

ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁVAL ELŐÁLLÍTOTT NAGYRUGALMASSÁGÚ ANYAGOK TERHELHETŐSÉGI VIZSGÁLATA

INVESTIGATION OF FLEXIBLE MATERIALS PRODUCED BY ADDITIVE TECHNOLOGY

Dr. Ficzer Péter*, Dr. Kovács Norbert Krisztián**, Dr. Szabó Gábor**, Dr. Borbás Lajos***

ABSTRACT

The flexible materials are used in many areas of mechanical engineering. Frequent applications are sealing or damping. At the same time, it can be used as an attenuation in conjunction with medical implants. Before installation, it has to be sized, which requires knowledge of the material characteristics. In this paper we investigated a material called SoftPLA.

1. BEVEZETÉS

Az additív gyártástechnológiák fejlődésével párhuzamosan újabb és újabb alapanyagok jelennek meg. Ezek felhasználása egy adott területen viszont csak akkor lehetséges, ha megfelelő információval rendelkezünk az anyagtulajdonságokról, anyagjellemzőkről. Az additív technológiák által használt anyagok közül a napi gyakorlatban elterjedten többnyire a merev, vagy merevnek tekinthető anyagokat használjuk. Ugyanakkor a gépészetben sok esetben szükséges rugalmas anyagok használata. Elvileg ezen a területen lehet létjogosultsága a SoftPLA fantázia nevű anyagnak. Egy új, additív technológiával előállított darab esetében feltétlenül szükséges a gyártástechnológiai paramétereknek az anyagjellemzőkre gyakorolt hatásának vizsgálata. Különösen fontos ez egy olyan nagyrugalmasságú anyagnál, ahol adott esetben jelentős mértékű tervezett nyúlásokkal kell számolni.

Ilyen nagy rugalmasságú anyagok alkalmazhatók akár tömítésként egy szerelésben, vagy akár csillapításként is orvosi implantátumok mellett. Ugyanakkor egy ilyen anyag esetében már bizonyos geometriák kialakítása is nehézkes lehet az anyag rugalmas tulajdonságainak köszönhetően [1].

Az alkatrészek méretezéséhez az anyagtulajdonságok meghatározása az additív technológiák esetében létfontosságú, hiszen sok esetben a mérnöki

gyakorlatban használt izotrop anyagtörvény helyett az ún. orthotrop anyagtörvényt kell alkalmaznunk [2].

2. MÓDSZER

A nagy rugalmasságú anyagok gyártása FDM technológia esetében sok nehézséget okozhat. Már az adagolásnál gondot okozhat a megnyúló szál, ami nehezíti az egyenletes adagolást [1]. A nyomtatások során ezeken felül azt is megállapítottuk, hogy a dob és az anyag egymáson való mozgása során nagyban növeli a súrlódást.



1. ábra A dobra csévélt anyag, valamint a fellépő súrlódásnak a helyei

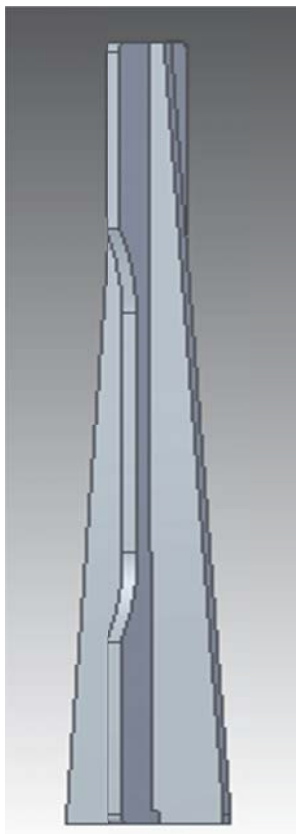
Ez a súrlódás képes volt meggátolni, hogy a behúzó rendszer képes legyen megfelelő mennyiségű anyagot továbbítani. A huzal, amit alkalmazunk igen rugalmas, ezért képes megnyúlni, így csökken a huzal átmérője, ami szintén csökkenti az optimális anyagmennyiséget, valamint az átmérő csökkenés miatt, a fogaskerék és a csapágy között ismételtelen hézag keletkezett. Ennek elkerülése érdekében az anyagot lecsévéltük a dobról és a szükséges huzalhosszt kiszámítva csak az adott mennyiséget tesszük a nyomtatóhoz. Ez azért volt szükséges mivel a dobra felcsévélt anyag bontatlan állapotban 700 gramm tömegű, ami a súrlódások szuperonálódása miatt igen jelentősé vált.

* adjunktus, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

**adjunktus, BME Polimertechnika Tanszék

***egyetemi tanár, BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék

A szálvezető alkalmazásával és a szükséges anyagmennyiség lecsévével, valamint a megfelelő nyomtatási sebesség megválasztásával már megfelelő minőségben lehet nyomtatni. További nehézség, hogy bizonyos esetekben, pl. vékony és magas falak esetén a már lerakott részeknek nincs megfelelő merevségük, így amikor a következő réteget ráépítenék az elhajlik [3]. A függőlegesen álló szakítópróbatetek jellemzően ilyen alkatrészeknek számítanak. Ezen akadály kiküszöbölésére már a 3D modellezés során létrehoztuk a támasztóbordákat, melyek megfelelő merevséget biztosítanak az adott geometria problémamentes legyártásához.



2. ábra Szakítópróbatetest merevítő bordákkal együtt modellezve függőlegesen álló helyzetben történő nyomtatáshoz.

Az így megtervezett CAD modellből kiindulva már megfelelő stabilitású és megfelelő merevségű lett a modell, amit le is gyártottunk. Természetesen a merevítőbordákat a legyártás után a próbatetekről el kellett távolítani. A 3. ábrán látható az álló helyzetben nyomtatott próbatest támasztékkal, majd a támaszték levágása után. A képen az összeolvadás rétegei is megfigyelhetők. A próbatetek legyártása után elvégeztük a szakítókérdéseket. Az x és y irányban fekvő pozícióban nyomtatott próbatetek eredményei már ismertek voltak korábbi méréseinkből [1].



3. ábra Az állított (z-irányú) pozíciójú próbatest támasztékkal, majd a támaszték levágása után

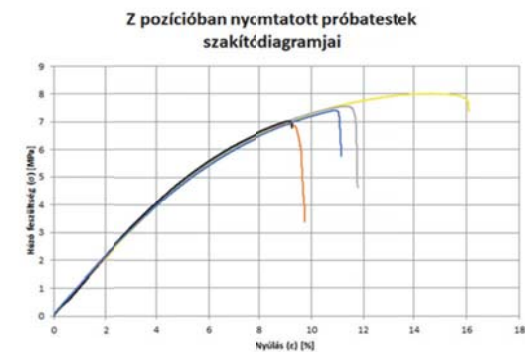
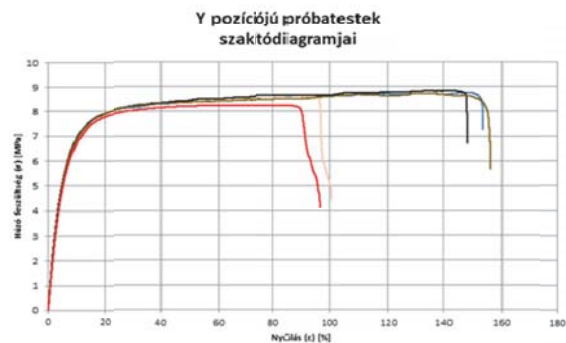
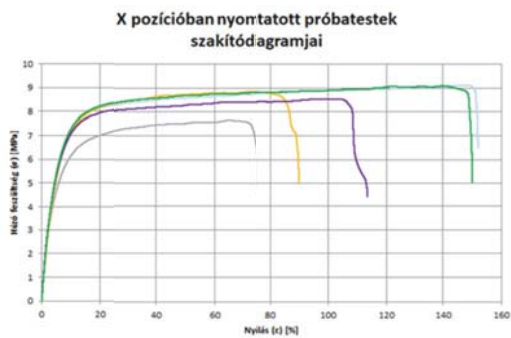
3. EREDMÉNYEK

A szakítóvizsgálatok eredményeit mutatja az 1. táblázat.

1. táblázat Mérési adatok

	E [MPa]	Rm [MPa]	ϵ_{szak} [%]
x átlag értékek	180±5,5	8,62±1	114,5±41
y átlag értékek	156±31	8,62±0,38	129,26±38,3
z átlag értékek	113±3,2	7,38±0,63	11,16±3,84

A vizsgálat során felvett szakítódiagramok láthatók a 4. ábrán.

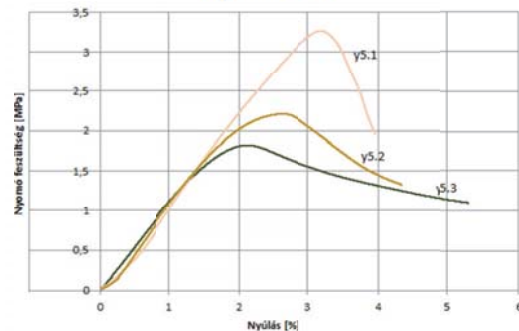


4. ábra Szakítóvizsgálatok eredményei különböző irányban nyomtatott próbatetek esetén

Mivel az anyag rugalmas jellegéből fakadóan a várható igénybevétele nyomás lesz, ezért a nyomó rugalmassági modulus, valamint a nyomószilárdságot is kimértük az adott anyag esetében [1]. A nyomó próbatetek rugalmassági modulusának átlag értéke 112,14 MPa. Ebben az esetben az eredmények igen nagy eltéréseket mutatnak mind negatív, mind pozitív irányban. Az átlag értéktől való eltérés $\pm 17,84$ MPa.

A próbatetek a vizsgálat során visszanyerték eredeti alakjukat, így lehetőségünk adódott újra terhelni a nyomó próbatestet. Ezt az y pozíciónál nyomtatott próbatest esetében tettük meg. A mérés során felvett nyomódigramokat láthatjuk az 5. ábrán. A mérési eredmények kiértékelve és összegezve számszerűen láthatók a 2. táblázatban.

y pozícióban nyomtatott próbatest újratehelése



5. ábra Y pozícióban nyomtatott próbatetek nyomás hatására kialakult diagramjai a rugalmassági modulus meghatározásához, visszaterhelés után

Az 5. ábrán jól megfigyelhető az újra terhelések következtében hogyan változik a terhelhetőség (nyomószilárdság) mértéke.

2. táblázat A rugalmassági modulus változása visszaterhelések hatására

	E [MPa]
y5.1	127,8716
y5.2	113,8355
y5.3	110,3946

4. KIÉRTÉKELÉS

A z irányban nyomtatott próbatetek esetében a szakítóvizsgálat eredményei jelentősen eltérnek az x és y pozícióhoz képest. Itt nem mutatkozik jelentős kontrakció. A próbatetek egyenesen, a réteg építése mentén szakadnak el (6. ábra), szemben az x és y irányokkal (7. ábra).



6. ábra Állított pozícióban nyomtatott próbatest, mely egyenesen, a réteg mentén elszakadt, jelentős kontrakció nélkül



7. ábra Fekvő pozícióban nyomtatott próbatest, szakadása

A z irányban nyomtatott próbatestnél, ahol ez elszakadt, csak egy jól határolt réteg látható (6. ábra). Ez jól bizonyítja azt a tényt, hogy az anyag még elviselte volna az egytengelyű húzóerőt, de a próbatest a felépítése miatt nem bírta a további feszültséget és elszakadt. Ez a rétegről rétegre való építés következménye.

A nyomó rugalmassági modulusok értékei jóval elmaradnak a húzó rugalmassági modulushoz képest. A 2. táblázat adataiból jól látható, hogy újra terhelés hatására a rugalmassági modulus értéke csökken. Ez ismételten utal a rugalmas, képlékeny anyagjellemzőkre, mivel minimális felkeményedés jelent meg a próbatesten, ami a nyomó rugalmassági modulus csökkenését eredményezte. Húzás során a polimerláncban a molekulák orientálódnak a terhelés irányában, mely legyőzve a Van der Waals féle erőket, nyúlnak, majd egyik szegmens beugrik a másik helyébe, és így tovább terhelhetők. Nyomás esetén mindez nem tud lezajlani. Itt belép a kompresszibilitási tényező mely rugalmas anyagok esetében összenyomhatatlannak, vagyis inkompresszibilisnek tekinthető. Ezáltal nem lehet szegmens-ugrás, csak tönkremenetel.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során bebizonyosodott, hogy a nyomtatási paraméterek nem megfelelőisége igen jelentős tényező az anyagi jellemzők tekintetében.

A próbatestek rugalmas, képlékeny anyagokként viselkedtek.

Az anyag szakítószilárdságát, szakadási nyúlás értékeit, húzó- és nyomó rugalmasságát és szilárdságát meghatároztam.

Fontos megjegyezni, hogy az anyag pl. tömitésként történő felhasználása előtt még számos valós beépítési körülmények közt végzett vizsgálatra van szükség [4], [5], [6].

Szintén további vizsgálatokat igényel az anyag, ha pl. implantátumhoz csillapításként kívánjuk használni [7].

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával az NKIH Alapból valósul meg, a projekt címe: Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra; a pályázat azonosító száma: NVKP_16-1-2016-0022.

6. IRODALOM

- [1] KIS K., FICZERE P., KOVÁCS N. K., SZEBÉNYI G., BORBÁS L., *Additív gyártástechnológiával előállítható rugalmas műanyagok vizsgálata*, GÉP LXIX. évfolyam : 4 pp. 49-53., (2018)
- [2] FICZERE P., BORBÁS L., FALK GY., SZEBÉNYI G., *Experimental determination of material model of machine parts produced by Selective laser sintering (SLS) technology*, Materials Today: Proceedings 5(13): pp 26489-26494, DOI: 10.1016/j.matpr.2018.08.104 (2018)
- [3] GYŐRI M., FICZERE P., *Use of Sections in the Engineering Practice*, PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 45 : 1 pp. 21-24. , 4 p. (2017)
- [4] BORBÁS L., FICZERE P., *Kérdőjelek az additív gyártástechnológiákban (maradó feszültségek polimerek nyomtatásakor)*, GÉP LXVIII : 2 pp. 5-10. (2017)
- [5] BORBÁS L., FICZERE P., FALK GY., *Additív gyártástechnológiák: lehetőségek és kérdőjelek [Additive production technologies: possibilities and questions]*, ACTA PERIODICA EDUTUS 11 pp. 30-44. , 15 p. (2016)
- [6] P. FICZERE, L. BORBÁS, A. TOROK, *Validation of Numerically Simulated Rapid-prototype Model by Photoelastic Coating*, ACTA MECHANICA SLOVACA 18 : 1 pp. 14-24. , 11 p. (2014)
- [7] FICZERE P. ; BORBÁS L., FALK, GY., *Additív gyártástechnológiák alkalmazhatósági vizsgálata testreszabott orvosi implantátumok méretezéséhez*, BIOMECHANICA HUNGARICA 11 : 2 pp. 69-75., 7 p. (2018)

CONTENTS

1. Bakosné Diószegi Mónika:
IMPLEMENTING PRACTICAL ENGINEER TRAINING IN MECHANICS EDUCATION 5
Industry expects high quality knowledge and the practical use of this knowledge from newly graduated engineers. University education must meet these expectations and it must adapt to the behavioural culture of current students.
2. Dr. Czifra György, Dr. Mikó Balázs:
OUR ACTIVITY FOR ENSURING UNIVERSITY EDUCATION IN THE FIELD OF INDUSTRY 4.0 9
Authors present what has been achieved in the field of education, what methods have been used to provide the basic questions, problems and opportunities of Industry 4.0 to their students. They share the results of an opinion poll, a feedback from students on the extent to which they have met their expectations.
3. Dr. Haidegger Géza:
THE EVOLUTION OF BIOTECHNOLOGIES IN THE VISION OF THE UPCOMING EUROPEAN MANUFACTURING 13
The European ManuFuture Technology Platform deals with the vision, research strategy and realisation process of the European manufacturing. Author presents the most important research fields. The upcoming evolution of biotechnology can generate an outstanding value-enlargement in the European manufacturing.
4. Horváth Richárd, Fábíán Enikő Réka, Nagy András István, Terek Pál:
THE MACHINABILITY PROBLEMS OF DUPLEX STAINLESS STEELS 19
Numerous contemporary works deal with machining and machinability characteristics of duplex stainless steels. The results of performed tests in the case of duplex steels suggest that the wear are partly related to the presence of precipitations of the superduplex corrosion-resistant steels and partly to the production and casting characteristics of this steel type.
5. Jónás Szabolcs, Krizsma Szabolcs, Dr. Felhős Dávid:
MANUALLY AND COMPUTER AIEDED TOPOLOGY OPTIMIZATION AND FINITE ELEMENT ANALYS OF SUSPENSION CLIP 25
In this study the topology optimization process of a part of the conventional brake caliper unit (namely suspension clip) is presented. The aim of authors was to develop a weight reduced, 3D printable suspension clip with appropriate fatigue strength.
6. Dr. Marcsa Dániel, Bán Péter:
SETTING UP AN ELECTRIC DRIVES LABORATORY FOR EDUCATION AND RESEARCH IN UNIVERSITY OF GYŐR 30
One of the focal points of developments at University of Győr is the modernization of education and research infrastructure related to electric and hybrid drive systems. Paper consists of two main parts, the implementation and the demonstration of usage of the 11 test beds produced by Energotest Kft.
7. Mezei Ferenc:
NEW PARADIGM IN NEUTRON BEAM STUDIES IN THE INDUSTRY: COMPACT NEUTRON SOURCES, EVEN ON SITE 36
By the development of neutron instrumental methods the available neutrons can now be put to use with an efficiency some 1000 to 10000 times superior to that commonly achieved just 20 years ago. Tests can be performed by new compact neutron sources even on site.
8. Venczel Márk, Dr. Veress Árpád:
A HEAT TRANSFER ANALYSIS OF VISCOUS TORSIONAL DAMPERS FOR TEMPERATURE REDUCTION 38
Torsional vibration dampers are considered to be one of the most important vehicle structures from the operation and safety point of view. Current work introduces a coupled fluid dynamic and heat transfer simulation of a viscodamper. The numerical results are discussed in detail with special care for the cooling efficiency.
9. Dr. Ficzer Péter, Dr. Kovács Norbert Krisztián, Dr. Szabéni Gábor, Dr. Borbás Lajos:
INVESTIGATION OF FLEXIBLE MATERIALS PRODUCED BY ADDITIVE TECHNOLOGY 43
The flexible materials are used in many areas of mechanical engineering. Frequent applications are sealing and damping. Before installation, it has to be sized, which requires knowledge of material characteristics. In this paper a material called SoftPLA was investigated.

GÉP

INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

President of Editorial Board

Vesza József

General Editor

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

Deputy

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

DEAR READER,

On the last day of January 2019 the Construction Section of Scientific Society for Mechanical Engineering (GTE) organized the 4th Mechanical Engineering Professional Conference on TechnCulture.

The conference series have been started in 2015 took more and more interest in every year. There were three plenary lectures and 33 section lectures in three sections. Beside the 66 registered participants 5 exhibitors also supported the high level of the conference.

Mechanical Engineering TechnCulture includes all the methods, procedures and techniques used by participants in the mechanical innovation process.

The first lecture in the plenary session presented the new era of the material testing, applying the compact neutron sources. The second lecture showed the education of Industry 4.0 in the course of machine design. The third lecture was the introduction to the first section about the use of ergonomics.

Section lectures were divided into 3 sections and 5 topics:

- First section: *Ergonomics*. Ergonomics was presented in 9 lectures. Lectures showed the simulation of future products, future of work and the man and manufacturing process. Lectures were presented by research workers of Vivelab ERGO Kft. By technical reason there were two additional lectures in this section, namely Haidegger Géza: The evolution of biotechnologies in the vision of the upcoming European manufacturing and Hegedűs József: What everybody should know about value engineering.
- Second A section: *Value engineering and education*. The first lecture dealt with the value engineering. Other lectures were held in the topic of Industry 4.0 and the education.
- Second B section: *Railway braking systems*. Lectures were presented by research workers of Knorr-Bremse Vasúti Járműrendszerek Kft. It was shown great interest in the topic of development of braking systems.
- Third A section: *Modern technologies in mechanical engineering*. By technical reason one lecture of *Section of additive manufacturing* was transferred to this section.
- Third B section: *Additive manufacturing*. One of the fast developing fields of the additive manufacturing is the development of medical implants. Six lectures were presented in this topic, several of them were reviewed the student works of Budapest University of Technology and Economics. One lecture was held in the topic of CT testing of the products made by additive manufacturing.

Based on the success of our conference we plan to organize the 5th Mechanical Engineering Professional Conference on TechnCulture in 2020.

István Weszely

The secretary of the Conference

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Web: www.gte.mtesz.hu

Web: http://www.gepujsag.hu * Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Igaz Jenő, Managing Director

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: www.posta.hu WEBSHOP

(https://eshop.posta.hu/storefront/), via e-mail: hirlapelofizetes@posta.hu, by phone: 06-1-767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Magyar Posta Zrt. Visit: www.posta.hu WEBSHOP (https://eshop.posta.

hu/storefront/), mail to: 1900 Budapest, 06-1-767-8262, or hirlapelofizetes@posta.hu

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

The published articles have been reviewed.

The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary



