



**SERVICE
PARTNER**



**CHANNEL
PARTNER**

A hegesztési folyamatok numerikus szimulációja, mint innovatív műszaki háttér az ipari hegesztési feladatok és a termék minősége növelésének céljából

Dr. Marek Slováček, IWE m.slovacek@ten.sk

Dr. Élesztős Pál, p.elesztos@ten.sk

20.3.2025

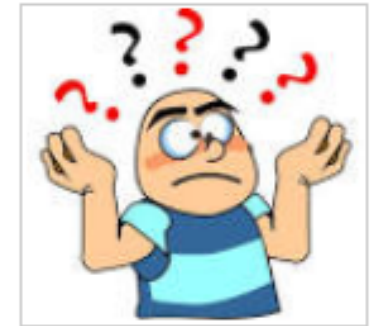
- A hegesztési szimulációs tervezés lehetővé teszi az alkatrésztervezők és a szakemberek számára, hogy az alkatrészeket és folyamatokat számítógépen elemezzék, ahelyett, hogy a műhelyi próbák-tévedések módszerét alkalmaznák.
- Anyagtulajdonságok előrejelzése
- Deformációk előrejelzése
- Maradandó deformációk előrejelzése
- Repedés keletkezés előrejelzése
- Élettartam előrejelzése
- Gyártási költségek minimalizációja
- Javítási költségek csökkentése



- Lényegesen több információ a folyamatról
- A technológiai és szerkezeti variánsok relativ összehasonlítása
- Lehetőség van betekinteni a folyamat belsejébe – mi játszódik le az anyagban – ezt gyalorlati vizsgákkal nem lehet elérni – csupán numerikus szimulációkkal

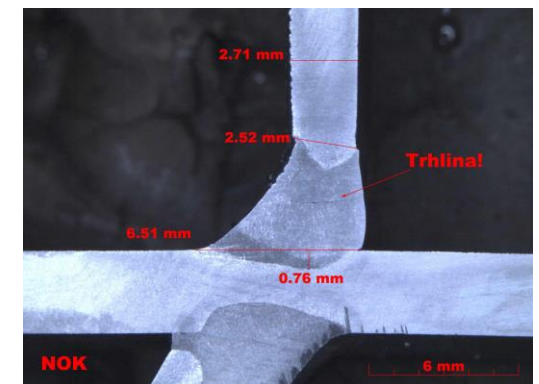
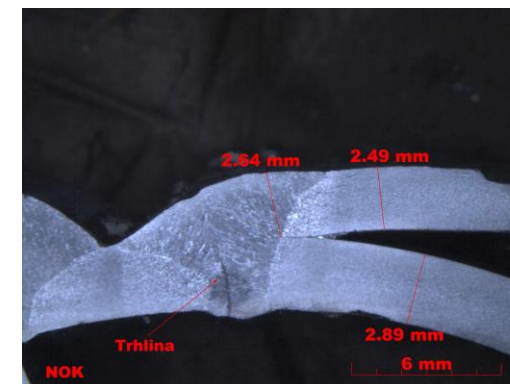
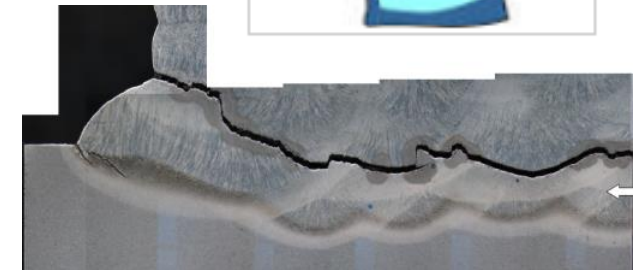
- **Az anyagtulajdonságok kilépő paraméterei**

- Anyagszerkezeti előrejelzés
- Keménység előrejelzés
- Közvetett folyáshatár és végszilárdság előrejelzése

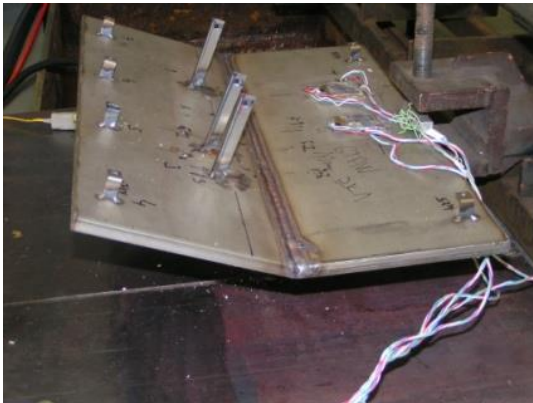


- **Gyártási repedések**

- Meleg repedések (mérnöki értékelés)
- Hideg repedések (mérnöki értékelés)
- Hőkezelés során fellépő repedések (mérnöki értékelés)

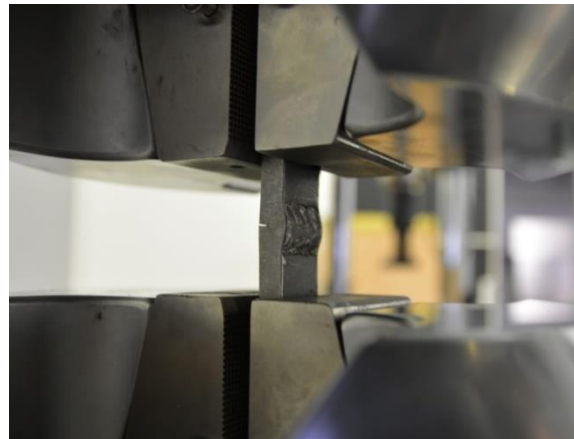
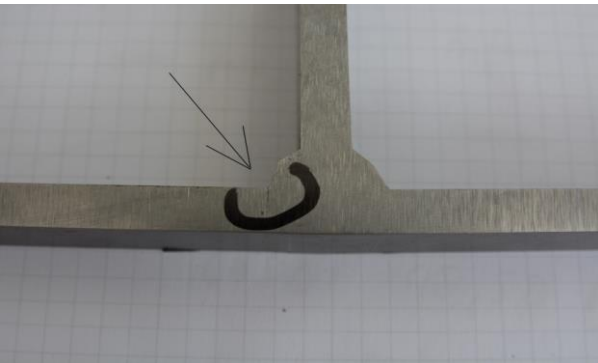
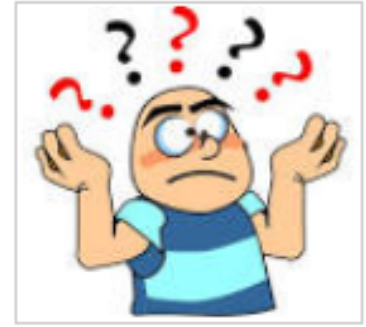


- A hegesztett szerkezet torzulása
- Deformációk előrejelzése
- Készülék tervezés



