



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



ÓBUDAI EGYETEM
BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ ÉS
BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR

Additív gyártástechnológiai folyamat ipari CT alapú optimalizálása

PhD hallgató: Marczis Attila

Témavezető: Dr. Drégelyi-Kiss Ágota

Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

1. SLS (selective laser sintering) additív gyártástechnológia vizsgálata
2. Irodalomkutatás az additív gyártástechnológiával gyártott alkatrészek torzulásairól és azok modellezéséről valamint a mérési módszerekről
3. Ti6Al4V alkatrész és etalon tervezése különböző mérési módszerek összehasonlításához

2022-23/II. félév eredményei



1. Additív gyártástechnológiával előállított Ti6Al4V alkatrész mérési lehetőségeinek vizsgálata
 - a. Alkatrész és etalon tervezése
 - b. Alkatrész és etalon gyártása
 - c. Alkatrész és etalon mérése
 - 3D optikai szkennel
 - Tapintós koordináta-mérőgéppel
 - Többféle ipari CT-vel
 - Neutron tomográfiával

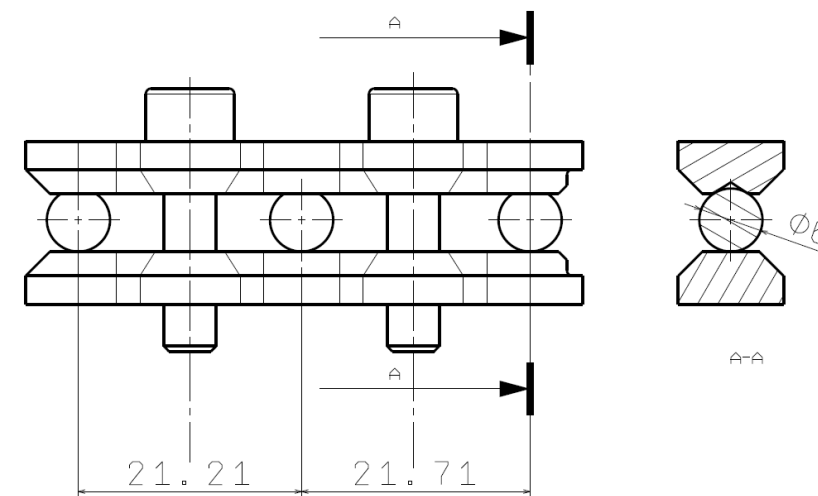
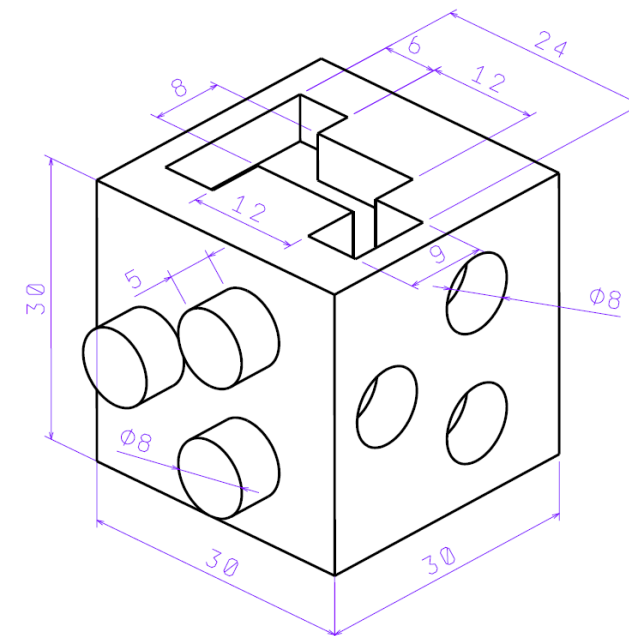
Alkatrész és etalon tervezése

1. Alkatrész tervezésének szempontjai

- Külső és belső hengeres felületek
 - Pozíció, henger-, és körátmérő, köralakúság, hengeresség mérése
- Külső és belső méretek síkok között
- Csonkolt kocka – könnyű a koordináta-rendszer meghatározása

2. Etalon tervezésének szempontjai

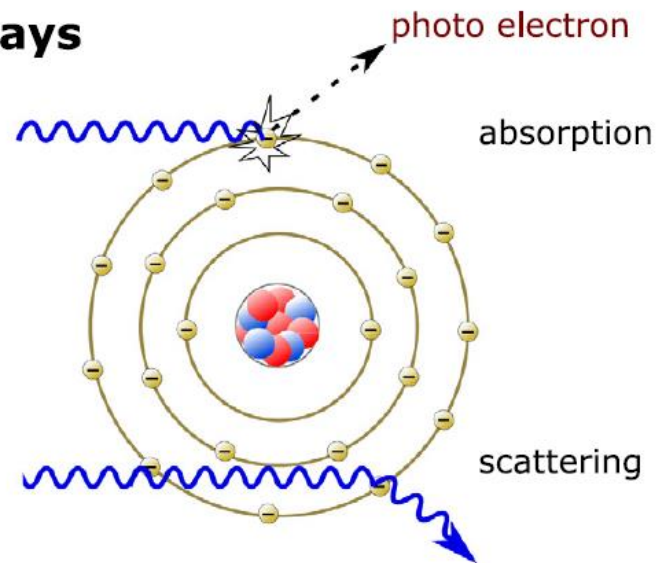
- Gömbök – leggyakrabban használt
 - Kicsi alakeltéréssel lehet vásárolni
 - Könnyen beszerezhető
- Ugyanaz az anyag, mint az alkatrészénél
- Több méret a középpontok között



