



Mérnöki Szimpózium a Bánkin előadásai

*(Proceedings of the Engineering
Symposium at Bánki)*

2019



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpóziium a Bánkin

Előadásai

Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ ÉS
BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR

BÁNKI DONÁT FACULTY OF MECHANICAL
AND SAFETY ENGINEERING

Copyright © a szerzők / the authors, ESB 2019

Minden jog, a kiadvány kivonatos utánnnyomására, kivonatos vagy teljes másolására (fotokópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, or transmitted, in any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Kiadó / Publisher: Óbudai Egyetem

Felelős kiadó / Editor-in-Chief: Rajnai Zoltán

Szerkesztette / Edited by: Horváth Richárd, Beke Éva, Stadler Róbert Gábor

Műszaki szerkesztő / Technical Editor: Horváth Richárd

Borítóterv / Cover: Keserűné Balázs Tímea

ISBN 978-963-449-189-7

online elérhető / online available at:

<http://bgk.uni-obuda.hu/esb>

2019.

Mottó:

„A tudományos emberfő mennyisége a nemzet igazi hatalma”

(gróf Széchenyi István, 1830)

Köszöntő

Az elmúlt években megrendezett konferenciák hagyományát méltó módon követve, az idén is összehívtunk egy tudományos szimpóziumot, amely alapvetően a Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar kutatóinak, oktatóinak és doktorandusz hallgatóinak kínált előadási és publikálási lehetőséget, egymás kutatási területeinek megismerését, egy közös tudományos fórum keretén belül.

Külön megtiszteltetés, hogy a plenáris előadások sokszínűségét olyan kiválóságok – a Kar minden tanszékét képviselve – emelték, mint Prof. Dr. Dusza János, Prof. Dr. Pokorádi László, Prof. Dr. Kovács Tibor és Bódi Antal.

A plenáris ülés után három szekcióban közel harminc, tudományos kutatásokat bemutató előadás hangzott el. E tanulmánykötet a legszínvonalasabb előadások írott változatait mutatja be. A publikációk témagazdagsága és sokszínűsége nagyon hűen tükrözi napjaink izgalmas, kihívásokban gazdag időszakát, kutatási trendjeit és a Karunkhoz kötődő kutatási-fejlesztési irányokat, projekteket.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani elsősorban természetesen a kötet szerzőinek, de mindazoknak is, akik támogatásukkal és segítségükkel hozzájárultak ahhoz, hogy ez a tanulmánykötet megjelenhetett.

Kiadványunk tématerületi gazdagságára, a Kari kutatási programok, legalább jelzésértékű bemutatására tekintettel, bízom abban, hogy elnyeri az olvasó tetszését és mind a tudományban, felsőoktatásban, mind pedig a vállalati szférában tevékenykedő szakemberek számára érdekes és hasznos olvasmány lesz.

Budapest, 2019. november 24.



Prof. Dr. Rajnai Zoltán

Dékán

ESB Fővédnöke

Motto:

„The quantity of scientists is the real power of the nation.”

(Earl István Széchenyi, 1830)

Greetings

Following the tradition of conferences held in recent years, we convened a scientific symposium this year as well, which basically offered scientists, university professors and lecturers of the Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering Faculty and doctoral students from the university the opportunity to lecture and publish their works, to get to know each other's research areas at a joint scientific forum.

It is a special honor that the diversity of the plenary lectures was enhanced by such excellences - representing all the departments of the faculty - as Prof. Dr. János Dusza, Prof. Dr. László Pokorádi, Prof. Dr. Tibor Kovács and Antal Bódi.

After the plenary session, nearly 30 lectures on scientific research were given in three sections. This study volume presents the written versions of the best lectures. The richness and diversity of the publications faithfully reflects today's very exciting, challenging period and research trends as well as innovation and development direction and projects related to our Faculty.

I would like to take this opportunity to thank the authors of the volume, of course, but also all those who, with all their support, encouragement and help, contributed greatly to the fact that this study volume was published.

Referring to the diversity and richness of the study volume, I am confident that it will win the favor of all readers and will be an interesting and useful read for professionals in science, higher education and the corporate world.

Budapest, November 24, 2019.



Prof. Dr. Zoltán Rajnai

Dean

General Chair of ESB

Tudományos bizottság / Committees

Tiszteletbeli elnök / Honorary chair

Levente KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Általános elnök / General chair

Zoltán RAJNAI, Óbuda University, Hungary

Tudományos bizottság elnöke, Scientific committee chair

Richárd HORVÁTH, Óbuda University, Hungary

Tudományos bizottság, lektorok / Scientific committee, peer reviewers

Anna Tünde KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Ágota DRÉGELYI-KISS, Óbuda University, Hungary

Árpád CZIFRA, Óbuda University, Hungary

Edit LAUFER, Óbuda University, Hungary

Enikő Réka FÁBIÁN, Óbuda University, Hungary

Endre RUSZINKÓ, Óbuda University, Hungary

Erzsébet ANCZA, Óbuda University, Hungary

Gabriella FARKAS, Óbuda University, Hungary

György CZIFRA, Óbuda University, Hungary

Gyula BAGYINSZKI, Óbuda University, Hungary

István NAGY, Óbuda University, Hungary

Istvánné RÁTHY, Óbuda University, Hungary

József GÁTI, Óbuda University, Hungary

Gyula SZABÓ, Óbuda University, Hungary

József Zoltán SZABÓ, Óbuda University, Hungary

László HANKA, Óbuda University, Hungary

László POKORÁDI, Óbuda University, Hungary

Mihály RÉGER, Óbuda University, Hungary

Péter PINKE, Óbuda University, Hungary

Tamás RÉTI, Óbuda University, Hungary

Tamás SZAKÁCS, Óbuda University, Hungary

Tibor KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Viktor GONDA, Óbuda University, Hungary

Szervezés / General organizer

Éva BEKE, Óbuda University, Hungary

Tartalomjegyzék

Awais Qadir, Jan Dusza, Pinke Péter: Tribological Behavior Of Silicon Nitride and Carbon Based Filler Composites – A Review	7
Fábián Enikő Réka, Hangyás István Atanáz: Diódalézeres Felületkezelés Hatása Különböző Hőkezeltségi Állapotú Acélok Szövetszerkezetére	17
Kovács Ferenc, Fábián Enikő Réka: Korrózióállóság a Hegesztési Eljárások és a Hegesztési Sebesség Függvényében	23
Ráthy Istvánné, Pinke Péter, Fábián Enikő Réka, Negyné Halász Erzsébet: Polimer Mátrixú Kompozitok Töltőanyag Tartalmának Vizsgálata	29
Ruszinkó Endre, Varga Péter: A Keményedési Felület Fejlődése Irreverzibilis Alakváltozás Során, Átfolyó Egyenáram Jelenlétében	33
Schramkó Márton, Kovács Tünde: Az Ultrahangos Hegesztés Hatása az Al-Al Varrat Mechanikai Tulajdonságaira	37
Csukás Martin, Horváth Richárd, Gonda Viktor, Oláh Ferenc: Azonos Térfogatú Metaanyag Próbatestek Terhelhetőségének Vizsgálata	43
Varga Bálint, Mikó Balázs: Felületi Érdesség Változása Szabad Formájú Felület Marása Során	49
Lukács Judit, Török Árpád: Statisztikai és Lágyszámítási Módszerek Összehasonlítása Fenomenológiai Modellek Esetén	55
Szűcs Balázs, Ballagi Áron: Artificial Intelligence In Maintenance: The Industrial Application Of Natural Language Processing	61
Kollár Csaba: A Mesterséges Intelligencia Társadalmi Léptékű Működése, a Társadalmi Kredit Rendszere (Nem Csak) Kínában	67
Szabó Gyula: A Munkavégzés Testmozgásainak Mérése és Értékelése	73
Némethy Krisztina: Az Emberi Teljesítmény Mérése a Robotok és a Szolgáltató Robotok Világában	77
Beke Éva: Hogyan Alakítja az Ipar 4.0 A Modern Kompetenciákat?	81
Kun Tamás: A Pszichológiai Manipuláció Jelenléte a Politikában	89



Tribological behavior of silicon nitride and carbon based filler composites – a review

¹Awais Qadir, ²Jan Dusza, ³Pinke Peter

¹*Doctoral School of Materials Science and Technologies, Obuda University, Budapest, Hungary, awais_qadir980@yahoo.com*

²*Institute of Materials Research, Slovak Academy of Sciences, Košice, Slovak Republic, duszaj@yahoo.com*

³*Institute of Materials and Manufacturing Science, Donat Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Obuda University, Budapest, Hungary, pinke.peter@bgk.uni-obuda.hu*

Abstract

Silicon nitride is a structural ceramic material which has been applied in many engineering structures where hardness, high flexural strength, resistance to oxidation and brittleness are required. High brittleness, low fracture toughness and low electrical conductivity limit its use in many sectors. Silicon nitride is one of the best candidates for tribological application and can be used in many sectors such as automotive and aerospace sectors. Carbon nanofillers, e.g. graphene and carbon nanotubes (CNT), possess remarkable electrical and thermal properties as well as excellent mechanical properties compared to conventional ceramic composites. Tailoring the tribological properties of Si_3N_4 by introducing the carbon nanometric reinforcement is becoming the popular. This review paper summarizes the advances of carbon nanofiller (CNTs and graphene) reinforced Si_3N_4 composites which can assist the ceramists to develop the Si_3N_4 composites with improved tribological properties.

Keywords: Silicon nitride, CNTs, Graphene, Tribology

1. Introduction

The unique properties of ceramics as high hardness and lower wear rate had been exploited to employ them in tribological systems [1]. With the time, the research discovered more properties of ceramics which enabled them to use in structural applications. The metallic materials suffer in high temperature environment therefore advanced ceramic have attractive features which enable them to use in high temperature applications. The high strength, corrosion resistance, high hardness and lower wear rate allow them to operate under conditions unsuitable for metals [2]. The importance of tribology can be realized with the impact on the global economy. According to the calculation the 23% of the world's energy consumption is due to the tribological issues. The 20% of that is consumed to overcome the friction and 3% is used to reprocessing the worn parts [3].

Silicon nitride-based materials have been used in cutting tools, bearings, sealings and gas turbine engines due to its exceptional flexural strength, high hardness, resistance to oxidation and thermal properties [4-6]. There are two ways of employing carbon nanofillers in tribological systems in order to reduce the friction and wear. One is to use the carbon nanostructures as a solid lubrication and the other is to use carbon nanofillers as additives in the bulk material for self-lubricating. Development of self-lubricating materials got more attentions and the extensive studies have

demonstrated the carbon nanofillers as additives in bulk materials to achieve good lubricity [7-9]. Carbon nanofillers added composites got great attention to avoid the continuous addition of lubrication in machine parts. Carbon nanotubes (CNT) and graphene are the extensively used in the silicon nitride composites for tribological applications.

2. Carbon nanostructures silicon nitride

2.1. Carbon nanotubes (CNTs)

Carbon nanotubes were prepared first time by Ijima in 1991 by using an arc discharge evaporation method [10]. Numerous researches have been conducted on CNT-based ceramic composites in order to improve the properties [11-18]. The carbon nanotubes have been divided into single and multi-walled carbon nanotubes [19]. Multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) consist of multiple concentric graphene cylinders while single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) comprises of single layer of graphene cylinder. CNTs are one-dimensional (1D) with *sp*²-*hybridization* and owing excellent as charge carrier mobility [20-21].

2.2. Graphene platelets (GPLs)

Graphene is one of the allotropes of carbon having two-dimensional (2D) hexagonal lattice single or multi-layered with *sp*² *hybridization*. Graphene nanoplatelets consist of small stacks (10 -100 sheets) of graphene that can replace carbon fiber, carbon nanotubes, or other compounds in many composite applications because there are cheap and easily available. The stack layers are easily slide with respect to each other and this property can be exploited as a lubrication in tribology. Graphene became a promising candidate for tribological application due to its mechanical, low surface energy, high thermal, electrical and lubricating properties [22-23]. Similarly as CNTs, an extensive study has been conducted on the graphene based composites for tribological properties [24-30].

2.3. Silicon nitride

Silicon nitride (Si₃N₄) is an advanced structural ceramic with high melting point, high hardness, good shock resistance and relatively chemical inert. Silicon nitride has been considered one of the best candidates in tribological application due to its higher hardness than metal, 80% less friction, three to ten times longer lifetime, 80% higher speed, 60% less weight, non-reactive to lubricant, high corrosion resistance and ability to work on higher temperature [31].

3. Influence of CNTs on Wear rate and coefficient of friction

Carbon nanotubes have been considered as one of the ideal reinforcements and intrinsic self-lubricant material in ceramics (especially in Si₃N₄) to reduce the friction and wear rates and plenty of research works have been done [16], [32-36].

Gonzalez-Julian et al. studied the tribological behavior of CNTs added silicon nitride composites under the ball-on-plate configuration test [33]. They reported the significant decrease of

wear rate and coefficient of friction with the addition of carbon nanotubes. With the addition of 8.6 vol. % of CNTs, the friction coefficient and the wear volume decreased about 40% and 80%, respectively, as compared with the monolithic material. The enhanced tribological properties were attributed to the good dispersion of CNTs in Si_3N_4 matrix which served as a solid lubricant and helped in uniform distribution of stress field at the load contact. Gonzalez-Julian et al. prepared the *ex-situ* and *in-situ* carbon nanotube/silicon nitride composites and found the better tribological properties of both *ex-situ* and *in-situ* composites than that of monolithic silicon nitride [32].

Contrary to this, the higher wear rate was observed with the addition of CNTs to the silicon nitride matrix. Koszor at al. [36] reported the higher wear rate ($3.34 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N/m}$) of CNTs reinforced silicon nitride than the wear rate ($3.02 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N/m}$) of silicon nitride without CNTs. The reason of having higher wear rate was the agglomeration of carbon nanotubes in matrix. CNTs have tendency to be agglomerated due to the Van der Waals forces which cause porosity and degrade the mechanical properties of silicon nitride.

Hvizdos et al. [16] studied the tribological properties of MWCNTs added ceramics including Si_3N_4 under the pin-on-plate configuration test. Very fine nanocrystalline structure were received by suppressing the grain growth by the addition of MWCNTs. More than 60% reduction in friction coefficient was observed. Hvizdos et al. [37] reported the friction coefficient and wear rate of monolithic and CNTs reinforced Si_3N_4 composites. In monolithic materials the dominant wear mechanism was abrasion, in composites with CNT and with higher amount of CNTs (5 and 10%) fiber pull-out and lubricating by the carbon phases occurred which helped in reducing the friction and wear rate.

The influence of CNTs on wear rate and coefficient of friction reported by several researchers [16, 32, 33, 36, 46, 47, 50] and compiled in Figure 1 and 2; but it is difficult to compare the properties of composites produced and investigated by different authors. Because the authors used different processing techniques, parameters and testing methods for $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{CNTs}$ composite. In Figure 1 and 2, the CNTs content is given in weight percent (wt. %), a few researchers used CNTs by volume percent (vol. %), but we converted them in to wt. % to compare the results easily.

