



Gyártócellák (NGB_AJ018_1)

Mechatronikai megoldások a lemezek vizsgálatában

**Esettanulmány: hidraulikus lemezvizsgáló
berendezés**



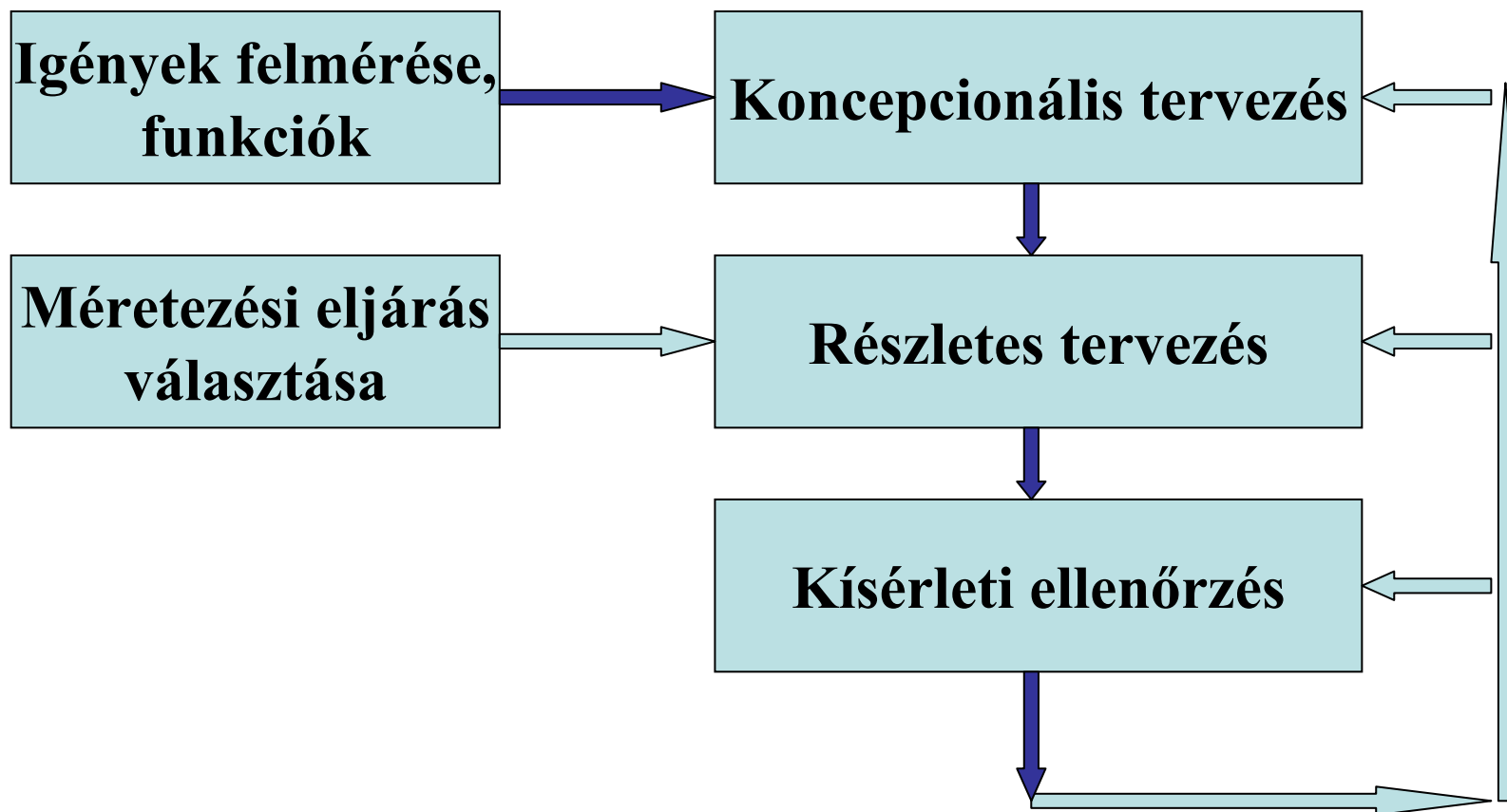
Lemezvizsgáló berendezés fejlesztési folyamata

- A tervezési folyamat áttekintése
- A berendezés funkciójának meghatározása
- A mérési feladat elméleti háttere és megvalósítási módja
- A vizsgáló berendezés koncepcionális tervezése
- Részletes tervezés
- Megvalósítás
- Teszt vizsgálatok





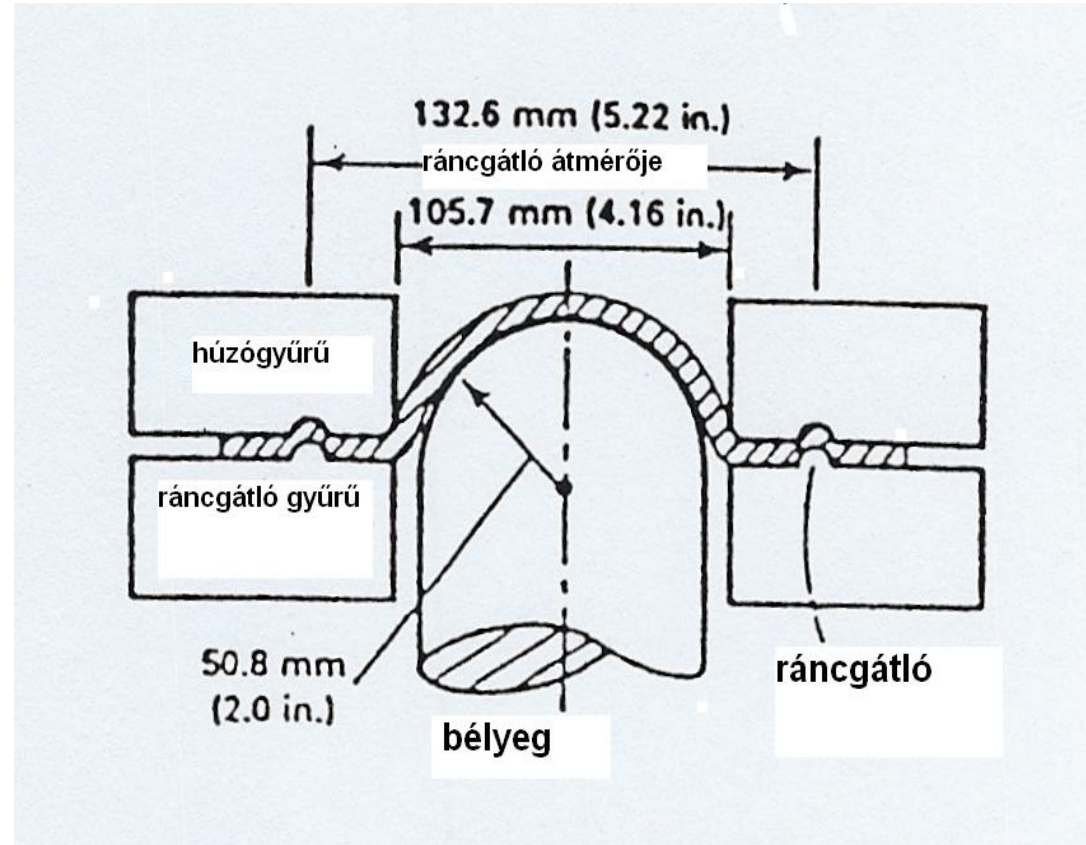
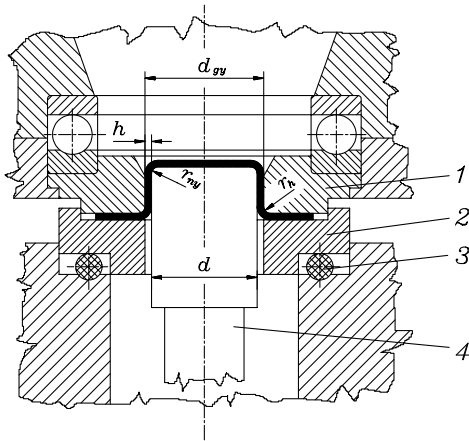
A tervezési folyamat áttekintése





A berendezés funkciójának meghatározása

- Lemezek alakíthatósági vizsgálatára alkalmas, univerzális mérőrendszer
- Elsődleges funkció: Nakajima teszt
- Másodlagos funkciók: egyéb lemezvizsgálatok (pl: csészehúzó vizsgálat)





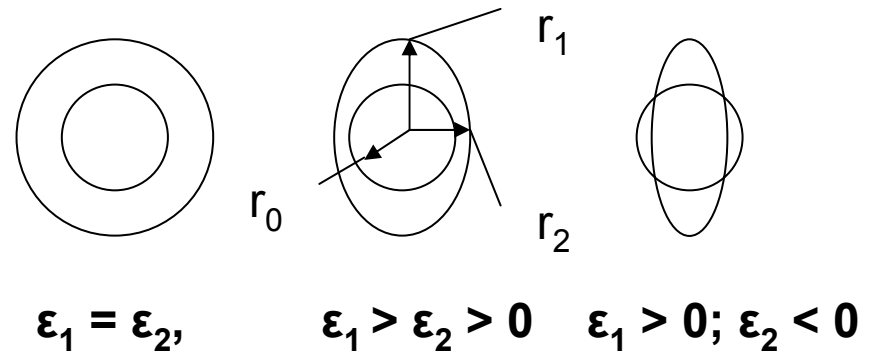
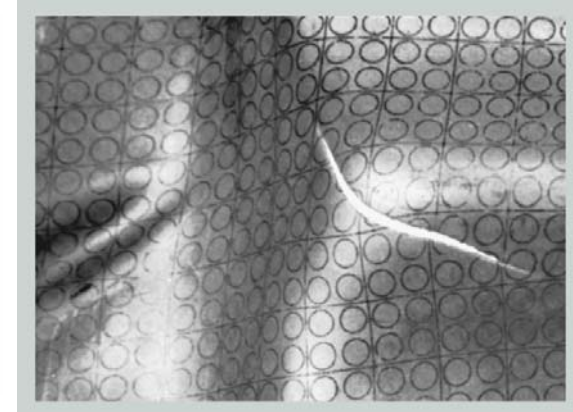
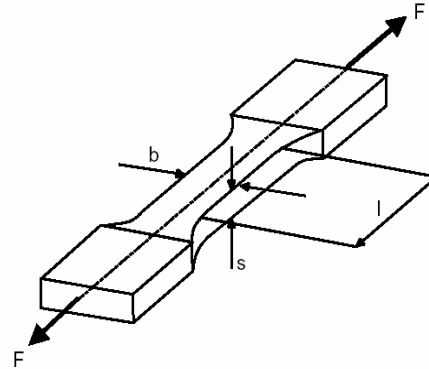
Lemezek alakíthatósága

