



# MÉRŐESZKÖZ FEJLESZTÉSE ÉS VALIDÁCIÓJA KENŐANYAGOK KONZISZTENCIÁJÁNAK VIZSGÁLATÁRA

## DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A MEASURING EQUIPMENT FOR TESTING THE CONSISTENCY OF LUBRICATING GREASE

Popa-Müller Izolda,<sup>1</sup> Gál Zsolt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék,  
Marosvásárhely, Románia, [ipmuller@ms.sapientia.ro](mailto:ipmuller@ms.sapientia.ro)

<sup>2</sup> Babor Srl., Aluniș, Románia, [galzsotika22@gmail.com](mailto:galzsotika22@gmail.com)

### Abstract

We designed a penetrometer to measure the consistency of lubricating grease, the consistency value of which corresponds to the value given by the manufacturers. This is shown to be an important tool for testing lubricating grease in tribology laboratory practice, as the measuring instrument can be used to measure any lubricating grease consistency.

**Keywords:** constraints, kinematic pairs, constraint equations.

### Összefoglalás

A kenőzsír konzisztenciájának mérésére egy penetrométert terveztünk és kiviteleztünk. Ellenőriztük, hogy a mért konzisztenciaértékek megfelelőek legyenek a gyártók által megadott értékkel. Ez egy fontos eszköz a tribológialaborgyakorlat kenőzsírvizsgálatának elvégzésére, hiszen a mérőműszer bármilyen kenőzsír-konzisztencia mérésére alkalmazható.

**Kulcsszavak:** konzisztencia, penetrométer, jelfeldolgozó, LabView.

## 1. Bevezetés

A kenőzsírok konzisztens kenőanyagok, amelyek alapolajból, sűrítőanyagból (fémszappan) és adalékból állnak.

A konzisztencia a kenőzsírok folyási tulajdonságainak meghatározásában játszik szerepet, vagyis a kenőzsírok keménységét, folyósságát jellemzi.

A kenőzsírok konzisztenciája a penetráció mértékével számszerűsíthető.

A kenőzsírokkal szemben támasztott követelmények:

- hosszú élettartam;
- jó tapadóképeség;
- tömítőképesség;

- korrózióvédő hatás;
- kopáscsökkentő hatás;
- alacsony mechanikai veszteség, nagy terhelés üzemelés esetén is megfelelő kopásvédelem (EP-hatás);
- extrém alacsony vagy magas hőmérsékleten is megfelelő kenés biztosítása.

A kenőzsírok konzisztencia szerinti osztályozását az amerikai Nemzeti Kenőzsír Intézet (National Lubricating Grease Institute) NLGI-fokozatba sorolja, az **1. táblázat**ban bemutatva. [1–6].

A dolgozatban terveztünk, kiviteleztünk a konzisztencia mérésére egy penetrométert, és ellenőriztük annak pontosságát.

1.táblázat. A kenőzsír NLGI-fokozata [7]

| Konzisztencia-fokozat NLGI szerint | Penetráció 60 törés után, 25 °C-on, 0,1 mm-ben | A kenőzsír állaga |
|------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
| 000                                | 445–475                                        | folyós            |
| 00                                 | 400–430                                        | folyós            |
| 0                                  | 355–385                                        | nagyon lágy       |
| 1                                  | 310–340                                        | lágy              |
| 2                                  | 265–295                                        | mérsékelten lágy  |
| 3                                  | 220–250                                        | tömör             |
| 4                                  | 175–205                                        | félkemény         |
| 5                                  | 130–160                                        | kemény            |
| 6                                  | 85–115                                         | nagyon kemény     |

2. A kenőanyagok konzisztenciamérése

2.1. Kenőanyagok konzisztenciamérésének eszköze

A konzisztencia értékét penetrométerrel végzik. A mérés során a penetrométer szabványosított alakú, 150 g súlyú kúpja a kenőzsírba merül 5 másodperc alatt, 25 °C-os szobahőmérsékleten. A bemerülési mélység jellemzi a konzisztencia értékét.

A mérőkészülék, 1. ábra, szerkezete az alaptáblából, egy szabványos méretű kúpból, 2. ábra, kúp

szárból áll, amelyre rögzítve van egy szalagtartó és egy beosztásos szalag, 3. ábra.

A szalag feszességének érdekében egy húzórugót használtunk, amely egy szalagtartóra van rögzítve, 3. ábra. A keresztrúd egy elektromágneest tart, amely a mérőtest elengedésére és megvezetésére alkalmas. A mérőtest süllyedésére egy optikai érzékelőmodult használtunk, 4. ábra. Az inkrementális adó jeleinek feldolgozására egy NI USB-6008 adatgyűjtőkártyát alkalmaztunk.

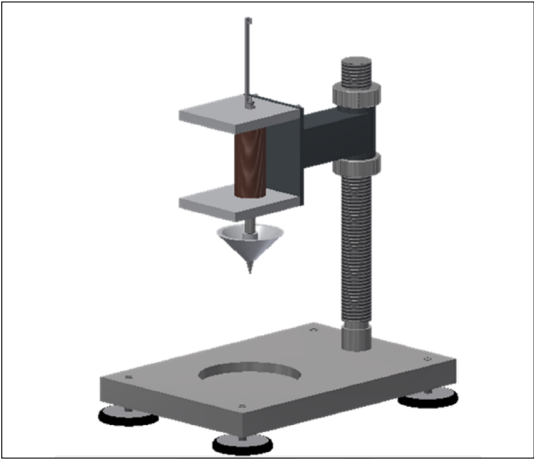
2.2. Adatgyűjtés, megjelenítés

Az érzékelésre inkrementális adót használunk, amelyben a jeladó egy beosztásos szalag, a jeladó egység pedig egy optikai érzékelő modul.

A beosztásos szalagot egy tintasugaras nyomtatóból használtuk fel.

Mivel a szalag paramétereit nem ismerjük, a mintavételezéshez szükséges a szalagon levő beosztás mérete, ezért szükséges egy mikroszkóp és egy 0.01mm skála.

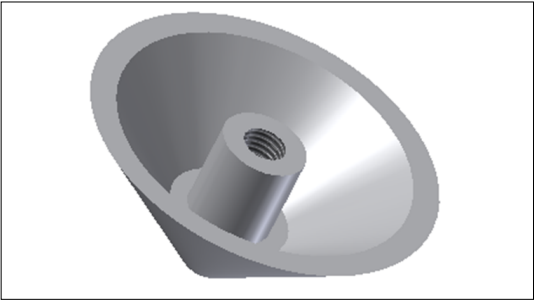
A szalag nagyított képét lefényképeztük a mikroszkópra szerelt kamera segítségével. Majd ugyanezen a nagyításon le van fényképezve a skála nagyított képe is. A képeket számítógépen a GIMP nevű pixelgrafikus képszerkesztő programban egymásra illesztettük, ezáltal meg lehet számolni a szalag egy periódusára eső skálaperiódusok számát, 5. ábra.



1.ábra. Mérőkészülék



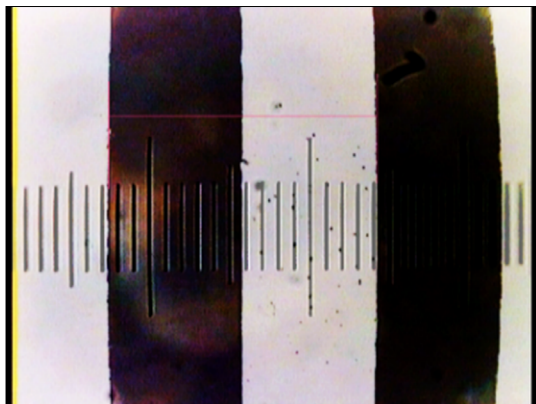
3.ábra. Összeszerelt mérőtest



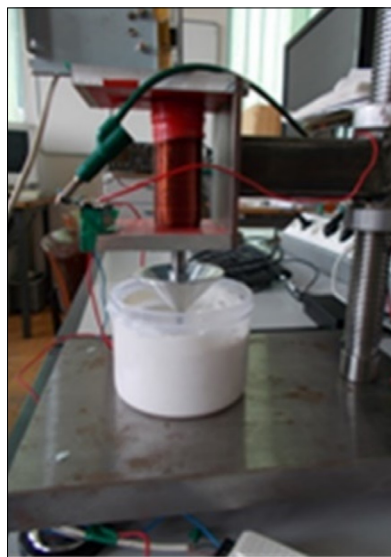
2.ábra. Szabványos kúp



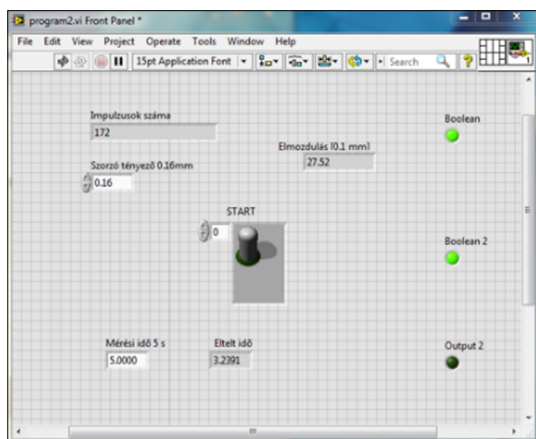
4.ábra. Optikai érzékelő modul



5. ábra. A szalag és a skála egymásra illesztett nagytított képe



6. ábra. Penetrométer mérés közben



7. ábra. Kezelőfelület

Az optikai érzékelő modul analóg jelet fogad, amelyet átalakít digitális jellé, és ennek a jelnek a feldolgozására egy USB-6008-as adatgyűjtő kártyát használtunk.

A szalagon levő 1 periódusra 16 darab skálaperiódus esett, mivel 1 skálaperiódus 0.01 mm, így a szalag 1 periódusa 0,16 mm. Az érzékelő 0,16 milliméterenként egy jelet fog küldeni az USB 6008 adatgyűjtő kártyának, amely megszámlolja és továbbítja a számítógépnek.

Az adatgyűjtő kártyán keresztül betápláljuk az érzékelőt, és vezéreljük a tekercsáramkörben levő relét. Az USB-6008-as adatgyűjtő kártya programozása LabView programozási környezetben készült.

A programozás során három feladat van megoldva:

- a relé vezérlése;
- 5 másodpercre a mérés időtartamának szabályozása;
- a mérés értékének kiszámítása és kijelzése.

## 2.3. Mérés megvalósítása

A mérésnél három különböző, NLGI-fokozatú kenőzsírt használtunk:

1. AXA GR1 kenőzsír, NLGI 1, lágy kenőzsír, csapágyak, csuklók, szűkítő, szánok, büttyös mechanizmusok stb. kenésére használják;

2. MULTIS EP2, NLGI 2, mérsékelten lágy kenőzsír, többcélú zsír, a nyomás alatti csúszó-, gölyös-, és görgőscsapágyak, kerékcspapágyak, kardáncsuklók, futóművek és különböző lengéscsillapítók vagy rezgő alkatrészek kenésére;

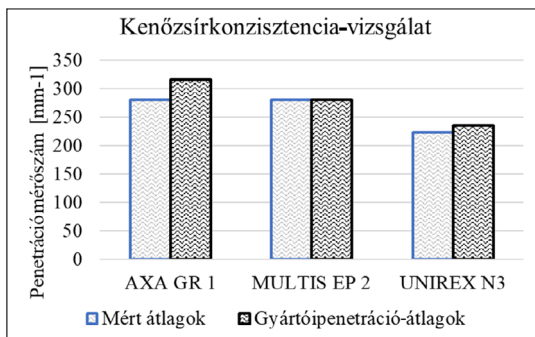
3. UNIREX N3, NLGI 3 tömör kenőzsír, alkalmask gördülő elemek és csapágyak magas hőmérsékleten való karbantartására, elektromos motorok kenésére.

A kenőzsírok penetrációját pihentetett állapotban mértük. A mérés elvégzéséhez a kenőzsír felületét elsimítottuk, 6. ábra.

A számítógépen a LabView programozási környezetben megnyitjuk a programot, és a Front Panel nevű ablakban megjelenik a kezelőfelület, 7. ábra, ahol be kell állítani a méréshez szükséges paramétereket. A szabványos kúp hegyét pozicionáljuk a kenőzsír fölé. A kezelőfelületen elindítjuk a programfuttatást, és a START kapcsolóval elindítjuk a mérést. Az 5 másodperc elteltével a Elmozdulás kijelzőről leolvassuk a mérőtest kenőzsírba való süllyedésének értékét tizedmilliméterben kifejezve. Ezt a mérést mindegyik kenőzsírra 5 alkalommal végeztük el. A mérési adatokból számtani

**2. táblázat.** A kenőzsírok értékei

|                                        | AXA GR 1 | MULTIS EP 2 | UNIREX N3 |
|----------------------------------------|----------|-------------|-----------|
| Mért átlagok                           | 280,32   | 279,78      | 223,04    |
| Szórásnégyzet                          | 132,51   | 61,38       | 191,55    |
| Szórás                                 | 11,52    | 7,83        | 13,84     |
| Gyártóipenetráció-átlagok              | 315,00   | 280,00      | 235,00    |
| Különbség mérés és gyártói adat között | -34,68   | -0,22       | -11,96    |

**8. ábra.** Konzisztenciavizsgálat**3. táblázat.** Hipotézisvizsgálat

|                          | Különbség mérés és gyártói adat között | Hipotézisek                                   |                                  |  |
|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|--|
| 1                        | -34,68                                 | H0: $x_k=0$                                   |                                  |  |
| 2                        | -0,22                                  | H1: $x_k \neq 0$                              |                                  |  |
| 3                        | -11,96                                 |                                               |                                  |  |
| Átlag, $x_k$             | -15,62                                 |                                               |                                  |  |
| Szórás                   | 14,30                                  |                                               |                                  |  |
| $t_{kritikus}^*$<br>0,95 | 4,30265273                             |                                               |                                  |  |
| $t_{vizsgálat}$          | -1,891363374                           |                                               |                                  |  |
| Döntés                   | -1,891363374                           | $\in (-4,30; 4,30)$<br>$\notin (-4,30; 4,30)$ | $>>> H_0$ igaz<br>$>>> H_1$ igaz |  |

átlagot számítottunk. A mérési adatok átlagai a **2. táblázat**ban találhatóak.

## 2.4. A mérési eredmények feldolgozása

A mérési adatok feldolgozása a **2. táblázat**ban található, megjelenítése az **8. ábrán** követhető.

Az **1. táblázat** tartalmazza a gyártó által megadott penetrációértékeket is. Vizsgáltuk, hogy jelentős-e a különbség az általunk mért penetrációs adatok és a gyártó által megadott értékek között. A  $t$ -eloszlás módszerét felhasználva vizsgáltuk, hogy a különbség lényegesen eltér-e nullától.

Hipotézisvizsgálattal ellenőriztük, a **3. táblázat**ban, hogy 95%-os valószínűséggel nincs lényeges különbség az általunk mért penetrációs adatok és a gyártó által megadott értékek között, tehát a berendezés jól mér.

## 3. Következtetések

A penetrométer fontos eszköz a tribológia-laborgyakorlat kenőzsírvizsgálatának elvégzésére.

A penetrométerrel mért kenőzsírok konzisztenciaértéke megfelel a gyártó által megadott értéknek.

A mérőműszer használható a kenőzsír konzisztenciamérésére.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Kozma M.: *Tribológia alapjai*. Veszprémi Egyetem Szakmérnöki Jegyzet, Kézirat, Budapest, 1997.
- [2] Kozma M.: *Gépelemek 9*. Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar, Műegyetemi Kiadó, 1995.
- [3] Valasek I.: *Tribológiai Kézikönyv*. Tribotechnika Kft. Budapest, 1996.
- [4] Pavelescu D., Muşat M. Tudor A.: *Tribologie*. E.D.P., Bucureşti, 1977.
- [5] Johnson M., Spurlock M.: *Best practices: Strategic oil analysis: Instrument-based on-site-lubricant analysis*. Tribology and Lubrication Technology, 2010.
- [6] Lintian Shi, Yuqi Zhang, Yu Huang, Hengfeng Wei, Xiaoxing Ma: *ViSearch: Weak Consistency Measurement for Replicated Data Types*. Preprint 2022.

<https://arxiv.org/pdf/2205.03160>

- [7] Olajinfo.hu, *Kenőzsírok NLGI konzisztenciaosztályai*. 2009.

<https://www.olajinfo.hu/szabvanyok/16-kenozsir-szabvanyok/18-kenozsirok-nlgi-konzisztenciaosztalyai>