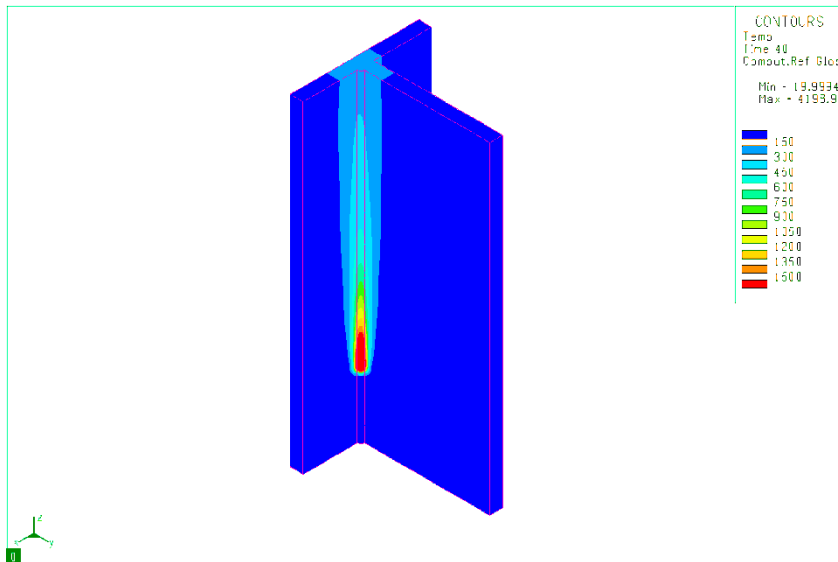
- **Információk a hegesztett kötések üzemi terheléséről**

- Hegesztett szerkezetek üzemterhelése felmérésének lehetősége
- Üzemeltetés során létrejövő repedések előrejelzése
- A hegesztett kötések alacsony ciklusú fáradásos repedése
- A hegesztett kötések magas ciklusú fáradásos repedése

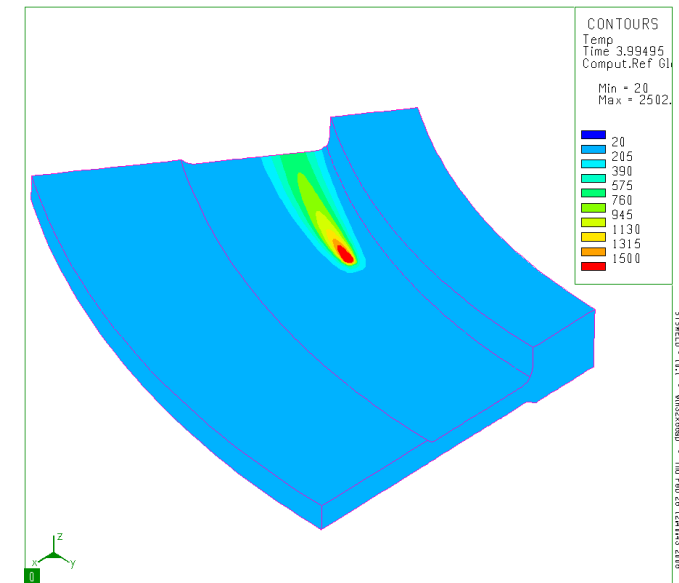
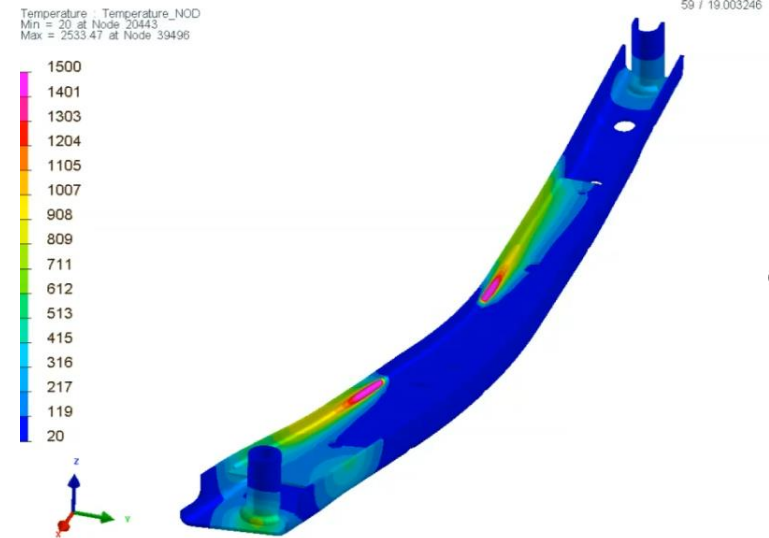


- **A hegesztési numerikus szimuláció főbb eredményei**

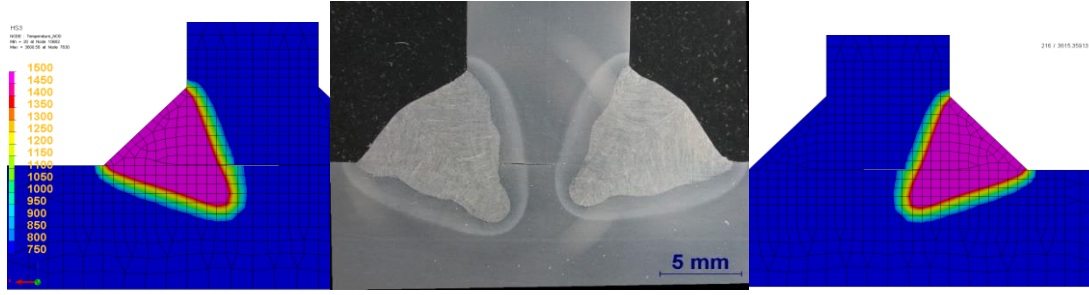
- Hőeloszlás és hőmezők
- Deformációk/torzulások
- Anyagszerkezetek /martenzit/bainit/ferrit-perlit
- Keménység HV-ben
- Halmazott képlékeny alakváltozás okozta degradáció
- Maradandó- és belső feszültségek
- Szemcse nagyság
- A folyáshatás szintje, változása



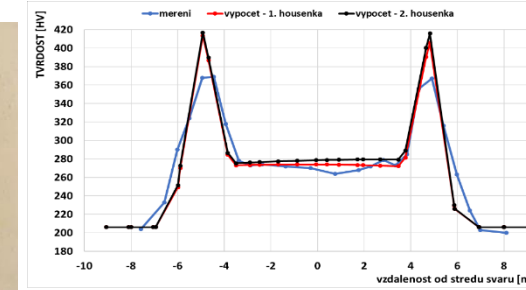
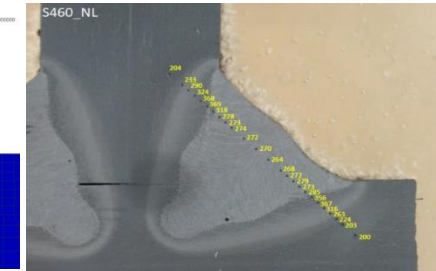
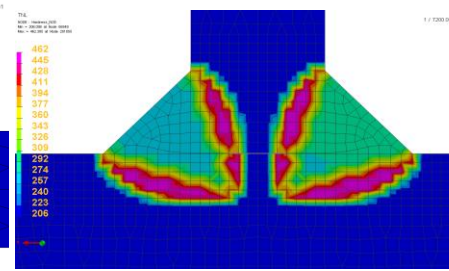
Hőmérséklet eloszlás
Hőforrás modellek