- Alakíthatósági mérőszámok:

- $\varepsilon_1 = \ln(L_1/L_0)$;
- $\varepsilon_2 = \ln(b_1/b_0)$;
- $\varepsilon_3 = \ln(s_1/s_0)$;
- ahol $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$

- Helyi alakváltozás: a lemez egy pontjában mérhető

- A méréshez r_0 sugarú köröket visznek fel a felületre
- Alakítás után mérik a sugár megváltozott értékét
- Ebből számítják az un. főnyúlásokat (ε_1 , ε_2 , ε_3)
- **pl:** $\varepsilon_1 = \ln(r_1/r_0)$; $\varepsilon_2 = \ln(r_2/r_0)$

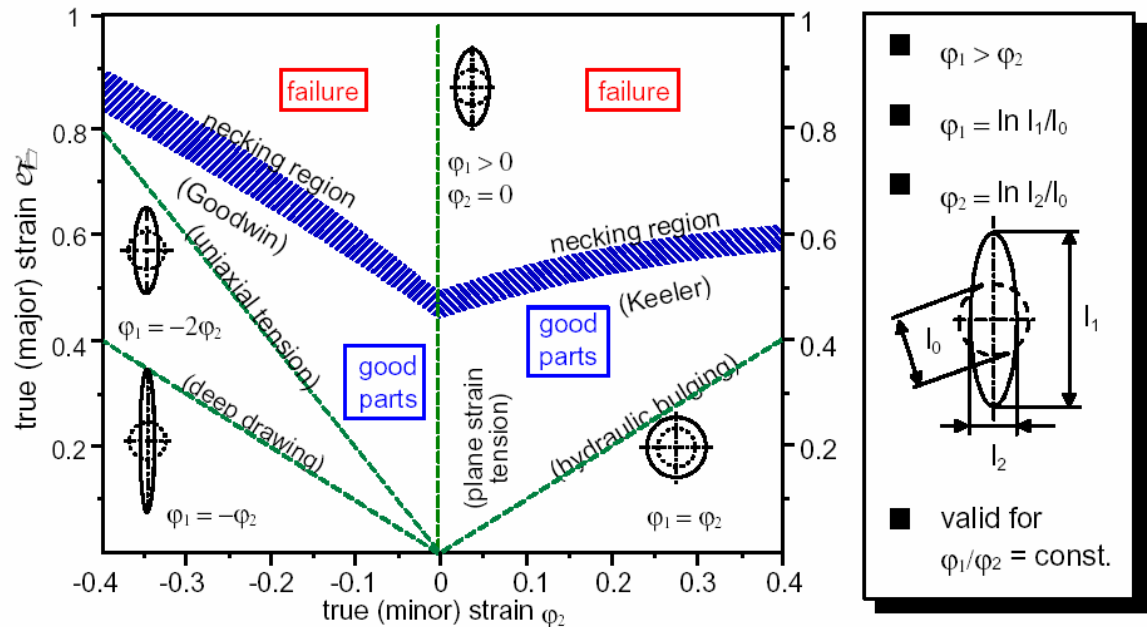




Alakíthatósági határgörbe

- Különféle ϵ_1 , ϵ_2 , alakítás kombinációkra meghatározzák a kontrakcióhoz ill. a repedéshez tartozó határértékeket
- Ezeket a határértékeket görbével összekötik, ez az alakíthatósági határgörbe
- A görbe alatti terület a biztonságos alakítás tartománya

Forming Limit Diagram according to Goodwin and Keeler



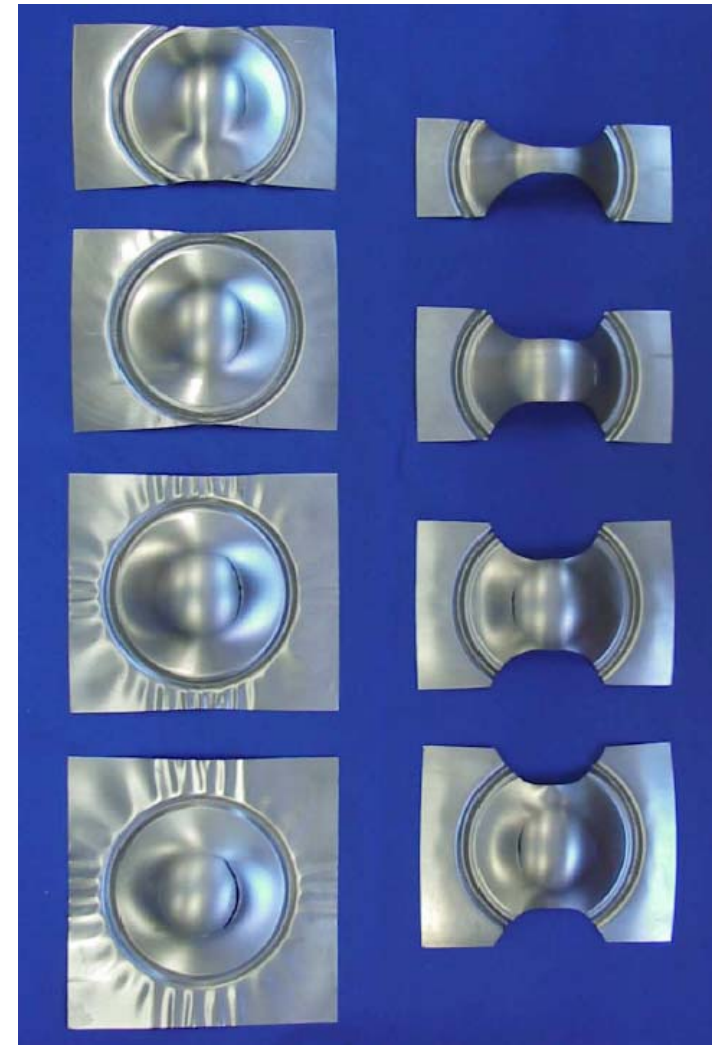
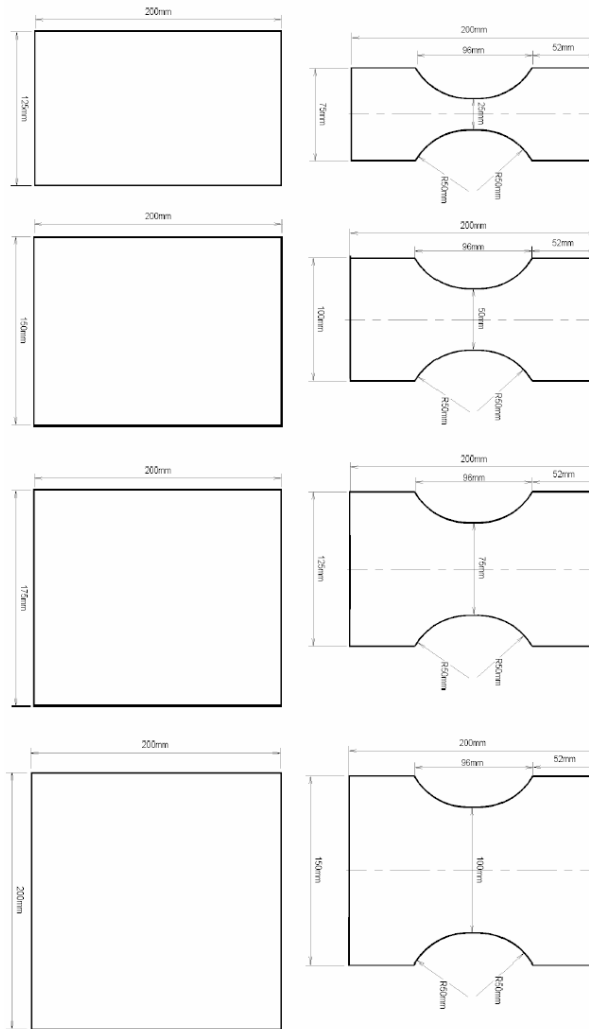
A Nakajima teszt alkalmas az alakíthatósági határgörbe felvételére

A félgömb alakú szerszámmal négyzet és lekerekített átmenetű, téglalap alakú próbatesteket alakítva mérik a helyi alakváltozást



