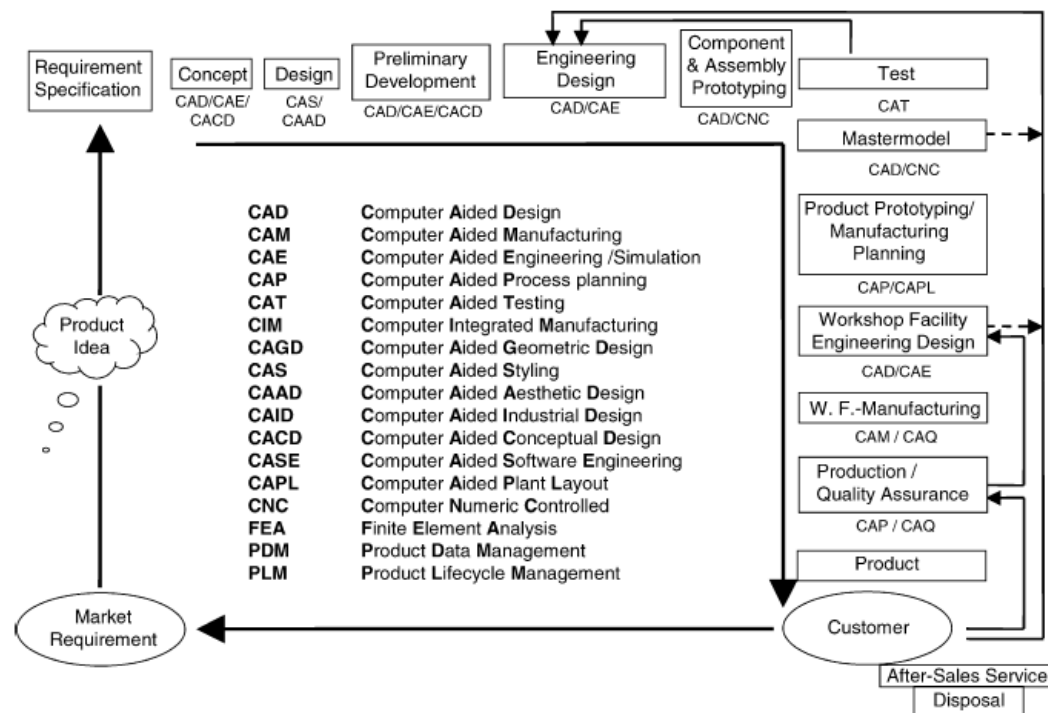
Na osnovu termičkog proračuna može se izvršiti analiza napona i deformacija koji nastaju usled termičkog naprezanja.



TEHNOLOGIJE VIRTUELNOG INŽENJERINGA - CAX TEHNOLOGIJE

Viruelni enžinjeri – napredna tehnologija koja pomaže inženjerima u donošenju odluka i uspostavljanju kontrole u procesu razvoja proizvoda i njegove izrade, koristeći računarsko okruženje za preciznu simulaciju geometrijskih i fizičkih osobina realnih sistema.

CAX-tehnologije (computer-aided technologies) je širok pojam koji se odnosi na primenu kompjutera i odgovarajućih softverskih paketa za **projektovanje, analizu, modelovanje procesa, kontrolu, montažu, upravljanje itd u procesu proizvodnje**.





CAE – Computer Aided Engineering

CAE - Računarom podržane modelne i simulacione tehnike

Primena računara i sofisticiranih , interaktivnih grafičkih softvera zasnovanih na numeričkim metodama (MKE, MKZ) pri rešavanju inženjerskih problema.