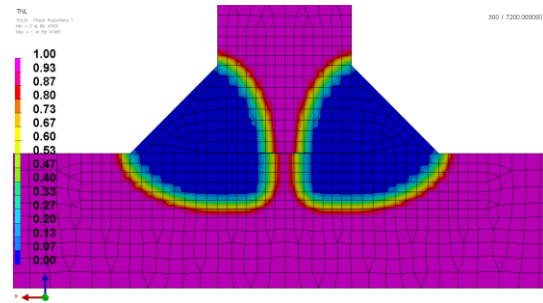
Az olvadt zóna és a hőhatás övezet



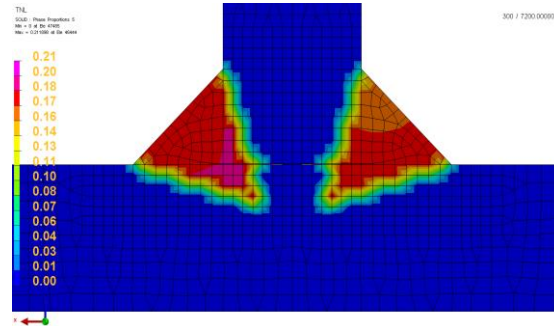
Keménység HV



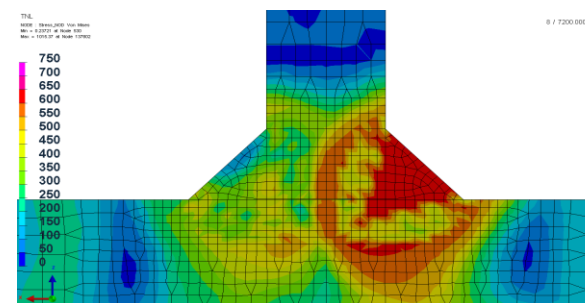
Alapanyag



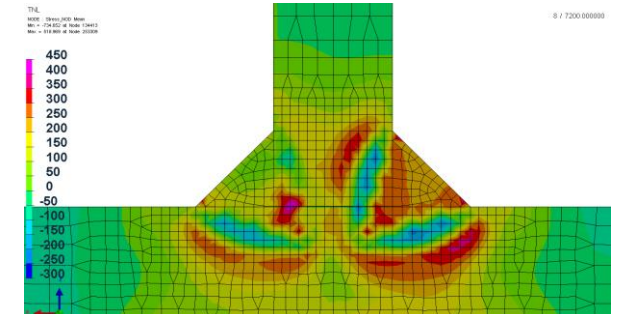
Ferrit



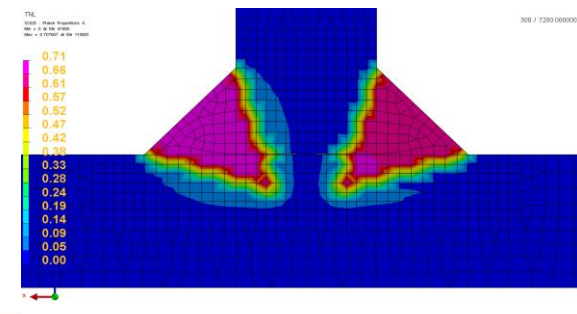
HMH feszültség



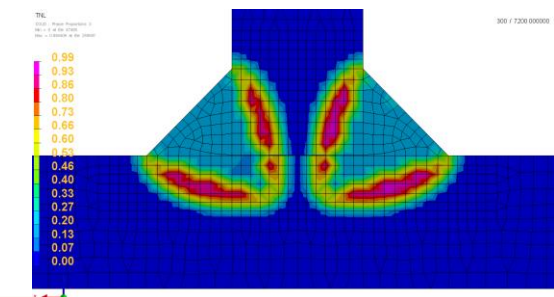
Középfeszültség



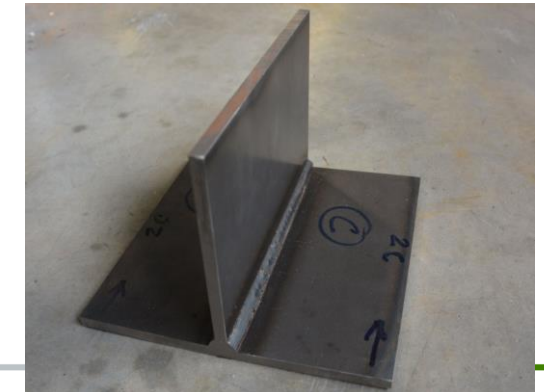
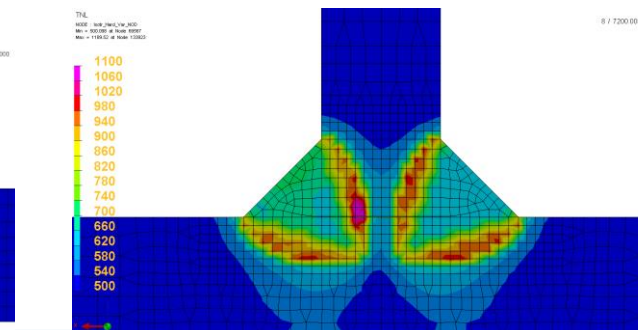
Bainit



Martenzit



Folyáshatár



Megvalósíthatósági folyamat nagyon korai tervezési és technológiai előkészítés esetében
„**igazából még semmi sincs, mégis optimalizálsz**“

Tervezés és technológia előkészítés valódi kísérletek/makett nélkül
Egyszerűbb, gyorsabb, olcsóbb

Fő terület – megvalósíthatósági tanulmány/hegesztési alakváltozás előrejelzés optimalizálása

- Tervezés optimalizálása hegesztési deformáció szempontjából
- Technológia optimalizálása
- Hegesztési sorrend
- Hegesztési bemeneti teljesítmény
- Hegesztés módszere
- Készülék optimalizációja

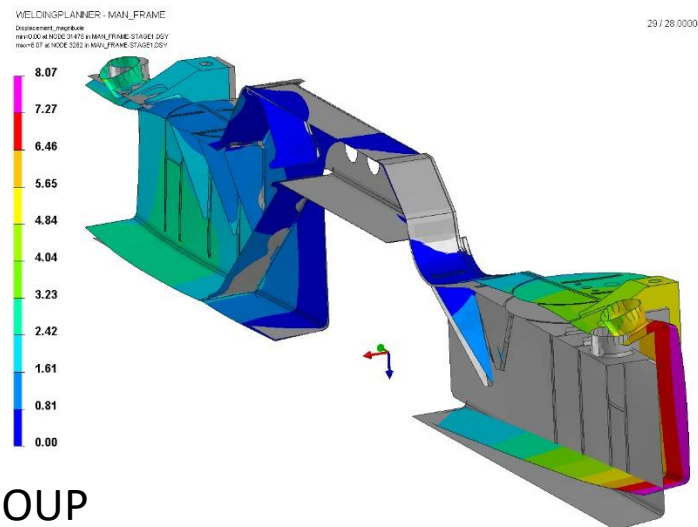
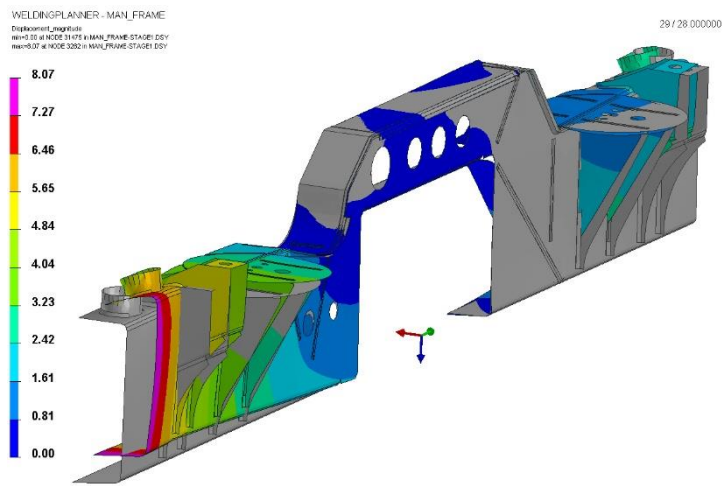
Maradék feszültségek/lokális anyagromlás – lokális hegesztési hatás

- Helyi anyagszerkezet/tulajdonságok, maradó/belső feszültségek, helyi anyagdegradáció előrejelzése – kritikus helyek előrejelzése az esetleges gyártási repedések kialakulása szempontjából
- Helyi anyagszerkezet/tulajdonságok, maradó/belső feszültségek, helyi anyagromlás és üzemállapot-terhelés előrejelzése – hegesztési kötések határállapot-értékelése kifáradás szempontjából

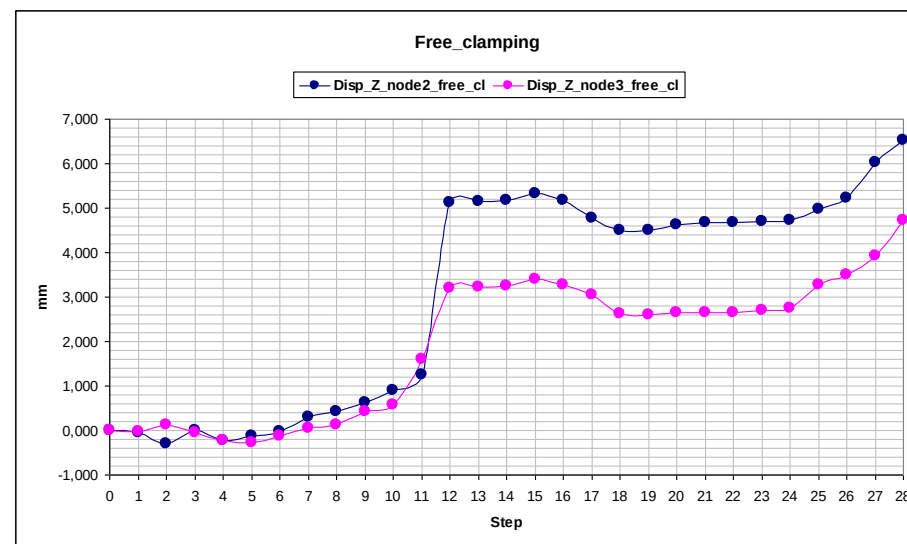
- Torzulás előrejelzése
- Technológia optimalizációja
 - Hegesztési sorrend
 - Hőbevitel
 - Készülékek
- Felkészülés a robothegesztésre
- Vasúti / közúti járműgyártás



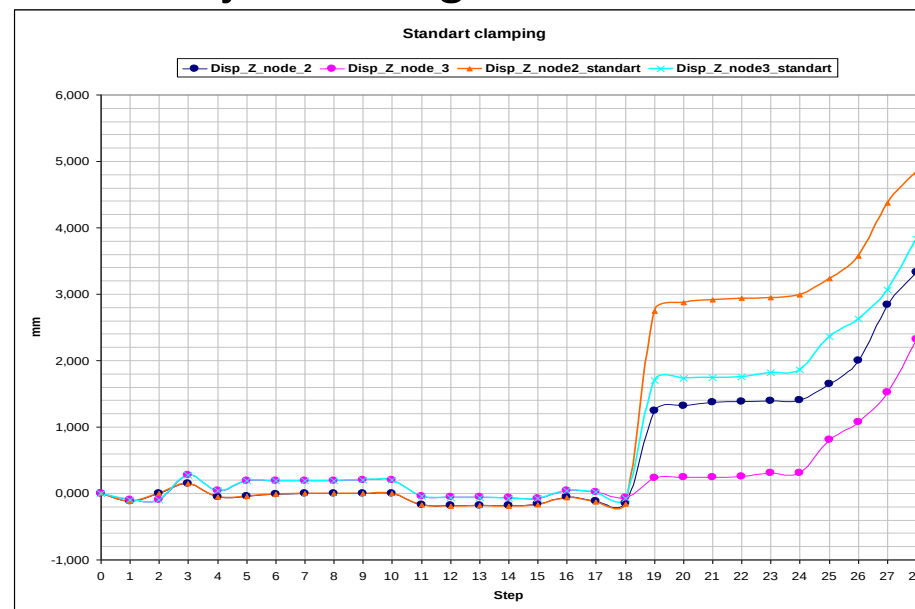
Deformációk



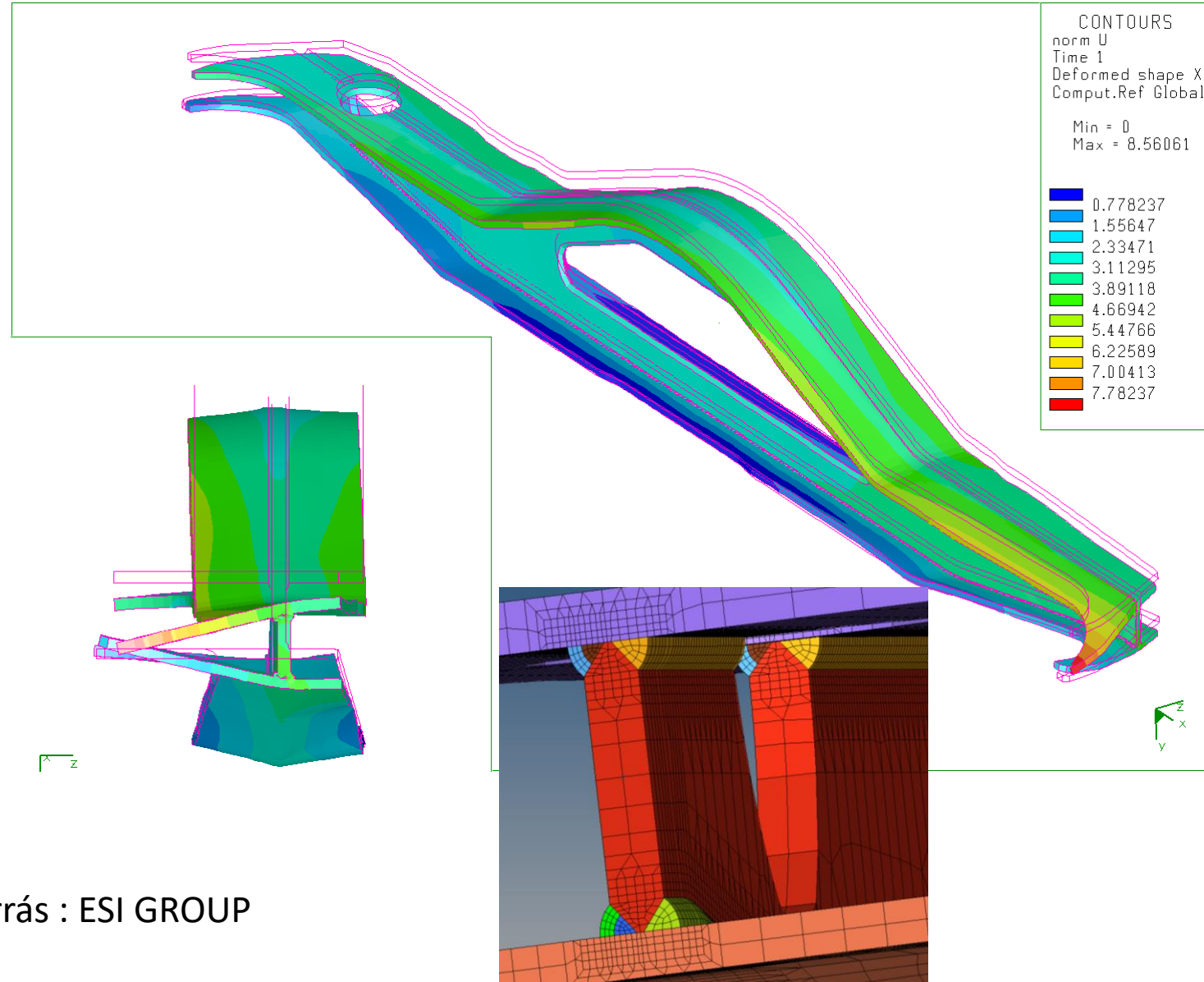
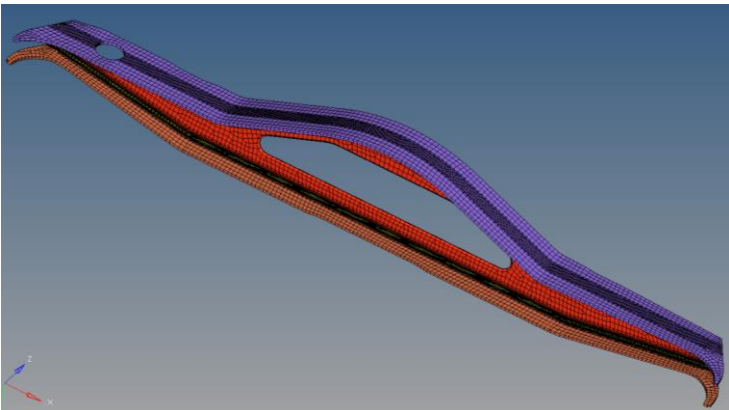
Forrás : ESI GROUP