1. Röntgen-, és neutrontomográfiával is vizsgálható legyen
2. Röntgentomográfia
 - a. Elnyelődés – rendszámmal arányos
3. Neutrontomográfia
 - a. Izotópok keletkeznek, felezési idő
 - b. A hidrogén a képalkotásnál probléma
 - c. Szokványos alumínium-oxid gömbök nem használhatók

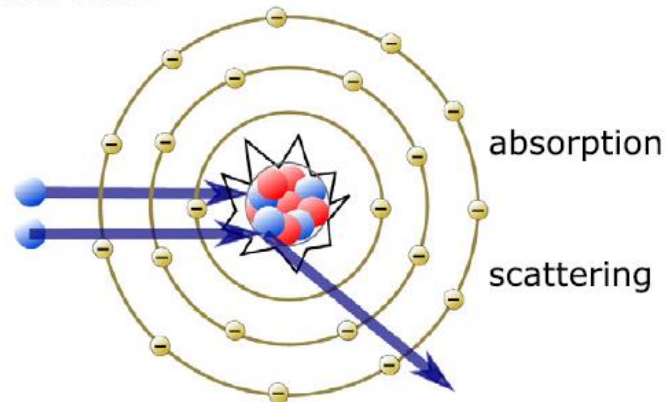
Anyagválasztás

x-rays



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--|--|------|--|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | He | |
| 0.02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.02 | |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | | | | |
| 0.06 | 0.22 | | | | | | | | | | | 0.28 | 0.27 | 0.11 | 0.16 | 0.14 | 0.17 | | | | |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | | | |
| 0.13 | 0.24 | | | | | | | | | | | 0.38 | 0.33 | 0.25 | 0.30 | 0.23 | 0.20 | | | | |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | |
| 0.14 | 0.26 | 0.48 | 0.73 | 1.04 | 1.29 | 1.32 | 1.57 | 1.78 | 1.96 | 1.97 | 1.64 | 1.42 | 1.33 | 1.50 | 1.23 | 0.90 | 0.73 | | | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | |
| 0.47 | 0.86 | 1.61 | 2.47 | 3.43 | 4.29 | 5.06 | 5.71 | 6.08 | 6.13 | 5.67 | 4.84 | 4.31 | 3.98 | 4.28 | 4.06 | 3.45 | 2.53 | | | | |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | |
| 1.42 | 2.73 | 5.04 | 19.70 | 25.47 | 30.49 | 34.47 | 37.92 | 39.01 | 38.61 | 35.94 | 25.88 | 23.23 | 22.81 | 20.28 | 20.22 | | 9.77 | | | | |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Ha | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11.80 | 24.47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^{Lanthanides} | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | | | | | | |
| | 5.79 | 6.23 | 6.46 | 7.33 | 7.68 | 5.66 | 8.69 | 9.46 | 10.17 | 10.91 | 11.70 | 12.49 | 9.32 | 14.07 | | | | | | | |
| ^{Actinides} | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Vf | Es | Fm | Md | No | Lr | | | | | | | |
| | 28.95 | 39.65 | 49.08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