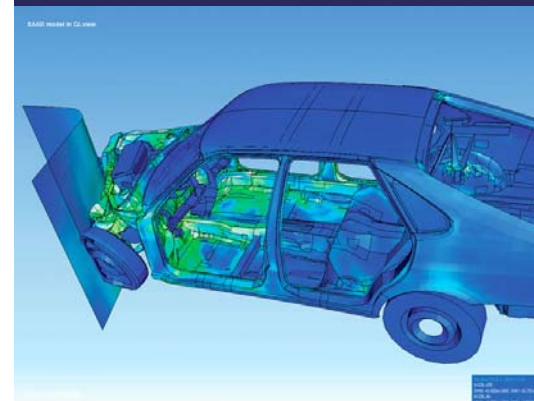
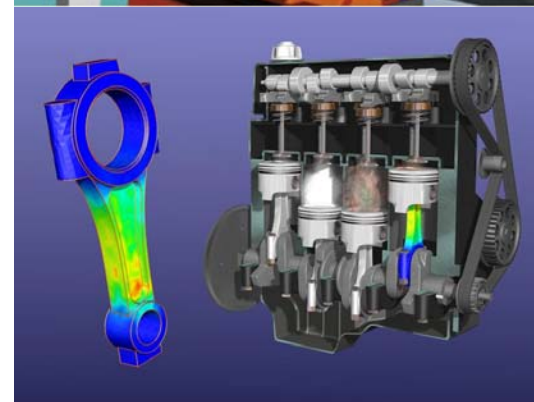
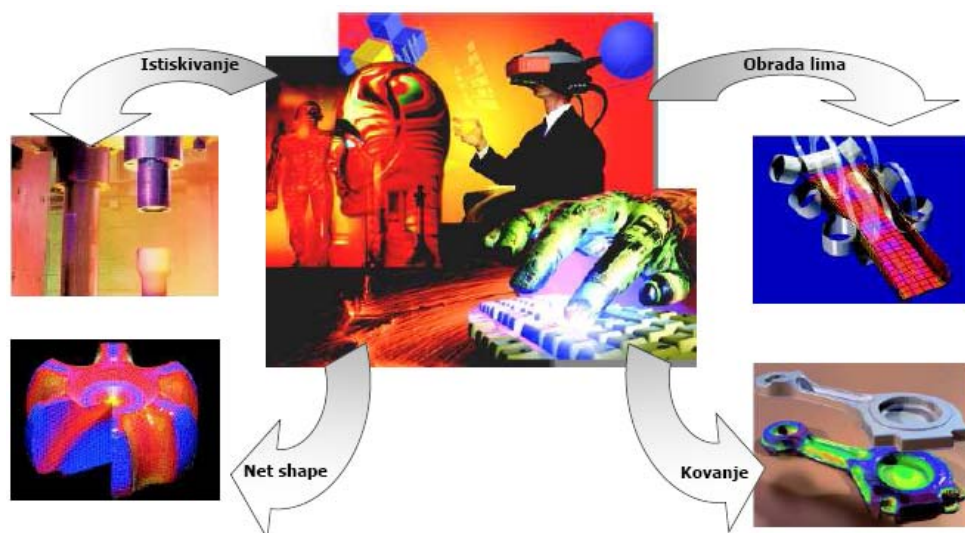
Simulacija - vizuelizacija modeliranog procesa, odnosno, reprodukciju ponašanja modela u toku nekog procesa i vezana je za primenu računara

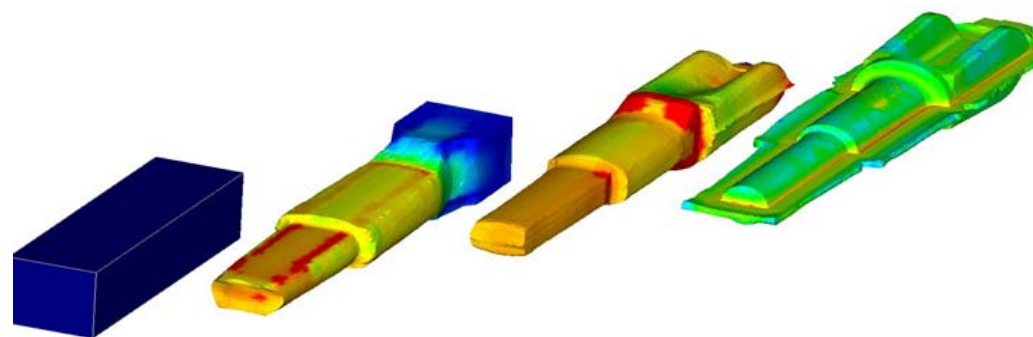
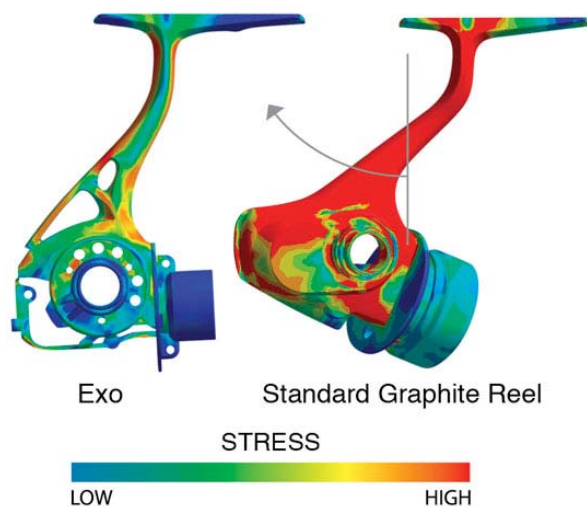
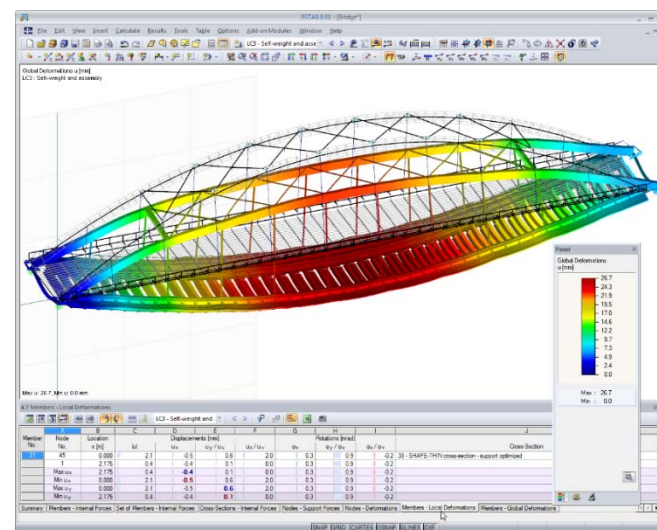
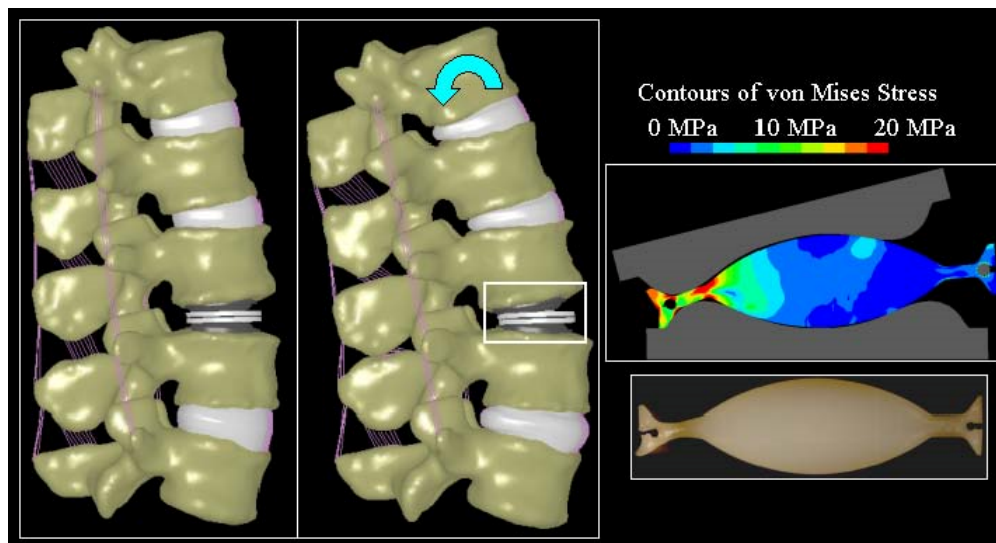
Primena **Numeričkih simulacija** (CAE) je dobro proveren i ekstremno koristan alat za predviđanje problema u industrijskoj proizvodnji i smanjenje vremena i troškova u razvoju proizvoda i proizvodnje. Njihova osnovna prednost je mogućnost izvođenja «šta-ako» simulacija, koje omogućavaju projektantima da procene različite projektne alternative na virtuelnim modelima procesa, koji se planiraju u izradi proizvoda.



Oblast primene CAE

- ☐ Analiza napona i deformacija
- ☐ Dinamika fluida
- ☐ Bioinženjering
- ☐ Kinematska analiza
- ☐ Analiza i sinteza mehanizama
- ☐ **Simulacije procesa proizvodnje**
(livenje, obrada deformisanjem, brizganje plastike itd)
- ☐ Optimizacija proizvoda i procesa
- ☐ Analiza tolerancija
- ☐ Razne druge analize
(ergonomija, buka, vibracije, trajnost, sigurnost... itd)







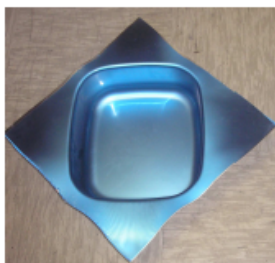
Duboko izvlačenje sudopere od feritnog čelika

CILJ: Ispitati mogućnost oblikovanja sudopere od feritnog čelika

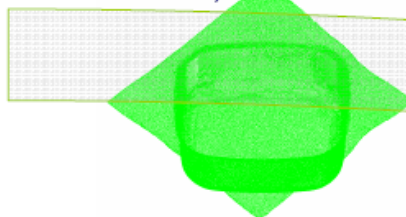
PROBLEM: nemogućnost oblikovanja sa istim parametrima i alatima kao inox

REZULTAT: Optimiziran proces u prvoj operaciji, preporuke za promena alata u drugoj

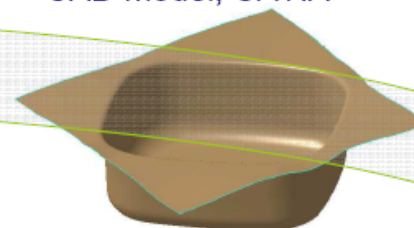
Proizvod



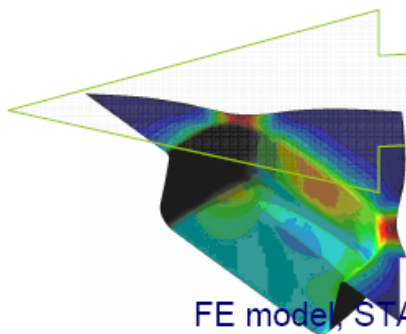
Reverzni inženjering,
oblak tačaka, ATOS Ile



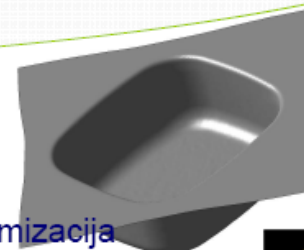
CAD model, CATIA



Industrijski eksperimenti, finalno podešavanje parametara



FE model, STAMPAK, optimizacija





CAE – (Computer Aided Engineering) u procesima obrade deformisanjem između ostalog omogućavaju:

- skraćanje vremena lansiranja proizvoda - „reduce time to market“
- smanjenje troškova razvoja alata
- smanjenje troškova proizvodnje
- razvoj novih postupaka
- poboljšanje kvaliteta i tačnosti proizvoda
- bolje razumevanje ponašanja materijala u toku procesa deformisanja
- smanjenje škarta
- analizu uticaja parametara procesa
- vizuelizaciju toka materijala u toku procesa deformisanja
- određivanje stepena popunjenosti matrice ili kalupa
- određivanje konačnog oblika i dimenzija obratka
- procenu pojave pukotina ili drugih oštećenja materijala
- proračun napona, temperature, kao i zaostalih napona u radom komadu
- optimizaciju broja operacija oblikovanja kao i međufaznih oblika
- određivanje osobine materijala, kao što su veličina zrna, mikrostruktura, pojava faznih transformacija, lokalne tvrdoće itd



CAE ANALIZA PROCESA OBRADE DEFORMISANJEM

DIREKTNA ANALIZA

- ☐ Korisnik definiše kompletan set ulaznih parametara uključujući diskretizaciju geometrije, pomeranja u sistemu obradak-alat-mašina, karakteristike materijala i tribološke uslove.
- ☐ Direktna analiza omogućava dobijanje korisnih informacija o deformacionoj sili i utrošku energije u procesu deformisanja, kao i uvid u proces tečenja i distribuciju napona, deformacija i temperature po zapremini tela.
- ☐ Na bazi ovih termo-mehanička dešavanja i vrednosti varijabilnih parametara može se oceniti postojanje i intenzitet različitih procesa i fenomena kao što su habanje, nastanak i razvoj oštećenja, formiranje teksture, strukturne promene itd., odnosno formirati odgovarajući modeli i baze podataka vezane za ove procese.



SENZITIVNA ANALIZA

- Pokazuje koliko je osetljivo neko rešenje kada se menjaju odgovarajući parametri procesa.
- Osnovna postavka je da se sve promenjive osim jedne drže konstantnim, dok se vrednost one koje se ispituje menja. Dobijeni rezultati se obično porede sa referentnim vrednostima.
- Kada se analizira veliki broj parametara ovaj pristup postaje neefikasan zbog dugog vremena proračuna pa se zamenjuje drugim postupkom kao što je postupak direktne diferencijacije.
- Kod hladne obrade deformisanjem senzitivna analiza koristi se za dobijanje informacija o uticaju različitih parametara u sistemu obradak-alat-mašina na proces deformisanja. Ona obuhvata informacije koje govore o tome kako karakteristike materijala, tribološki uslovi, međufazni oblici, konstrukcija alata i karakteristike mašine utiču na deformacionu silu, tečenje materijala, energiju, napone, deformacije, temperaturno polje. Na osnovu njih kasnije se može proceniti dejstvo pojedinačnih faktora procesa na kvalitet proizvoda i radni vek alata.



INVERZNA ANALIZA

- ❖ Inverzna analiza se koristi u konjukciji sa eksperimentalnim rezultatima ili industrijskim podacima u cilju procene karakteristika materijala, triboloških uslova i termo-mehaničkih dešavanja, tj. parametara procesa koji su kod direktnog metoda korišćeni kao početni uslovi .
- ❖ Kod inverznog postupka, kreće se od pretpostavljenih vrednosti nepoznatih parametara istraživanog modela, a onda se pristupa njihovoj kalibraciji kroz iteraciju sve dok razlika između stvarnih (merenih) i numeričkih rezultata ne bude minimalna. Drugim rečima indirektni pristup omogućava evaluaciju nepoznatih parametara procesa na osnovu indirektnih merenja i veoma je podesan u slučajevima kada se merenja, zbog uslova procesa, ne mogu izvršiti ili kada je naponsko, deformaciono ili temperaturno polje promenljivo.