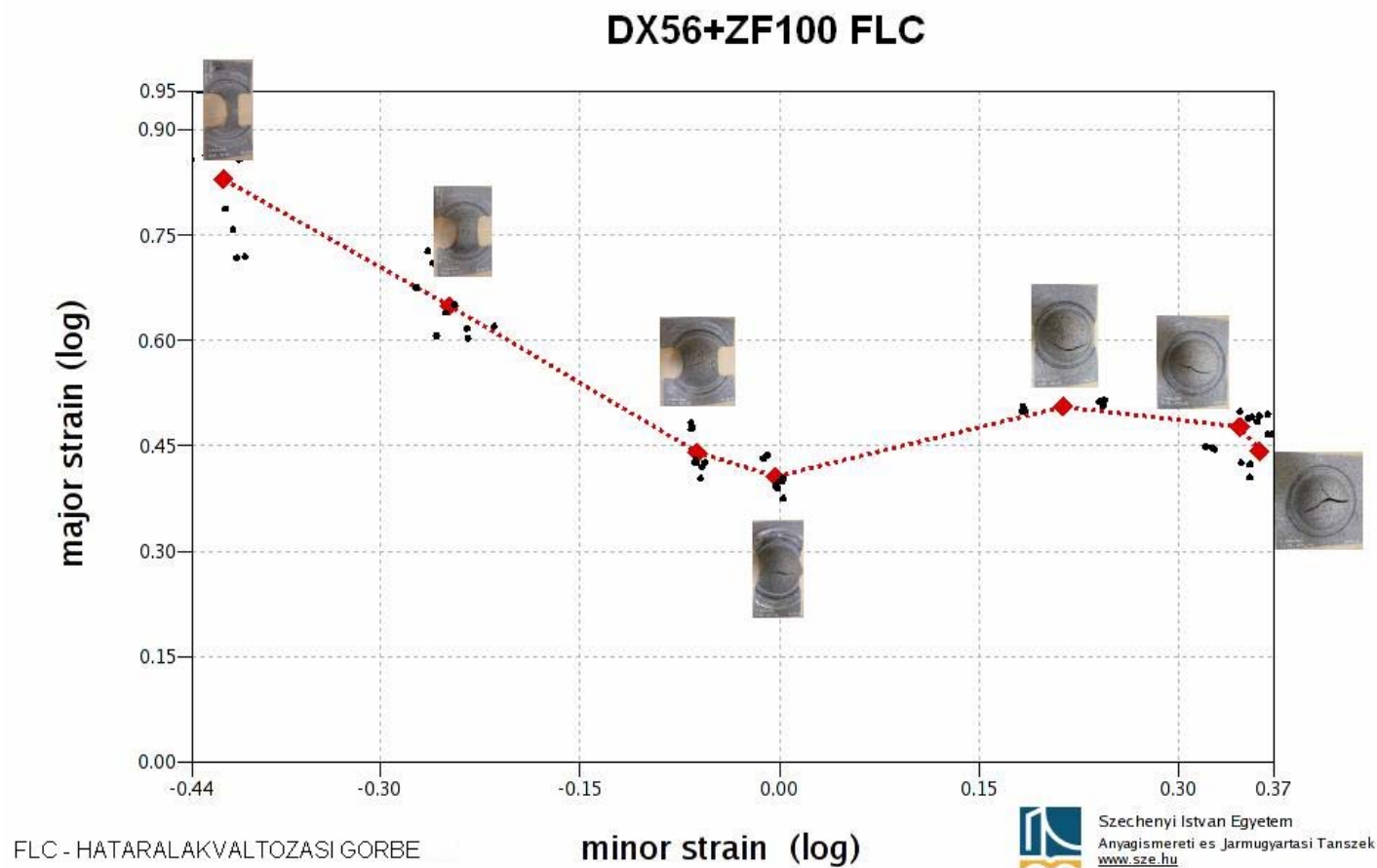
Próbatestek méretei

- Próbatest sorozat Nakajima teszthez
- Más geometriai kialakítás is lehetséges
- A befoglaló méret 200x200 mm





Alakíthatósági határgörbe (mérési eredmény)



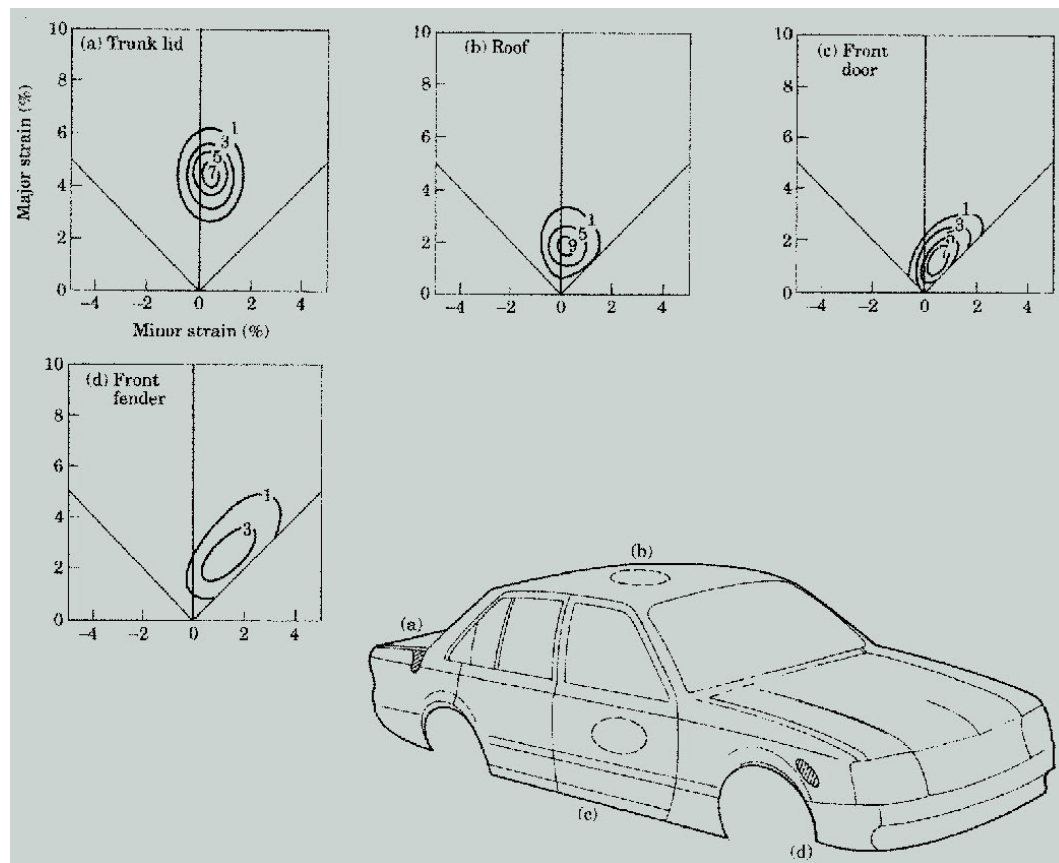
FLC Chart

gom
www.gom.com



Az alakíthatósági vizsgálatok gyakorlati alkalmazhatósága (1)

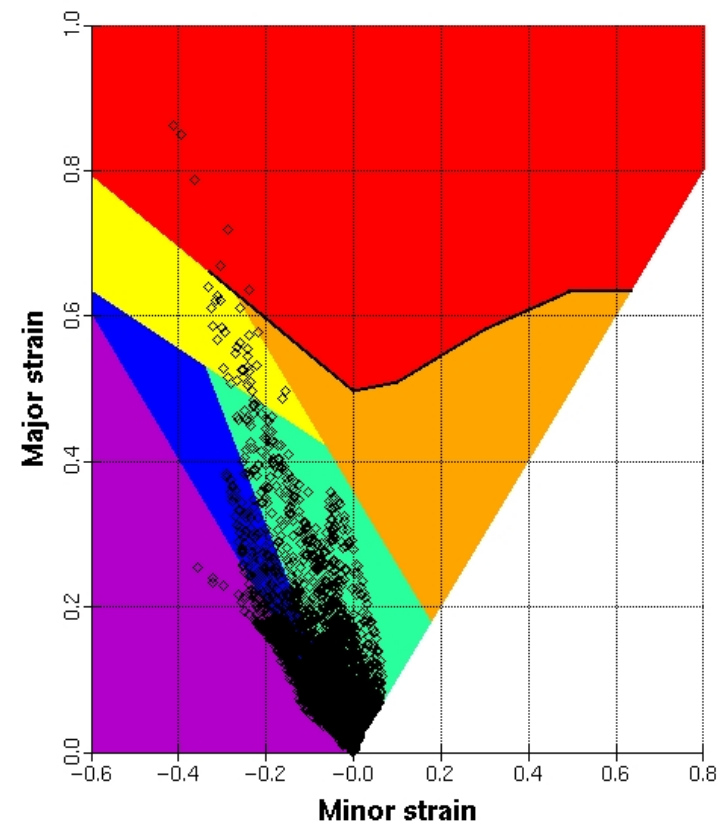
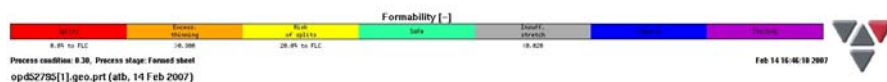
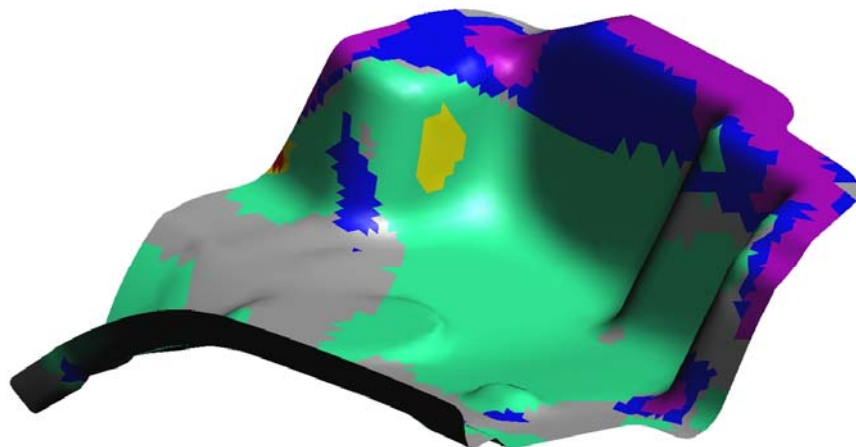
- Számítógépes szimulációval meghatározzák az alakítás során fellépő helyi alakváltozásokat
- Ezeket ábrázolják az alakíthatósági határgörbében
- Ha a várható alakváltozások a biztonságos területre esnek, akkor az alakítás végrehajtható