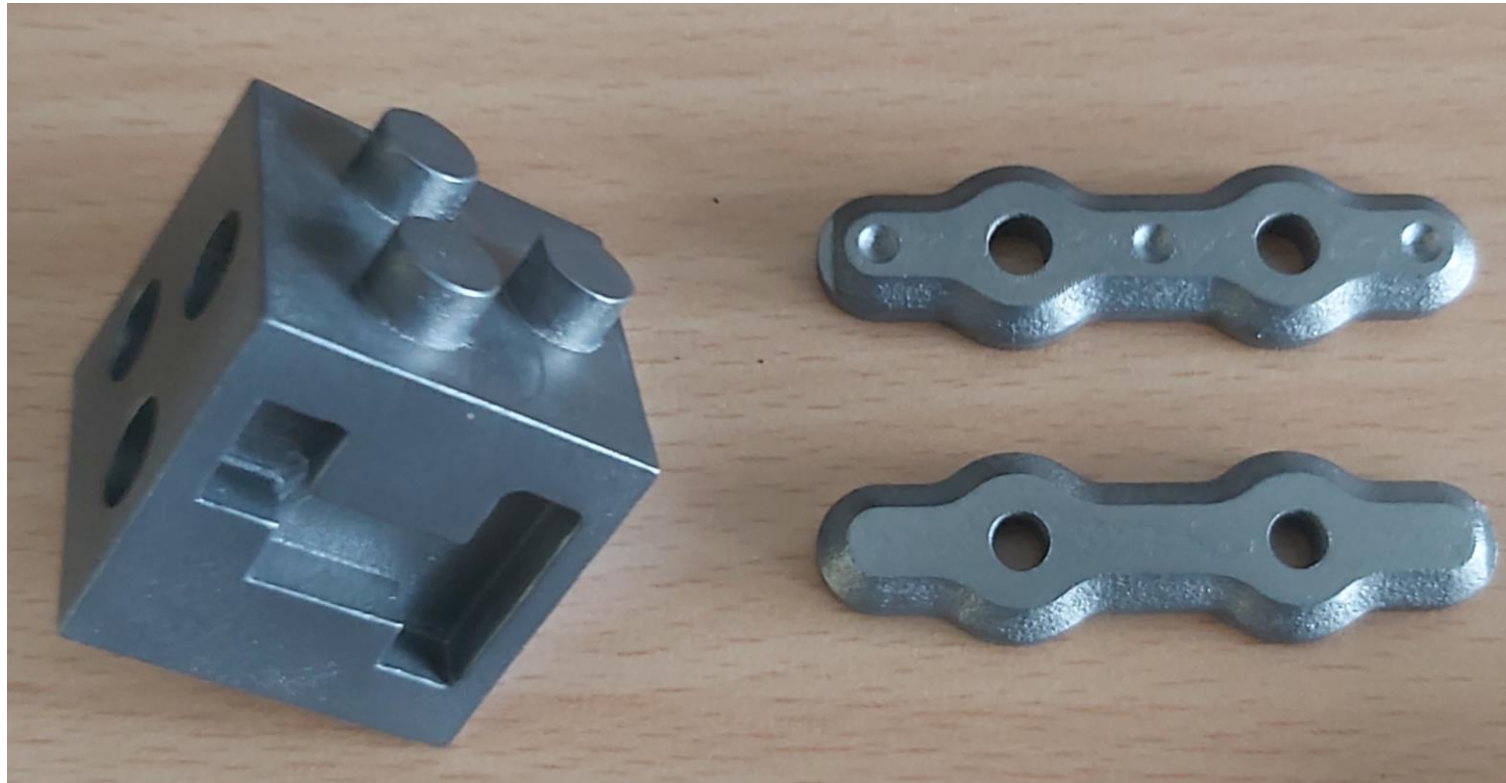
neutrons



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|--------|-------|---------|-------|-------|------|--------|------|------|------|------|------|------|--|--|------|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| 3.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.02 |
| Li | Be | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.30 | 0.79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.10 |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.09 | 0.15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.03 |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Er | Kr | | | |
| 0.06 | 0.08 | 2.00 | 0.60 | 0.72 | 0.54 | 1.21 | 1.19 | 3.92 | 2.05 | 1.07 | 0.35 | 0.49 | 0.47 | 0.67 | 0.73 | 0.24 | 0.61 | | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | |
| 0.08 | 0.14 | 0.27 | 0.29 | 0.40 | 0.52 | 1.76 | 0.58 | 10.88 | 0.78 | 4.04 | 115.11 | 7.58 | 0.21 | 0.30 | 0.25 | 0.23 | 0.43 | | | |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | |
| 0.29 | 0.07 | 0.52 | 4.99 | 1.49 | 1.47 | 6.85 | 2.24 | 30.46 | 1.46 | 6.23 | 16.21 | 0.47 | 0.38 | 0.27 | | | | | | |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Ha | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0.34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^{Lanthanides} | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | | | | | |
| | 0.14 | 0.41 | 1.87 | 5.72 | 171.47 | 94.58 | 1479.04 | 0.93 | 32.42 | 2.25 | 5.48 | 3.53 | 1.40 | 2.75 | | | | | | |
| ^{Actinides} | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | | | | | | |
| | 0.59 | 8.46 | 0.82 | 9.80 | 50.20 | 2.86 | | | | | | | | | | | | | | |

Vizsgálati darabok gyártása

1. Módszer: DMLS (digital metal laser melting)



Etalon darab

Eredeti ötlet:

