

FÁRASZTÓVIZSGÁLATOK POLIMER PRÓBATESTEK ISMÉTLŐ IGÉNYBEVÉTELÉNEK VIZSGÁLATÁHOZ

Antal Fodor¹, Dr. Pal Boza²

*Kecskemét College Faculty of GAMF, Vehicle Technology Department, Kecskemét Izsáki út
Magyarország*

Kulcsszavak:

Rapid Prototyping,
Kifáradás vizsgálat,
Műszaki műanyagok)

Keywords:

Rapid Prototyping,
Fatigue Analysis,
Technical Plastics

Cikk történet:

Beérkezett 2015. október 10.
Átdolgozva 2015. október 31.
Elfogadva 2015. november 5.

Összefoglalás

A „műszaki műanyagok” felhasználása az utóbbi időben felgyorsult. Ennek megfelelően egyre gyakrabban terveznek műanyagokból is olyan alkatrészeket amelyeknek, szélsőséges igénybevételnek is meg kell felelni. Az anyagtulajdonságok pontos meghatározása nagyon költséges eljárás, ennek ellenére a tervezés minden fázisában a pontos definiálására szükségünk van. Az ipar minden területén fontos, hogy egzakt anyagjellemzőkkel dolgozzanak a tervezők, különösen olyan területeken, ahol szigorú biztonsági előírások (élettel kapcsolatos) vannak előírva! Ebben a munkában a polimer próbatestek ismétlődő igénybevételére alkalmas fárasztó vizsgálatok tervezését mutatjuk be, amellyel meghatározhatóak a különböző Gyors Prototípus gyártási eljárások változatos anyagainak kifáradási tulajdonságai. Fontos lehet ez az információ a katonai eszközökben tönkrement alkatrészek gyors, megbízható cseréje kapcsán is! Ezért a fárasztóvizsgálatok tervezését úgy végeztük el, hogy a hadi,- és biztonságtechnológiai fejlesztésekben, felújítási technológiák kidolgozásában segítséget nyújtson a tervezőknek.

Abstract

The using of „technical materials” speeded up lately. Because of this, parts are being designed from plastic, which have to sustain extreme stresses. The proper definition of material qualities is expensive; despite in every phase of designing, we need it to be done perfectly. In every industrial section it is important to work with exact material qualities, especially areas where there are strict safety rules (in connection with the lifespan). In this work we will introduce how to design suitable fatigue stress for the plastic samples and how to define the fatigue qualities of the various materials of Rapid Prototyping. This information could be important to change damaged equipments and parts in the military. Due to this, we performed the design of fatigue tests to help the designers elaborate military, safety improvements and proper renewing technologies.

1 Fodor Antal Tel.: +36 76 516 300; fax: +36 76 5163 99
E-mail cím: fodor.antal@gamf.kefo.hu
2 Dr. Boza Pál Tel.: +36 76 516 300; fax: +36 76 5163 99
E-mail cím: boza.pal@gamf.kefo.hu

1. Bevezetés

Napjainkban a műanyagok térhódítása igen jelentős, miközben a műanyagok anyagjellemzőiről kevesebbet tudunk, mint a fémek tulajdonságairól. Természetesen a műszaki műanyagok is rendelkeznek szilárdsági mutatókkal, ilyen például a szakítószilárdság, nyúlás, vagy a Young modulus, viszont egy ciklikus igénybevétellel szemben mutatott ellenállását nem ismerjük olyan széles körben. [1] A Gyors prototípus eljárásokkal készített műanyagok kifáradási tulajdonságai viszont egyáltalán nem kerültek meghatározásra. A vizsgálatok megtervezését anyagi megfontolásból fröccsöntött műszaki műanyagból készített szabványos, szakító próbatestekkel végeztük. Az itt szerzett tapasztalatokat fogjuk a későbbiekben átültetni a tényleges Gyors prototípus gyártási eljárásokkal készült azonos méretű próbatestek vizsgálatának elkészítéséhez.

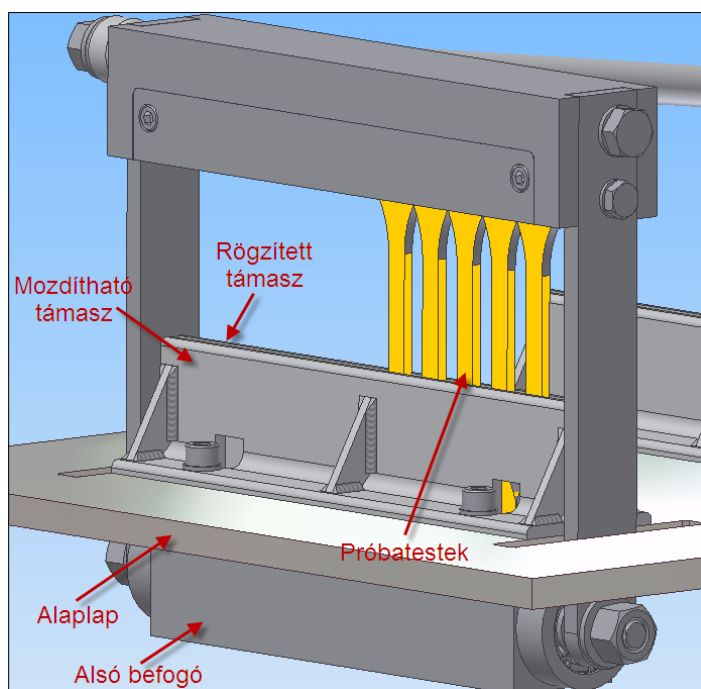
2. A FÁRASZTÓVIZSGÁLAT TERVEZÉSI FOLYAMATA

A kifáradásra való méretezés alapja a fárasztóvizsgálatok segítségével megállapított kifáradási határ. A szabvány minimum négy próbatestet ír elő, ám a mértékadó meghatározásához sokszor 80 - 100 darabos kísérletsorozat is szükséges. Az irodalomban gyakran a kifáradási határ és a rövid idejű terhelés esetén mért szilárdsági értékek hányadosát adják meg, de a polimerek tönkremeneteléről átfogó mérésekkel alátámasztott módszer a fémekkel ellentétben nincs kidolgozva. Elsősorban gyártó cégek saját anyagaira érvényes javaslatokat adnak meg.

A polimerekkel kapcsolatos kutatásoknál elengedhetetlen korszerű, gyors és megbízható anyagjellemzőket meghatározó berendezések és technikák alkalmazása.

A polimerek viselkedése fárasztó igénybevétel hatására jelentős mértékben eltér a fémektől. A vizsgálatok, vagy a terhelések során az acélok rugalmassági modulusa időben nem változik, abban az esetben, ha a Hooke-féle rugalmassági tartományon belül marad. A fémek csillapítása kisebb, mint a polimereké, ezért nagyszámú igénybevétel esetén sem nő jelentősen a próbatest hőmérséklete.

A fémeknél, a rugalmassági modulus és a feszültségváltozás amplitúdója a melegedésből kifolyóan a vizsgálat alatt nem, vagy alig változik. A műanyagoknak nagy belső csillapításuk mellett rossz a hővezető képességük, így a fárasztó igénybevételnek kitett próbatestek már 10 Hz-nél kisebb frekvencián is felmelegedhetnek, ebből kifolyólag a modulusuk csökken. [1]

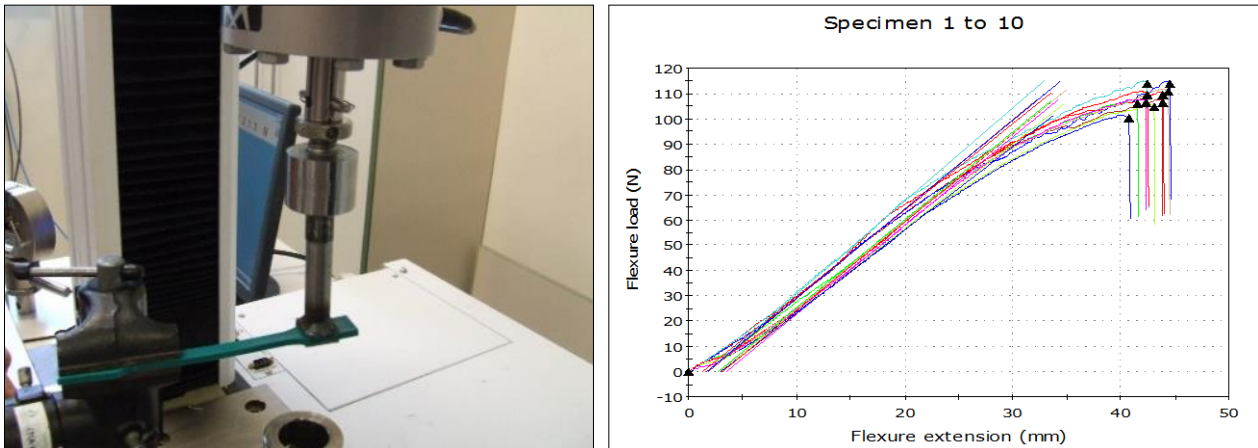


1. ábra. A fárasztó próbatestek befogására alkalmas készülék

A kifáradási határ meghatározásához olyan hajlító-fárasztó berendezést terveztünk és gyártottunk, amelyben 40 db. próbatestet tudunk vizsgálni egy időben.

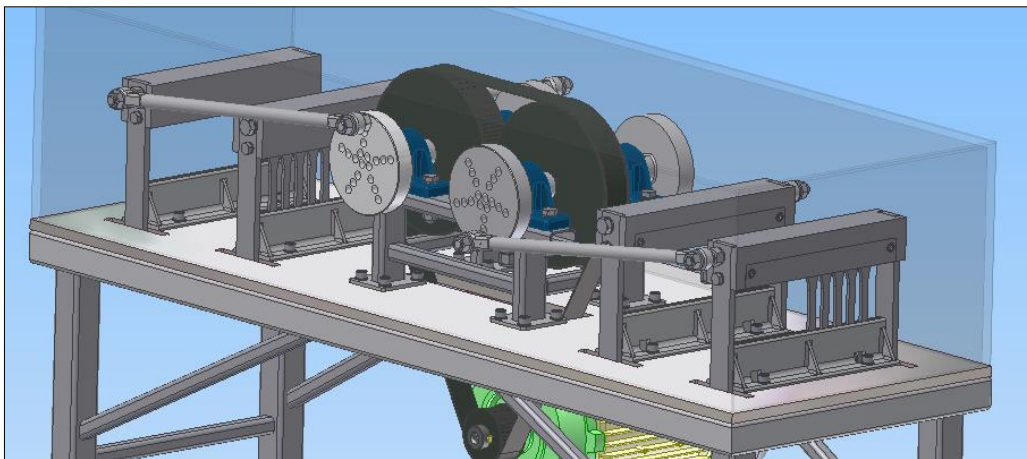
Ebben a próbatest – hossz tengelyére merőleges tengely körül – hajlítást szenved, úgy, hogy a nyomaték síkja a próbatest hossz tengelyét magában foglalja. A próbatestet a nyomaték egy,- vagy mindkét végén befogva terheli. Az általunk korábban tervezett és elkészített kényszermozgású, csak hajlító igénybevételt kifejtő fárasztógép elrendezését mutatja az 1. ábra. [2]

A kísérlet sorozathoz kb.: 55 – 60 db próbatestre van szükség. Első lépésben a vizsgálat terhelés szintjét célszerű meghatározni. Ehhez 5 - 10 próbatestet a hajlítási hossz figyelembe vételével Instron 3366 szakító berendezésen törésig terheljük (2. ábra)



2. ábra. Hajlító vizsgálat és eredménye PA3WG6 polimer esetén

A 2. ábra mutatja, hogy a darabok kb.: 40 mm-es lehajlásnál törtek el megközelítőleg 105 N terhelésszinten. Ez alapján került meghatározásra a fárasztó vizsgálat feszültség szintje, amit így, az előzetes konzultációk, és az irodalomkutatásaink, szerint 50%-ra, azaz 20 mm-es hajlítási amplitúdóra választottunk. Ezt, a közlőtengelyekre helyezett körhagycs tárcsákon tudunk beállítani (3. ábra). [1][2]



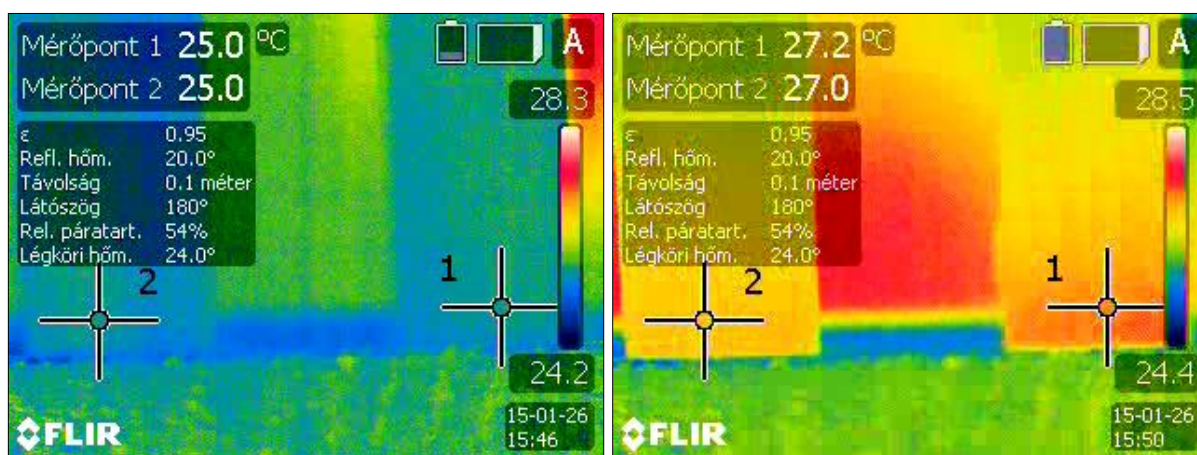
3. ábra. A hajlító-fárasztó berendezés felépítése

A vizsgálati frekvenciát önkényesen 2,5 Hz-re vettük. A befogó fejekbe elhelyeztük a négyszer tíz darab próbatestet. A fárasztást szobahőmérsékleten, négy fázisban végeztük el. Az első fázisban 1.000, a másodikban 10.000, a harmadikban 100.000, és a negyedikben 1.000.000 ciklussal terheljük a próbatesteket. [3]

3. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A teljes vizsgálat több mint hét napig tartott. Az egyes ciklusok után a berendezés a beépített ciklus-számlálójának segítségével megállt. Ekkor ki tudtuk venni az egyes ciklusokban terhelt vizsgálati darabokat.

Az első fázisban vizsgáltuk a darabok belső csillapításából, és a rossz hővezetéséből adódó felmelegedését is, az FLIR T360 infrakamerával (4. ábra).



4. ábra. A hőmérséklet a hajlítási pontban

A hőmérséklet kb.: négy perc után stabilizálódott körülbelül 2 °C hőmérséklet emelkedésénél. Az eltelt időhöz tartozó ciklusszámot a vizsgálati frekvencia ismeretében számolhatjuk. Ez szerint, kb.: 600 ciklus után kiegyenlítődik a hőmérséklet a hajlítási pontban.

1. táblázat A fárasztóvizsgálat eredményei.

Terhelési ciklus szám	Tensile extension at Break (Standard)	Load at Break (Standard)
	(mm)	(N)
0	5,3	3508,48
1.000	5,28	3377,83
10.000	4,66	3310,18
100.000	4,35	3289,88
1.000.000	2,67	2382,33

A teljes vizsgálati sorozat elvégzése után a terheletlen, és az egyes fárasztó ciklusokhoz tartozó terhelés szintek szerint, szintén szobahőmérsékleten az Instron 3366 szakítógépen tönkremenetelig terheltük. Az 1. táblázat első oszlopában a fárasztási ciklusszámokat, a másodikban a szakadási nyúlásokat, a harmadikban a tönkremeneteli terheléseket tüntettük fel.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Polimereknél a fémek anyagokhoz hasonló kifáradási határ nem állapítható meg. A vizsgálatokat általában 10^7 ciklusszámig szokták végezni, és az ehhez, vagy más terhelési ciklusszámhoz, adott vizsgálati frekvenciához, környezeti hőmérséklethez, nedvességtartalomhoz és törési valószínűséghez tartozó igénybevételi számot adnak meg kifáradási határként. Az

irodalomban gyakran a kifáradási határ és a rövid idejű terhelés esetén mért szilárdsági értékek hányadosát adják meg, de a polimerek tönkremeneteléről átfogó mérésekkel alátámasztott módszer a fémekkel ellentétben nincs kidolgozva. [1][4] Elsősorban gyártó cégek saját anyagaira érvényes javaslatokat adnak meg.

Az előbbieket és a kutatáshoz rendelkezésre álló idő alapján, a fárasztóvizsgálat kidolgozásánál a kísérletterv ebben a fázisában gazdaságossági megfontolásból a vizsgálatokat PA3WG6 műszaki műanyag próbatestekkel végeztük. A kifáradási határ tendenciájának meghatározásakor a szokványostól eltérő módon, nem az egyes terhelés szinteken a tönkremenetelig végeztük a vizsgálatokat, hanem a kiválasztott terhelés szinten az egyes ciklusszámok után szakítóvizsgálatokat végeztünk a darabokon.

A kutatás során szerzett tapasztalataink alapján a következő következtetéseket hoztuk.

Az előzetesen kiválasztott terhelésszint (amplitudo), túl magasnak bizonyult, ugyanis a legnagyobb ciklus számnál a darabok 90%-a eltört, miközben a teljesen tönkre nem ment darab terhelésszintje nem csökkent látványosan. A jelenség magyarázata, hogy a meglévő PA3WG6 anyagú próbatest 30% üvegszál töltésű ezért a benne lévő szálanyag tartalom tönkremeneteli határa határozta meg a maximális szakítási erőt. A szakadási nyúlás viszont jelentősen csökkent. Ennek oka lehet az „ágyazó” ABS alapanyag kifáradása.

A választott próbatest anyaga Gyors prototípusgyártással létrehozott anyagok tulajdonságaitól jelentősen eltér. Ennek alapján kijelenthető, hogy ez nem volt szerencsés választás. Így a kísérletterv második szakaszában, egy jelentősen alacsonyabb terhelésszinten, száltöltés nélküli műszaki műanyag próbatesttel fogjuk megismételni a teljes vizsgálat sorozatot. Azonban a vizsgálati eljárás kidolgozásának helyes irányát jól szemlélteti, hogy az egyes terhelésszintek hatására folyamatosan csökkenő tendenciát mutat a tönkremeneteli határ.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani a Varinex Zrt-nek, illetve Falk Györgynek a prototípus próbatestek biztosításáért a kísérletekhez, Dr. Belina Károlynak a sok személyes konzultációért, és Hansághy Pál tanszéki mérnök segítségéért a szakítóvizsgálatok elvégzésében.

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1C-14/1/Konv számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] M.De Monte, E.Moosbrugger, K. Jaschek, M. Quaresimin: MultiaxialFatigue of a shortglassfibrereinforcedpolyamide 6.6 – Fatigue and fracturebehaviour, International Journal of Fatigue 32. (2010) pp.: 17-28
- [2] Antal Fodor, Dr. Pal Boza, Development of endurance testing machine for the investigation of repeating use of polymer specimen, AGTEDU 2010 pp.: 243-249
- [3] Antal Fodor, Dr. Pal Boza, Examination of snap joints using finite element method AGTEDU 2009, pp.: 287-291
- [4] Antal Fodor, Dr. Pal Boza, The examination of non-linear behaviour of pieces used in extreme circumstances in condition of time using finite element method OGÉT 2009, pp.: 68-73