Új technológiai variánsok



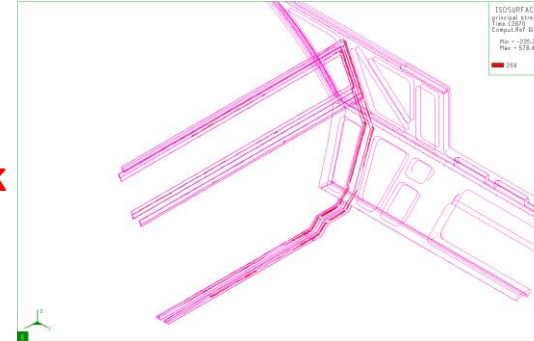
- Torzulás előrejelzése
- Technológiai optimalizáció
 - Hegesztési sorrend
 - Hőbevitel
 - Készülékek tervezése
- Felkészülés a robothegesztésre
- Vasúti járműgyártás



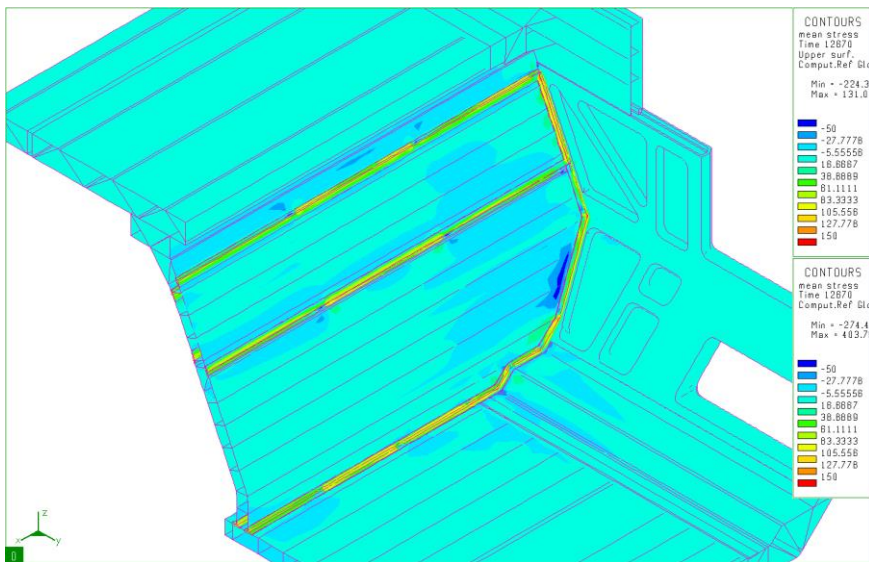
Forrás : ESI GROUP

- Repedés problematika
- Technológiai optimalizáció
 - Hegesztési sorrend
 - Hőbevitel
 - Hegesztési varratok száma
- Vasúti járműgyártás

Kritikus helyek a repedések kialakulása szempontjából

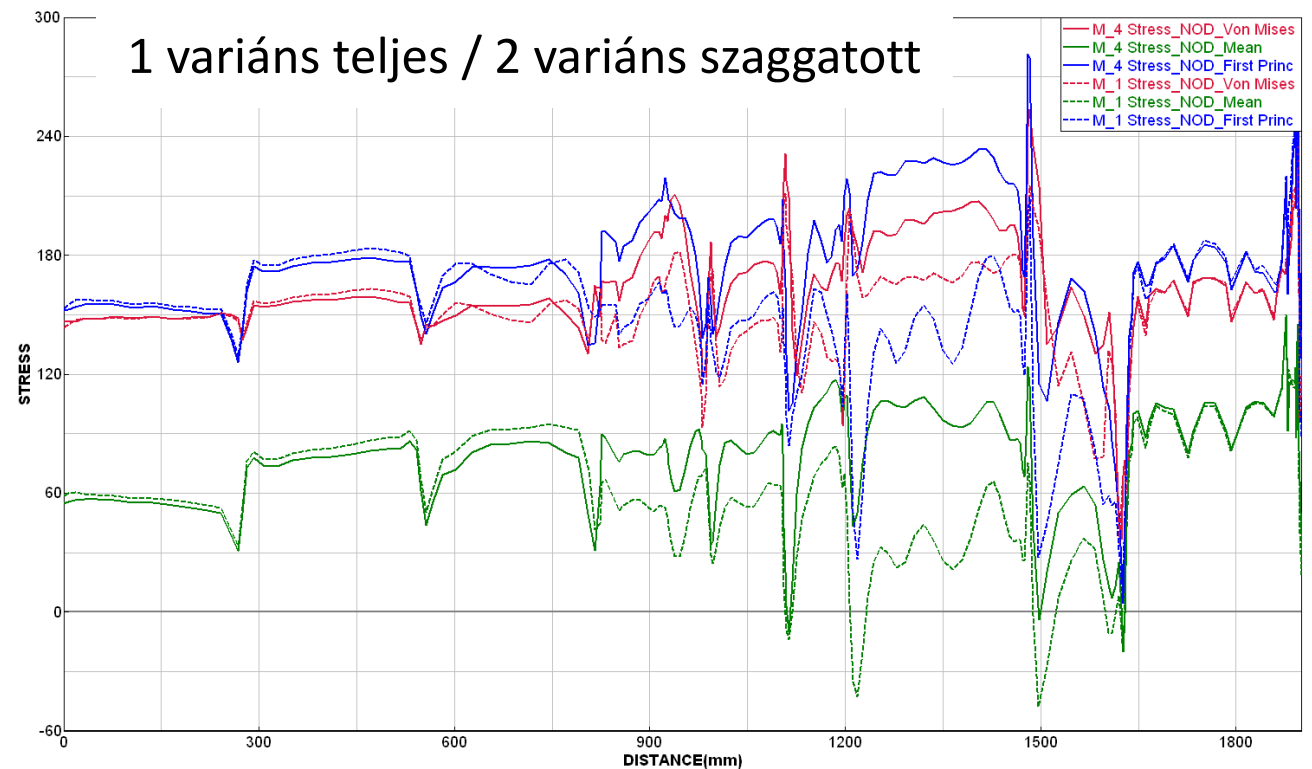


Maradandó feszültségek



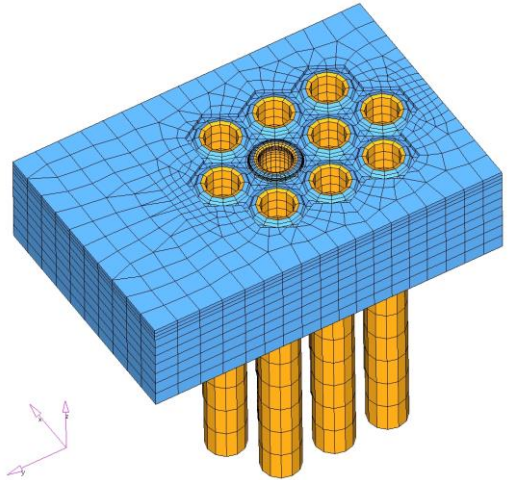
Maradandó feszültségek összehasonlítása – 2 technológiai variáns

1 variáns teljes / 2 variáns szaggatott

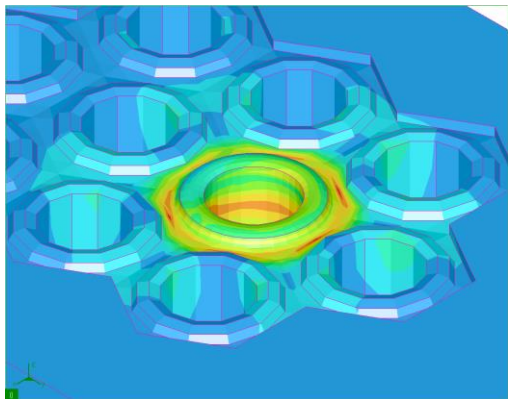


Előnyök – a legtöbb esetben a valódi komponensek olyan hatalmasak, és lehetetlen 1:1-es makett tesztelést végezni – ezt a lehetőséget a szimulációk biztosítják

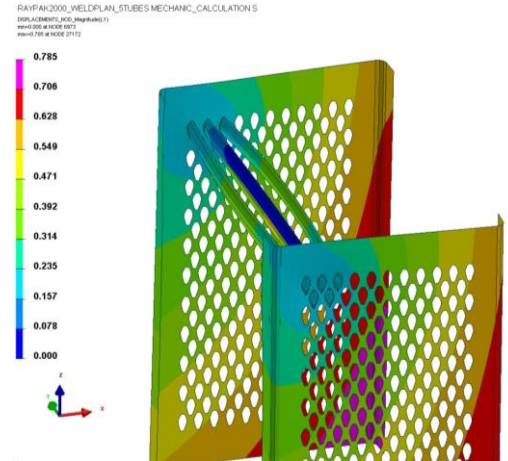
Számítógépes modell



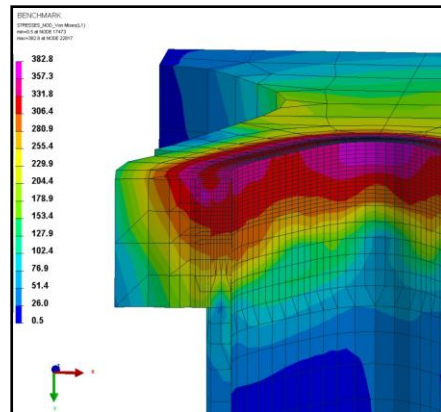
Maradandó feszültségek



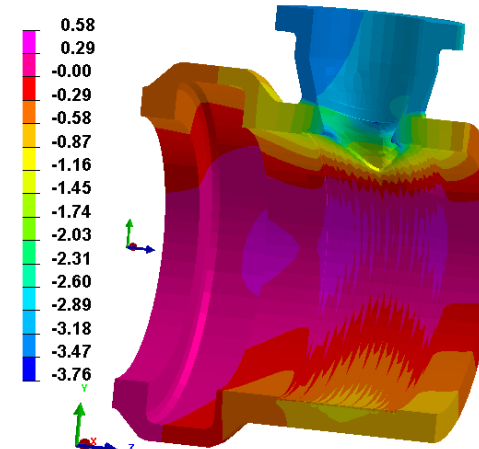
Deformáció



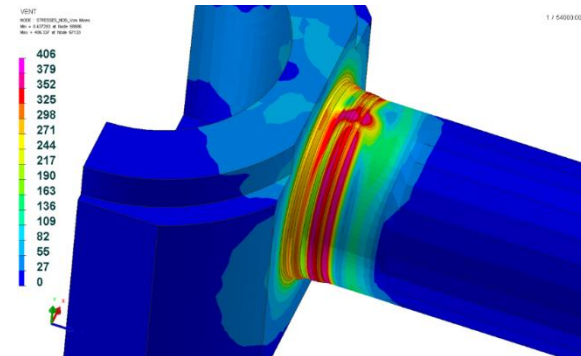
Maradandó feszültségek



Deformáció



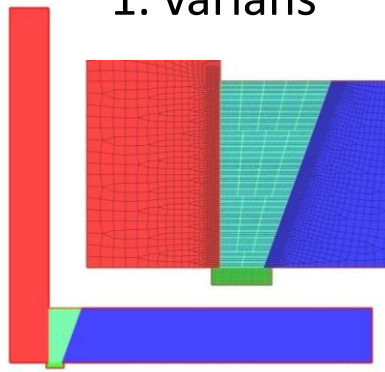
Maradandó feszültségek



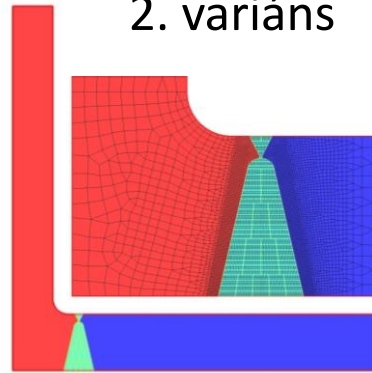
- Elsődleges hegesztés
- Burkolás
- Hegesztés javítása
- Technológiai optimalizáció
- A hegesztési technológia hatása a határállapotra

Számítógépes modell

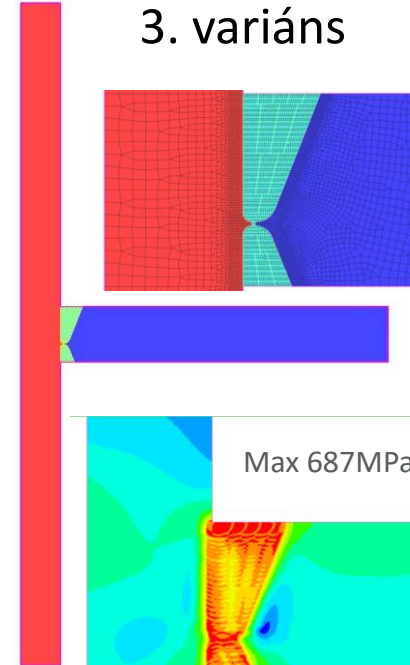
1. variáns



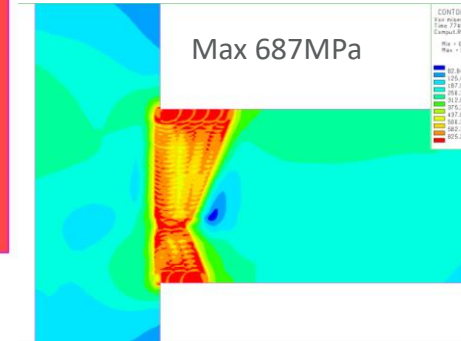
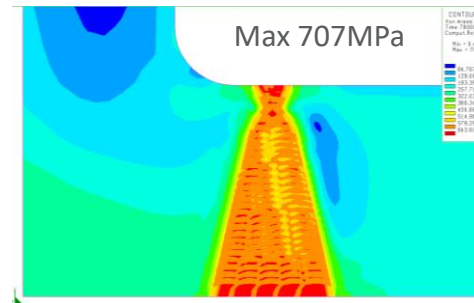
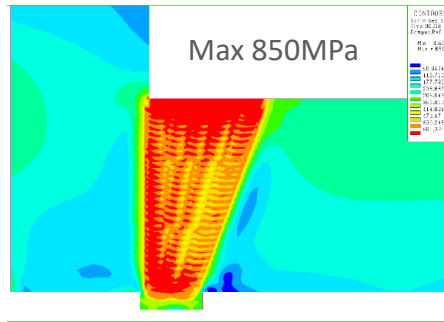
2. variáns



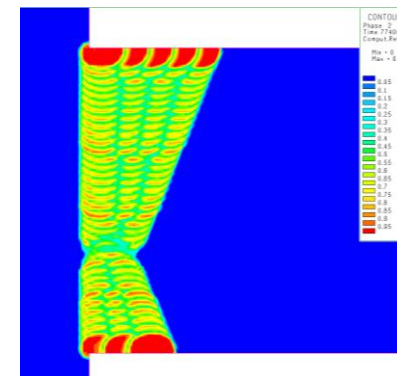
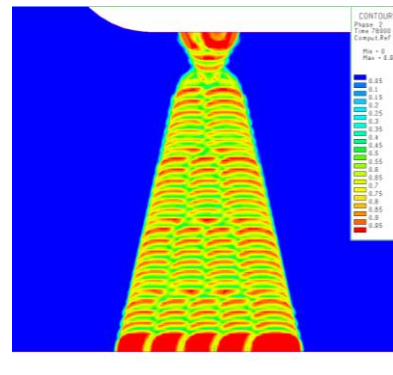
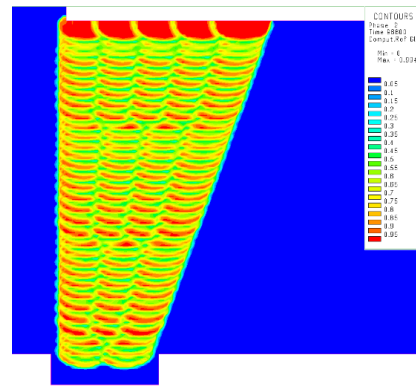
3. variáns



Maradandó
feszültségek

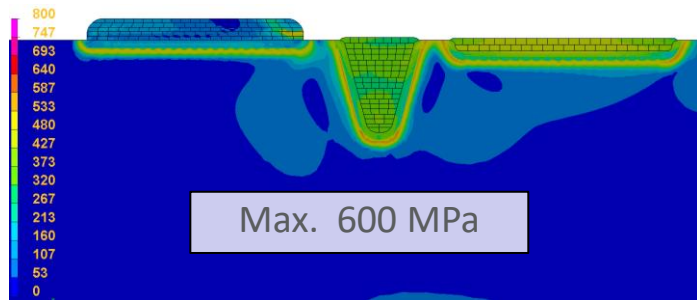


Bainit eloszlás

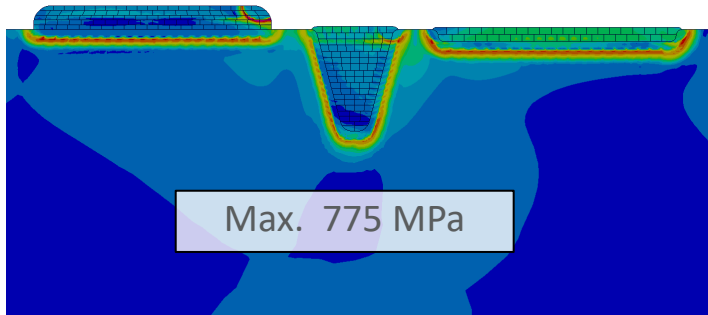


Anyagtípus: 16Mo3
Többvarratos
hegesztés
Vastagság: 250 mm
Hőcserélő
komponens
Belépő csomak

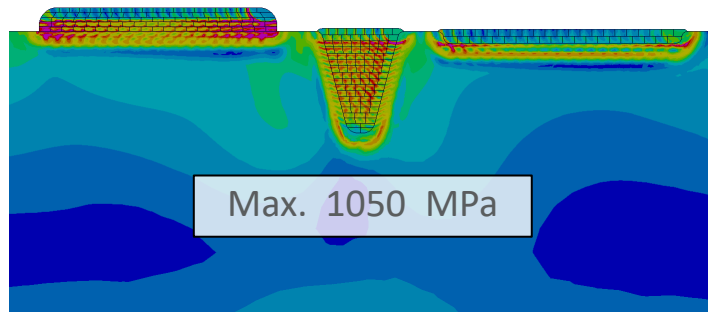
Maradandó feszültség



1. variáns

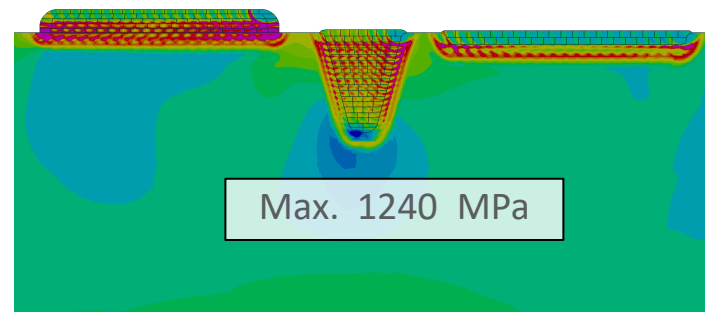
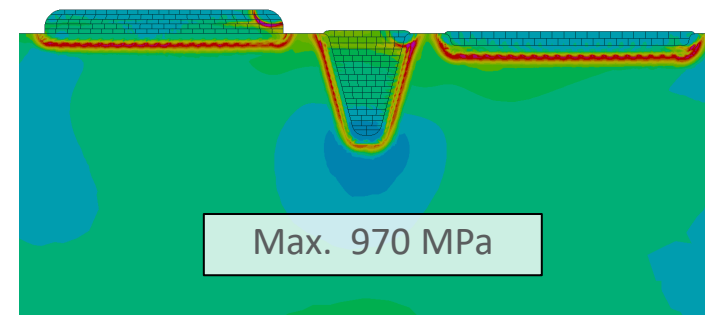
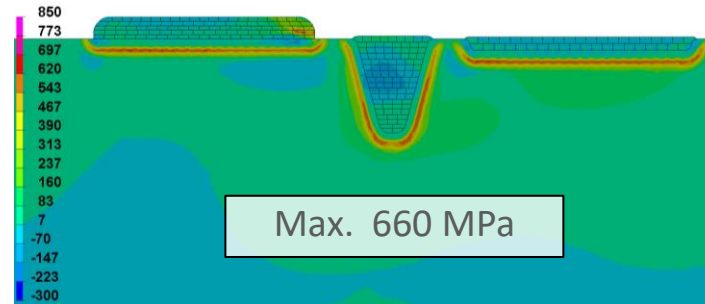


2. variáns

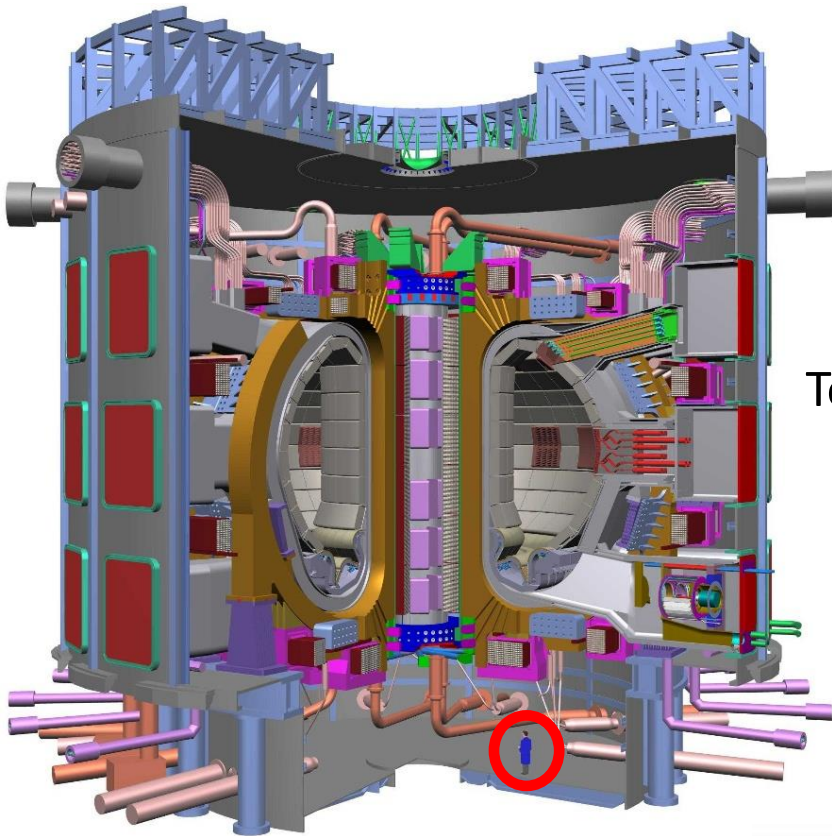


3. variáns

Középfeszültség



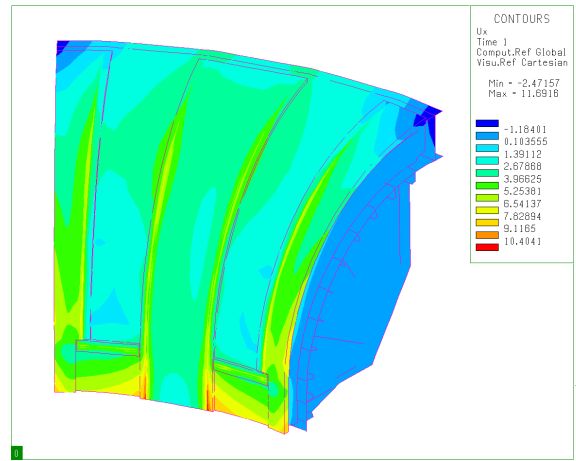
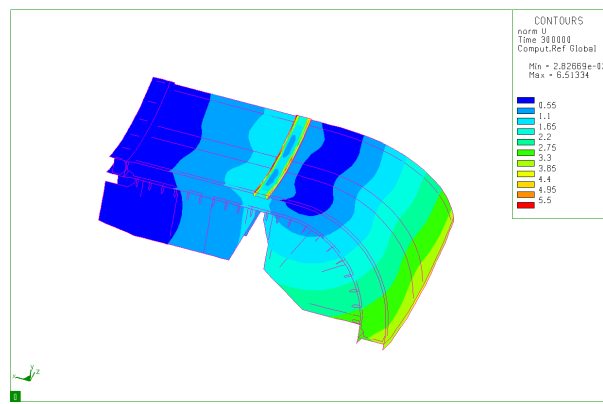
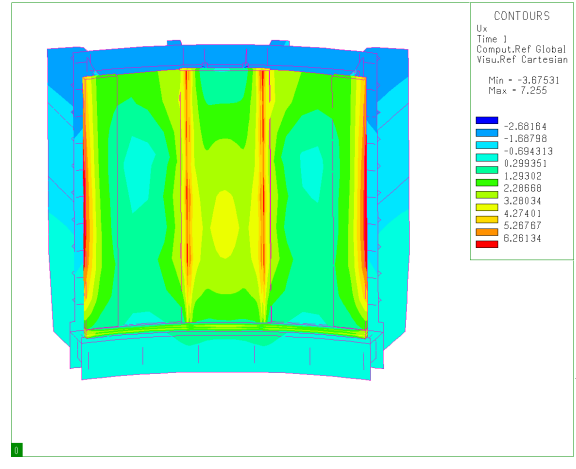
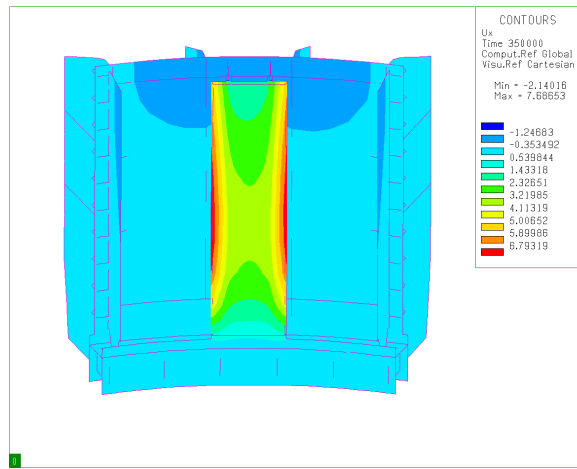
Anyag: P91
Hegesztés javítás
Többvarratos hegesztés
Vastagság: 300 mm
Turbina ház



Anyag: 316L
Többvarratos hegesztés
Vastagság: 60/40mm
Vákuum reaktor



Deformáció



- Hegesztési szimulációk
 - Ideálisak a megvalósíthatósági tanulmányokhoz
 - Valós gyártási és makettvizsgálat nélkül is megvalósíthatóak
 - Segítenek megérteni, hogy „mi történik” a hegesztési folyamat során – belátást engednek az anyagok és szerkezetek belsejébe is
 - Az innovatív cégek virtuális prototípus-készítést és gyártást használnak
 - Optimalizáció
 - Hegesztésből eredendő deformációk
 - A hegesztés minősége
 - A hegesztett szerkezet határállapota elsősorban a fáradás/tartósság szempontjából

2025-t írunk – a digitális korban élünk

A legtöbb tevékenységet digitális/virtuális szimuláció alapján kell elvégezni

Ebben segít az ESI GROUP teljes körű VIRTUÁLIS GYÁRA