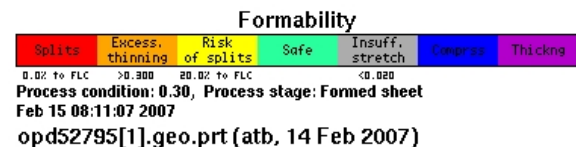


Az alakíthatósági vizsgálatok gyakorlati alkalmazhatósága (2)

- Jármű alkatrész gyárthatósági vizsgálata
 - Alakváltozások számítása és ábrázolása
 - Összehasonlítás az alakíthatósági határgörbével



Forming Limit Diagram (True strains)





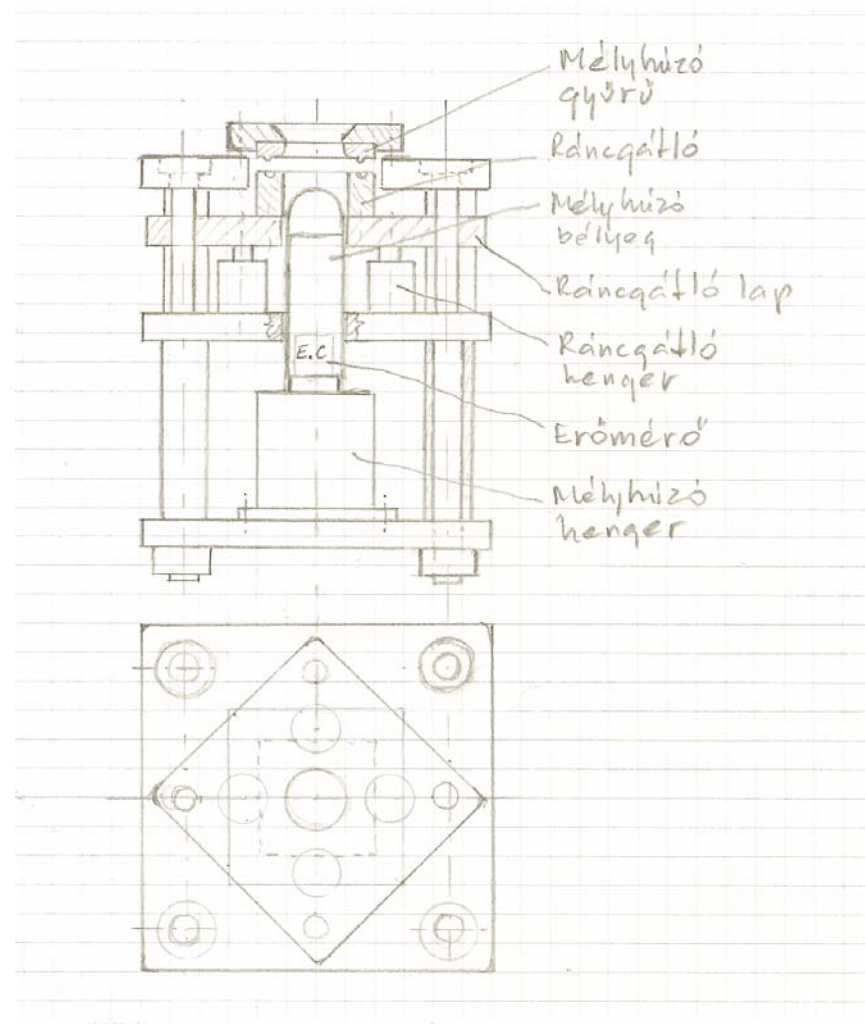
A vizsgálóberendezés koncepcionális tervezése

- Funkciók:
 - Bélyeg és ráncgátló működtetése (mozgás, erő kifejtés)
 - Szabályzás: bélyeg mozgatás sebessége, ráncgátló erő, hőmérséklet
 - Mérés: próbatest alakváltozás, mélyhúzó erő, hőmérséklet
- Fő műszaki paraméterek
 - Bélyeg erő 600 kN, ráncgátló erő 400 kN, mozgási úthossz 180 mm, sebesség 1...5 mm/min, vizsgálati hőmérséklet 20...350 C°
- Működtetés módja:
 - Hidraulikus hengerek (alternatíva: golyós orsó és anya)
 - Ehhez hidraulikus tápegység és vezérlő szelepek szükségesek
- Mérő-vezérlő rendszer:
 - Elektronikus (PLC)
 - Kezelő gombok, érintőképernyő, funkciók és eredmények szemléltetése
- Alakváltozás mérés: digitális optikai mérő-kiértékelő rendszer



Konceptcionális tervezés – részletek (1)

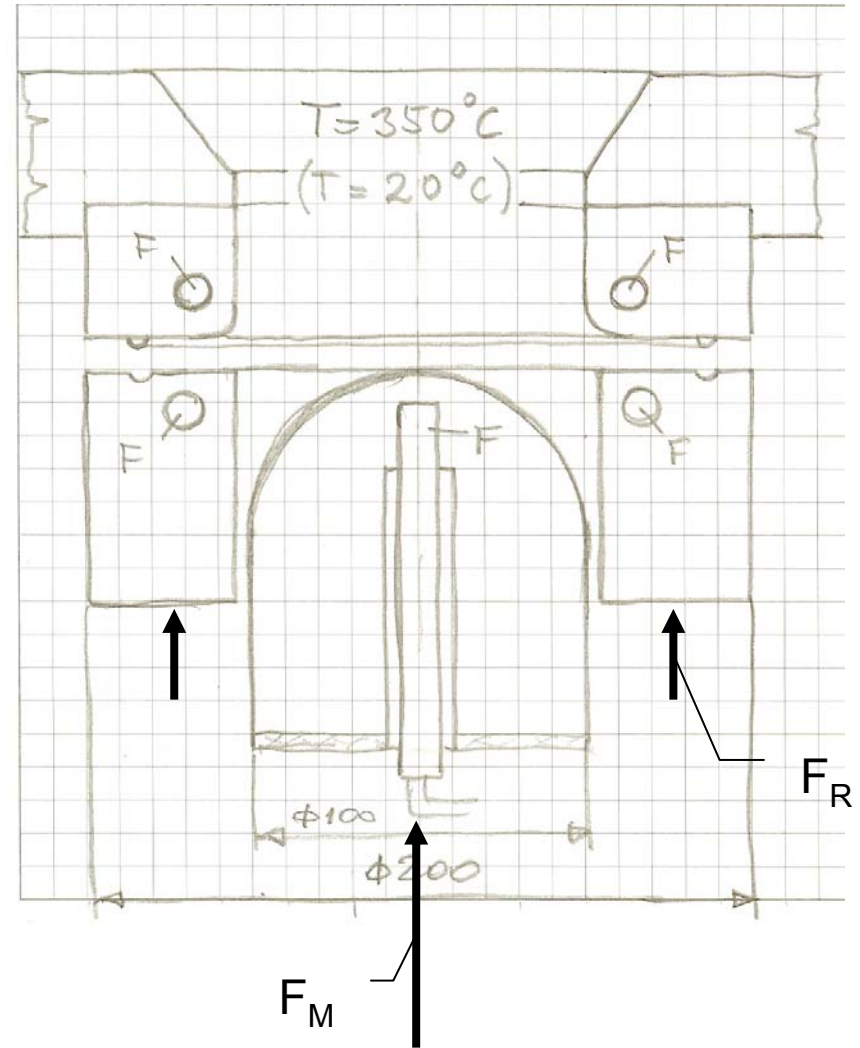
- Egyéb követelmények:
 - A próbatest jól látható legyen az optikai méréshez
 - Egyszerű próbatest csere, könnyű kezelhetőség
 - Szerszám csere lehetősége más vizsgálatokhoz
 - Szerszám fűtés
- Elvi felépítés:
 - Oszlopos állvány és munkalapok
 - Hidraulikus hengerek elhelyezése
 - Szerszám tér kialakítás





Konceptcionális tervezés – részletek (2)

- A húzógyűrű, a bélyeget működtető henger és a ráncgátlót működtető hengerek az állvány lapjaihoz vannak rögzítve
- A ráncgátló lapnak mozogni kell (a próbatest csere alatt nyitva, mérés közben a mélyhúzó gyűrűhöz szorítja a ráncgátlót)
- A szimmetrikus ráncgátló nyomás 4 db hengerrel érhető el
- A húzó és ráncgátló gyűrűt, valamint a bélyeget a bejelölt helyeken fűteni kell, a lapokat pedig hűteni
- A szerszám felfelé nyitott az optikai rálátás miatt





Részletes tervezés – főbb paraméterek

- Húzó munkahenger átmérő
 - Erő igény $F_M = 600$ kN, hidraulika nyomás max. $p = 320$ bar
 - Szükséges munkahenger felület: $A_{dM} = F_M / p$, ebből az átmérő számítható
 - Eredmény: $d_M = 80$ mm (mechanikai stabilitás miatt nagyobb a szükségesnél)
- Húzási sebesség
 - A munkahenger felület és a sebesség ismeretében a szükséges folyadékszállítás: $Q = A_{dM} * v$
 - Eredmény: $Q = 1,5$ l/min (választott: 5 l/min a gyorsjárat igénye miatt)
- Ráncgátló henger felület
 - A húzó munkahengerhez hasonlóan számítható a keresztmetszet, ezt 4 hengerre elosztva adódik az átmérő
 - Eredmény: $d_R = 45$ mm (mechanikai stabilitás miatt nagyobb a szükségesnél)



Részletes tervezés - mechanikai felépítés

Szerszám emelő

Fejlap

Bajonett zár

Húzógyűrű

Ráncgátló

Ráncgátló tartó lap

Bélyeg

Közbenső lap

Ráncgátló hengerek

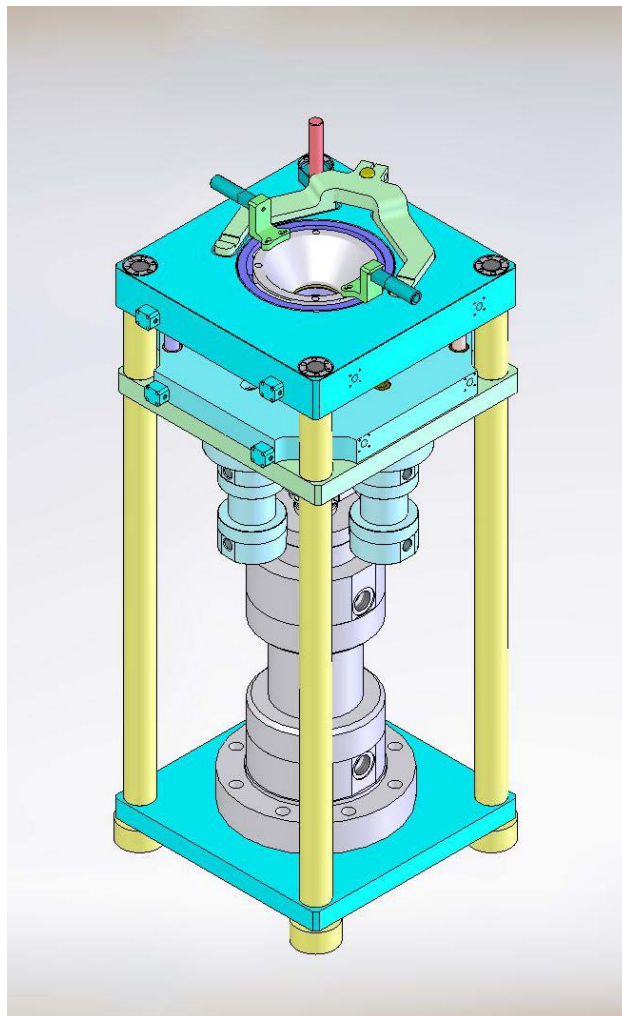
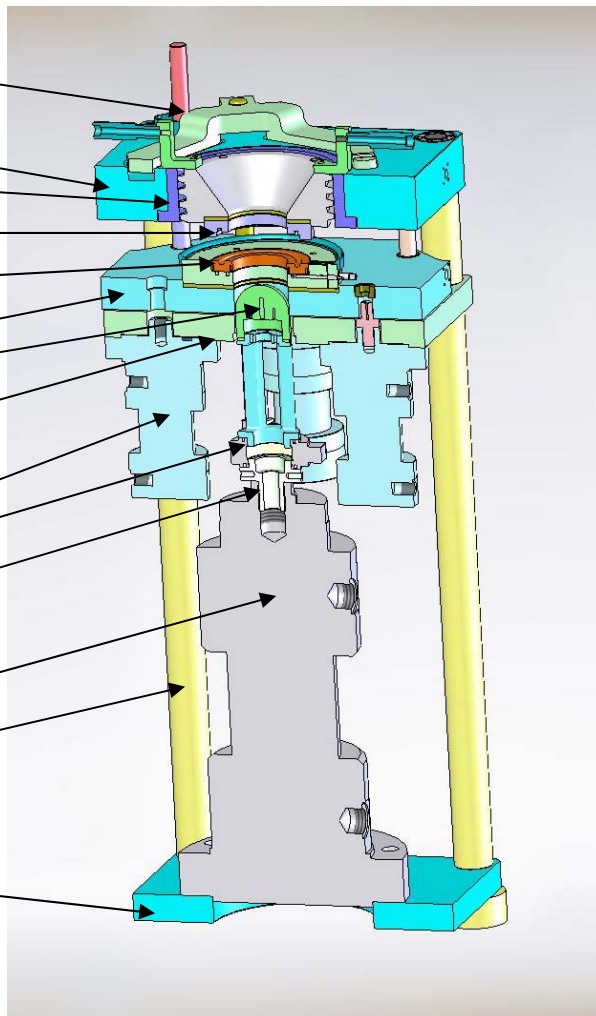
Erőmérő cella

Dugattyúrúd

Húzó munkahenger

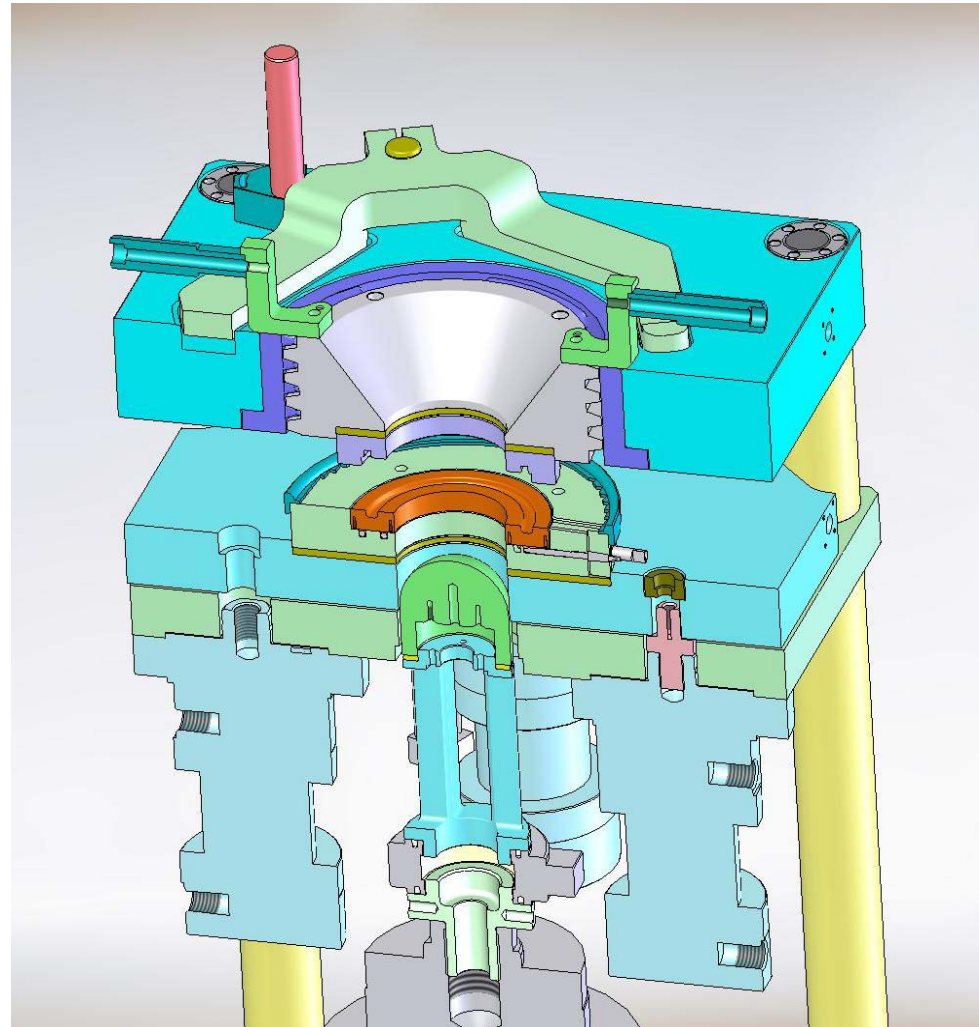
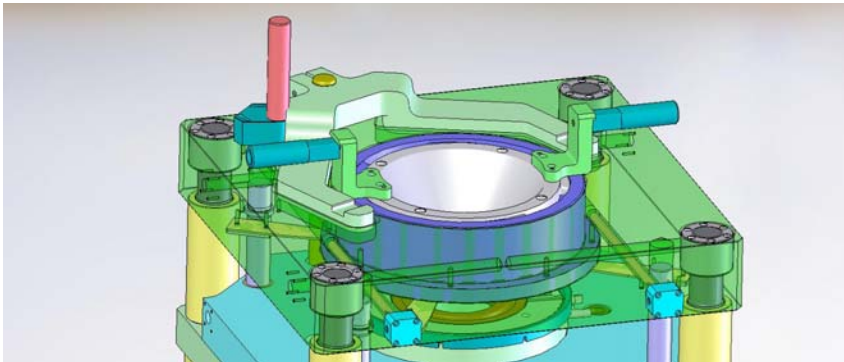
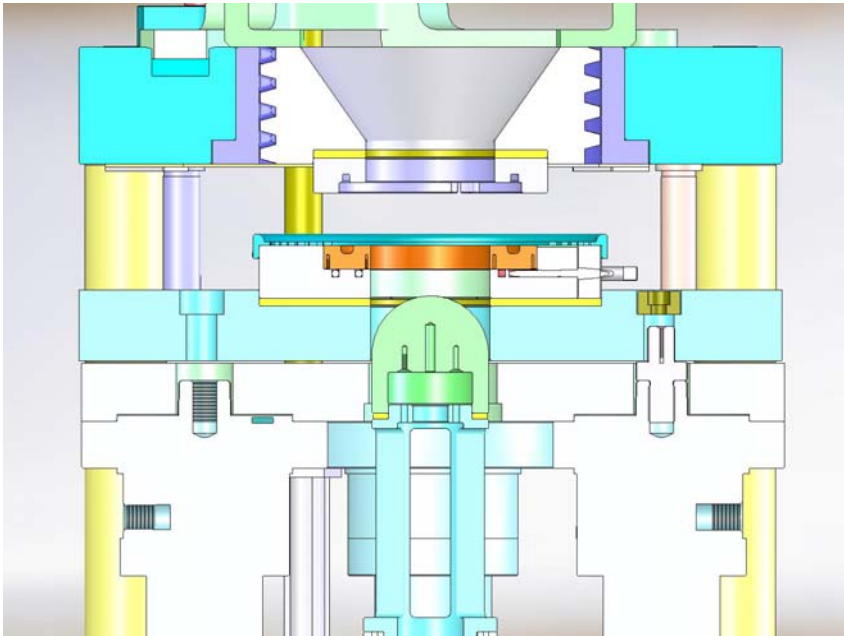
Állvány rudak

