

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

**XXVI. Nemzetközi
Gépészeti Konferencia**



**26th International Conference
on Mechanical Engineering**

OGGÉPÉ 2018

**Marosvásárhely, 2018. április 26–29.
Târgu Mureș, April 26-29, 2018**

Kiadó / Publisher

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság – EMT
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

Szerkesztők / Editors

Dr. CSIBI Vencel-József akadémikus / academician
Dr. BARABÁS István professzor / professor

Nyomdai előkészítés / Desktop publishing

PROKOP Zoltán

Nyomda / Print

INCITATO, Kolozsvár / Cluj

A konferencia szervezője
Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság – EMT
Gépészeti Szakosztály

Organizer
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania
Mechanical Engineering Department

Társszervezők / Co-organizers
Sapientia EMTE, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely
MTA – Kolozsvári Akadémiai Bizottság
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar
Debreceni Egyetem, Műszaki Kar
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Mechatronika és gépek mechanikája Tanszék
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest
Pannon Egyetem, Veszprém
Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Kecskemét
AGIR – Romániai Általános Mérnök Egyesület, Kolozsvári Fiók
Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Győr

A konferencia elnökei / Chairmen
Dr. CSIBI Vencel-József akadémikus, a konferencia tiszteletbeli elnöke
Dr. BARABÁS István professzor, a konferencia elnöke

A konferencia tudományos bizottsága / Scientific committee
Dr. CSIBI Vencel-József akadémikus, Kolozsvári Műszaki Egyetem
Dr. ÁBRAHÁM György, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Dr. BARABÁS István, Kolozsvári Műszaki Egyetem
Dr. BEJAN Mircea, Romániai Általános Mérnök Egyesület
VADÁSZNÉ Dr. BOGNÁR Gabriella, Miskolci Egyetem
Dr. DUDÁS Illés, Miskolci Egyetem
Dr. HORVÁTH Sándor, Óbudai Egyetem, Budapest
Dr. KAMONDI László, Miskolci Egyetem
Dr. LAKATOS István, Széchenyi István Egyetem, Győr
Dr. NAGY Vince, Széchenyi István Egyetem, Győr
Dr. NOVEANU Simona, Kolozsvári Műszaki Egyetem
Dr. PÁLFFY Károly, Kolozsvári Műszaki Egyetem
Dr. TÍMÁR Imre, Pannon Egyetem, Veszprém

Támogatók / Financial Support
Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt. – Budapest / Budapest

Megvalósult
a Magyar Kormány
támogatásával



Pontszerű terhelésre alkalmas mérőfeltét tervezése DMA berendezéshez

DEVELOPMENT OF A MOUNTING UNIT FOR A POINTWISE LOAD FOR A DMA MACHINE

SÍK Luca¹, Dr. BAKONYI Péter^{2*}

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék,
H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.

1: MSc hallgató; 2: adjunktus, Tel.: +36-1-463-1487, e-mail*: bakonyi@pt.bme.hu

ABSTRACT

In this study the design process of a mounting unit for a Dynamic Mechanical Analyser (DMA) machine is shown, which is suitable for hardness and indentation test. During the development, we have transformed an existing unit using the steps of systematic planning. This enabled us to examine the surface mechanical properties of the specimens at different temperatures, which can be used to test the mechanical properties of the substance for a sustained load.

ÖSSZEFOGLALÓ

A cikkben bemutatunk egy Dinamikus Mechanikai Analizátor (DMA) berendezéshez fejlesztett új, keménységmérésre, illetve benyomódás mérésre alkalmas felfogató egységet. A tervezés során egy már meglévő egységet felhasználva képeztünk ki egy benyomódásmérésre alkalmas, széles hőmérsékleti tartományban használható mérőfeltétet, amellyel az anyag tartós terhelésre adott válasza, mechanikai tulajdonságai is vizsgálhatók.

Kulcsszavak: pontszerű terhelés, hőmérsékletfüggő keménységvizsgálat, mérőfeltét tervezése

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a polimerek egyre nagyobb teret nyernek az élet minden területén. Kis sűrűsége, korrózióállósága és rezgéscsillapító képessége mellett megfelelő szilárdsága is több területen alkalmassá teszi ezeket az anyagokat a fémek kiváltására, azonban mechanikai viselkedésük jelentősen eltérhet a fémes anyagoktól. Polimerek esetében nem elegendő a pillanatnyi mechanikai jellemzők vizsgálata (szakító- és hajlítóvizsgálatok), hiszen tartós terhelésre jelentős, folyamatosan növekvő deformációval válaszolnak, ezt a jelenséget nevezzük kúszásnak. Emiatt fontos szabály a tervezők között, hogy a polimer alkatrészeket nem élettartamra, hanem maximálisan megengedhető deformációra tervezzük. A kúszás mértékének vizsgálatára a legjellemzőbb a húzó és hajlító vizsgálatok, azonban ezek mellett megjelenhet a csavarás, illetve a nyomás, mint igénybevétel. Utóbbi lehet felületen jelentkező, vagy pontszerű [1, 2].

Az anyagok keménysége fontos jellemző, amely segíti az anyagválasztás folyamatát a tervező számára, definíciója a szilárd anyagok egy beható testtel szemben tanúsított ellenállását fejezi ki. A keménységmérés kiválóan alkalmas a pontszerű nyomó igénybevételek vizsgálatára. A keménység mérés előnyeit megtartva (egyszerűség, anyagtakarékosság), fejlesztették ki a mélységérzékeny (dinamikus) keménységmérést (*depth sensing indentation* – DSI), amely a mechanikai tulajdonságok dinamikus jellemzését is lehetővé teszi. Az eljárás lényege, hogy a mérőberendezés a mérőtestet a felületbe egyenletesen, állandó sebességgel, vagy állandó nagyságú terheléssel nyomja, majd megegyező sebességgel kiemeli [3].

A feldolgozott szakirodalmak [4-6] szerint ezt az eljárást a kúszásvizsgálatokkal társítva, eredményesen alkalmazzák polimer anyagokon. A mérőtestek geometriái megegyeznek a klasszikus, statikus keménységméréshez használtakkal, azonban leggyakrabban a Vickers-, illetve a Berkovich-típusokat alkalmazzák. Az elvégzett mérések eredményeit a legtöbb esetben végeeselemes vizsgálatokkal is igyekeznek alátámasztani.

A vizsgált szakirodalmak [4-6] alapján azt láthatjuk, hogy ez bár elterjedőben lévő módszer, azonban a méréseket szinte kizárólag szobahőmérsékleten végzik. A mindennapok során használati tárgyaink más-más környezeti tényezőknek (hőmérséklet, nedvességtartalom, stb.) vannak kitéve, ezért döntöttünk úgy, hogy az alkatrészek felhasználási hőmérséklettartományát lefedő, széles hőmérséklettartományban érdemes a méréseket végezni. A méréshez szükséges kis terhelőerők és megfelelő hőmérséklettartás biztosítása érdekében

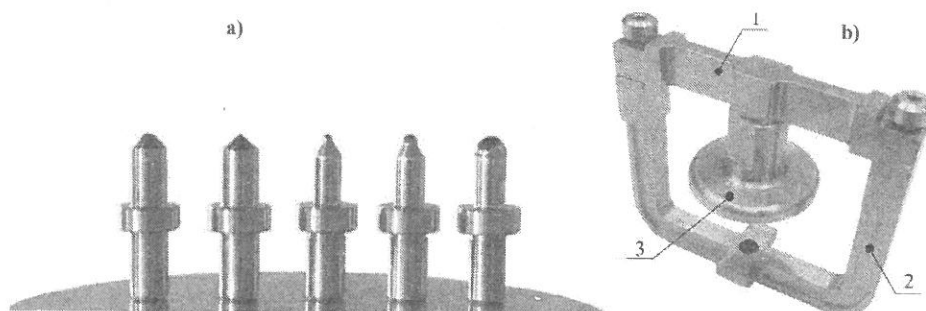
egy dinamikus mechanikai analízátor (DMA) berendezéshez terveztünk egy pontszerű terhelésre alkalmas mérőfeltétet, amellyel rövid, vagy hosszú idejű, de akár ciklikus vizsgálatok végzésére is lehetőség nyílik.

2. A TERVEZÉS LÉPÉSEI

A tanszéki TA DMA Q800 típusú berendezés meglévő mérőfeltéteit véve alapul terveztünk egy olyan új mérőfeltétet, amellyel klasszikus- és mélységérzékeny keménységmérési vizsgálatokat lehet végezni. A módszeres tervezés során a követelménylistából és a kereskedelmi forgalomban kapható keménységmérő fejek befoglaló méreteiből indultunk ki (1/a ábra)

2.1. Konceptiók

A tervezés első lépéseként a felállított követelményjegyzék alapján a berendezéshez tartozó mérőfeltéteket vizsgáltuk meg, milyen kialakítással, méretekkel és tömeggel rendelkeznek. A nyomó vizsgálatokhoz használatos feltétet jó kiindulási alapnak találtuk. Az 1/b ábrán az eredeti mérőfeltét látható, amely konstrukcióból a 2-es alkatrészt felhasználva csak az 1 jelű konzolt terveztük át úgy, hogy különböző típusú keménységmérő fejek is rögzíthetők legyenek. A vizsgálandó minták befogásához egy új mintatartót is kellett terveznünk.

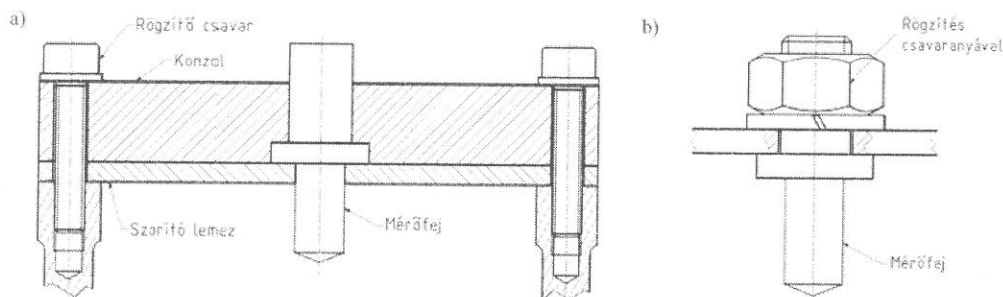


1. ábra

Mérőtestek kialakítása [7](a) és a nyomóvizsgálathoz tartozó mérőfeltét (b)

Konzol alternatívák

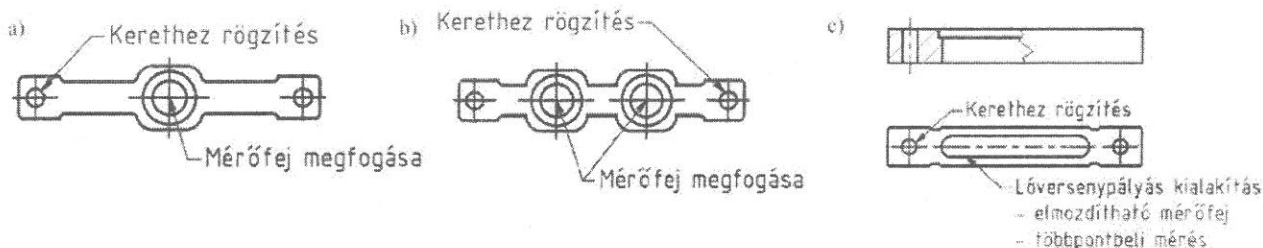
A mérőtestek rögzítésére kétféle megoldási lehetőséget gondoltunk át, az alakkal zárást (2/a ábra), illetve a menetes rögzítést (2/b ábra). A kettő közül az előbbit választottuk, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható mérőtest geometriáját ne kelljen megváltoztatni, emellett a menetesztergálás a gyártási költségeket is növelné.



2. ábra

Rögzítési lehetőségek elvi vázlata: a) alakkal zárás leszorító lemez segítségével, b) menetes kötással való rögzítés csavaranyával

A 2/a ábrán bemutatott kialakítás során egy leszorító lemez és az azt rögzítő csavarok segítségével fogatjuk a mérőfejet a konzolhoz. A vizsgálatoknál felmerülhet, hogy egy mintán akár több nyomatot is elhelyezünk. Ezt a konzolban fixen elhelyezett mérőfej esetén a mintatartóban a próbatest pozíciójának változtatásával (3/a ábra), vagy a mintatartóban rögzített minta fölött a konzolban a mérőfej elmozdításával (3/b és c ábra) tudjuk elérni.



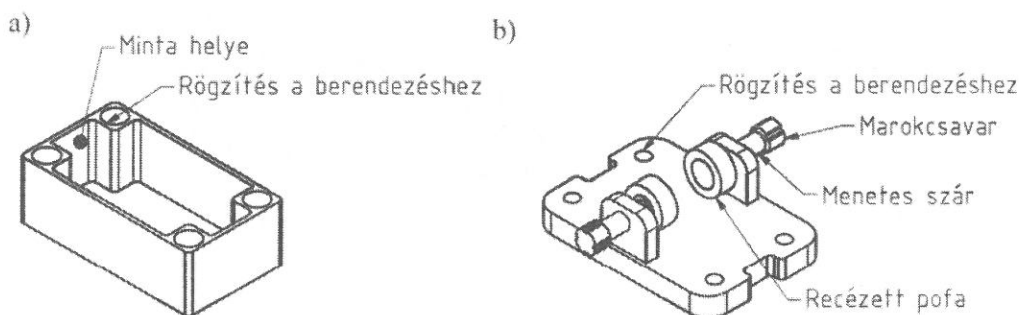
3. ábra

Konzol kialakítások elvi vázlata, a) fix mérőfej rögzítés, b) több mérőfej fix rögzítése

Mintatartó alternatívák

A mintatartó kialakítását is több változat megvizsgálása után határoztuk meg. A már említett, fix és változtatható minta-pozíciójú elrendezés lehetőségét vizsgáltuk meg. A fix pozíciós mintatartó esetében egy meghatározott geometriájú minta szoros illesztéssel, vagy leszorító lemezzel kerül rögzítésre (4/a ábra).

A változtatható pozíciójú minta esetében a satuk működési elvét vettük alapul (4/b ábra). Az alaplmezhez kapcsolódó két fület menetes furattal láttuk el. Ezekon keresztül egy-egy menetes száron lévő pofa fogja közre a vizsgálandó mintát.



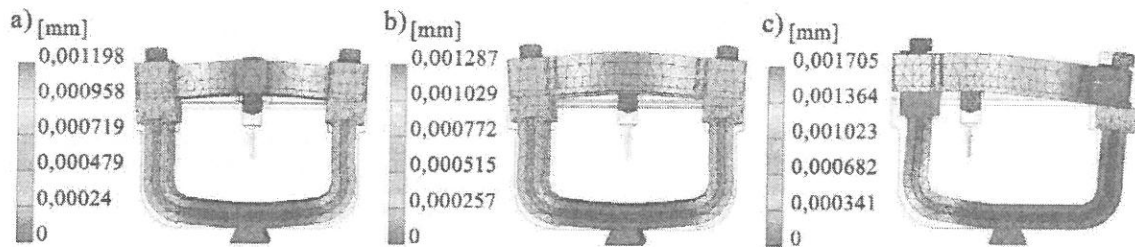
4. ábra

Mintatartó elképzelések a) fix megfogás, b) pozicionálható kialakítás

2.2. Kiválasztás

A többfejes konzol ötletét elvetettük, hiszen több akadály is felmerülhet használata során. A mérés pontatlan lehet, ha a benyomótestek nem egyszerre érik el a mintát, vagy ha azonos mélységű benyomódást kapunk - elhanyagolva a mérőfeltét deformációját, a mérésünk szórása zérus. A konzol lehetővé teszi ugyan, hogy egy mérőfejet átszerelve az egyes mérések között több pontban végezzünk vizsgálatot. Azonban a szélső helyzetekben az erővonalak nem a berendezés tengelyén mennek keresztül, amely elhúzhatja a feltétet, és ez által aszimmetrikus terhelés lép fel. A másik két kialakítás tanulmányozására végeselemes szimulációkat végeztünk Autodesk Inventor 2016-os program segítségével. Főként arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen elmozdulások lépnek fel 18 N-os terhelés esetén.

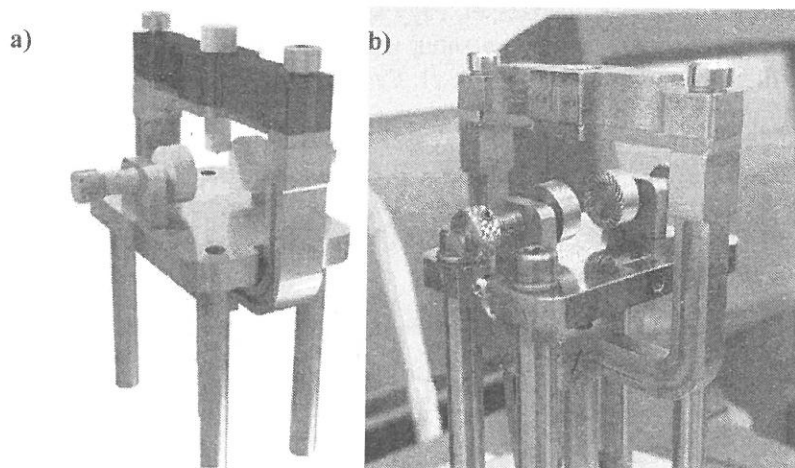
Az elmozdulások a vizsgált 18 N-os terhelés mellett csak mintegy kb. 1,1-1,3 μm között várhatóak a középpontban elhelyezett mérőfej esetén (5/a és b ábra). Az 5/c ábrán jól látható, hogy a lóversenypályás kialakítás esetén aszimmetrikus deformáció lép fel, ahol a maximális deformáció 1,7 μm , amely a keretnél lép fel. Ez azonban még összeadódik DMA a légsapágyas megvezetésű tengelyének deformációjával. A lóversenypályás kialakításnál felmerülhet ugyanaz a probléma, mint a többfejes kialakításnál, azaz hogy a folyamatos aszimmetrikus terhelések miatt, valamint a különböző váltakozó hőmérsékletek miatt a konzol eldeformálódik, és DMA berendezés légsapágyas megvezetését deformálva úgy a konzol, mint a magasságállító használhatatlanná válik, ezek miatt a fix, központi tengelybe eső befogást alkalmazó konstrukciót választottuk.



5. ábra

Eredmények – elmozdulások: fix megfogással (a) és lóversenypályás kialakítással középpontban (b), illetve szélső helyzetben (c) elhelyezett mérőfejjel

Mivel a konzolnál a fix befogású kialakítást választottuk, ezért a változtatható pozíciójú próbatest befogást lehetővé tevő mintatartót (b típusú) társítottuk (6/a ábra). A mintatartó, a lefogató lemez és a konzol ST32 anyagból, forgácsoló technológiákkal lettek kimunkálva (6/b ábra).



6. ábra

Végleges kialakítás CAD modellje (a) és az elkészült mérőfeltét (b)

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A módszeres tervezés lépései segítették, hogy a követelmények figyelembe vétele mellett, mielőbb gyártható legyen a mérőfeltét. A végelemes szimuláció elvégzésével bizonyíthattuk, hogy a tervezett kialakítás megfelelő. A megtervezett és legyártott mérőfeltéttel számos különböző mérés elvégzésére nyílik lehetőségünk.

A mérőberendezés elkészültével – a megrendelt mérőtestek beérkezése után – különböző anyagú mintákon végezhetünk széles hőmérsékleti tartományban ($-145 - 600\text{ °C}$), pontszerű nyomóterhelések mellett vizsgálatokat. A mechanikai modell ismeretében National Instruments, LabVIEW szoftverével végzett szimulációkkal a kapott mérési eredmények összevethetők, illetve végelemes szimulációkkal az anyag viselkedését pontosabban modellezhetjük [8].

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Urzumcev Ju. Sz., Makszimov R. .: A műanyagok alakváltozása – Prognosztika a hasonlósági elvek alapján. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1982)
- [2] Nagy P. M.: Viszkoelasztikus szerkezeti polimerek tömbi és felületi mechanikai tulajdonságainak vizsgálata benyomódási mérés technikával. PhD értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest (2007)

-
- [3] Gubicza J.: Dinamikus nano-és mikrokeménység mérése. Egyetemi jegyzet, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, <http://gubicza.web.elte.hu/szilfizjegyzet/nanokemenysege.pdf> (2018.01.26.)
- [4] Wei P. J., Shen W. X., Lin J. F.: Analysis and modeling for time-dependent behavior of polymers exhibited in nanoindentation tests. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 354 (2008) 3911–3918
- [5] Seltzer R., Mai Y.-W.: Depth sensing indentation of linear viscoelastic-plastic solids: A simple method to determine creep compliance. *Engineering Fracture Mechanics*, 75 (2008) 4852–4862
- [6] Altaf K., Ashcroft I. A., Hague R.: Modelling the effect of moisture on the depth sensing indentation response of a stereolithography polymer. *Computational Materials Science*, 52 (2012) 112–117
- [7] <http://www.grimas.hu/mechanika/kiegeszitok/brinell-kemenysege-mero-golyok/> (2018.01.26.)
- [8] Hong A. W., Hong T. G., Loo W. J.: Nanoindentation System for Material Properties Identification, *International journal of electrical and electronic systems research*, 8 (2015) 16–22

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az NKFIH Alapból, az „Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra” (NVKP_16-1-2016-0022) című projekt keretében.

OGÉT 2018



ISSN 2068-1267