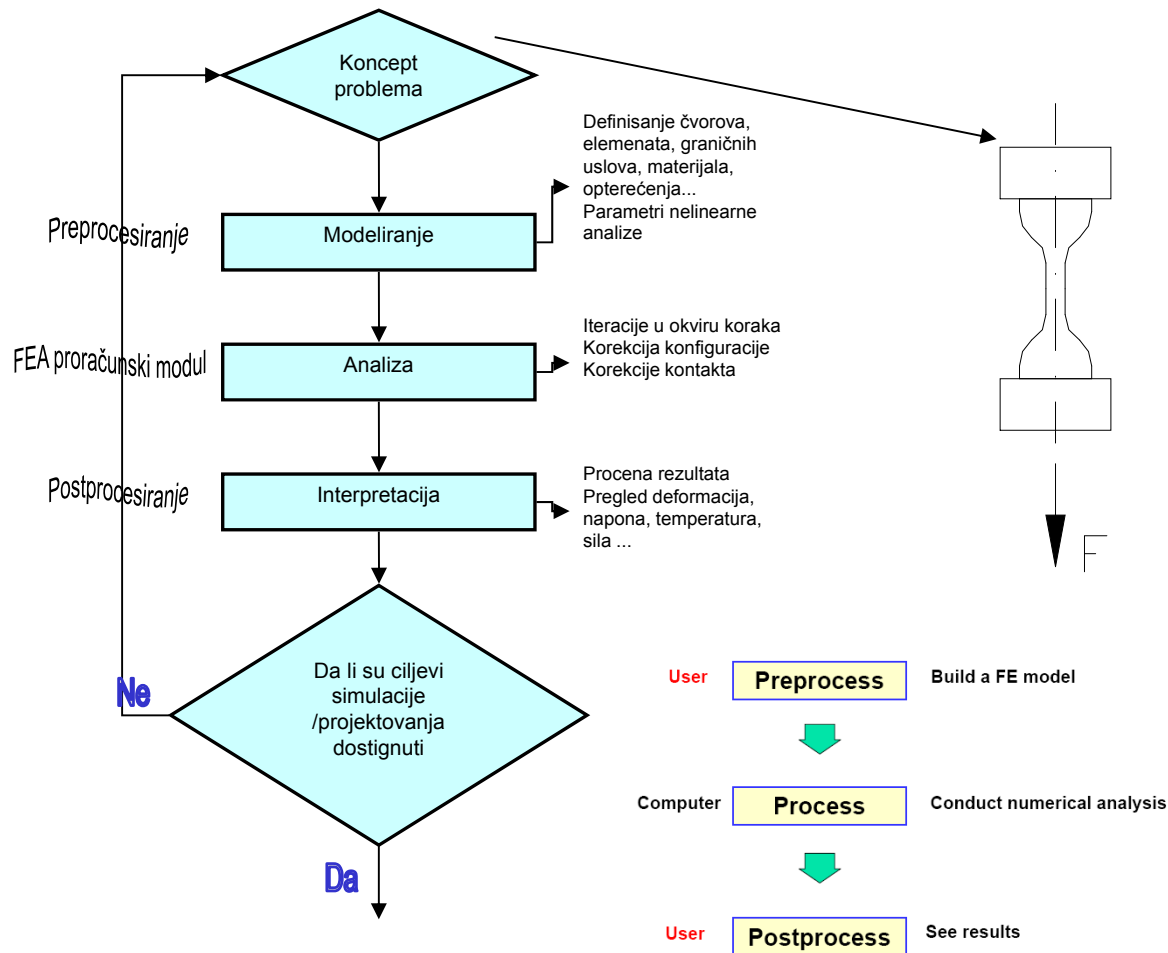
Name	Manufacturer, country	Type	Application
ABAQUS	HKS, USA	implicit	generally, non-linear
MARC	MARC, USA/NL, D	implicit	generally non-linear
NIKE 3D	LSTC, USA	implicit	generally non-linear
LARSTRAN	LASSO, D	implicit	generally non-linear
INDEED	INPRO, D	implicit	sheet metal forming
ITAS3D	Prof. Nakamachi, J	explicit, static	sheet metal forming
DYNA3D	LSTC, USA/	explicit, dynamic	crash, bulk, sheet metal
PAM-STAMP	ESI, F/D	explicit dynamic	sheet metal forming
Optris	Dynamic Software, F	explicit dynamic	sheet metal forming
MSCDYTRAN	MacNeal-Schwendler	explicit dynamic	sheet metal forming
ABAQUS-explicit	HKS, USA	explicit dynamic	crash, bulk, sheet metal
AUTOFORM	AUTOFORM, CH	Spec. formulation implicit	sheet metal forming
Autoforge	MARC, USA/NL, D	elastic – viscoplastic	bulk, forging
DEFORM	Batelle, USA, D	rigid – viscoplastic	bulk, forging
FORGE 2/3	CEMEF, F	rigid – viscoplastic	forging
ICEM – STAMP	Control Data, D	one – step method	sheet metal forming
ISO – PUNCH	Sollac, F	one - step method	sheet metal forming
AUTOFORM One – step	AUTOFORM, CH	one – step method	sheet metal forming
FASTFORM	FTI, Canada	one – step method	sheet metal forming
SIMEX 2	SimTech, F	one – step method	sheet metal forming



Modelovanje i simulacija - MKE softveri

Standardna procedura:

1. Definisanje geometrije
(3D CAD model dela, alata, mašine, sistema...)
2. Modelovanje procesa
(materijal, opterećenje, granični uslovi, temperatura, trenje....)
3. Kreiranje mreže konačnih elementa (mesh, remesh itd)
4. Algoritam proračuna
(solver)
5. Vizualizacija rešenja i interpretacija rezultata

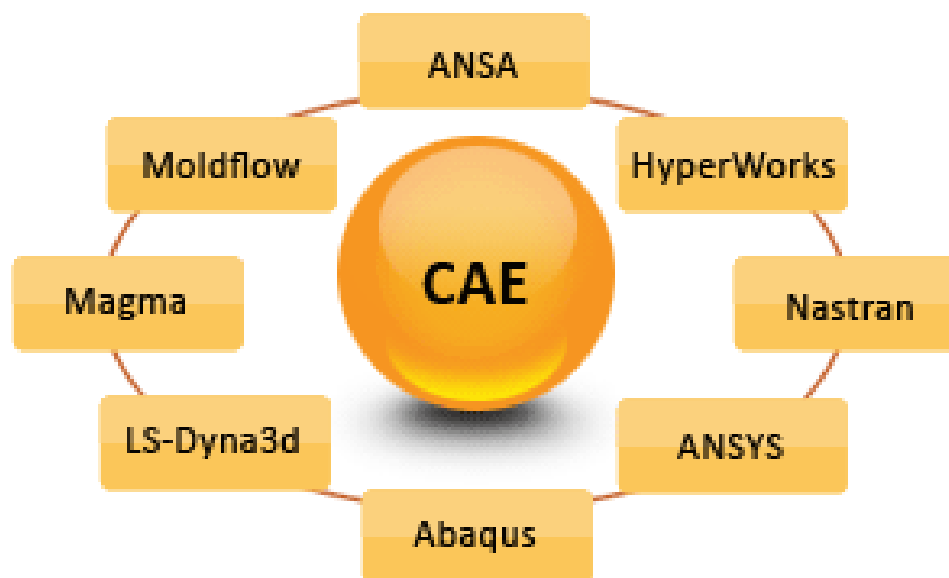




Komercijalni MKE softveri

Postoji veliki broj komercijalnih softverskih paketa za rešavanje inženjerskih problema pomoću MKE:

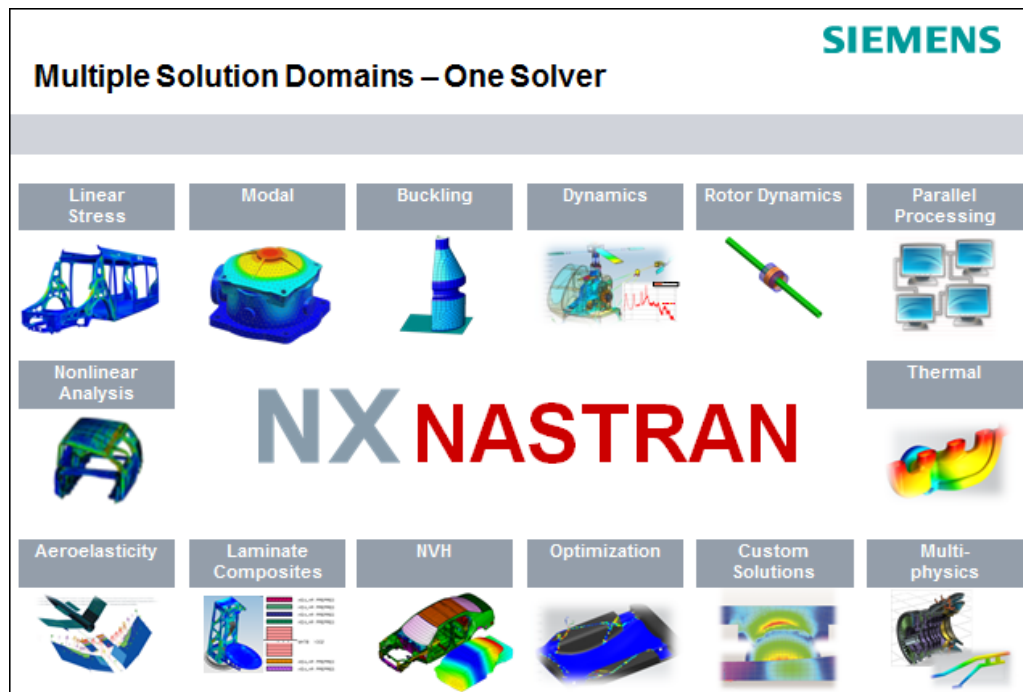
- Siemens NX, I-deas, Femap, NX/Nastran
- Dassault Catia / Simulia Abaqus
- PTC Pro/Engineer / NEi/Nastran
- Ansys , Fluent
- MSC Marc
- Simufact.Forming
- ESI Pamstamp
- Moldex3D





Siemens CAE

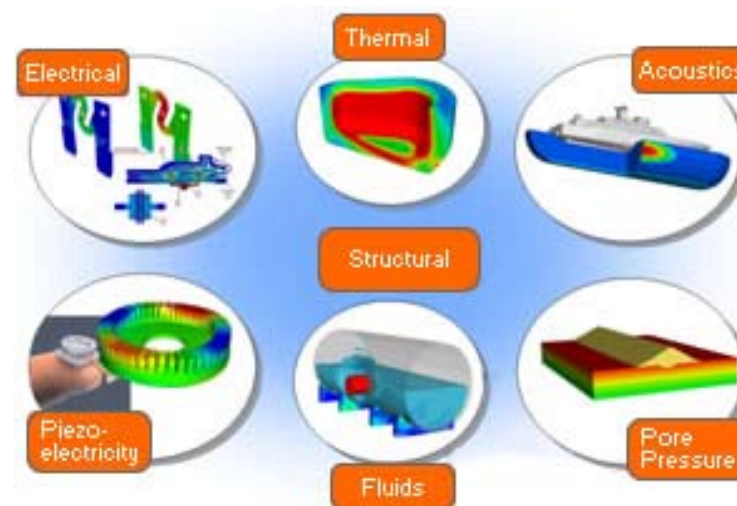
- Siemens je akvizicijama postao vlasnik niza MKE softvera: SDRC I-deas, Unigraphics, MSC Nastran, koje sada nudi na tržištu pod markom Siemens NX.
- Ključni proizvod je NX, koji objedinjava CAD i CAE rješenja, sa različitim solverima.
- Za "stare kupce" i dalje ima u ponudi **NX I-deas** (Boeing, Ford)
- Jeftinija varijanta MKE alata: **Femap**





Dassault CAE

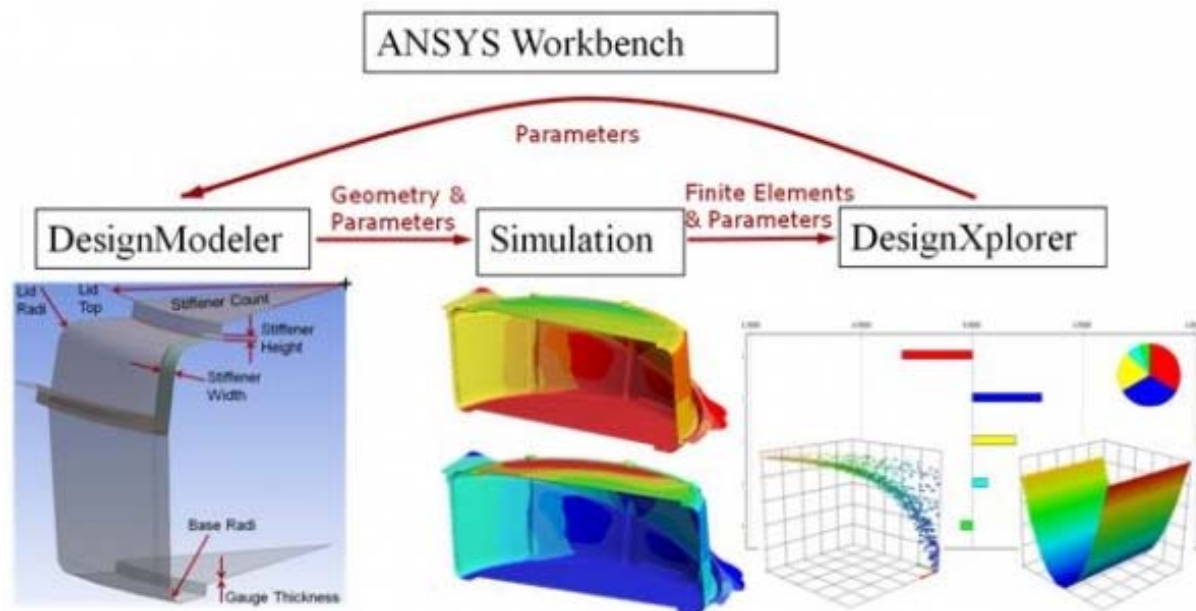
- Francuski proizvođač aviona *Dassault Aviation* je 1981. formirala kompaniju *Dassault Systemes*, za razvoj CAD i PLM (*Product Lifecycle Management*) tehnologija.
- Danas ima niz softverskih proizvoda:
 - CATIA za dizajn i 3D CAD
 - SolidWorks za 3D dizajn mašina
 - DELMIA za virtualnu proizvodnju
 - **SIMULIA Abaqus** – opšte namene
 - ENOVIA za globalni kolaborativni PLM
 - 3DVIA za online 3D vizualizaciju





ANSYS CAE

- ANSYS Workbench je set alata za CAE:
 - ANSYS Workbench Geometry Interfaces za vezu s drugim CAD formatima.
 - ANSYS Meshing za diskretizaciju.
 - ANSYS DesignModeler vlastito rešenje za modeliranje
 - ANSYS DesignXplorer statistička analiza (DOE), optimizacija i CAQ.
- ANSYS Fluent: CFD





MSC CAE

MSC Software Corporation je osnovana 1963. godine.

Danas ima niz softverskih rješenja za CAE, od kojih su najpoznatiji:

- Marc & Mentat
- MD Nastran
- MD Adams
- MSC Nastran

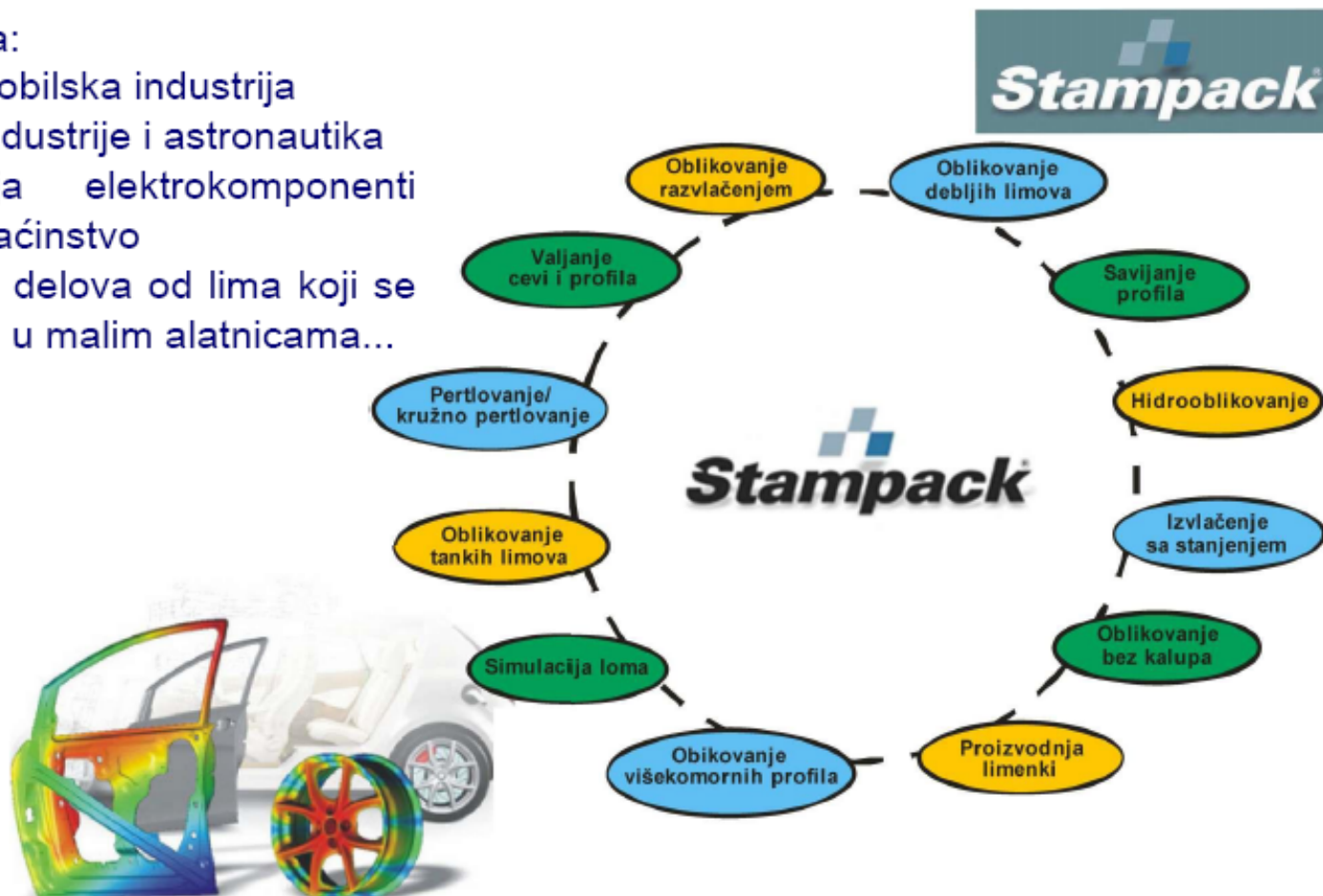
Posebno su poznata rešenja za simulacije
plastičnih deformacija





Primena:

- automobilska industrija
- avio industrije i astronautika
- industrija elektrokomponenti za domaćinstvo
- analizi delova od lima koji se izrađuju u malim alatnicama...





Moldex3D®

eDesign

Ensure your design

- Validate and optimize part/mold design with true 3D simulation
- Minimize cost, design cycle and time to market
- Maximize productivity and return on investment

Quick & Direct CAD/CAE Integration

Robust Analysis Engine

High-Speed Computation

Accurate & Understandable Results

CoreTech System Co., Ltd. Headquarters
8F-2, No. 32, Taiyuan St., Chupei City,
Hsinchu County 302, Taiwan
Tel: +886-3-560-0199

MAGMAsoft



simufact.forming



simufact welding

The solution to simulating welding processes

Arc Welding
Metal Inert Gas Welding (MIG)
Metal Active Gas Welding (MAG)
Laser Welding
Electron Beam Welding (EBW)

best welded



“ Finite Element Analysis makes a *good*
engineer *great*”

and a *bad* engineer *dangerous*!”