Három rubin gömb

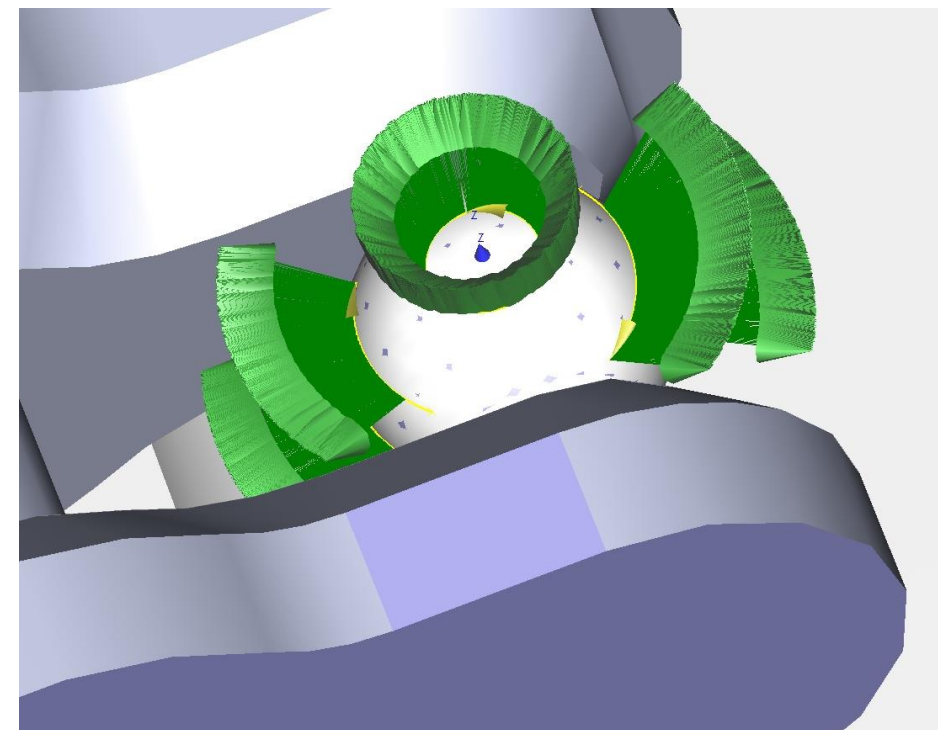
Ragasztás

1. Golyók (95% ZrO₂; 5% Y₂O₃), G10 –es pontossági osztály DIN5401 szerint
2. Csavarok: Ti6Al4V
3. Három különböző méret a gömbök középpontja között

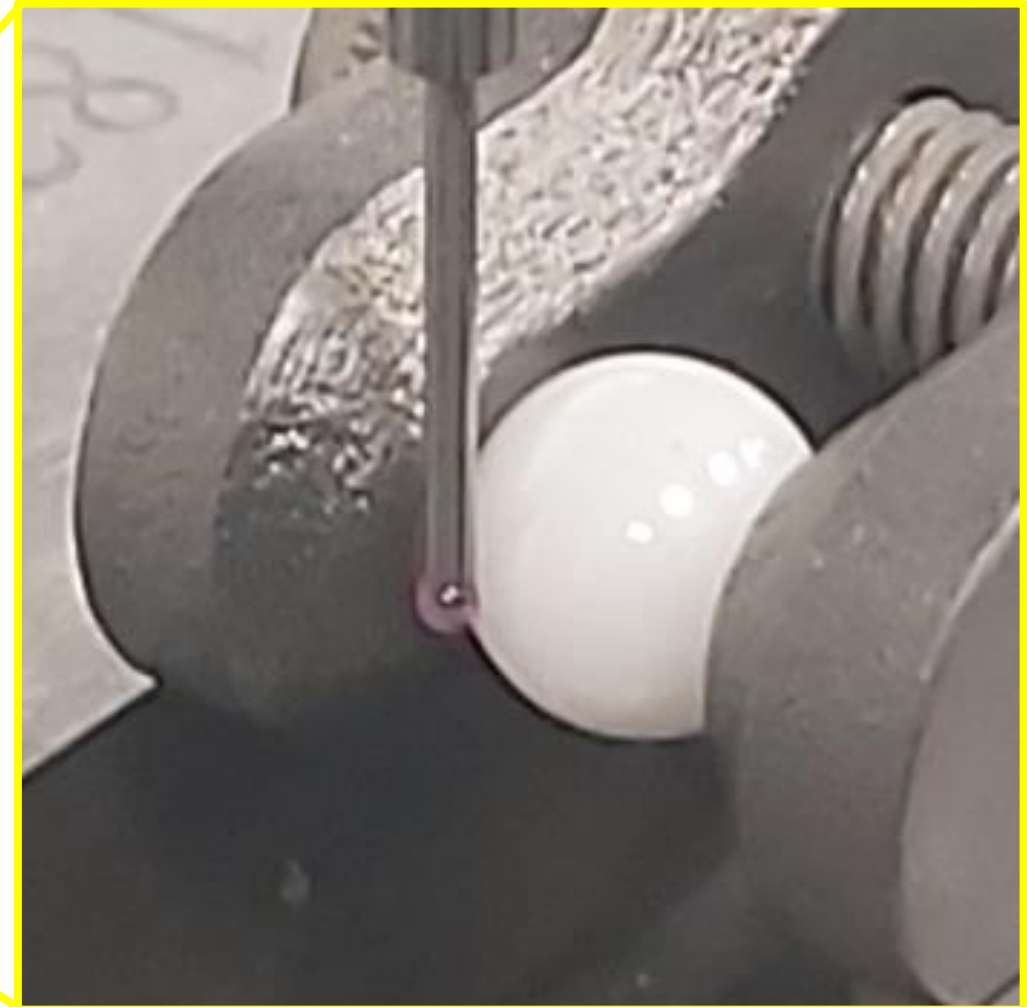
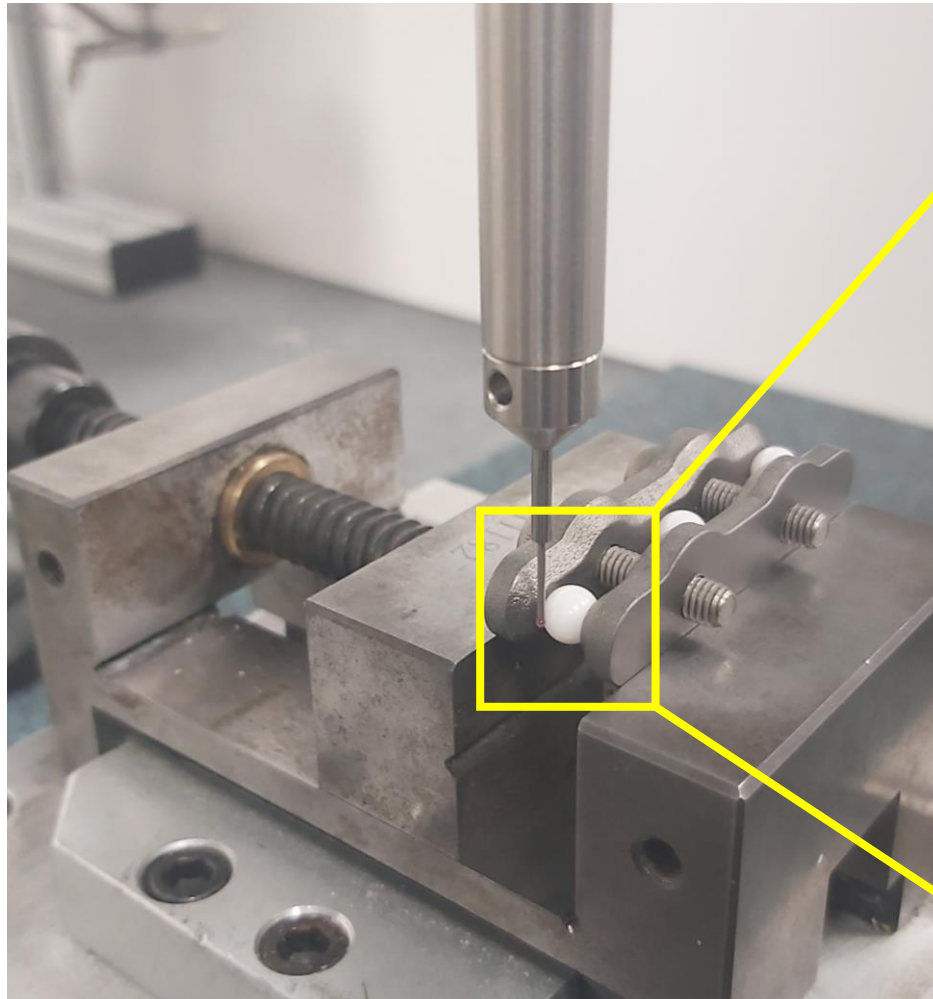


Etalon mérése

1. Kalibrálás ZEISS Prismo koordinata-mérőgéppel
2. Pontossága $E_{OMPE}=0,9+(L/350)$ [μm]; L [mm]-ben
3. Tapintó d=1 mm
4. Tapintási mód: szkennelés
5. Mérési pontok száma gömbönként:
~2800 pont
6. A referenciaérték 5 ismételt mérés
átlaga

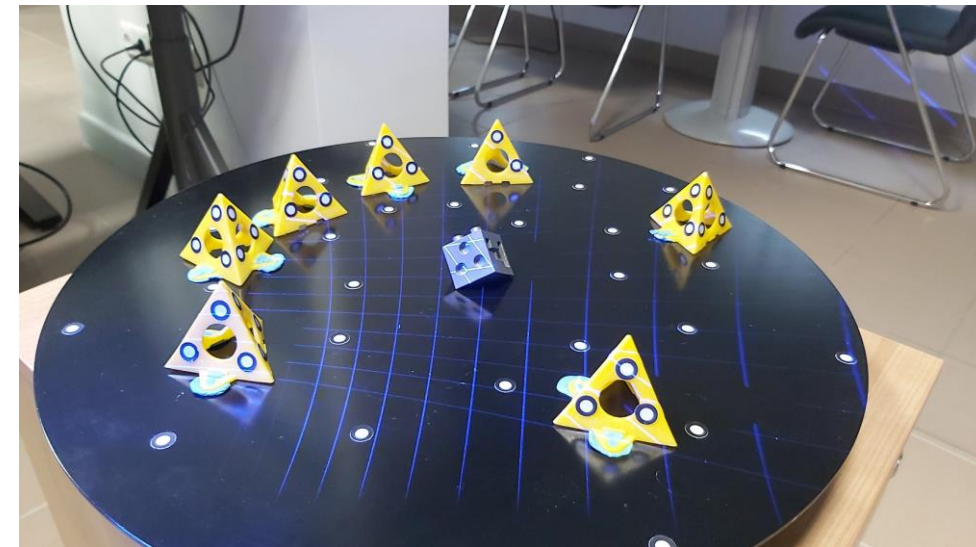
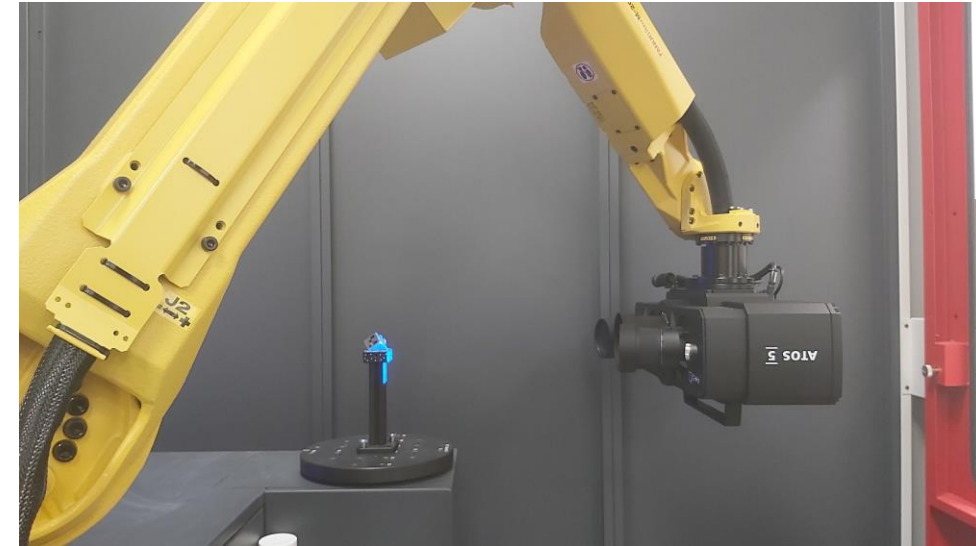


Etalon mérése

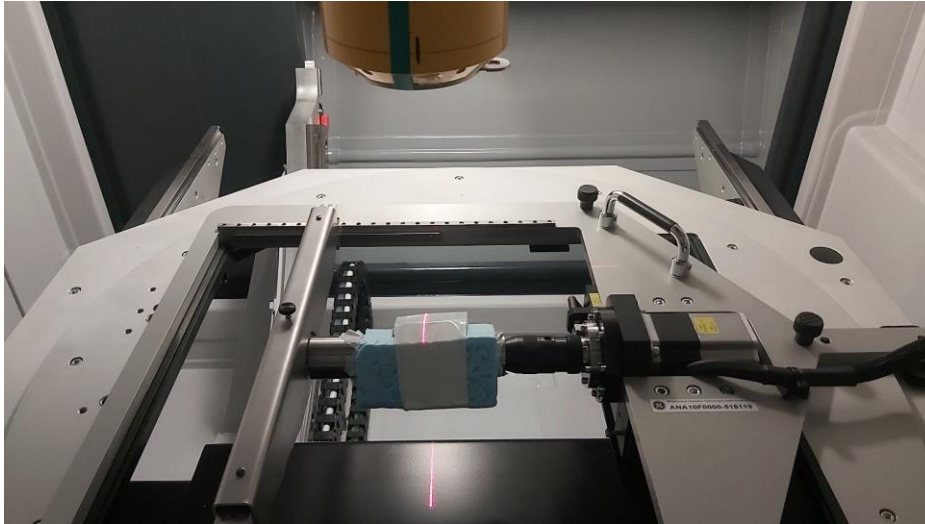


Optikai mérések

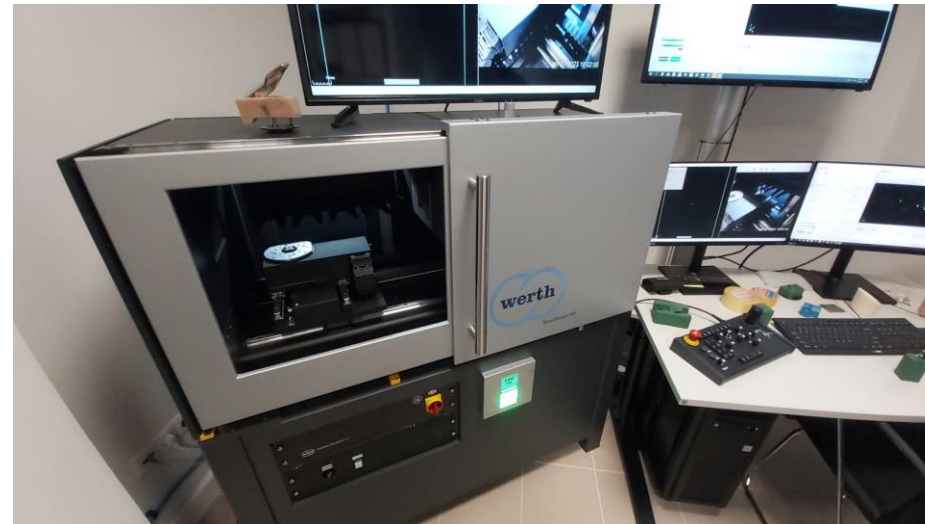
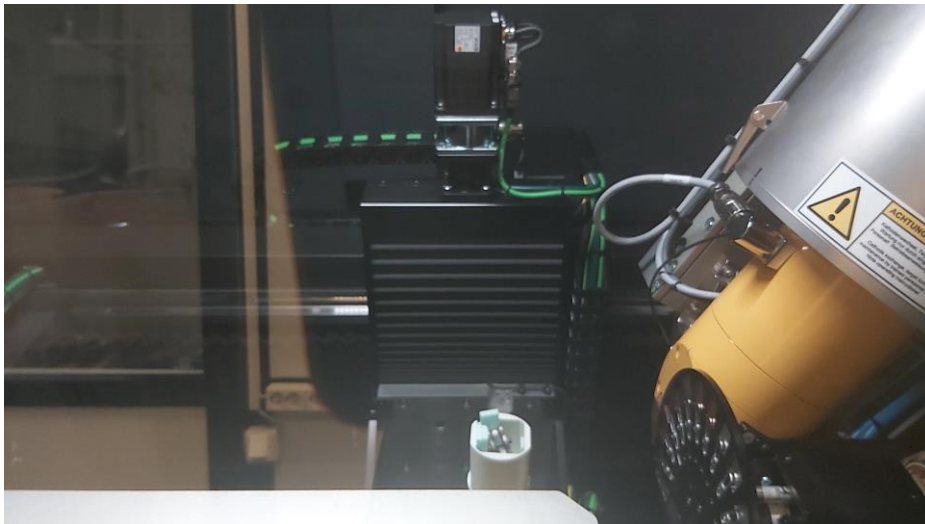
1. GOM ATOS 5 optikai 3D szkennerek
2. Creaform Handyscan 3D lézerszkennerek



CT mérések

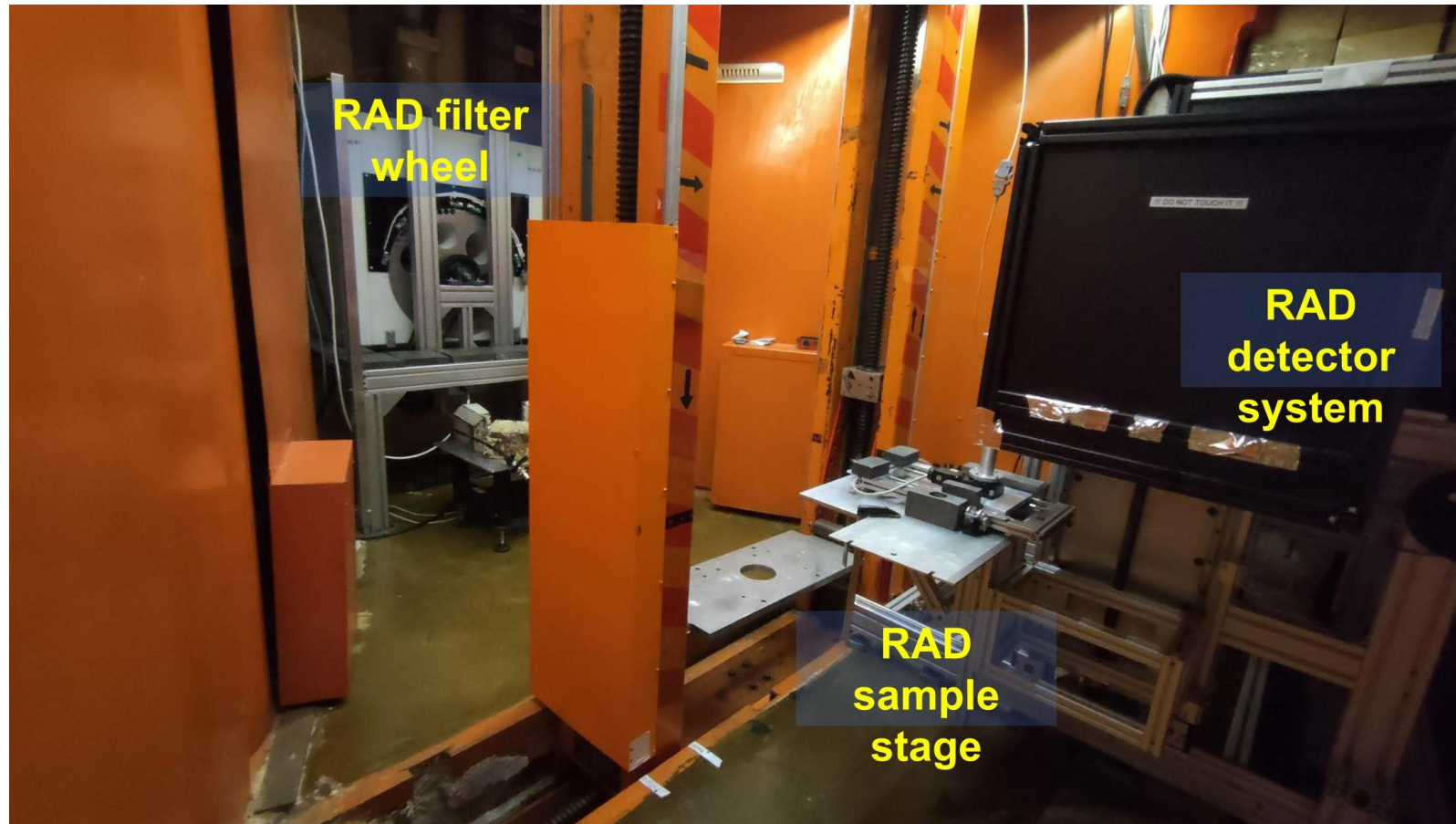


1. GE Micromex
2. GE Vtomex M
3. WERTH Tomoscope XS



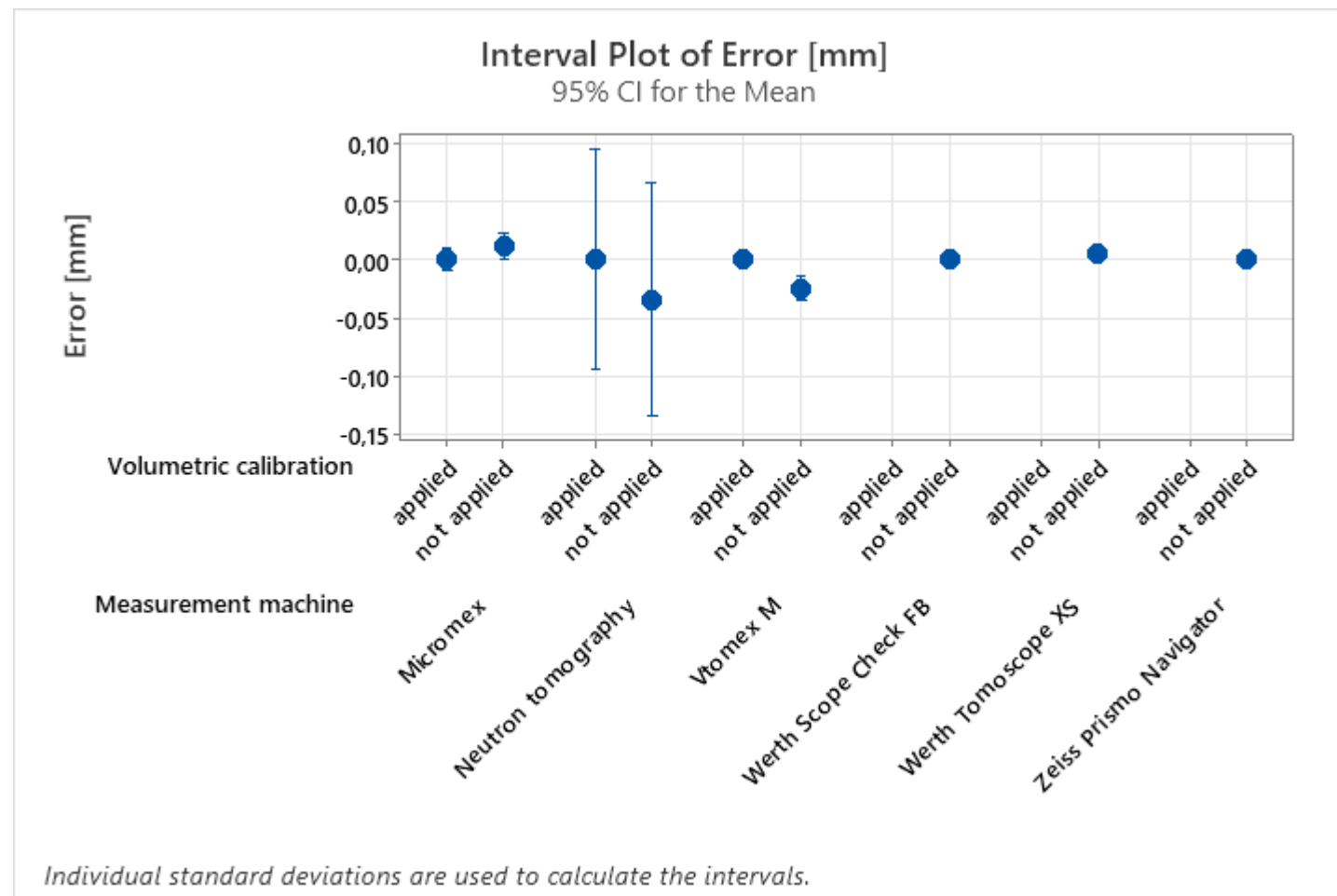
Neutrontomográfia

1. Kutatóreaktor (EK-CER)



Eredmények

1. Etalon mérése





ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



ÓBUDAI EGYETEM
BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ ÉS
BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR