

MŰANYAGOK SZAKÍTÓSZILÁRDSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA ALKALMAS BERENDEZÉS TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TENSILE TESTING MACHINE

Fábián Hunor,¹ Gergely Attila²

¹ Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Mechatronika Szak, Marosvásárhely, Románia, fabianhunor2@gmail.com

² Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, agergely@ms.sapientia.ro

Abstract

The aim of this paper is to present the design and manufacturing process of a tensile testing machine capable of measuring the tensile strength of polymeric materials. The structure of the instrument is similar to that used in the industry; however, it is budget friendly. The instrument consists of a frame, and two screws which are driven by two stepper motors. An Arduino is used to control the mechanical part of the instrument and to connect it to the software.

Keywords: *tensile properties, elongation, design, polymer, control.*

Összefoglalás

A dolgozat célja egy, a polimerek uniaxiális szakítóvizsgálatára alkalmas berendezés tervezése és kivitelezése. A berendezés felépítése az iparban használt szakítógépek felépítéséhez hasonló, viszont egy költségkímélő megvalósítás. A berendezés felépítésében helyet kapott egy váz, két csavarorsó, melyek léptetőmotorokkal vannak meghajtva. A mechanikus részt egy Arduino egység vezérli és kapcsolja a számítógépen található kezelői felülethez.

Kulcsszavak: *szakítószilárdság, megnyúlás, tervezés, polimer, vezérlés.*

1. Bevezetés

A szakítóvizsgálatot mint anyagtudományi eljárást elsőként Leonardo Da Vinci végezte el, amelyet mai értelemben is nevezhetünk szakítóvizsgálatnak, hiszen számszerűen meghatározhatta az általa vizsgált huzal teherbírását. Maga az eljárás egyszerű volt: egy huzal végére egy kosarat erősített, amelybe homokot engedett, amíg az el nem szakadt. A mai tesztherendezéseknek az elve is ugyanaz, addig terhelik a próbatestet, amíg az tönkre nem megy. [1, 2]

A szakítóvizsgálat lényege, hogy meg tudjuk határozni az anyagok rugalmasságát, alakváltozó képességét, szilárdságát, anyagi mérőszámát, ezen

tudás ismerete elengedhetetlen egy mérnök számára, aki egy új alkatrészt szeretne tervezni. [2]

A szakítószilárdság az anyagnak csak az állandó terheléssel szembeni szilárdságára ad rálátást, dinamikus igénybevétel esetén jóval kisebb erőnek tud ellenállni. A szakítószilárdságot a hőmérséklet növekedésével, általában csökkenő tendenciát mutat. A szakítóvizsgálat megállapítására az adott anyagból szabvány szerint elkészített próbatesten statikus szakítóvizsgálatot végzünk, ami azt jelenti, hogy lassan növeljük a húzóerőt, és közben a berendezés felveszi a feszültség-alakváltozás diagramját. A próbatest állandó terhelése közben két fontos feszültséget veszünk figyelembe: [3]

- Folyáshatár (R_e) – melyet a darab maradandó alakváltozás nélkül elvisel.
- Szakítószilárdság (R_m) – törés nélkül kibírt legnagyobb feszültség.

A szakítóvizsgálat hitelességét és pontosságát maga a tesztberendezés határozza meg. Az iparban erre a célra használt legelterjedtebb gépek egy tengely mentén terhelik a munkadarabot. Ugyancsak ezen az elven működik az általam tervezett és kivitelezett berendezés is, amely tartalmaz egy vázszerkezetet. Ez egyben biztosítja az egy tengely mentén történő elmozdulást és megfelelően masszív a berendezésre ható erők legyőzésére, két befogószerkezetet, amely segítségével rögzíteni lehet a próbatestet, egy erőmérő szenzort, egy elektromechanikus hajtást, amely a próbatestre ható terhelő erőt szolgáltatja, és nem utolsósorban egy vezérlést.

2. A szakítógép bemutatása

2.1. A tervezési feladat bemenő adatai

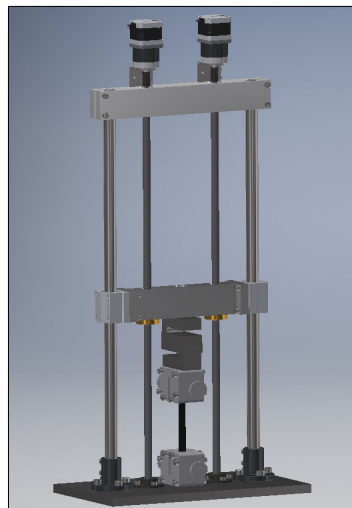
A tervezett berendezés működésének elve nagyon hasonlít az iparban használatos szakítógépek működési elvéhez. A cél a berendezés megvalósításával az, hogy a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karának Polimer laboratóriumi eszköztárát bővítse.

A tesztberendezés tervezésének alapjául a polietilén-tereftalát (PET) műanyag szakítószilárdsága szolgált. [4] Ez az érték az ISO-527-1 alapján fröccsöntési eljárással előállított, és 40 mm² keresztmetszetű próbatesten 132 MPa. A szakításhoz szükséges húzóerő kiszámítható a keresztmetszet és a szakítószilárdság szorzataként, ami 5280 N. Egy 1.2-es biztonsági tényezővel beszorozva határozható meg a gép által maximálisan kifejtendő erő nagysága, 6336 N. 6500 N-ra történt a kerekítés. A meghajtás elektromechanikusan van kivitelezve, ami két léptetőmotorból és két csavarorsós erőátvitelből épül fel. Ebből következik, hogy a végső erőnek csak a fele terheli az egyik motort és csavarorsót, ezért egyszerű csavarorsós emelőre redukálódtak a számítások.

2.2. A gép felépítése

2.2.1. Vázszerkezet

A gép alapját egy 15 mm vastag OL50-anyagú lemez alkotja, amelyre két 20 mm átmérőjű rozsdamentes acélrúd van rögzítve. Az acélrudakon két lineáris csapágy kapott helyet, amelyek az egy tengely mentén történő elmozdulást biztosítják.



1. ábra. A tervezett szakítógép 3D modellje

Ezáltal a tartórudak egyszerre több szerepet is betöltenek, tartják a motorokat, ezáltal felveszik az erőt, és megvezetik a középen elhelyezkedő mozgó keresztzsánt. Fent található egy 6061-es típusú alumíniumból készült kötődarab, amelyen elhelyezkednek a motorok, és tartalmazza a csavarorsók csapágyazását.

2.2.2. Csavarorsók

A fentiekben megadott maximális erő értékéből kiszámítható a minimális orsó magátmérő, ez 6500 N felével egyenlő. Az orsó anyaga OLC45.

Az orsó magátmérőjének meghatározása:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \Psi_H \cdot \Psi_m \cdot \sigma_{meg}}} = 7,54 \text{ mm} \quad (1)$$

A képletben szereplő mennyiségek értelme a következő:

σ_{meg} – folyáshatár acél-bronz esetén,

F – erő,

d_2 – mag átmérő,

Ψ_H – csavarorsó menetprofil-magassági tényező,

Ψ_m – anya magassági tényezője.

Ezek az adatok következtében egy Tr12x3 trapézmenetes orsóra került a választás, ami 8 mm-es magátmérővel rendelkezik, és hozzá bronzból készült anyák, az optimálisabb súrlódás érdekében

2.2.3. Hajtás

A berendezés működtetését két Nema 17-es léptetőmotor végzi, melyek egy $i = 13,7$ áttételi arányú fordulatszámcsökkentővel hajtják az orsókat [5]. Az erő értékéből és az orsó adataiból kiszámítható a szükséges forgatónyomaték értéke.

A kívánt erő kifejtéséhez szükséges forgatónyomaték:

$$M_f = F * \frac{d_2}{2} * \operatorname{tg}(\alpha + \rho) = 2,95 \text{ Nm} \quad (2)$$

A képletben szereplő mennyiségek értelme a következő:

- M_f – forgatónyomaték.
- F – erő,
- d_2 – középméret.
- α – trapézmenet dőlésszöge.
- ρ – redukált súrlódási szög. [6]

A léptetőmotor folyamatos forgatónyomatéka 3 Nm, és pillanatnyilag 5 Nm-t is le tud adni, ezért erre esett a választás ebből a szempontból is. Másik és egyben fontosabb szempont a vezérlés részéről volt meghatározó, hisz a megnyúlás mérésére nem alkalmazunk külön szenzort, hanem programból figyeljük, vagyis a motor által megtett lépések számával egyenlő a megnyúlás, figyelembe véve az orsó menetemelkedését és a fordulatszám-csökkentő áttételi arányát. A motor 200 lépés megtétele után tesz meg egy teljes kört, az áttételi arány 13,7 és a menet emelkedése 3 mm. Ezek segítségével megkapjuk, hogy 913 lépés megtétele után halad 1 mm-t a középső szán.

2.2.4. Befogószerkezetek

A próbatest úgy van kialakítva hogy a két szélén jóval szélesebb, ezt a méretet az ISO-527-1 írja elő, ami ebben az esetben 20 mm. Erre a méretre lett tervezve a befogószerkezet, két mozgó pófával rendelkező csavarorsós satu. A satuk 6061-es típusú alumíniumból készültek CNC-vezérlésű marógépen.

A befogószerkezet (2. ábra.) három főbb alagyságból tevődik össze, a külső szerkezetből, amely M6-os csavarokkal van összefogatva és két mozgó pófából, amelyek összeszorítják a próbatest szélét.

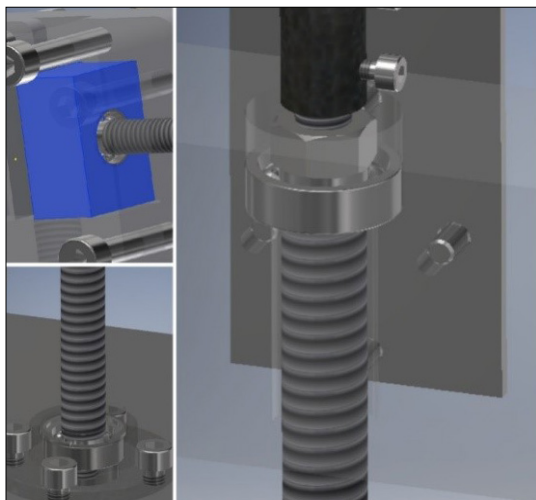


2. ábra. A befogószerkezet

A pófák felületére 80-as érdességű csiszolópapír van ragasztva, amely növeli a súrlódást a darab és a pófák közt. Két M8-as csavar a pófák mozgását hivatott megoldani. A pófákban radiál-axiál csapágysok kaptak helyet, ezek felveszik a tengelyirányú erőket. A ház két szélébe M8-as menet van kialakítva.

2.2.5. Csapágyszorítás

A berendezésben két fajta csapágy kapott helyet, az első típus a lineáris csapágy, amely a megvezetőrudakon található, és lehetővé teszi a középső szán haladását. Ez golyós lineáris csapágy, amit az iparban előszeretettel használnak, egyszerűsége és költséghatékonysága miatt. Könnyen szerelhető, ebben az esetben M6-os csavarokkal van a középső szánhoz rögzítve. A másik típusú csapágy az axiál-radiál csapágy (3. ábra). Erre a típusra az orsóknál és a befogószerkezeteknél volt szükség, hiszen a csavarorsó által kifejtett húzó igénybevételnek és a pófákra ható szorítóerőnek is ellen kell, hogy álljanak. Az orsók esetében SKF-típusú golyós axiál-radiál csapágysok vannak használva 8 mm-es belső és 24 mm-es külső átmérővel, nem találtunk a piacon erre a típusú csapágyra gyártott csapágyházat, így a felső összekötő alumínium részében alakítottunk ki két csapágyházat. A szorító pófáknál ugyancsak SKF-típusú axiál-radiál csapágysok vannak alkalmazva, 4 mm-es belső, illetve 13 mm-es külső átmérővel rendelkeznek. Ebben az esetben nem volt szükség külön csapágyházak alkalmazására, mivel magába a pófákba volt kialakítva a helyük, és a csavarosok is csapágyméretre vannak esztergálva.



3. ábra. Radiál-axiál csapágyak, csapágyháztól

2.2.6. Erőmérő cella

A próbatest elszakításához szükséges erő nagyságát egy STA-3-típusú analóg erőcella méri, melynek teherbírása 1000 kg. [7] Ez a cella analóg jelet, vagyis feszültséget állít elő, amely egyenesen arányos az általa mért erő nagyságával. A cella által kibocsátott feszültség értéke 0–2 V között mozog. A tápellátását egy 12 voltos egyenáramú táp szolgáltatja. A befogószerkezet és a középső mozgósán között foglal majd helyet, és két darab M12-es csavarral lesz rögzítve a befogóhoz is, és a szánhoz is. Az általa kibocsátott feszültség értékét egy programozható mikrokontroller dolgozza fel, amely ebben az esetben egy Arduino Mega 2560. [8]

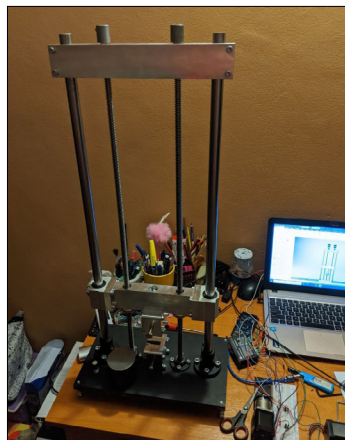
2.2.7. Vezérlés

A léptetőmotorok vezérlését egy DM33T-típusú digitális léptetőmotor-vezérlő végzi, amelyet a fentebb említett programozható mikrokontroller irányít. Az Arduino-ban írt program utasításokat hajt végre, így vezérli a motork forgásirányát és sebességét. Azért esett erre a típusú vezérlőre a választás, mert ipari felhasználásra van tervezve, megbízható és viszonylag könnyű programozni.

A bipoláris léptetőmotorok párhuzamosan bekötődnek megfelelően felcímkézett csatlakozókra. Az Arduino digitális pinjeire rákötődik a „PUL”-csatlakozó, amely a lépésekért felel, a „DIR”-csatlakozó, amely a forgásirányért felelős, és az „ENA”-csatlakozó, amely az 5 V-ba csatlakozik.

2.2.8. Felhasználói felület

A berendezés paraméterezését, mérési procedúrájának beállítását egy számítógépen futó szoftveres program végzi. Ez a felület egy Java-forráskódú, Eclipse fejlesztői környezetben valósult meg. A szoftver egy főablakkal indul, amelyben kiválaszthatjuk azt a soros portot, amelyen keresztül kommunikációt létesítünk az eszközünkkel. Miután kiválasztottuk ezt a beállítási lehetőséget, megjelenik a következő ablak, ahol manuálisan pozicionálhatjuk a befogószerkezetet, a nekünk megfelelő helyzetbe, a szakításra szánt próbatest méreteire. Továbbá lehetőségünkben áll kiválasztani a szakítási sebesség értékét, amelyet mm/perc-ben adunk meg. Ha megtörtént a pozicionálás és a sebesség kiválasztása, nincs más dolgunk, mint elindítani a mérést a megfelelő gomb lenyomásával. Amíg a mérés folyamata tart, a harmadik ablak jeleníti meg online módon a szakítási diagramot. A mérés elvégzése után a felhasználónak lehetősége adódik a mérési adatok kimentésére egy .xlsx kiterjesztésű fájlba.



4. ábra. A berendezés megvalósított része

4. Következtetések

Következtetésként elmondhatjuk, hogy megterveztünk és részben megvalósítottunk (4. ábra) egy, a polimerek szakítóvizsgálatára alkalmas berendezést. A berendezés laboresszközként lesz használva a Sapientia Egyetem Marosvásárhelyi Karának Gépészmérnöki Tanszékén.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Tóth L., Rossmanith P.: *A töréstechnika és az anyagvizsgálat története*. Miskolci Egyetem, Miskolc, 1999. 4–10.
- [2] Bitay E.: *Anyagtudományi laboratórium I.: Tulajdonságminősítő vizsgálatok*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2011.
<https://doi.org/10.36242/mtf-11>
- [3] EN ISO 527: *Plastics. Determination of tensile properties*. 1994.
- [4] Shimadzu Scientific Instruments, Columbia, MD: *Testing the Tensile Properties of Rigid and Semi-rigid Plastics (ASTM D638 and ISO 527)* (letöltve: 2020. február 20)
<https://www.slideshare.net/ShimadzuSSI/testing-the-tensile-properties-of-rigid-and-semirigid-plastics-astm-d638-and-iso-527>
- [5] Stepper Online: *Nema 17 Stepper motor bipolar 17HS19-1684S-PG14 Datasheet*. (letöltve 2020. február 20)
<https://www.omc-stepperonline.com/download/17HS19-1684S-PG14.pdf>
- [6] Tolvaly-Rosca F.: *Gépelemek*. EME, 2019.
- [7] OLCM Systems: *STA-3 Alloy Steel S-Type Tension and Compression Load Cell*. (letöltve 2020. feb. 20.)
<https://www.lcmsystems.com/sta-3-alloy-steel-s-type-tension-and-compression-load-cell>
- [8] Arduino: *Arduino Mega 2560*. (letöltve 2020. február 20)
<https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/arduinoBoardMega2560>