Alaplap





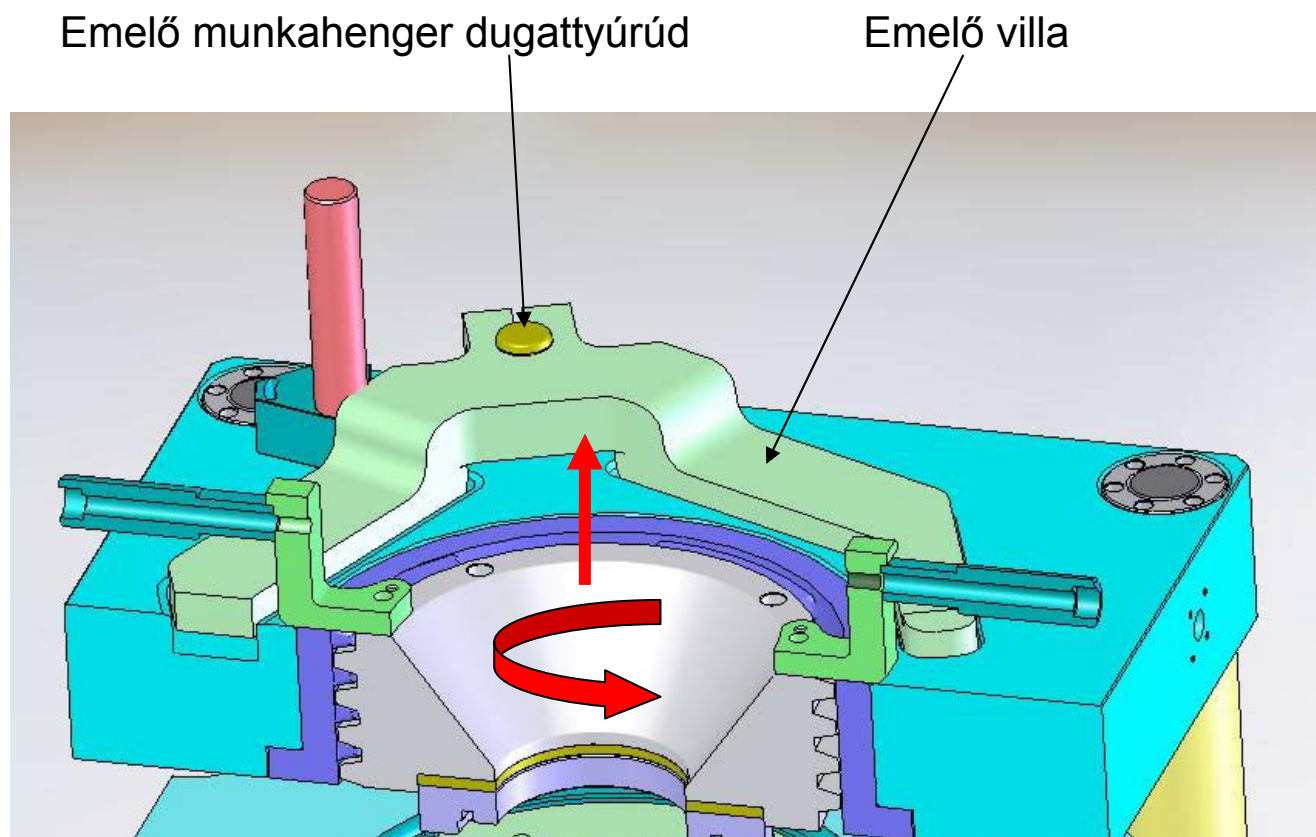
Részletes tervezés - szerszámtér





Részletes tervezés – húzógyűrű kiemelés

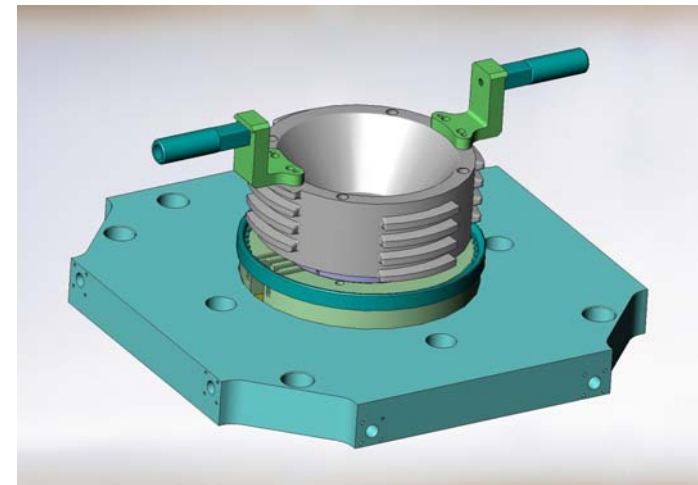
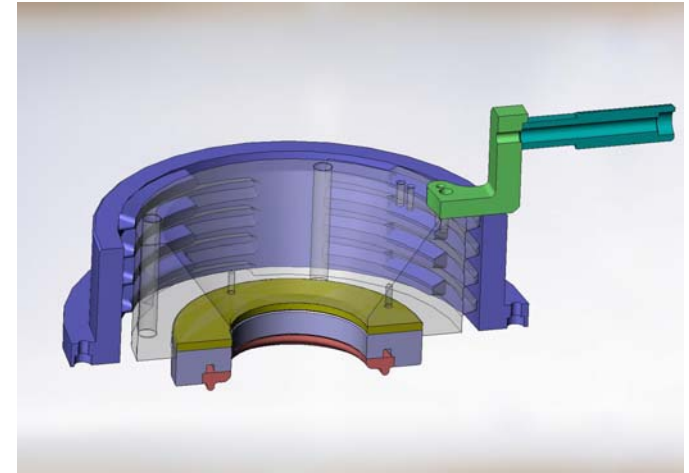
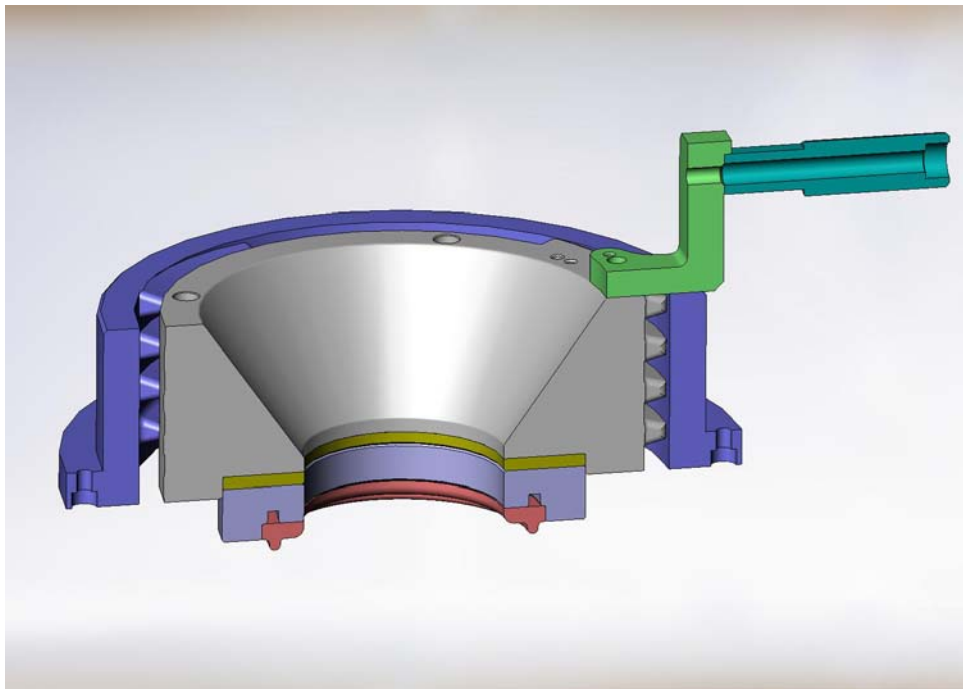
- A húzógyűrűt a próbatest cseréjének idejére ki kell emelni
- A rögzítésre és kioldásra az ismert bajonett-záras megoldást alkalmazzák
- A szerszám nagy tömege miatt a húzógyűrű és záró szerkezet emelését hidraulikus munkahengerrel kell megoldani





Részletes tervezés - bajonettzár

- A bajonettzárat egy-egy orsó- és anyamenet alkotja
- A menetek 4 db 45°-os íven épek, a másik 45°-on le vannak munkálva
- Ezáltal elfordítva egyszerűen kiemelhetők egymásból





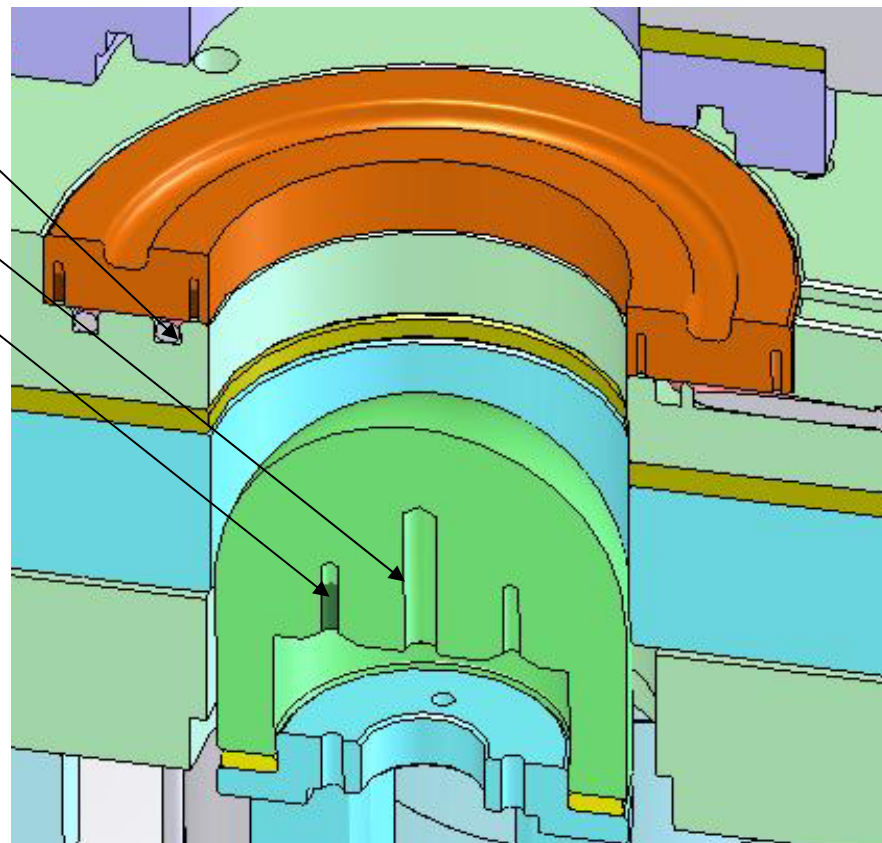
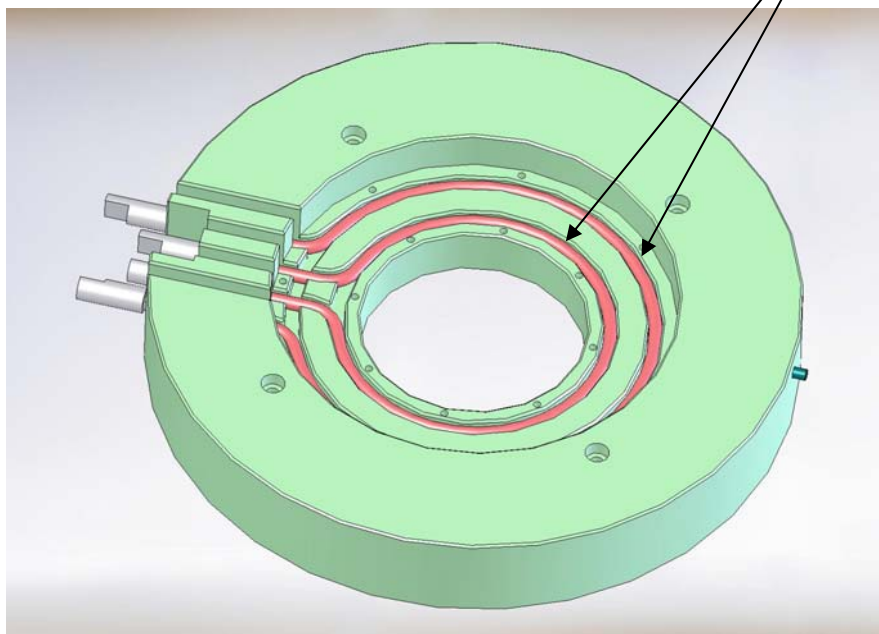
Részletes tervezés - fűtőbetétek

Ráncgátló fűtőbetét

Bélyeg fűtőbetét helye

Bélyeg fűtés szabályzó termoelem helye

Fűtőbetétek elhelyezése a ráncgátlóban





Részletes tervezés – jeladók a méréshez

- Húzóerő:
 - Az erőfolyamba iktatott nyúlásmérő bélyeges cellával mérhető (lásd szerkezeti vázlat)
- Ráncgátló erő:
 - A hidraulikus nyomással lehet beállítani, ez elfogadható tájékoztató mérésnek
- Bélyeg elmozdulás (munkahenger dugattyú mozgás) mérése
 - Mágneses elven működő impulzus adó, a munkahenger belsejébe építve
- Hőmérséklet
 - Fűtés szabályzáshoz a fűtőtestek mellett elhelyezett termoelemek
 - A próbatest hőmérséklet közvetlen méréséhez infra kamera
- Alakváltozás
 - Optikai érzékelés digitális kamerával
 - A kamera képek rögzítése a mérés alatt, utána off-line értékelés



Részletes tervezés – szilárdsági méretezés

- Állvány
 - A 600 kN erőt 4 oszlop veszi fel, melyre távtartó csövek vannak felfűzve, ezek határozzák meg a fejlap, alaplap és közbenső lap helyzetét
 - Az oszlopok átmérője 50 mm, itt a stabilitás, merevség is szerepet játszik a méret választásban
 - Szilárdsági ellenőrzés: $d=50 \text{ mm}$; $A=1963 \text{ mm}^2$; $\sigma=F_M/A=76,4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{meg}}$
- Távtartó csövek: $\varnothing 70 * \varnothing 50$
- Alaplap, fejlap, közbenső lap
 - Hajlításra igénybevett lapok, a szilárdság és merevség a méretezés alapja
 - A fejlapban több bemunkálás van, ezért az 100 mm vastag, az alaplap 50 mm, a közbenső (ránctartó) lap 60 mm
 - Ellenőrzés szilárdságra és alakváltozásra végeselem programmal, mely a CAD rendszer része
- A többi szerkezeti elem méretezése hasonló



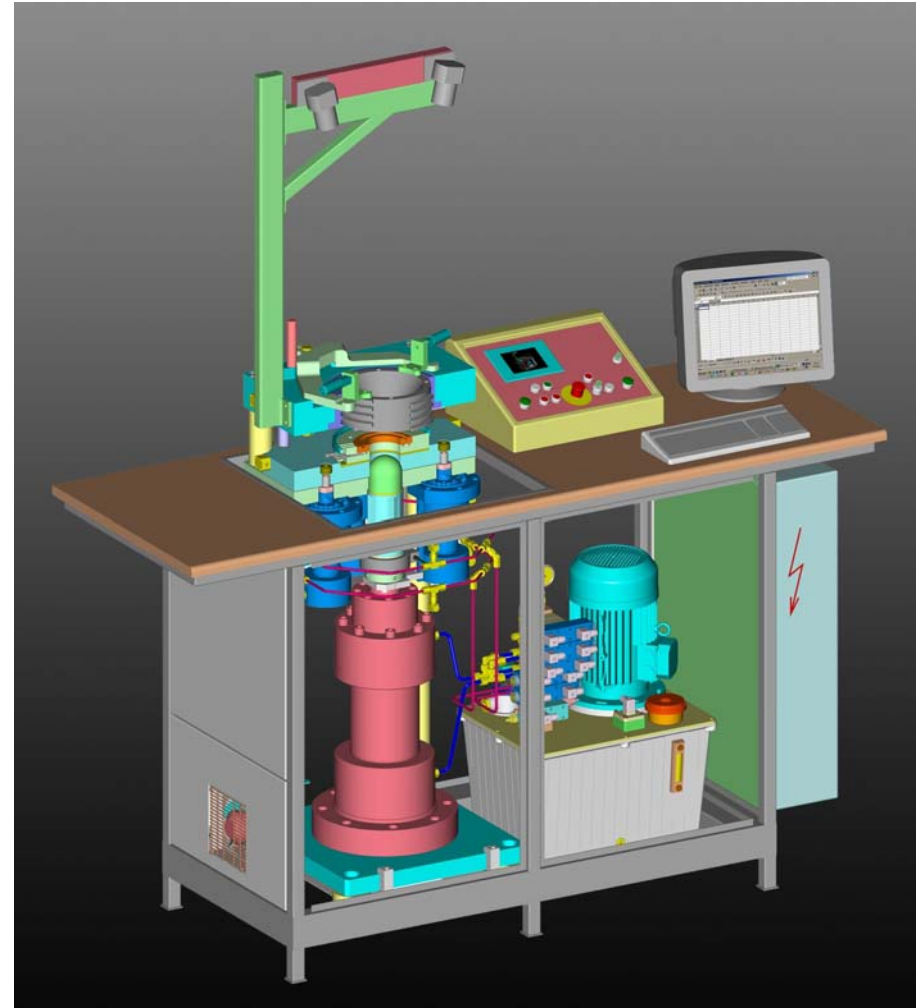
Részletes tervezés – biztonsági funkciók

- A lemezvizsgáló berendezés sajtológépnek minősül, ezért az ilyen jellegű gépekre vonatkozó javaslatokat kell betartani
- A hidraulikus rendszerben mindenütt nyomáshatárolók vannak a szerkezet túlterhelésének megakadályozására
- Az indítás két gombbal, úgynevezett kétkezes indítóval lehetséges
- A szerszám tartó bajonett zár rögzített (zárt) helyzetét elektromos helyzetkapcsoló ellenőrzi
- A mozgásokat jeladó érzékeli, és a határok elérésekor automatikusan kikapcsolja a működtetést
- A hőmérséklet szabályozó rendszer túlfűtés ellen védett
- A villamos vezérlő rendszer és feszültség ellátás megfelel az elektromos biztonsági előírásoknak
- A kezelő szervek olyanok, hogy a kéz sérüléseket kizárják



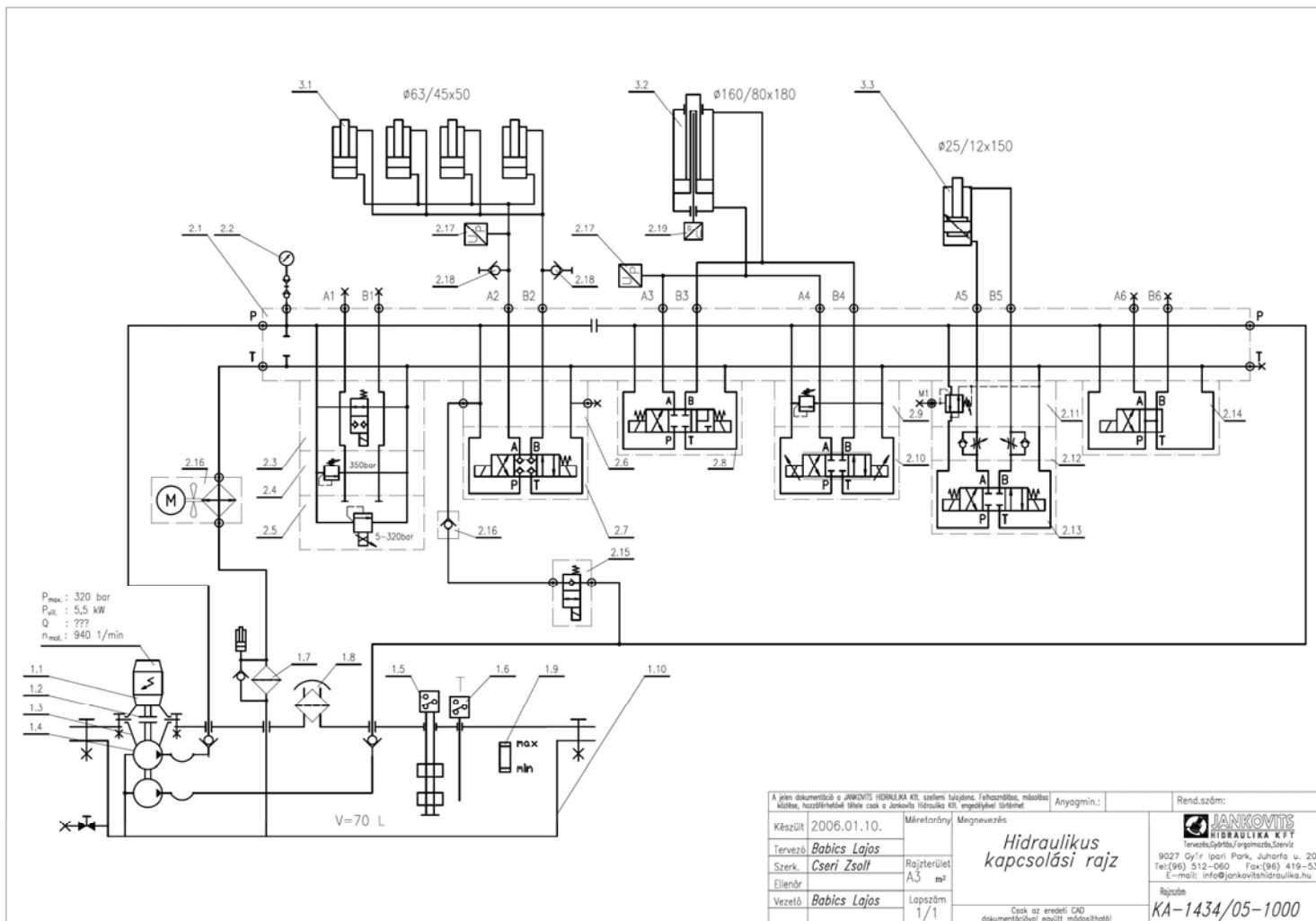
A főterv CAD modellje

- A mechanikai, hidraulikus és elektromos részek egységbe foglalása
- Az asztalon a kezelő és kiszolgáló egységek elrendezése
- Digitális optikai rendszer elhelyezése
- Az ábra az első terv változat látható, végül ez módosítva valósult meg





Hidraulikus rendszer ismertetése



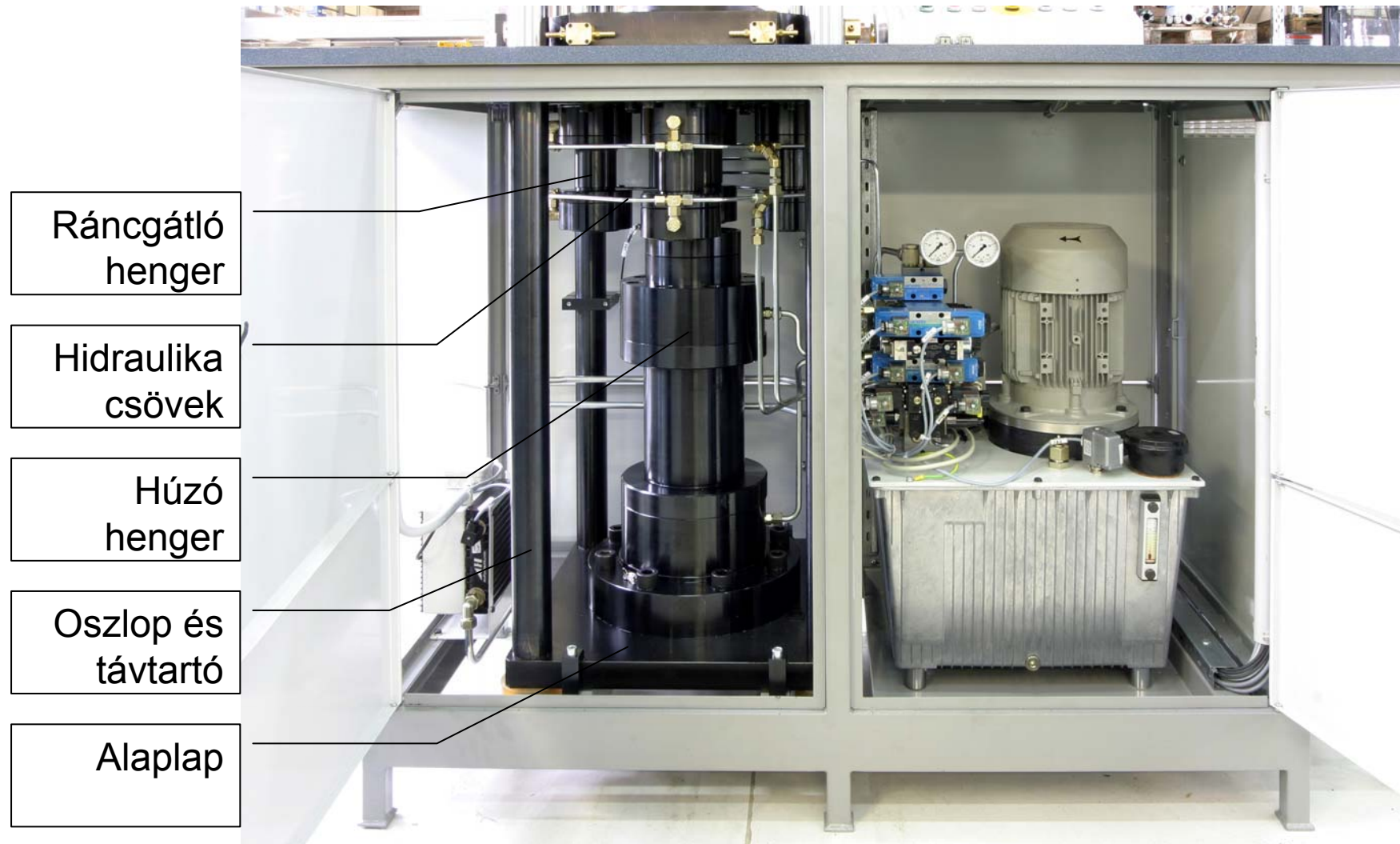
Munka-
hengerek

Szelepek

Szivattyú és
tartály

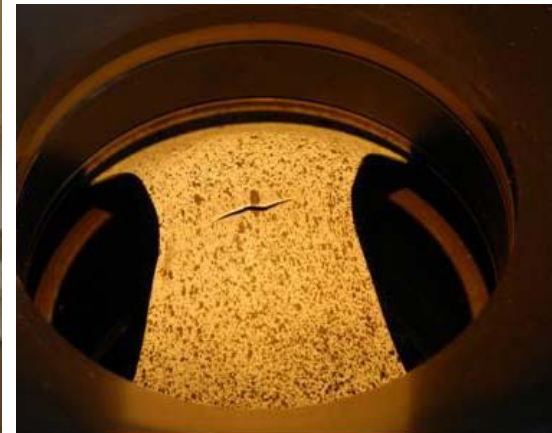
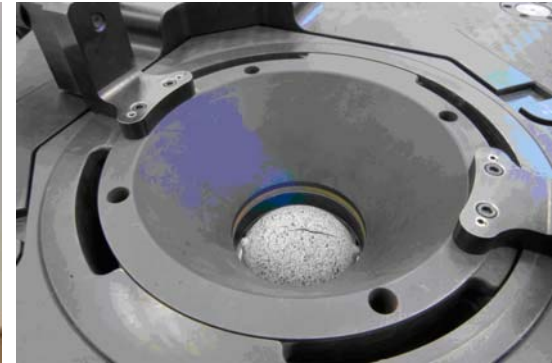


Hidraulikus munkahengerek és tápegység





Kezelő felület és próbatest





Megvalósítás

- Tervezés
 - Főterv 3D CAD rendszerben, funkciók ellenőrzése
 - Alkatrész rajzok elkészítése, kereskedelmi elemek kiválasztása, darabjegyzék készítése
 - Hidraulikus és elektromos rendszer tervezése
 - A gép környezetének kialakítása (egységes mechanikai, hidraulikus és elektromos rendszer)
 - Kezelés, hozzáférés tervezése
- Gyártás
 - Mechanikus alkatrészek gyártása, felületkezelése
 - Hidraulika rendszer szerelése
 - Elektromos vezérlés részegységeinek szerelése
 - A teljes berendezés összeépítése
- Próbaüzem, tesztelés



A berendezés fejlesztésében közreműködők

- Koncepcionális tervezés
 - Széchenyi István Egyetem
- Mechanikai tervezés
 - BMF Bánki Donát Gépipari és Biztonságtechnikai Kar
- Hidraulikus tervezés és hidraulika kivitelezés
 - Jankovits Hidraulika Kft
- Villamos mérő-vezérlő rendszer tervezése és kivitelezése
 - Jankovits Hidraulika Kft
- Mechanikai alkatrészek gyártása
 - Borsodi Műhely Kft
- Szerelés, üzembehelyezés
 - Jankovits Hidraulika Kft