As a summary, four factors are important in enhancing the tribological properties of CNTs reinforced silicon nitride composites:

- 1) uniform distribution of CNTs in the matrix,
- 2) load transfer efficiency,
- 3) structure stability of CNTs during processing in the matrix,
- 4) interfacial bonding between CNTs and matrix.

In most of the cases, it was reported that wear rate decreased with the addition of CNTs. The benefits of addition of CNTs can be realized in tribological properties. The uniform dispersion of CNTs act as the lubrication and decrease the coefficient of friction and reduce the wear rate. The main wear mechanism in the nanocomposite is abrasion accompanied with a pull-out of the carbon nanofibers which act in the interface as a lubricating agent. As pulling-out effect is strengthening mechanism and enhance the fracture toughness of the composite, similarly, pulling-out effect is beneficial for tribology.

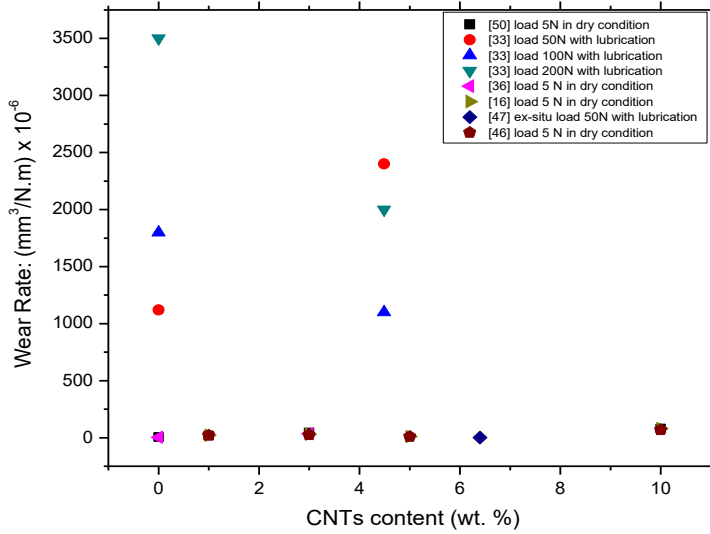


Figure 1 - Effect of CNTs on the wear rate of silicon nitride ceramics reported by different researchers

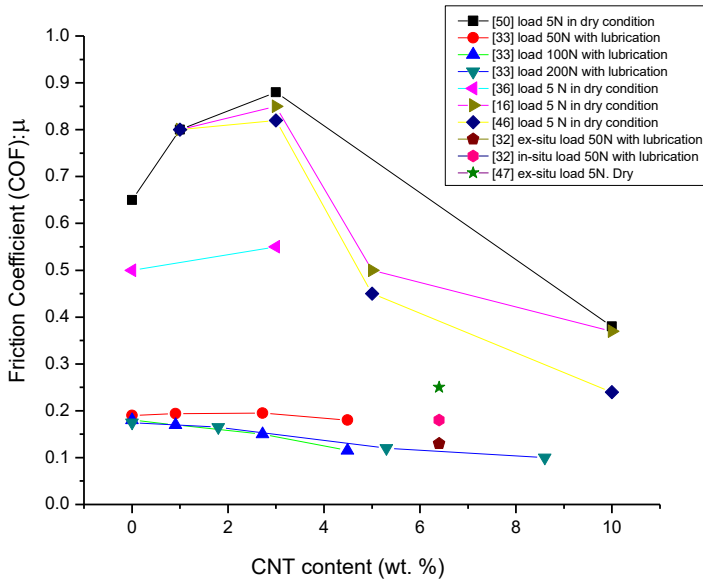


Figure 2 - Coefficient of friction values with respect to CNTs content were collected from the literature and compiled in one plot for the comparison

4. Influence of Graphene on Wear Rate and coefficient of friction

Similar to the CNTs-reinforced silicon nitride composites, a homogenous distribution of graphene in composites is critical to exploit of graphene as their anti-wear enhancement additives.

Many researches have been carried out to study the tribological properties of graphene based silicon nitride composites [24-26], [29], [38]. Likely CNTs, uniform dispersion of graphene in silicon nitride matrix is a challenge. Developing homogenized silicon nitride composite with even distribution of graphene is extremely difficult whilst avoiding the defects into graphene [39]. Some solvents are required (such as isopropyl alcohol, *N-methylpyrrolidone* and *dimetyloformamid*) during the colloidal processing to avoid the agglomeration [40]. Another method can be used to get a good dispersion is a hetero coagulation [41].

Belmonte et al. [42] studied the tribological properties of GNPs reinforced Si₃N₄ composites for the first time tested by a reciprocating ball-on-plate configuration under isoctane lubrication. Up to 56% enhancement in wear resistance as observed at high contact pressures. This enhancement was attributed through the exfoliation of nanoplatelets of graphene which would create an adhered protective tribo-film.

Balazsi et al. [24] prepared graphene reinforced silicon nitride by hot pressing for the tribological applications in aqueous environment and reported the decrease of wear with the increase of graphene content in the silicon nitride matrix. The presence of graphene in the wear debris acted as lubrication, reduced the friction and enhanced the wear resistance.

Figure 3 and 4 illustrate the graphene effect on the wear rate and coefficient of friction, the values were collected from the literature [24, 25, 26, 29, 48, 49, 50] and most of the researchers reported the positive effect of graphene on wear rate coefficient of friction. Graphene based silicon nitride composites had lower wear rate and friction than that of the monolithic silicon nitride. The positive effect attributed to the uniform dispersion of graphene nanofillers, exfoliation and good agreement between graphene nanoparticles and silicon nitride grains. Some researchers used graphene by vol. %, and we converted vol. % to wt. % for easier comparison.

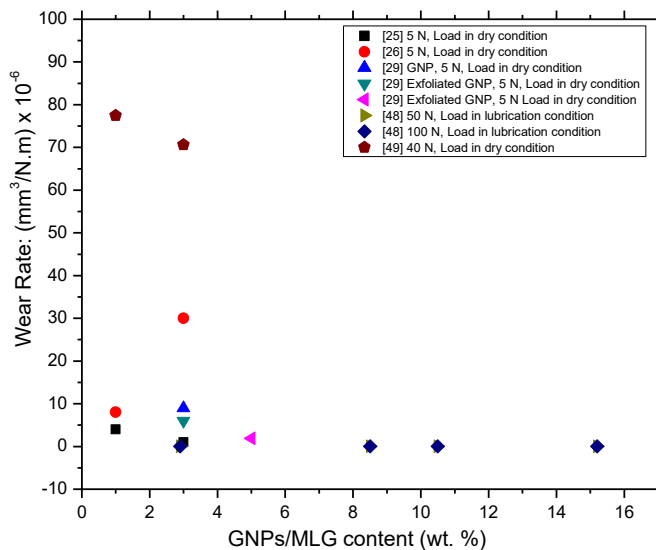


Figure 3 Wear rate vs graphene content in the silicon nitride matrix composites reported by different researchers

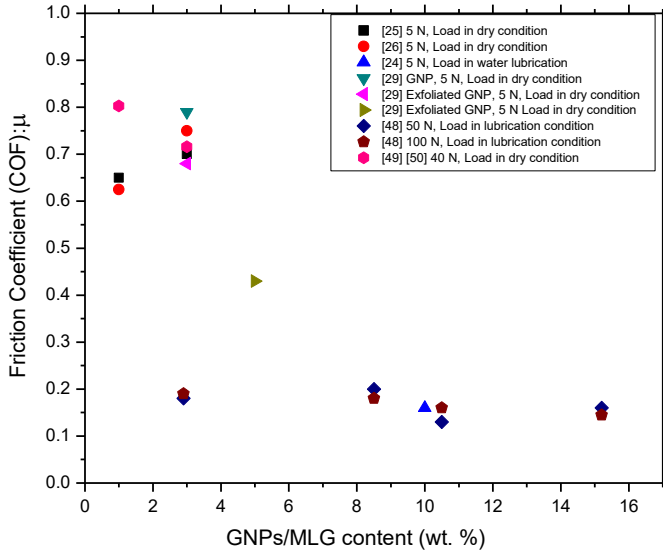


Figure 4 - Coefficient of friction (COF) vs graphene content in the silicon nitride matrix reported by different researchers

5. Wear mechanism of carbon nanostructured phases added Si₃N₄ composites

Wear is a deterioration process of a material and progressive loss of material happens during the relative motion of two solids in contact mode. In certain cases, hardness and fracture toughness of silicon nitride are considered the most important properties in meeting wear requirement [43].

The wear rate depends on the degree of abrasive penetration into the surface of the material under abrasion. Particles that cause wear usually have sharp edges to cut or shear the solid under wear [44]. Several wear mechanisms, such as abrasion, adhesion, micro-fracture and delamination, separate or combined, contribute to the wear damage in ceramic-ceramic sliding and rolling contacts [45]. Typical wear mechanism in ceramics can be seen in the Figure 5 [45].

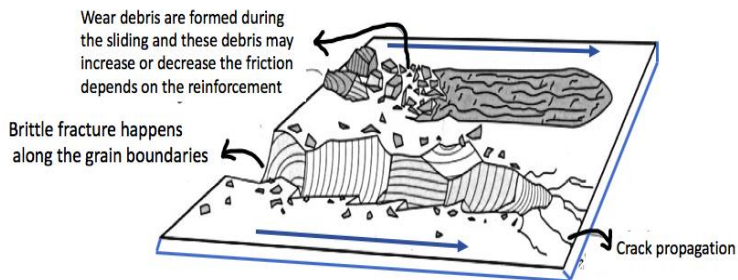


Figure 5 - Typical wear mechanism in ceramics [45]

The purpose of carbon nanofillers in the silicon nitride matrix is to reduce the friction and wear rate during the sliding of two surfaces and the carbon nanofillers should be enabled to act as lubrication. Lubrication has three main regimes e.g. fluid film lubrication, boundary lubrication and mixed lubrication. The graphene and CNTs may protect the surface from mechanical and chemical wear and promotes local hydrodynamic lift. This enables a gradual transition from mixed lubrication conditions to hydrodynamic lubrication in tribological system.

The general wear mechanism in monolithic silicon nitride composites, the grains are detached from the surface during the sliding and these grains cause the abrasion and pronounce the effect of wearing. In general, wear debris were formed by the action of the micro-abrasion mechanism, being compacted during the motion of the sliding pairs. If CNTs and graphene are present in the debris wear, then the debris wear serves as lubrication and overcomes friction. One of the examples was observed by the Gonzalez-Julian et al. in in-situ CNTs/Si₃N₄ composites, the debris areas appeared well adhered to the surface which protected it against wear [32].

6. Conclusion

To some extent, efforts have been done to exploit the carbon nanofillers reinforcement in silicon nitride to improve the tribological properties, there is still need of much efforts to optimize the amount of carbon nanofillers in to matrix, uniform dispersion and processing technologies. The use of nanofillers in silicon nitride ceramics to reduce the friction coefficient and wear rate is promising. In future, the materials scientists will be able to develop a robust and super wear resistant material with the addition carbon nanofillers reinforcement.

Reference

- [1] Dowson, D. History of tribology / D. Dowson Longman London ; New York 1979.
- [2] R. S. Gates, S. M. Hsu, and E. E. Klaus, *Ceramic Tribology: Methodology and Mechanisms of Alumina Wear*. National Institute of Standards and Technology, U.S. Dep. of Commerce, 1988.
- [3] K. Holmberg and A. Erdemir, "Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions," *Friction*, vol. 5, no. 3, pp. 263–284, Sep. 2017.
- [4] G. Petzow and M. Herrmann, "Silicon Nitride Ceramics," in *High Performance Non-Oxide Ceramics II*, M. Jansen, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer, 2002, pp. 47–167.
- [5] A. Qadir, Z. Fogarassy, Z. E. Horváth, K. Balazsi, and C. Balazsi, "Effect of the oxidization of Si₃N₄ powder on the microstructural and mechanical properties of hot isostatic pressed silicon nitride," *Ceram. Int.*, vol. 44, no. 12, pp. 14601–14609, Aug. 2018.
- [6] J. Dusza and P. Šajgalík, "Mechanical properties of Si₃N₄ + β-Si₃N₄ whisker reinforced ceramics," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–17, Jan. 1992.
- [7] W. Zhai, X. Shi, M. Wang, Z. Xu, J. Yao, S. Song, and Y. Wang, "Grain refinement: A mechanism for graphene nanoplatelets to reduce friction and wear of Ni₃Al matrix self-lubricating composites," *Wear*, vol. 310, no. 1, pp. 33–40, Feb. 2014.
- [8] A. Viat, S. Fouvry, M.-I. De Barros Bouchet, and L. Pin, "Influence of carbon-based solid lubricant on fretting wear response for alumina-based ceramics versus cobalt superalloy contact," *Surf. Coat. Technol.*, vol. 284, pp. 327–333, Dec. 2015.

- [9] V. Jaiswal, Kalyani, S. Umrao, R. B. Rastogi, R. Kumar, and A. Srivastava, "Synthesis, Characterization, and Tribological Evaluation of TiO₂-Reinforced Boron and Nitrogen co-Doped Reduced Graphene Oxide Based Hybrid Nanomaterials as Efficient Antiwear Lubricant Additives," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 8, no. 18, pp. 11698–11710, May 2016.
- [10] S. Iijima, "Helical microtubules of graphitic carbon," *Nature*, vol. 354, pp. 56–58, Nov. 1991.
- [11] J. Dusza, G. Blugan, J. Morgiel, J. Kuebler, F. Inam, T. Peijs, M.J. Reece, and V. Puchy, "Hot pressed and spark plasma sintered zirconia/carbon nanofiber composites," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 29, no. 15, pp. 3177–3184, Dec. 2009.
- [12] J. Dusza, M. Kašiarová, A. Vysocká, J. Špaková, M. Hnatko, and P. Šajgalík, "Carbon Derived Si₃N₄+SiC Micro/Nano Composite," in *Characterization, Design, and Processing of Nanosize Powders and Nanostructured Materials*, John Wiley & Sons, Ltd, 2011, pp. 29–36.
- [13] J. Dusza, J. Morgiel, P. Tatarko, and V. Puchy, "Characterization of interfaces in ZrO₂–carbon nanofiber composite," *Scr. Mater.*, vol. 61, no. 3, pp. 253–256, Aug. 2009.
- [14] A. Duszová, J. Dusza, K. Tomášek, G. Blugan, and J. Kuebler, "Microstructure and properties of carbon nanotube/zirconia composite," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 28, no. 5, pp. 1023–1027, Jan. 2008.
- [15] P. Hvizdoš, V. Puchý, A. Duszová, and J. Dusza, "Tribological behavior of carbon nanofiber–zirconia composite," *Scr. Mater.*, vol. 63, no. 2, pp. 254–257, Jul. 2010.
- [16] P. Hvizdoš, V. Puchý, A. Duszová, J. Dusza, and C. Balázsi, "Tribological and electrical properties of ceramic matrix composites with carbon nanotubes," *Ceram. Int.*, vol. 38, no. 7, pp. 5669–5676, Sep. 2012.
- [17] A. Kovalčíková, Cs. Balázsi, J. Dusza, and O. Tapasztó, "Mechanical properties and electrical conductivity in a carbon nanotube reinforced silicon nitride composite," *Ceram. Int.*, vol. 38, no. 1, pp. 527–533, Jan. 2012.
- [18] V. Puchy, P. Hvizdos, J. Dusza, F. Kovac, F. Inam, and M. J. Reece, "Wear resistance of Al₂O₃–CNT ceramic nanocomposites at room and high temperatures," *Ceram. Int.*, vol. 39, no. 5, pp. 5821–5826, Jul. 2013.
- [19] R. H. Baughman, A. A. Zakhidov, and W. A. de Heer, "Carbon Nanotubes--the Route Toward Applications," *Science*, vol. 297, no. 5582, pp. 787–792, Aug. 2002.
- [20] P. Avouris, Z. Chen, and V. Perebeinos, "Carbon-based electronics," in *Nanoscience and Technology*, 0 vols., Co-Published with Macmillan Publishers Ltd, UK, 2009, pp. 174–184.
- [21] T. Dürkop, S. A. Getty, E. Cobas, and M. S. Fuhrer, "Extraordinary Mobility in Semiconducting Carbon Nanotubes," *Nano Lett.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–39, Jan. 2004.
- [22] A. K. Geim and K. S. Novoselov, "The rise of graphene," *Nat. Mater.*, vol. 6, no. 3, pp. 183–191, Mar. 2007.
- [23] K.-S. Kim, H. J. Lee, C. Lee, S. K. Lee, H. Jang, J. H. Ahn, J. H. Kim, J.H. and H. J. Lee, "Chemical Vapor Deposition-Grown Graphene: The Thinnest Solid Lubricant," *ACS Nano*, vol. 5, no. 6, pp. 5107–5114, Jun. 2011.
- [24] C. Balázsi, Z. Fogarassy, O. Tapasztó, A. Kailer, C. Schröder, M. Parchoviansky, D. Galusek, J. Dusza, and K. Balázsi, "Si₃N₄/graphene nanocomposites for tribological application in aqueous environments prepared by attritor milling and hot pressing," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 37, no. 12, pp. 3797–3804, Sep. 2017.
- [25] J. Balko, P. Hvizdoš, J. Dusza, C. Balázsi, and J. Gamcová, "Wear damage of Si₃N₄-graphene

- nanocomposites at room and elevated temperatures,” *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 34, no. 14, pp. 3309–3317, Nov. 2014.
- [26] P. Hvizdoš, J. Dusza, and C. Balázsi, “Tribological properties of Si₃N₄–graphene nanocomposites,” *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 33, no. 12, pp. 2359–2364, Oct. 2013.
- [27] H. Porwal, P. Tatarko, R. Saggarr, S. Grasso, M. K. Mani, I. Dlouhý, J. Dusza, and M. J. Reece, “Tribological properties of silica–graphene nano-platelet composites,” *Ceram. Int.*, vol. 40, no. 8, Part A, pp. 12067–12074, Sep. 2014.
- [28] R. Sedlák, A. Kovalčíková, J. Balko, P. Rutkowski, A. Dubiel, D. Zientara, V. Girman, E. Múdra, and J. Dusza, “Effect of graphene platelets on tribological properties of boron carbide ceramic composites,” *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, vol. 65, pp. 57–63, Jun. 2017.
- [29] O. Tapasztó, J. Balko, V. Puchy, P. Kun, G. Dobrik, Z. Fogarassy, Z. E. Horváth, J. Dusza, K. Balázsi, C. Balázsi, and L. Tapasztó, “Highly wear-resistant and low-friction Si₃N₄ composites by addition of graphene nanoplatelets approaching the 2D limit,” *Sci. Rep.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, Aug. 2017.
- [30] W. Zhang, C. Schröder, B. Schlüter, M. Knoch, J. Dusza, R. Sedlák, R. Mülhaupt, and A. Kailer, “Effect of Mechanochemically Functionalized Multilayer Graphene on the Tribological Properties of Silicon Carbide/Graphene Nanocomposites in Aqueous Environment,” *Tribol. Lett.*, vol. 66, no. 4, p. 121, Aug. 2018.
- [31] D. W. Freitag and D. W. Richerson, *Opportunities for Advanced Ceramics to Meet the Needs of the Industries of the Future*. Office of Industrial Technologies, 1998.
- [32] J. Gonzalez-Julian, A. Datye, K.-H. Wu, J. Schneider, and M. Belmonte, “Robust and wear resistant in-situ carbon nanotube/Si₃N₄ nanocomposites with a high loading of nanotubes,” *Carbon*, vol. 72, pp. 338–347, Jun. 2014.
- [33] J. Gonzalez-Julian, J. Schneider, P. Miranzo, M. I. Osendi, and M. Belmonte, “Enhanced Tribological Performance of Silicon Nitride-Based Materials by Adding Carbon Nanotubes,” *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 94, no. 8, pp. 2542–2548, 2011.
- [34] Z. Koncsik, M. B. Maros, and L. Kuzsella, “Tribological characterisation of carbon nanotube added Si₃N₄ ceramic composites.”
- [35] J. Pfeifer, G. Sáfrán, F. Weber, V. Zsigmond, O. Koszor, P. Arató, P. and C. Balázsi, “Tribology study of silicon nitride-based nanocomposites with carbon additions,” In Materials Science Forum (Vol. 659, pp. 235-238), 2010. Trans Tech Publications.
- [36] O. Koszor, A. Lindemann, F. Davin, and C. Balázsi, “Observation of Thermophysical and Tribological Properties of CNT Reinforced Si₃N₄,” *Key Engineering Materials*, vol. 409, pp. 354-357. Trans Tech Publications, 2009.
- [37] P. Hvizdoš, A. Duszová, V. Puchý, O. Tapasztó, P. Kun, J. Dusza, and C. Balázsi. "Wear behavior of ZrO₂-CNF and Si₃N₄-CNT nanocomposites." In Key Engineering Materials, vol. 465, pp. 495-498. Trans Tech Publications, 2011.
- [38] H. Seiner, P. Sedlák, M. Koller, M. Landa, C. Ramírez, and M. Belmonte, “Anisotropic elastic moduli and internal friction of graphene nanoplatelets/silicon nitride composites,” *Compos. Sci. Technol.*, vol. 75, pp. 93–97, Feb. 2013.
- [39] I. Ahmad, B. Yazdani, and Y. Zhu, “Recent Advances on Carbon Nanotubes and Graphene Reinforced Ceramics Nanocomposites,” *Nanomaterials*, vol. 5, no. 1, pp. 90–114, Jan. 2015.
- [40] M. Kostecki, M. Grybczuk, P. Klimczyk, T. Cygan, J. Woźniak, T. Wejrzanowski, L. Jaworska,

- J. Morgiel, and A. Olszyna, "Structural and mechanical aspects of multilayer graphene addition in alumina matrix composites—validation of computer simulation model," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 36, no. 16, pp. 4171–4179, Dec. 2016.
- [41] S.-H. Wang, D. Tse, and R. G. M. Morris, "Anterior cingulate cortex in schema assimilation and expression," *Learn. Mem.*, vol. 19, no. 8, pp. 315–318, Aug. 2012.
- [42] M. Belmonte, C. Ramírez, J. González-Julián, J. Schneider, P. Miranzo, and M. I. Osendi, "The beneficial effect of graphene nanofillers on the tribological performance of ceramics," *Carbon*, vol. 61, pp. 431–435, Sep. 2013.
- [43] A. Ball, "The mechanisms of wear, and the performance of engineering materials." *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy* 86, no. 1 (1986): 1-13.
- [44] P. C. Milak, F. D. Minatto, and O. R. K. Montedo, "Wear performance of alumina-based ceramics - a review of the influence of microstructure on erosive wear," *Cerâmica*, vol. 61, no. 357, pp. 88–103, Mar. 2015.
- [45] G. W. Stachowiak and A. W. Batchelor, *16-Wear of Non-Metallic Materials. Engineering Tribology*. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [46] C. Balazsi, "Silicon Nitride Composites with Different Nanocarbon Additives," *J. Korean Ceram. Soc.*, vol. 49, no. 4, pp. 352–362, 2012.
- [47] H. Hyuga, M. I. Jones, K. Hirao, and Y. Yamauchi, "Friction and Wear Properties of Si₃N₄/Carbon Fiber Composites with Aligned Microstructure," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 88, no. 5, pp. 1239–1243, 2005.
- [48] J. Llorente, C. Ramírez, and M. Belmonte, "High graphene fillers content for improving the tribological performance of silicon nitride-based ceramics," *Wear*, vol. 430–431, pp. 183–190, Jul. 2019.
- [49] M. Maros, A. K. Németh, Z. Károly, E. Bódis, Z. Maros, O. Tapasztó, and K. Balázs, "Tribological characterisation of silicon nitride/multilayer graphene nanocomposites produced by HIP and SPS technology," *Tribol. Int.*, vol. 93, pp. 269–281, Jan. 2016.
- [50] Balko, J., Hvizdoš, P. and Balázs, C., 2013. Wear damage in silicon nitride composites with graphene and carbon nanotubes. In *Acta Metallurgica Slovaca-Conference*, Vol. 3, pp. 276-281.



Diódlézeres felületkezelés hatása különböző hőkezeltségi állapotú acélok szövetszerkezetére

Effect of diode laser surface treatment on the microstructure of distinctly heat-treated steels

¹Fábián Enikő Réka, ²Hangyás István Atanáz,

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag-
Gyártástudományi Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék. Budapest, Magyarország,
fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu

²Szerszám Technika Kft.. Budapest, Magyarország, atanaz.hangyas@outlook.com

Összefoglalás

A felületkezelési eljárások egyik egyre terjedő módja a lézeres felületkezelés. Jelen kísérleteinknél arra kerestük a választ, hogy hogyan változik az acélok szövetszerkezete, ha az előzetesen már hőkezelést kapott. Vizsgálatainkhoz normalizált, edzett, előnemesített és nemesített hőkezeltségi állapotú C45 és 41CrMo4 minőségű anyagokat felületedzettünk diódlézerrel az eredeti szálfutással párhuzamosan és arra merőlegesen.

Kulcs szavak: szövetszerkezet, lézeres felületkezelés, dióda lézer,

Abstract

One of the more common methods of surface treatment is laser surface treatment. This work focused on the basic material microstructure effect on laser surface hardened structure. For our experiments normalized, hardened, pretempered and tempered C45 and 41CrMo4 steels were surface-treated parallel and perpendicular to the original ferritic-perlitic bands with a diode laser

Keywords: microstructure, laser surface treatment, diode laser,

1 Bevezetés

Napjaink mérnöki kihívásai közé tartozik, a jó kopásálló, de ugyanakkor szívós fémszerkezetek és gépelemek kialakítása. Az ipari gyakorlatban használt alkatrészek jelentős részének a működő felületeket érő koptató igénybevételén kívül nagymértékű húzó és/vagy nyomó igénybevételnek és ellen kell állnia. Az ilyen változatos igénybevételeknek kitett részek különböző anyagból, különböző gyártástechnológiával való elkészítése idő és pénzigényes folyamat, ezért a költségek csökkentésének érdekében felületmódosító eljárásokat alkalmazunk. A felületmódosító eljárások során a felülethez közeli rétegekben, intenzív energiabevitel segítségével anyagszerkezeti változásokat idézünk elő, melyek a magtól teljesen eltérő felületi tulajdonságok kialakulásához vezetnek. Napjainkban a nagy kopásállóságú, de ezzel egyidejűleg szívós szerkezetek kialakítására gazdasági és technológiai megfontolásokból általában felületkezelő eljárásokat alkalmazunk. Ezeknek közös tulajdonsága, hogy a munkadarab felületén megváltoztatják az anyag szövetszerkezetét, ezzel biztosítva a kívánt tulajdonságot. A felületkezelési eljárások egyik elterjedőben levő módja a lézeres felületkezelés [1-4]. A lézeres felületkezelésnek több típusát ismerjük, ilyenek a:

- lézersugaras átolvasztás, melynek során a felület megolvasztása, majd gyors megszilárdulása során megváltozott szövetszerkezet eredetitől eltérő tulajdonságait használhatjuk ki.
- lézersugaras felületi ötvözés, melynek során vékony ötvözőpor réteget viszünk fel a munkadarab kívánt felületére, majd a port és a munkadarab felületi réteget megolvasztva a kívánt tulajdonságoknak megfelelő réteget hozunk létre [5]
- lézersugaras edzés, amely vasalapú ötvözeteknél a felületi réteg ausztenitesítéséből, majd gyors hűtéséből áll martenzites szövetszerkezet kialakítását célozva

A lézersugaras eljárások közös tulajdonsága, hogy a hőbevitelt és a hőelvitelt az abszorpciós és geometriai viszonyok is befolyásolják, ezért technológiai paraméterek változtatásával széles körben állíthatók a kialakult szerkezetek tulajdonságai, valamint, hogy lézersugaras felületkezelés során a munkadarab hevítés utáni hűtését a munkadarab hőkapacitása biztosítja, a hagyományos technológiáknál alkalmazott hűtőközeggel szemben. Lézersugaras felületi technológia alkalmazásakor a munkadarab egyik legfontosabb tulajdonsága az abszorpció, amely – mint az az optika tudományából ismeretes – az szilárd test fényelnyelő képességét jelenti. Szilárd testtel érintkezve a fény irányba terjedhet tovább, egy része visszaverődik (reflexió), egy része megfelelő hullámhosszúság esetén áthaladhat az anyagon (transzmisszió és szórás), egy része pedig elnyelődik az anyagban (abszorpció).

A félvezetőtechnológia fejlődésével a LEDek (Light-Emitting Diode), a rajtuk átfolyó áram közvetlenül fénné alakításával léptek be a lézertechnológiák színpadára. Ezen diódák viszonylag magas (akár 50%) hatásfok mellett, képesek a 1000nm-nél rövidebb hullámhosszúságú lézertény kibocsátani. Egyszerre több dióda alkalmazásával, illetve sugárcsatolással lézersugaras felületkezelésre is alkalmas sugárteljesítmény biztosítható.

Abszorpciós szempontból az anyag és a technológia több tulajdonsága is fontos, ezek a munkadarab anyagminősége és felületi minősége, a lézertény beesési szöge, teljesítményeloszlása és hullámhossza. Ahogy azt az irodalmi adatok [6] mutatják egy közepes széntartalmú acélnál a CO₂ lézersugaras kezeléskor a lézersugár abszorpciója 10% körül, míg dióda lézer alkalmazásával ez 30%-ra nő. A felület minősége minden máig ismert lézersugaras kezeléskor szintén jelentősen befolyásolja annak abszorpciós tényezőjét, de míg a CO₂ lézersugaras kezeléseknél 4-80% között változik, addig a szilárdtest lézersugaras kezeléseknél még polírozott felületnél is eléri a 30%-ot [7].

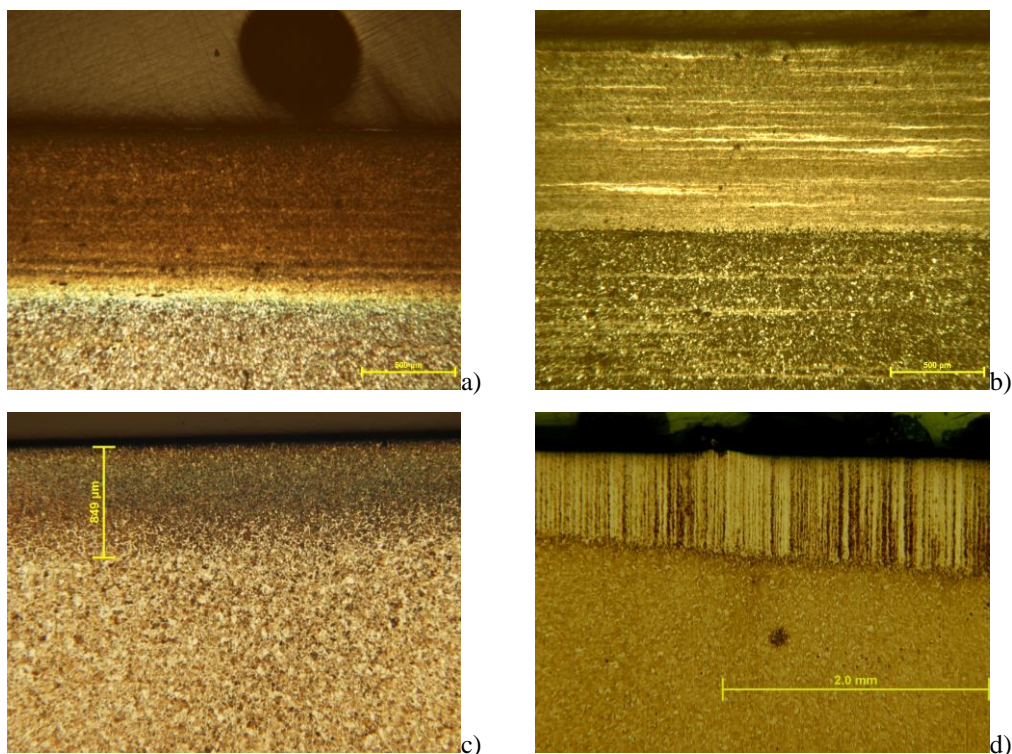
2 Kísérleti anyagok és technológiák

Kísérleteinkben, az iparban széles körben alkalmazott C45 és 41CrMo4 anyagminőségű 200 mm és 350 mm átmérőjű rúdanyagokból 7 mm-es szeleteket, illetve véglapedzett Jominy mintákat használtunk. Ezek az anyagok az abszorpció növelése érdekében CO₂ lézeres kezelés esetén felület grafitozásra szorulnak [8-9], diódalézeres kezelés esetén azonban jó abszorpcióra számíthatunk előkezelés nélkül is még kuszorított felületen is. Az alapanyag szövetszerkezetének hatástanulmányozása érdekében vizsgáltunk előnemesített (forgalmazási állapotú), 850-fokos ausztenitesítési követő edzés utáni állapotú, normalizált, illetve nemesített (850°C -ról hűtve, majd 650-on 2 órát hőntartás követve vízben hűtött) mintákat. A hőkezeléseket védőgáz nélküli, elektromosfűtésű laboratóriumi kemencékben végeztük. A korong alakú előnemesített és nemesített állapotú mintáinkat az eredeti szálfutásra merőlegesen, a véglapedzett Jominy mintáknál a keménységmérésre előkészített felületét kezeltük lézersugaras hőkezeléssel 4 kW-os diódalézeren a Budai Benefit Kft. Lézer Technológiai Őzűemben. A metallográfiai vizsgálatokat és a keménységméréseket beágyazott mintákon, csiszolást és polírozást követően, 2%-os nitállal maratva végeztük.

3 Kísérleti eredmények

3.1 A szövetszerkezet változása hőkezelés hatására

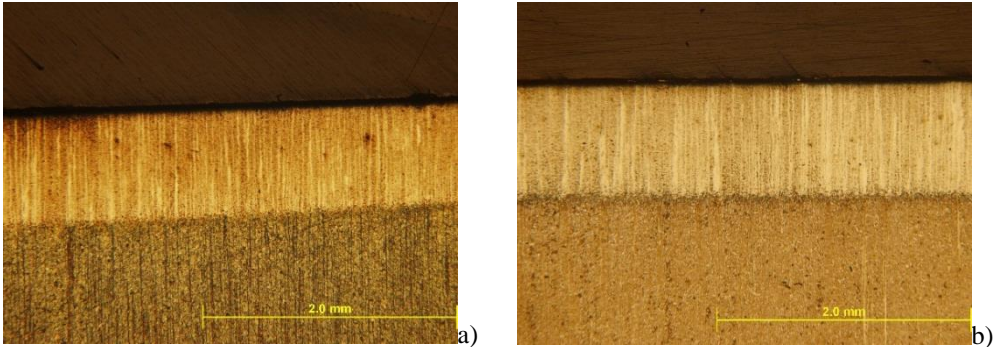
Fénymikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, a 42CrMo4 anyag lézerezett tartományában, az eredeti rúd anyag szálirányában, csikosan edződött az anyag, míg az ötvözetlen anyagnál ez a jelenség nem, vagy csak alig volt megfigyelhető abban a zónában, ahol ugyan még beedződött a darab, de lassabban hűlt a kisebb hőelvonás következtében (1. ábra)



1. ábra - A lézersugaras felületedzés hatása különböző szálfutású mintákon

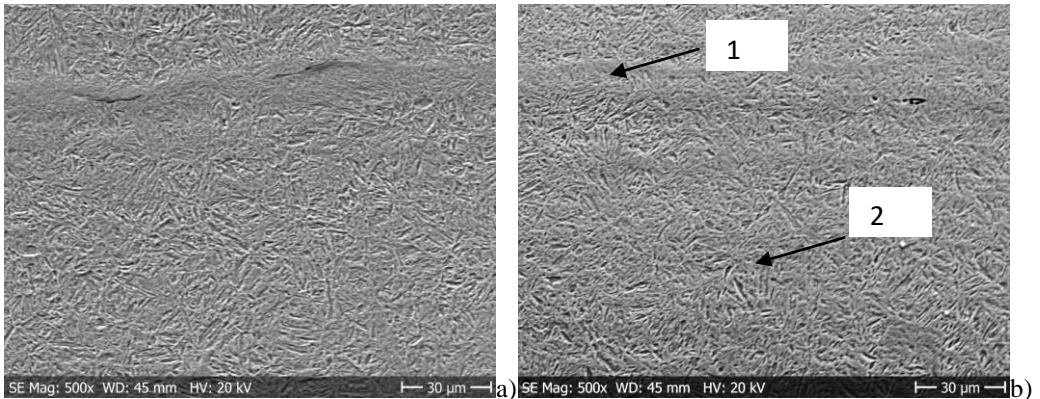
a) C45 anyag hőkezelése szálfutással párhuzamosan b) 42CrMo4 anyag hőkezelése szálfutással párhuzamosan c) C45 anyag hőkezelése szálfutásra merőlegesen d) 42CrMo4 acél anyag hőkezelése szálfutásra merőlegesen

A maratás után kis nagyításban csikosnak látszó szövetszerkezet megfigyelhető volt úgy előnemesített, mint nemesített állapotú 42CrMo4-es anyagon. A fénymikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, hogy nemesítést követően az alapanyag homogén jellegű, míg az előnemesített mintánál minimális inhomogenitás is mutatkozott (2. ábra) az eredeti szálfutásnak megfelelően.



2. ábra - Diódalézeres felületedzés eredménye előnemesített (a) illetve nemsített állapotú (b) 41CrMo4 anyagú korongon Marószter: 2% nitál

Edzett állapotú minták lézersugaras felületedzésekor az újra kialakuló martenzites szövetszerkezet finomabb lesz, mint vízédzés után volt (3. ábra). A lézersugaras kezelés során az eredeti (ferrit-perlites) szövetszerkezetnek megfelelően kialakult kevésbé maródó zónáknál (1-2 ábrák) az EDX-os elemzés króm és molibdéndúsulást igazolt (1. táblázat). Ezen karbidképző elemek lokális dúsulásának köszönhetően keményebb, metallográfiai mintaelőkészítés során, polírozáskor kevésbé kopó, nagyobb keménységű keskeny zónák alakultak ki, ahogy az pásztázóelektronmikroszkópos vizsgálat során kimutatható volt (3. ábra).



3. ábra 42CrMo4 minőségű acél finomszerkezete edzést követően a) vízédzett minta SEM felvétele b) vízédzett majd lézersugarason felületkezelt minta szerkezete SEM felvételen

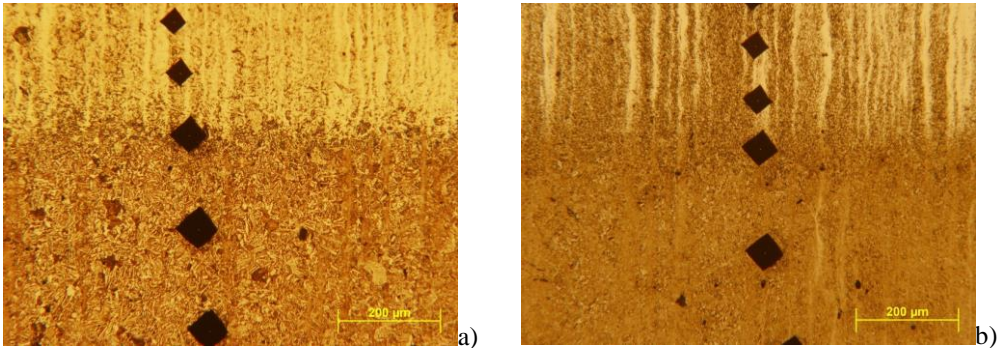
2. táblázat - A kémiai összetétel változása a lézeredzett felületen
Meghatározás: SEM - EDX-szel

összetétel, tömeg%	Si%	Cr%	Mo%	Fe %
Kevésbé maródó sáv, 1 pont	0,19	1,34	0,17	98,30
Jobban maródó sáv, 2 pont	0,22	1,08	0,13	98,56
Teljes területre jellemző	0,21	1,26	0,12	98,33

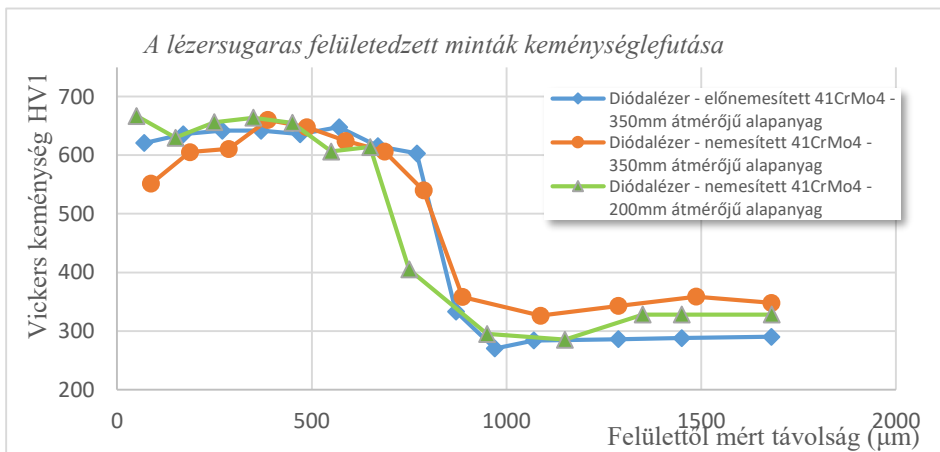
Megjegyzés A kis rendszámú széntartalom meghatározására a SEM-EDX módszer nem ad megfelelő eredményt

3.2 Felületi keménység változása hőkezelés hatására

Annak ellenére, hogy az 42CrMo4 anyagminőségű mintáknál SEM módszerrel kimutatható a jobban és kevésbé jól kopó zónák, azok oly keskenyek, hogy a keménységben való különbséget csak 10 -os terheléssel lehetett kimutatni (a kevésbé kopó zónáknál, azaz a világos sávok több, mint 800 HV_{0,01} keménységűek, míg a sötét sávok nem érték el a 400 HV_{0,01}-t.). A makrokeménységhez közelebb álló 1kg-os terheléskor a lenyomatok minden esetben áthidalják a világos és sötét sávokat, vagyis a kialakult réteg átlagáról hordoznak információt (4-5. ábra.)



4. ábra - Előnemesített (a) és nemesített (b) 42CrMo4 anyagminőségű mintákról készült fénymikroszkópos felvételek keménységmérés után. Marószers: 2%-os nitál



5. ábra - A diódlézeres felületedzéssel kezelt ötvözött acél minták keménységfutatása

Az 5. ábra diagramjában szemléltetett Vickers (HV₁) keménységmérések azt mutatják, hogy a felületedzés a kívánalmaknak megfelelően 0,8-1mm mélységben jelentős, 200-300HV₁ keménységnövekedés okozott nemesített, előnemesített acéloknál, így a lézersugarason létrehozott felületiréteg keménysége 600HV₁ fölötti, míg a magkeménység az eredeti hőkezelésnek megfelelő. A nemesített alapanyag magkeménysége az elvárásnak megfelelően nagyobbak és egyenletesebbnek bizonyult az előnemesített mintákhoz viszonyítva. A nemesített minta lézerkezelésekor a felület közelében mért kisebb keménység minden bizonnyal a védőgáz nélkül végzett relatív hosszú emelt hőmérsékleten való hűntartás alatt bekövetkező dekarbonizációnak köszönhető.

4 Konklúzió

A lézeres felületkezelési folyamatok lényege a rendkívül nagy intenzitású és jól lokalizálható energia beviteli lehetőség, melynek köszönhetően nem áll fenn a kész munkadarab vetemedésének veszélye, ezáltal nincs szükség utólagos megmunkálásra. A lézeres felületedzéskor a közepes széntartalmú gyengén ötvözött illetve ötvöztelen acéloknál felületi rétegében kialakult a jó kopásállóságú martenzit. A krómmal és molibdénnel gyengén ötvözött acélminőségénél a lézersugaras kezelés során a lehűléskor lokális dúsulások alakulnak ki a karbidképző elemekben, az eredeti szállfútasnak megfelelően, de ezek eloszlása oly finom, hogy az a makrokeménységet és ezáltal a makroszkópos kopást sem befolyásolja.

Köszönetnyilvánítás

A munka nem jöhetett volna létre a Budai Benefit Lézer Kft segítségével nélkül. Szeretnénk köszönetet mondani munkánkhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt keretében a Magyar Államnak és az Európai Uniónak.

5 Hivatkozások

- [1] Bitay Enikő: Lézeresen kezelt felületek kopásállóvizsgálata. VI. FMTÜ, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj,. 111–118, 2001.
- [2] Bitay Enikő, Lézeres felületkezelés és modellezés, Erdélyi Múzeum -Egyesület, Kolozsvár, 2007
- [3] H. Tanabe, K. Ogawa, -Y. Izumi, -T. Takamatsu-, H. Nakagawa,- T. Saraie, -M. Gotoh, -H. Hagino , - T. Yamaguchi Effects of laser heat treatment on mechanical properties of ceramic coated steelsPart 2 – Fracture strength of laser heat treated ceramic thin film, Materials Research Innovations, 18:sup1, S1-17-S1-21, 2014; DOI: 10.1179/1432891713Z.000000000348
- [4] Buza Gábor Lézersugaras technológiák I., Edutus Főiskola, Budapest, Digit. Tankönyvtár, TÁMOP, 2012
- [5] Fábián E. Réka, -Boross Péter-, Verő Balázs,- Fülöp Piroska: Metallographic Aspects of Surface-Treated Steels by using Laser Technology , Materials Science Forum, Vols. 414-415, pp. 201-206, 2003
- [6] <https://www.laserfocusworld.com/articles/2011/04/laser-marking-how-to-choose-the-best-laser-for-your-marking-application.html> (Hozzáférés: 2019.12.06)
- [7] Lyubomir Lazov, N Angelov Physical model about laser impact on metals and alloys, Contemporary Materials I, 2 124-128; 2010
- [8] Kádas Gergely, Fábián Enikő Réka:Komplex felületi hőkezelések hatása szerkezeti acélok tulajdonságaira
- [9] Kádas Gergely: Komplex felületkezelések hatásmechanizmusának vizsgálata szerkezeti acéloknál, BME – ATT, diplomaterv2017.



Korrózióállóság a hegesztési eljárások és a hegesztési sebesség függvényében

Welding technologies and welding parameters effects on corrosion resistance

¹Kovács Ferenc, ²Dr. Fábíán Enikő Réka

¹Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, kovacsferi1996@gmail.com

²Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest Magyarország, fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A korrózióálló acélok hegesztésénél bevált eljárás a volfrámelektrodás ívhegesztés. A lézersugaras hegesztések napjainkban egyre nagyobb szerepet játszanak a hegesztett szerkezeteknél, köszönhetően a nagy hegesztési sebességnek. A lézersugaras hegesztések koncentrált hőbevitellel dolgoznak, így alkalmassá tehetők az erősen ötvözött ausztenites acélok hegesztésére is. A diódalézersugaras hegesztések robotizálhatók. Az alkalmazott technológiák, és a különböző technológiai paraméterek befolyásolják a varrat alakját, a hőhatásövezetet, és ezáltal a korrózióval szembeni ellenállóképességet. A hegesztés utáni pácolás csökkenti a lyukkorrózió megjelenési esélyét.

Kulcs szavak: 1.4404, korrózióállóság, lézersugaras hegesztés, TIG

Abstract

Tungsten electrode arc welding is a proven technique for welding stainless steels. Laser beam welding is playing an increasingly important role in welded structures today due to the concentrated heat input and the high welding speed. Laser beam welding works with concentrated heat input, making it suitable for welding of high alloyed austenitic steels. Diode laser beam welding can be robotized. The used technologies and the technological parameters influence the shape of the seam and the heat affected zone and thus the corrosion resistance. Pickling of heat affected zone surface reduces the risk of pitting corrosion.

Keywords: 1.4404, corrosion resistance, laser beam welding, TIG

1 Bevezetés

Az ausztenites korrózióálló acélok a jól hegeszthető acélok közé szokás sorolni. Ennek ellenére különösen fontos szem előtt tartani, hogy az ötvözetlen acélokkal szemben lényegesen nagyobb a hőtágulásuk, sokkal rosszabb a hővezető képességük; sokkal nagyobb a villamos ellenállásuk viszont nincs beedződés a hegesztés hőfolyamatban. Ezekből az következik, hogy viszonylag kis hegesztési hőbevitellel kell hegesztetni, koncentrált hőforrásra van szükség, arra kell törekedni, hogy minél keskenyebb hősávot melegítsünk fel a hegesztés során. [1] Ezért a lézersugaras hegesztés és

a TIG hegesztés is igen kedvező korrózióálló acélok hegesztésénél. A nagyobb hőtágulás és kisebb hővezető képesség nagyobb mértékű alakváltozást idézhet elő, és amennyiben az alakváltozás gátolt, ez nagyobb saját feszültségek kialakulását eredményezheti, ellenkező esetben termikus feszültségek miatt a nagy alakváltozó képességű lapközepes kőbös szövetszerkezet esetében nem kell tartani [2]. Az X 2 CrNiMo17 13 2 anyagminőségű (1.4404 jelű) lemezek jól alakíthatók hidegen, jól hegeszthetők, engedélyezett a használata nyomástartó edényekhez is. Az alacsony karbon tartalom miatt 400 °C-ig ellenáll a kristályközi korrózióknak. A molibdénnek köszönhetően jól ellenáll a klorid tartalmú anyagoknak és a nem oxidáló savaknak. Ezt az anyagminőséget gyakran alkalmazzák építőanyagként a vegyipari és textilipari berendezések építéséhez, valamint agresszív közegeket tároló illetve szállító eszközöknél, sőt, az elmúlt évtizedben megjelent hidak anyagaként bizonyos építőelemekhez. A hegesztés során általában megjelenhet a kristályközi korróziós hajlam, a melegrepedési hajlam és a σ – fázis kiválás.

A lézersugaras megmunkálásoknál második leggyakoribb ipari alkalmazása a hegesztés a vágás után. Nagy a hegesztési sebesség és nagy ismétlési pontosság jellemzi és igen tiszta üzemnek nevezhető. Az MSZ EN ISO 4063:2000 szerint a lézersugaras hegesztéseknél az 52 –es csoporton belül, megkülönböztetjük az 521 számkódú szilárdtest lézersugaras hegesztést és az 522 számkódú gázlézeres hegesztést. A lézer fizikai tartalmát talán legjobban a következő megfogalmazás fejezi ki legjobban: fénygerjesztett, sugárzást kibocsájtó rezonátor. A lézereket szokásos az aktív anyag halmazállapota alapján csoportosítani: gáz, folyadék, szilárdtest lézerek. Működésük alapján lehetnek folyamatos vagy impulzus üzemi. A gázlézereknél az energiabevitel egyik lehetősége az elektromos térerő hatására gázkisülésben bekövetkező elektronütközéssel jön létre. A szilárdtest folyadéklézerek esetében a pumpáló energiát intenzív fényforrások, villanólámpák, szolgáltatják, amit az utóbbi időben egyre elterjedtebb dióda lézerekkel váltanak ki [3-4]. Ipari alkalmazásuk szempontjából legfontosabb lézertípusok hullámhosszai: CO₂ lézernél 10,6 μ m, Nd: YAG lézernél 1,06 μ m, dióda lézereknél 0,810 – 0,940 μ m [5]. A CO₂ lézernél az energia sűrűség nagyságrendekkel nagyobb, mint a szilárdtest lézereknél és a kölcsönhatási idő is jelentősen kisebb a CO₂ lézernél, mint a diódalézereknél [6]. A hatásmechanizmus elveit tekintve a lézersugaras hegesztéseknél két eljárás ismert: a hővezetési hegesztés és a mélyvarratos hegesztés. A hővezetési hegesztéskor a darab felszínére jutó lézersugár energiája csak hővezetéssel tud a mélyebb rétegekbe jutni. A hővezetési hegesztés esetén egy fél lencse alakú, a mélyvarratos esetben egy répa alakú varratot láthatunk metallográfiai vizsgálatokkor. A mélyvarratos hegesztéskor a lézernyaláb és az anyag kölcsönhatásának helyén kialakul, az ún. plazmacsatorna más néven „kulcslyuk” (keyhole), melyet olvadt anyag vesz körül. A kulcslyuk kialakulása feltétele a mélyvarratos hegesztésnek, ez biztosítja ugyanis, hogy a lézerfény energiája a munkadarab alsóbb részeihez is eljusson. [3-4]. Mélyvarratos hegesztéskor a bevitt energiasűrűség még dióda lézer használatakor is majdnem nagyságrenddel nagyobb, mint a hővezetési hegesztéskor [6]. Lézersugaras hegesztéskor nem szükséges kétoldali hozzáférés, valamint a hegesztendő alkatrészek nem szenvednek hőkárosodást, ugyanis a hőhatásővezt igen keskeny [5-7]. A lézerhegesztett varrat rendkívül esztétikus, utólagos megmunkálást nem igényel, nem igényli a lemez élek előkészítését, leélezését sem, ötvözetlen acéloknál fröcskölés mentes, erősen ötvözött acéloknál szükség van a gyök és korona védelemre. A lézerhegesztés hátrányai, hogy igen szűk tűrésmezők betartását követeli meg, az üzemeltetési költségei is jelentékenyek, emberi oldalról fokozott felkészültséget, szakmaiságot igényel. [3-5].

Az argon védőgáz, volfrámlektrodás ívhegesztő (TIG) eljárásnál a semleges védőgázban fenntartott ív a hegfürdő és a volfrám) elektróda között ég. Az ív szolgáltatja a hőenergiát a hegfürdő felolvasztásához. Ha szükséges, a hozaganyagot kézzel, vagy gépesítve, huzalelőtollal lehet adagolni. A védőgáznak semlegesnek kell lennie.

Ebben a kutatásban összehasonlítottuk a diódalézeres hővezetési lézerhegesztést és a TIG hegesztési eljárást abból a szempontból, hogy az 1.4404 minőségű acél vékonylemezek közül

hegesztés után milyen varratok képződnek, és melyik áll jobban ellen a korrózióknak.

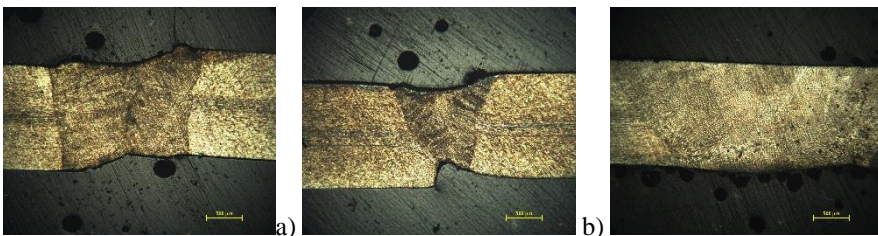
2 Használt anyagok és technológiák

A lézersugarashegesztést 3KW teljesítményű humanoid kialakítású Reis diódalézeres hegesztőrobottal végeztük. A lézer típusa LDL 130-3000. A hullámhossz 940 nm. A lézer fókusza ellipszis alakú, egyik irányba 1, másik irányba 3 mm hosszú volt. Az energiasűrűség eloszlása Gauss-görbe jellegű, ezért nem megvalósítható a mély varrat. Az alkalmazott teljesítmény 800-1200W között volt, a sebesség 4 és 8mm/s között. A gyökvédelmet prizmás készülékkel oldottuk meg, az argon gáz mennyiségét a korona oldalon 10 l/min, míg a gyök oldalon 8 l/min volt beállítva. A fúvóka próbatesttel bezárt szöge 30° volt. Hozaganyagot nem alkalmaztunk. Monitoron a beépített hőmérő segítségével tudtuk követni a varrat és környezete hőmérsékletet, mely végig 1400 és 1500 °C között volt, mely az összes további lézeres varratról is elmondható. A TIG hegesztés kézzel történt. A védőgáz mindegyik hegesztésnél 10 l/min a korona oldalon és 2 l/min a gyök oldalon. A feladathoz 7-s kerámia gázterelőt és gázlencsét vettünk igénybe az összes varrathoz. Hozaganyag nem volt, gyökhézagot nem alkalmaztunk. Az 1,5 mm-s és 2 mm-s lemezeknél 45A áramerősséget és 2,83 mm/s sebességet alkalmaztunk, míg a 2,5 mm-s lemezeknél 75 A volt az áramerősség, a sebesség 2,43 mm/s -nak adódott.

A vizsgálatok céljából a varratvégétől 20 mm-re vágtuk ki a 10x30mm-es mintalemezeket metallográfiai vizsgálatra, majd 2-2 mintadarabot 15x30-as mintát a korróziós tesztelésre, egyik pácolt másik pácolatlan formában került korróziós vizsgálatra annak érdekében, hogy megfigyeljük az elszíneződések által jelzett passzív kéreg sérülések hatását. A próbatesteket tömegmérés után 24 és 72 órás korrózió tesztnek tettük ki. A korróziós tesztet az ASTM G48 szabvány B módszere szerint végeztük 6%-os FeCl₃ vizes oldatban. A tömegszázalék megmutatja, hogy mely varratok bírták jobban a korrodáló közeget, melyek kevésbé. Mivel hagyományos hegesztő pácpasztja nem állt rendelkezésre, ezért 65%-s koncentrált salétromsavat használtunk, utána pedig ultrával és csiszoló Ciffelmostuk az oxidréteg eltávolítása érdekében.

3 Kísérletek eredményei:

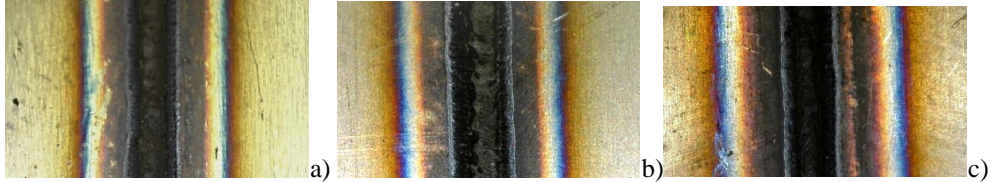
A kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a hővezetési lézersugarashegesztéskor a avarrat mélység és szélesség aránya nem olyan nagy, mint mélyvarratos hegesztéskor [7], az még mindig jelentősen kisebb tud lenni mint TIG hegesztéskor (1. ábra)



1. ábra - A varrat alakja különböző $s=1,5\text{mm}$,
 a) Lézersugaras hegesztés 1200 W és $v=6\text{mm/s}$, b) Lézersugaras hegesztés 1000W és
 $v= 6\text{mm/ s}$ c) Tig hegesztés

Annak ellenére, hogy a hegesztés közben alkalmaztunk védőgázot, a varratok környezetében jelentős elszíneződés mutatkozott (2. ábra). A hegesztési hőfolyamat során – ha a nincs, vagy nem elegendő a védőgáz, és a hegesztett szerkezet oxigénnel érintkezik – a felületen, a maximálisan elért

hőmérséklet függvényében – különböző vastagságú oxidréteg alakul ki. Ennek a megjelenési formája a felület elszíneződése, a futtatási szín megjelenése. Korróziós szempontból fontos a kialakult oxidréteg vastagsága [8], ugyanis 50 ppm körüli értéken kialakuló világosabb futatási színek nem, míg a barna, vörös és kék színek korróziós szempontból veszélyes elváltozásra utalnak [9]. TIG hegesztésnél halvány elszíneződés történt, sötétkék csak a korona felületen lett



2 ábra - Hegesztéskor bekövetkező elszíneződések a 2mm lemezézersugaras hegesztésekor
a) 1200W és $v=6\text{mm/s}$, b) 1000W és $v=4\text{mm/s}$ c) 1000W és $v=6\text{mm/s}$

A korróziós vizsgálatra kitett mintáknál 24 órás tesztelés után lyukakat nem figyeltünk meg, bár a tömegben mérhető volt a tömegveszteség, ahogy azt az 1 táblázat is mutatja. A vékonyabb elszíneződött oxidréteg a pácolatlan mintákról is eltűnt a korróziós tesztelés során.

1. táblázat - 24 órás korróziós teszt eredmények

varrat adatok		Korróziós tesztelt minták					
		Pácolt			Pácolatlan		
		Eredeti (g)	24h (g)	Fogyás %	Eredeti (g)	24h (g)	Fogyás %
s=1.5mm	1200W, 4mm/s*	3,9768	3,8463	3,28	4,0862	3,897	4,63
	1200W, 6 mm/s*	3,9642	3,8341	3,39	5,2074	5,0394	3,22
	1200W, 8 mm/s*	4,6552	4,5261	2,00	5,3024	5,1529	2,82
	1000W, 6 mm/s*	4,9443	4,8257	2,40	4,9528	4,8587	1,90
	TIG:45A	5,3206	5,1295	3,95	5,2346	5,0366	3,78
s=2mm	1200W, 6 mm/s*	6,1663	6,028	2,24	5,9475	5,8272	2,02
	1200W, 8 mm/s*	6,5538	6,4505	1,58	6,8722	6,8071	0,95
	1000W, 4 mm/s*	7,0174	6,8619	2,22	6,2372	6,083	2,47
	1000W, 6 mm/s*	6,3138	6,2301	1,33	6,6986	6,506	2,88
	TIG,45A	6,1061	5,9891	1,92	7,5634	7,3956	2,22
s=2,5mm	1000W, 4 mm/s *	-	-	-	7,4166	7,2362	2,39
	1000W, 4 mm/s **	8,4925	8,3655	1,50	8,9667	8,8606	1,18
	1000W, 6 mm/s **	7,9839	7,8644	1,50	9,7646	8,6851	0,91
	TIG,75A	8,8582	8,8198	0,43	9,0344	8,6919	3,79

72 órás korróziós tesztelés után jelentős mennyiségű lyuk keletkezett a varratok

hőhatásövezetében (3. ábra), volt olyan minta, amelyik átlýukadt a pácolatlan mintáknál (b felvétel) A TIG varratoknál az elszneződéseknek megfelelően jellemzően a varraton és a hőhatásövezetben alakultak ki lyukak.



3.ábra - 1,5mm vastagú lemez varrat környezetének megjelenése 72 óra korróziós tesztelés után,

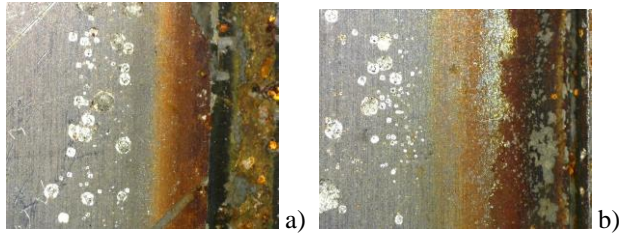
a) lézersugaras hegesztés 1000W és $v=6\text{mm/s}$ pácolt, b) pácolás mentes minta lézersugaraons hegesztett 1000W és $v=6\text{mm/s}$ c) pácolatlan TIG hegesztett minta

A tömegmérések a pácolatlan minták jelentősebb mértékű tömegvesztését mutatták 72 órás 6%-os FeCl_3 vizes oldatban való áztatás után. A pácolást nem kapott mintáknál megfigyelhető a korábban gyengébben elszineződött helyeknél jelentős mennyiségű lyuk megjelenése (4.ábra).

2. táblázat - 72 órás korrózióteszt eredmények

Korróziós tesztelés megelőző állapot							
		Pácolt			Pácolatlan		
		Eredeti (g)	72h (g)	fogyás %	Eredeti (g)	72h	fogyás %
s=1.5mm	1200W 4mm/s*	3,9768	3,7334	6,12	4,0862	3,7553	8,10
	1200W, 6 mm/s*	5,2074	4,8564	6,74	5,2074	4,8564	6,74
	1200W, 8 mm/s*	5,3024	5,0587	4,60	4,6552	4,4524	4,36
	1000W, 6 mm/s*	6,6986	6,42	4,16	6,3138	6,1286	2,93
	TIG,-45A	5,3406	4,9281	7,73	5,2346	4,8837	6,70
s=2mm	1200W, 6 mm/s*	4,9529	4,7135	4,83	4,9443	4,7611	3,71
	1200W, 8 mm/s*	6,5538	6,3644	2,89	6,8722	6,4142	6,66
	1000W, 4 mm/s*	6,2372	5,9863	4,02	7,0174	5,9885	14,66
	1000W, 6 mm/s*	6,1663	5,9273	3,88	5,9476	5,6972	4,21
	TIG,45A	6,1061	5,868	3,90	7,5634	7,2209	4,53
s=2,5mm	1000W, 4 mm/s *	8,4925	8,2486	2,87	7,4133	6,9843	5,79
	1000W, 4 mm/s **	7,9839	7,7708	2,67	8,9667	8,7843	2,03
	1000W, 6 mm/s **	-	-	-	8,7641	8,5819	2,08
	TIG,75A	8,8582	8,582	3,05	9,0344	8,7043	3,65

* fókuszfolt varrat hosszirányában** fókuszfolt varrat kereszt irányában



4. ábra - Lyukkorrózió pácolatlan hegesztett mintáknál 72 órás korróziós tesztelés után

a) $s = 1,5\text{mm}$, 1000W 8mm/s b) $s = 2\text{mm}$, 1200W , 6mm/s

4 Konklúzió

A diódalézeres hegesztésnél elengedhetetlenek a megfelelő előkészületek, nagyon érzékeny a technológiára. A megfelelő gázvédelem elengedhetetlen a jó korrózióállóság érdekében az 1.4404 acéloknál, bár a pácolás csökkenti a lyukkorrózió mértékét.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk a Budai Benefit Kft. halászteleki Bubenlaser Lézer technológiai Üzem vezetőségének és munkatársainak, amiért rendkívüli segítőkészséggel rendelkezésünkre álltak a varratok elkészítésében. A szerzők ezúton kívánnak köszönetet mondani munkánkhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt keretében a Magyar Államnak és az Európai uniónak.

5 Hivatkozások

- [1] Gáti József (2011) :, Hegesztési Zsebkönyv Cokom Mérnökiroda Kft, 59-75
- [2] BödökKároly (1994): Korrózióálló és hőálló acélok, Corweld, 124-145
- [3] Szunyog László (1998) Hegesztési és rokon technológiák, Budapesti Műszaki könyvkiadó,
- [4] Buza Gábor (2012) Lézersugaras technológiák I., Edutus Főiskola, Budapest, Digit. Tankönyvtár, TÁMOP,
- [5] Lyubomir Lazov, N Angelov (2010)Physical model about laser impact on metals and alloys, Contemporary Materials I, 2 124-128;.
- [6] Kaustav Barat, K. Venkateswarlu(2019): Laser material interaction parameter: New tool for developing property diagrams for welds Journal of Laser Applications 31, 032012; <https://doi.org/10.2351/1.5095543>
- [7] Fábíán Enikő Réka (2014): Duplex acélok lézersugaras hegesztésekor bekövetkező szövetszerkezet-változások elemzése. Hegesztőszakmérnöki szakdolgozat, BME ATT,
- [8] Ken Kimbrel (2011): Determining Acceptable Levels of Weld Discoloration on Mechanically Polished and Electropolished Stainless Steel Surfaces, PHARMACEUTICAL ENGINEERINGThe Official Magazine of ISPE November/December, Vol. 31 No. 6
- [9] A S Khanna (2002): Introduction to High Temperature Oxidation and Corrosion ASM International, DOI: 10.1142/9789814675239_0001



ÓBUDAI EGYETEM
OBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban
(ESB 2019)
<http://bgk.uni-obuda.hu/esb/2019>



Polimer mátrixú kompozitok töltőanyag tartalmának vizsgálata

Investigation of filler content of polymer matrix composites

Ráthy Istvánné Dr., Dr. Pinke Péter, Dr. Fábián Enikő Réka, Nagyné Halász Erzsébet

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest
Magyarország, rathy.istvanne@bgk.uni-obuda.hu*

Összefoglalás

Polimer bázisú szemcsés kompozitok szerkezeti vizsgálatait végeztük modern vizsgálati módszerekkel. Különböző összetételű és különböző fröccsöntési sebességgel készített kompozit lapok álltak rendelkezésünkre. Polipropilén mátrixba többféle mérettartományba tartozó üvegyöngy, különböző tömegszázalékos mennyiségben volt bekeverve. Vizsgálataink során a szemcsés kompozitok töltőanyag tartalmát és eloszlását a gyakorlatban széles körben alkalmazott vizsgáló berendezéssel, pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM), illetve ipari komputertomográfal (CT) tanulmányoztuk.

Kulcs szavak: szemcsés kompozitok, szerkezeti vizsgálatok, SEM, CT

Abstract

Structural investigations of polymer-based particulate composites were carried out using modern test methods. We had composite sheets with different compositions and different injection molding speeds. Glass beads of various size ranges were mixed in polypropylene matrix in various weight percentages. In our investigations, the filler content and distribution of the particulate composites were studied using a widely used test equipment, a scanning electron microscope (SEM) and an industrial computer tomography (CT).

Keywords: granular composites, structural investigations, SEM, CT

1 Bevezetés

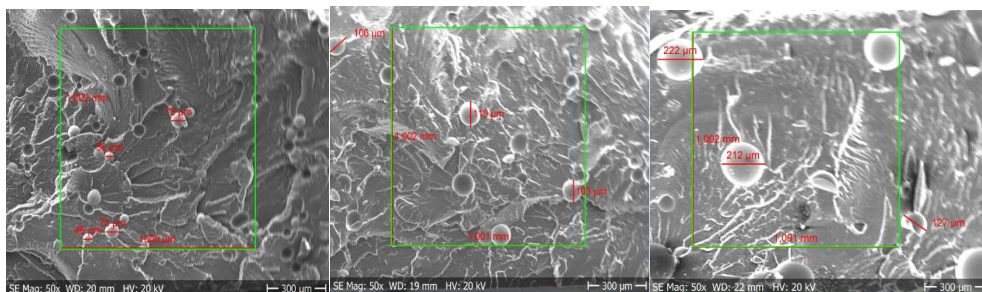
Különböző összetételű és különböző fröccsöntési sebességgel készített szemcsés kompozit lapokat vizsgáltunk. A polipropilén (PP) mátrixú kompozit három különböző mérettartományba tartozó üvegyöngy (0-75 μm , 75-125 μm , 125-250 μm) töltőanyagú és kétféle üvegyöngy tartalmú volt (10, és 40 tömeg%). Vizsgálataink során modern diagnosztikai eszközként pásztázó elektron-mikroszkópot (SEM) és ipari komputertomográfot (CT) alkalmaztunk. A pásztázó elektronmikroszkóp egy elektronoptikai eszköz, amely egy irányított vékony elektronnyalábbal letapogatja a vizsgált minta egy meghatározott területét [1]. Az elektronnyaláb és az objektum közötti kölcsönhatásból származó jeleket a detektorok érzékelik, és megfelelő feldolgozás valamint az elektronnyaláb mozgásával történő szinkronizálás után megjelenítik azokat [2]. Esetünkben az üvegyöngyök mennyiségét, méretét és eloszlását vizsgáltuk fröccsöntött mintalemezek (80x80x2 mm) előre meghatározott tartományaiban. A számítógépes tomográfiai berendezés 2D röntgen kép

sorozatot készít a vizsgált tárgyról, amelyben a minta mindig elfordul egy meghatározott kis szögértékkel [3]. Ez addig ismétlődik, amíg a minta teljes 360 fokot körbefordul, így minden szögben (a beállított szögértéknek megfelelően) készül röntgenkép. A 2D felvételek alapján 3D rekonstrukciókat lehet készíteni megfelelő szoftverrel [4], amelyek megmutatják a vizsgált részek, esetünkben az üvegyöngyök eloszlását.

2 Pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálatok (SEM)

2.1 Különböző gyöngyátmérőjű, azonos gyöngy-tömeg százaléku minták SEM elemzése

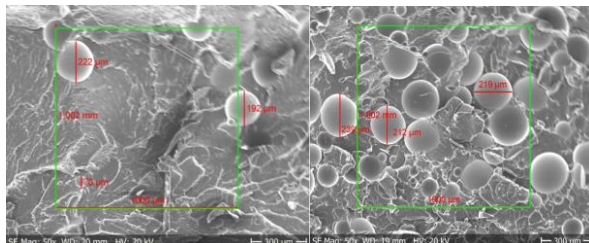
Az elektronmikroszkópos vizsgálathoz csak megfelelően előkészített mintákat lehet felhasználni. A 80x80x2 mm-es lapok nem helyezhetők be a mintatartóba. Ezért először ki kellett vágni megfelelő méretű, azonosítható mintákat. A lemezeket a befröccsöntési gáttal párhuzamosan középen kettévágtuk, majd rá merőlegesen, 10 mm-es sávokat vágtuk le úgy, hogy a mintalemez bal alsó részéből 4 mintalap készüljön. A mintákat külön-külön eltörtük Charpy-féle ingás ütőműn. A vizsgálati mintákat vezetőképesse kellett tenni. A vezetőképeség érdekében a minták vizsgálandó felületét arany gőzöléssel vontuk be. Az 1. ábra a szemcsés kompozit törésfelületéről származó SEM felvételeket mutat (10 tömeg% üvegyöngy-tartalom mellett). A képek felhasználhatók az üvegyöngyök méretének és térfogatarányának meghatározására. A felvételek azt mutatják, hogy a mátrix és az üvegyöngyök között a tapadás jó, a PP mátrix megfelelő adhézióval kapcsolódik az üvegyöngyökhöz, ebből adódóan a törési folyamat a mátrixban ment végbe. A SEM képek azt is mutatják, hogy az üvegyöngyök eloszlása nem egyenletes. Nagyszámú SEM-kép elemzésekor lehet csak az üvegyöngy-tartalomra és az üvegyöngyök méret-eloszlására vonatkozó következtetéseket levonni az adott kompozitban.



1. ábra - Különböző gyöngyátmérő tartományú (0-75 μm , 75-125 μm , 125-250 μm), azonos tömegszázalékú (10%) kompozitok törésfelületei

2.2 Azonos gyöngyátmérőjű, különböző gyöngy-tömeg százaléku minták SEM elemzése

Míg az előzőekben bemutatott kompozitokban az üvegyöngyök tömegszázaléka azonos volt, addig a jelen kompozitokban azonos gyöngyátmérő tartományú gyöngyök képezték a fröccskeverék töltőanyagát, de különböző tömegszázalékban. A 2. ábra bal oldali képe a 10%-os üvegyöngy-tartalmú kompozit SEM felvételét mutatja, míg a jobb oldali törésfelület a 40% üvegyöngyöt tartalmazó kompozit SEM felvétele. A törésfelületen mérhető a gyöngy átmérője és meghatározható a gyöngyök száma is (felület egységre vonatkoztatva).

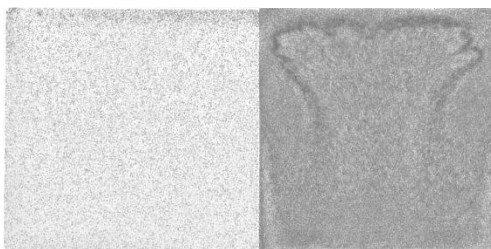


2. ábra - Azonos gyöngyátméror tartományú (125-250 μm), és különböző tömegszázalékú (10% és 40%) kompozitok töretfelületei

3 Röntgen berendezéssel végzett vizsgálatok (CT)

3.1 Azonos gyöngy átmérőjű és azonos fröccsöntési sebességű minták 2D CT elemzése különböző tömegszázalékban

A 3. ábra a teljes fröccsöntött kompozit lemez (80x80x2mm) 2D CT-képeit mutatja (10 tömeg% és 40 tömeg% üvegyöngy-tartalom mellett). Különböző mennyiségű üvegyöngyöt tartalmazó kompozitok különböző fröccsöntési mintázatokat mutattak, kezdve a homogén eloszlástól az „alagút” alakon át a „vulkanikus” alakig. A képek sötétebb részei az üvegyöngyök sűrűségének növekedését jelzik.



3. ábra - Azonos gyöngyátméror tartományú (125-250 μm), azonos fröccsöntési sebességű (5cm³/s), de különböző tömegszázalékú (10m% és 40m%) kompozitok 2D CT felvételei

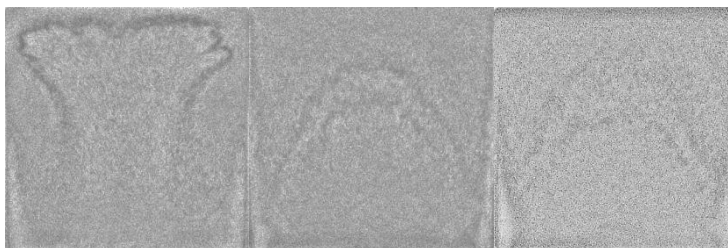
3.2 Azonos gyöngy átmérőjű és azonos tömegszázalékú, de különböző fröccsöntési sebességgel készült minták 2D CT elemzése

A fröccsöntés különböző sebessége (5, 20, 80 cm³/s) a gyöngyök eltérő eloszlását eredményezte. Amint a 4. ábrán látható, az üvegyöngyök sűrűsége „vulkán” és „alagút” alakú. A képek sötétebb részei az üvegyöngyök sűrűsödését mutatják.

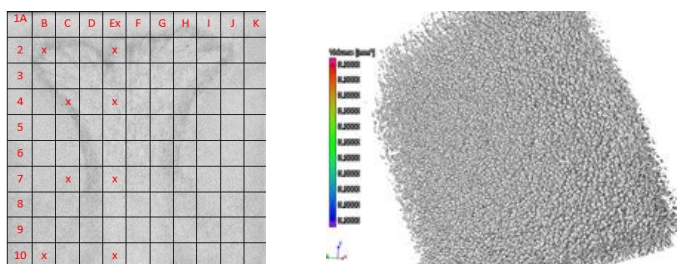
3.3 A minták 3D CT analízise

A 3D CT mérések felhasználhatók az üvegyöngyökben dúsabb és ritkább területek, illetve tartományok helyének meghatározására. Ez pontos áttekintést nyújt az üvegyöngyök eloszlásáról a fröccsöntési út mentén. Az üvegyöngy mennyiségét és méretbeli eloszlását négyzetháló segítségével definált tartományokban végeztük. Az 5. ábra (bal oldali felvétel) a fröccsöntött lapkák 3D CT mérésekre kijelölt tartományaira mutat példát (az x-el jelölt helyek). Az 5. ábra jobb oldali képe az üvegyöngyök térbeli eloszlását mutatja 3D rekonstrukció után. A kompozit lemez átlagos üvegyöngy-tartalma 40 tömeg% volt, amely 18,8 térfogat% -nak felel meg. Vizsgálataink során megállapítást nyert, hogy az üvegyöngy tartalom a „sötétebb” tartományokban az elméletinél

nagyobb volt, míg a „világosabb” tartományokban az elméleti üvegyöngy tartalomhoz közelítő értékeket mutatott. Az 5. ábra bal oldali CT felvételén pl. a 2B tartományban 23,7 térfogat% a mért üvegyöngy tartalom, míg a 10E-ben 15 térfogat%.



4. ábra - Azonos gyöngyátmérő tartományú (75-125 μm), azonos tömegszázalékú (40%), de különböző fröccsöntési sebességgel készített kompozitok 2D CT felvételei



5. ábra - A 4007505 minta 2D CT felvételén az x-szel jelölt helyek a bal oldalon, a jobb oldalon az üvegyöngyök 3D eloszlása látható

4 Konklúzió

A 3D CT mérések felhasználhatók fröccsöntött kompozitban az üvegyöngyök eloszlásának meghatározására. Ez a mérési módszer pontos áttekintést nyújt az üvegyöngyök eloszlásáról a fröccsöntési út mentén. A SEM és a CT vizsgálati módszerek hatékony eszközt jelentenek a töltőanyag (méret, térfogat) és a szemcsés kompozitok fröccsöntési paramétereinek megtervezésében, illetve a töltőanyag egyenletes eloszlásának biztosítása érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A leírt vizsgálatokat egy, a Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program által támogatott projekt részeként hajtottuk végre - NVKP_16-1-2016-0038.

Hivatkozások

- [1] Goldstein, J. I. et al. (2018), Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. Springer International Publishing, 4th ed., Germany.
- [2] J. Elek, L.A. Gömze, (2013) Scanning electron microscopic study of glass container degradation in infusion solution, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 47.
- [3] Carmignato, S., Dewulf W., Leach R. (eds.), (2018), *Industrial X-ray Computed Tomography*. Springer International Publishing, Germany.
- [4] Reinhart, C. (2010), VG Studio MAX: Application examples from science and industry, High-Resolution X-ray CT Symposium, Dresden, Germany.



A keményedési felület fejlődése irreverzibilis alakváltozás során, átfolyó egyenáram jelenlétében

Evolution of loading surface in irrecoverable deformations coupled with DC

¹Ruszinkó Endre, ²Varga Péter

^{1,2}Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, varga.peter@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Kutatásunk tárgya az egyenáram hatásának feltárása a fémek irreverzibilis alakváltozására. Az áram jelenléte a nem rugalmas alakváltozás intenzitásának növekedésében mutatkozik meg mind az azonnali képlékeny, mind a kúszási deformáció esetében. Olyan modelt alkottunk az irreverzibilis alakváltozás szintézis elmélete keretén belül, mely figyelembe veszi az áram által gyakorolt hatást a fémek deformációs tulajdonságaira. A képlékeny és kúszási alakváltozás során zajló folyamatok mélyebb megértése céljából részletesen elemezzük a keményedési felület fejlődését.

Kulcs szavak: egyenáram, kúszási alakváltozás, képlékeny alakváltozás, szintézis elmélet.

Abstract

Our research is focused on the effect of direct current upon the irrecoverable deformation of metals. The presence of current manifests itself in the intensification of inelastic flow for the case of both instant plastic and temporary creep deformation. In terms of the synthetic theory of irrecoverable deformation we have developed a model taking into account the influence of current on the deformation properties of metals. For better understanding of the processes occurring during plastic/creep deforming, special attention is paid to the evolution of loading surface.

Keywords: Direct current, creep deformation, plastic deformation, synthetic theory.

1 Bevezetés

Számos kísérleti eredmény tanúsítja, hogy az irreverzibilis alakváltozásra átfolyó egyenáram jelenlétében a következő jelenségek jellemzők [1-3]:

- (i) A szekunder kúszás sebessége nő;
- (ii) A primer kúszási alakváltozás nő, a primer kúszási szakasz időtartama csökken;
- (iii) Az áramimpulzus hatására ugrásszerű feszültség csökkenés jelenik meg képlékeny alakváltozás során.

Az áram mező (elektron szél) által okozott hatások két okra vezethetők vissza [1-3].

- (i) A Joule-hevítés növeli a próbatest hőmérsékletét.
- (ii) Az átfolyó egyenáram elősegíti a diszlokációk csúszását és mászását, továbbá csökkenti a diszlokációs mező ellenállását.

A kutatásunk célja leírni a fenti pontok szerinti jelenségeket a szintézis elmélet keretében. A legnagyobb hangsúlyt az alakváltozások során kialakuló keményedési felület evolúciójára tesszük.

2 Keményedési felület fejlődése a szintézis elmélet szerint; klasszikus eset és az áram jelenlétében

Az átfolyó áram figyelembevételének céljából terjesszük ki a szintézis elmélet alapvető összefüggéseit a következő módon [4-7]:

$$\psi_N = H_N^2(1 + C^2) - (I_N^C)^2 - \sigma_p^2 = (\vec{S} \cdot \vec{N})^2(1 + C^2) - (I_N^C)^2 - \sigma_p^2. \quad (1)$$

ahol, C az áramsűrűség függvénye:

$$C = U(J) \cdot W(T), \quad (2)$$

$$U = u_1 J^{u_2}, W = (w_1 T - w_2)^{w_3} + w_4, \quad (3)$$

$$I_N^C = B_C \int_0^t \frac{d\vec{S}}{ds} \cdot \vec{N} \exp(-p_C(t-s)) ds, \quad (4)$$

$$B_C = B + B_1 J^{B_2}, p_C = p + p_1 J^{p_2}, \quad (5)$$

ahol, J az áramsűrűség, u_k, w_l, B_1, B_2, p_1 és p_2 modell állandók, amelyeket úgy kell megválasztani, hogy a legjobb illeszkedést adják a kísérleti eredményekre.

Az (1) képletben a ψ_N hibaintenzitás, H_N az anyag keményedését tükröző mennyiség. Egy csúsztató rendszeren belül kialakult irreverzibilis alakváltozás – alakváltozás intenzitás (φ_N) – a következő differenciálegyenletről határozható meg [8]:

$$d\psi_N = rd\varphi_N - K\psi_N dt. \quad (6)$$

Képlékeny alakváltozás-vektor a csúsztató rendszeren belül irreverzibilis alakváltozások összegként (hármastegrintegrál) határozható meg.

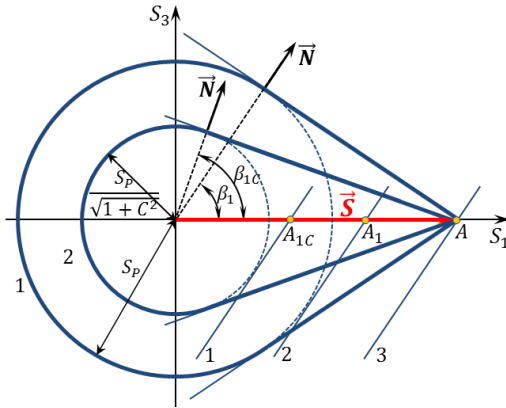
$$\vec{e} = \iiint_V \varphi_N \vec{N} dV. \quad (7)$$

Az (1)-(5) képletek elemzéséből látszik, hogy az átfolyó egyenáram az anyag lágyulásában nyilvánul meg. A képletek alapján megszerkesztett keményedési felületek tisztán alátámasztják ezt az állítást (1.-3. ábra).

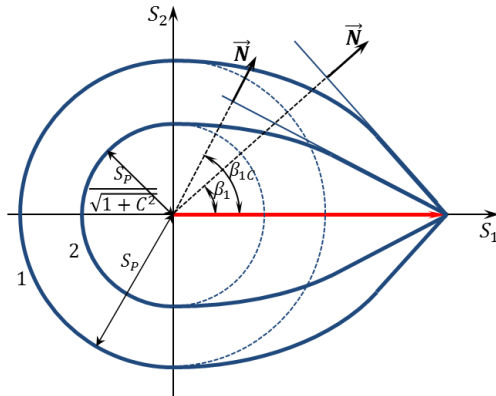
Vizsgáljuk meg például az átfolyó áram hatását az állandósult kúszás esetére a keményedési felületeken keresztül (1. ábra). Tekintsünk két azonos orientációjú síkot 1 és 2, amelyek rendre érintik a 2 és 1 folyási felületet. Könnyen belátható, hogy ha adott feszültség (S) hatására mindkét sík a 3 pozícióba kerül, az általuk megtett utak különbözni fognak. Ha például a síkok S_1 tengellyel való metszéspontjait tekintjük nyilvánvaló, hogy $AA_{1C} > AA_1$. Ez azt jelenti, hogy az 1 sík által megtett út ($J > 0$) nagyobb a 2 síkhoz képest ($J = 0$). A szintézis elmélet keretében ez úgy értelmezhető, hogy az 1 csúsztató rendszeren nagyobb alakváltozás történik a 2-hez képest.

Hasonló helyzetet figyelhetünk meg a 2. ábrán, primer kúszás esetén.

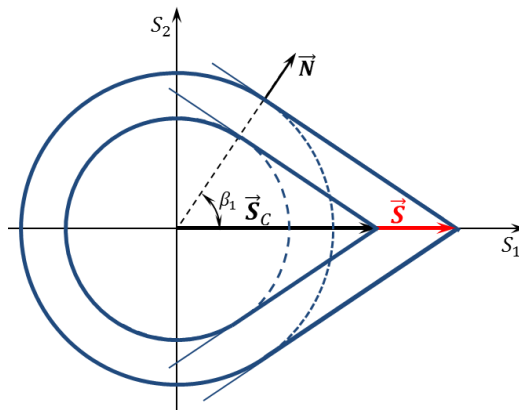
A 3. ábra azt demonstrálja, hogy az elektromos impulzus hatására a síkok ugrásszerűen elmozdulnak az origó irányában. Minden sík ugyanazt az utat teszi meg, azaz a keményedési felület alakja nem változik az impulzus hatására. Ezt megerősíti az a tény, hogy a határsík állása nem változik az áramimpulzus előtti és utáni állapotban.



1. ábra - Keményedési felület állandósult kúszás esetén: $1 - J=0, 2 - J>0$



2. ábra - Keményedési felület primer kúszás esetén: $1 - J=0, 2 - J>0$



3. ábra - Keményedési felületek képlékeny alakváltozás esetén az áramimpulzus előtt és után

Az (1)-(7) képletek alapján kapott analitikai eredmények jó egyezést mutatnak a kísérleti adatokkal [5-7].

3 Konklúzió

Az átfolyó egyenáramnak az anyag deformációs tulajdonságaira gyakorolt hatását a keményedési felület részletes elemzésével támasztottuk alá egytengelyű húzás esetében. Leírtuk a keményedési felület fejlődését a következő esetekre: primer és szekunder kúszás, illetve képlékeny alakváltozás egyenáram jelenlétében.

4 Hivatkozások

- [1] Andrawes, J. S., Kronenberger, T. J., Perkins, T. A., Roth, J. T., & Warley, R. L. (2007). Effects of DC current on the mechanical behavior of AlMg1SiCu. *Materials and manufacturing processes*, 22(1), 91-101.
- [2] Nguyen, T. T., Nguyen, T. V., Hong, S. T., Kim, M. J., Han, H. N., & Morestin, F. (2016). The effect of short duration electric current on the quasi-static tensile behavior of magnesium AZ31 alloy. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016.
- [3] Zhao, G., Yang, F. (2014). Effect of DC current on tensile creep of pure tin. *Materials Science and Engineering: A*, 591, 97-104.
- [4] Varga, P., & Rusinko, A. (2018, April). Modeling the effects of imposed current on the creep of SAC305 solder material. In *2018 19th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems (EuroSimE)* (pp. 1-4). IEEE.
- [5] Rusinko, A., & Varga, P. (2019). Modelling of the plastic deformation and primary creep of metals coupled with DC in terms of the synthetic theory of irrecoverable deformation. *Mechanics of Time-Dependent Materials*, 23(1), 23-33.
- [6] Rusinko, A., & Varga, P. (2019). Analytical Description of the Steady-State Creep of Metals in the Presence of Direct Current. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(7), 185-196.
- [7] Rusinko, A., & Varga, P. (2019). Loading surface in the plastic and creep straining coupled with direct current. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* 58(1), DOI: 10.15632/jtam-pl/xxxxx
- [8] Rusinko, A., & Rusinko, K. (2011). *Plasticity and Creep of Metals*. Springer Science & Business Media.



Az ultrahangos hegesztés hatása az Al-Al varrat mechanikai tulajdonságaira

Mechanical properties of the ultrasonic welding effected Al-Al joint

¹Schramkó Márton, ²Dr. Kovács Tünde

¹Óbudai egyetem, Budapest, Magyarország, marcischramko@gmail.com

²Óbudai egyetem, Budapest, Magyarország, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A kutatásunkban az ultrahangos hegesztés paramétereinek optimalására törekedtünk. Kísérleteink során felismertük, hogy a paraméterek eltérő hatással vannak a hegesztés eredményeként létrejött varrat mechanikai tulajdonságaira. Igyekeztünk a szakirodalmi eredményeket alapul véve összefüggéseket találni a technológiai és fémtani viselkedés között. Az eredményeinkből kimutatható az ultrahang és a hegesztési idő paraméter hatása a hegesztett kötés és a hőhatásövezet keménységére. Kísérleteink eredményeként arra a megállapításra jutottunk, hogy az idő valamint a teljesítmény paraméterek a legmeghatározóbbak.

Kulcsszavak: ultrahangos hegesztés, keménység, diszlokáció, hőhatásövezet

Abstract

In our research, we aimed to optimize the ultrasonic welding parameters. We detected that mechanical properties of the welded joint depend on the welding parameters. On the base of the literature results we wanted to find a relationship between the technology and the metallurgical behaviour. On the base of the hardness results, we found that the ultrasound and the welding time effect demonstrable. It was concluded that in the case of the ultrasonic welding the most important parameters are the welding time and power.

Keywords: ultrasonic welding, hardness, dislocation, heat affected zone

1 Bevezetés

Az iparban széleskörben elterjedt az alumínium és különböző ötvözetek alkalmazása, a különböző alkatrészek esetében. Sok elektromos burkoló és árnyékoló doboz (Faraday kalitka) készül alumíniumból, rézből vagy a kettőből egyszerre, amennyiben az elvárt vezetőképesség szilárdság vagy rugalmasság indokolja. Az alkalmazott alkatrészek vékony lemezekből készülnek, és számos esetben nem oldható kötést kell létesíteni, saját vagy más alkatrészekkel is, melyekre a szokványos hegesztési, forrasztási vagy ragasztási technológiák nem alkalmazhatóak a nagy hőhatás vagy a kötés nem megfelelő fémes vezetőképessége miatt.

A fent említett ipari elvárások kapcsán merült fel bennünk, hogy az ultrahangos hegesztés lehet az egyik megoldási lehetősége az alumínium és más fémeket egyesítő technológiáknak és ez irányban kezdtünk el kutatni. Egy optimalizálási folyamatot folytattunk Al-Cu darabok között

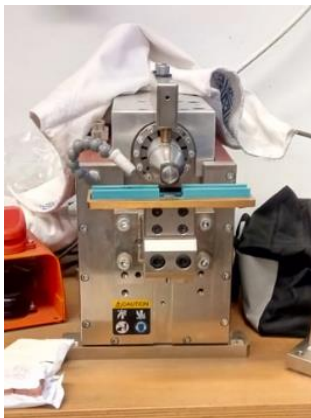
miközben érdekes tapasztalatokkal gazdagodtunk. A kísérletek során tapasztaltuk, hogy az ultrahangos hegesztés hatására az alapanyag, a hőhatás övezet és a varrat mechanikai tulajdonságai az eddig megismert ömlesztő és sajtoló hegesztési eljárásoktól eltérően változtak a hegesztés hatására. Az irodalomkutatás során, több kutatási eredményt találtunk az ultrahang hatására létrejövő diszlokáció sűrűség változásáról, valamint ennek következtében létrejövő keményedési és lágyulási jelenségekről [1, 2]. Az ultrahangos hegesztés során több hatás éri együttesen a varratot és a hőhatás övezetet valamint az alapanyagot is. A hegesztés során az ultrahang hatása tehát nem önmagában érvényesül, hanem a többi hatással (súrlódási hő, összeszorító erő okozta képlékeny alakváltozás) együttesen.

Az alapkutatási elképzelések alapját a fémek anyagok ultrahangos hatásra létrejövő keményedési és lágyulási jelenségek vetették fel, melyeket több kutató is vizsgált már, ilyenről olvashatunk Blaha és Langernecker „The softening and the hardening of metals under ultrasound load”-ban vagy A. Rusinko „Studies of the plasticity and creep of metals” művében [3, 4]. Ezen kutatások számos információval szolgálnak az ultrahangos hatás kristályszerkezetre gyakorolt hatásairól. Az ultrahangos hegesztés pontos hatásai ismertetéséhez és megértéséhez a mikroszerkezeti tulajdonságok kapcsán rengeteg tényezőt kell ismernünk és nyomon követnünk [2]. A szilárdsági tulajdonságokat nagyban befolyásolja a darabok diszlokáció és szennyezőanyag tartalma [5] és ezek kölcsönhatása egymásra, melyeket különböző módszerekkel vizsgálhatunk.

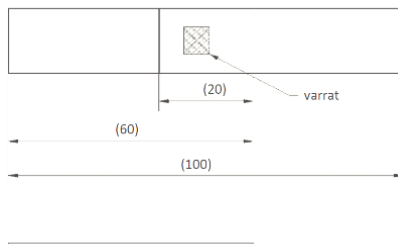
Fontos jól ismerni az újrakristályosodási jelenséget és az azt kiváltó hatásokat. Míg a hideg és meleg megmunkálás esetében az újrakristályosodás létrejött a színtémek esetében a hideg megmunkálás sebességétől, mértékétől az előzetes valamint az alakítást követő hőkezelés hőmérsékletétől és időtartamától függ [6, 7]. Ez az átkristályosodási jelenség a fémekben hőt fejleszt mely a darab szemcseméret változásához és sok esetben lágyuláshoz vezet. Az ultrahangos hegesztés során a súrlódás és az ultrahang energia hatására a két anyag közötti kapcsolódó felület hőmérséklete nagymértékben megemelkedik. A keletkező hőmérséklet és a maradék alakváltozás hatására a kötésben átkristályosodást, valamint keménység és szilárdság csökkenést eredményez [8]. Az alakváltozás, az ultrahangos rezgések és a magas hőmérséklet hatással van a diszlokációk mozgására és sűrűségére is. Az akusztikus alakváltozó képesség (acoustoplasticity) azt adja meg, hogy nagy frekvenciájú ultrahangos rezgés alatt hogyan változik az anyag alakváltozó képessége. Az ultrahangos rezgések fokozzák az anyag alakíthatóságát, energiáját és rugalmasságát.

2 Hegesztési eljárás és alkalmazott alapanyag

A hegesztési folyamatot egy BRANSON gyártmányú géppel végeztük (1. ábra). Ez egy Ultraweld L20 típusú Ultrahangos hegesztő gép. A gép üzemi frekvenciája 20 KHz, a darabok egymáshoz szorításához használt üzemi nyomás pedig 10-80 PSI, a gép maximális teljesítménye, amit károsodás nélkül elvisel 4 kW. Az ultrahangos hegesztési eljárás egy hidegsajtoló eljárás mely során a két darab összeheged, ezért a hegesztési eljárások közé soroljuk. A folyamat egy a kereskedelemben kapható 99,5% tisztaságú, lágyított 0,75 mm vastag DIN EN 573 Al szalagot használtunk melynek lágyítását 580 °C –on 6 órán keresztül végeztük majd a kemencéből kivéve a levegőn hagytuk lehűlni. A hegesztés idő-hőmérséklet diagramját a 2. ábra szemlélteti. A hegesztési folyamat során hőmérséklet növekedés léphet fel (200-800 °C) az alkalmazott paraméterektől és fém kémiai összetételeitől és hőtani tulajdonságaitól (pl. hővezető képesség, hőátadási tényező, olvadási hőmérséklet, stb.) függően.



1. ábra - Az alkalmazott ultrahangos hegesztő berendezés



2. ábra - A hegesztett kötés kialakítása

3 A kísérleti eredmények

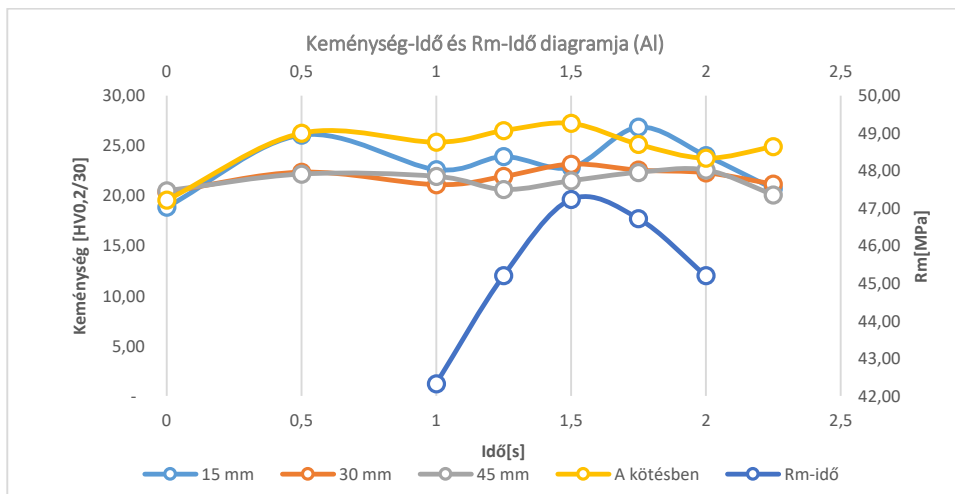
A kísérletek során először meghatároztunk egy közel optimális paraméter együttest Alumínium esetében, melyek az amplitúdó (A), idő (t), teljesítmény (P) és a hegesztés során használt terhelő erő (WP). Az amplitúdót $37\ \mu\text{m}$, az időt $1,5\ \text{s}$, terhelő erőt $40\ \text{PSI}$ ($0,275\ \text{MPa}$), illetve a teljesítményt $1150\text{-}1250\ \text{W}$ közötti tartományban határoztuk meg. Ezen paraméterek meghatározása közben végeztünk több kísérletet tiszta réz ($99,5\%$), $0,5\ \text{mm}$ vastagságú lemezek ultrahangos hegesztésére. Ezen lemezekről szövetszerkezeti képet készítettünk, melyek állandó teljesítmény és terhelő erő illetve változó idő és amplitúdó paraméterekkel készültek. (P:1150 W; WP: 40PSI)



3. ábra - Cu-Cu kötés szövetszerkezete az idő és amplitúdó függvényében

A különböző paraméterekkel hegesztett kötésekről makró felvételeket készítettünk és keménységet mértünk (3. ábra). A keménység a varratban az alkalmazott paraméterek függvényében eltérést mutat. Megfigyelhető az alapanyag kiinduló keménységéhez viszonyítva a varrat keménység növekedése.

A rézlemezek hegesztése és kötéseinek keménység vizsgálati eredményei alapján elvégeztük Al-Al lemezek ultrahangos hegesztését különböző hegesztési idő mellett, majd a kötések keménység valamint szakító vizsgálatát. Az eredményeket a 3. ábrán foglaltuk össze. A keménység a hegesztési idő függvényében változik. A 4. ábrán a keménység mellett a hegesztett darabokon mért szakítószilárdságot is feltüntettük. A keménység és a szakítószilárdság között kapcsolat fedezhető fel, a szakadás ugyanis próbatesteken a keményedési helyeken következett be.

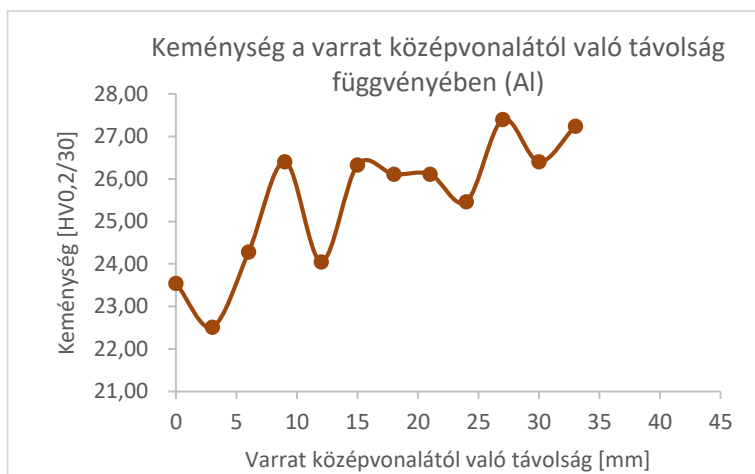


4. ábra - Keménység és szakító szilárdság a hegesztési idő függvényében

A kísérleti úton optimált paraméter beállításokkal több hegesztési kísérletet végeztünk, majd a kötések és a hőhatásövezet keménységét mértük, a paramétereket az 1. táblázat mutatja. A darabon végzett mérési eredményeket, a keménységtérképet az 5. ábra mutatja. A keménység a varrattól való távolság függvényében ingadozást mutat.

1. táblázat - Az Al-Al kötés hegesztési paraméterei, ahol TP előfeszítő nyomás, WP hegesztési nyomás, A amplitúdó, t hegesztési idő, P teljesítmény, Ws hegesztési energia

Paraméter	Beállított érték
TP	40 Psi
WP	40 Psi
A	37 μ m
t	1,5 s
P	3500 W
Ws	1067 J



5. ábra - A keménység a varrat középvonalától való távolság függvényében

4 Konklúzió

Az eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy a technológia igen érzékeny a beállított paraméterekre. A kutatások során meghatároztunk egy adott paraméter-együttest, mely optimálisnak tekinthető mechanikai tulajdonságokat eredményez a kötésben és a hőhatás övezetben 99,5 % tisztaságú, 0,75 mm vastag Al-Al lemezek hegesztése során. Az optimált értékek: Amplitudó 37 μm , idő 1,5 s, hegesztési nyomás 40 Psi, valamint a teljesítmény 1150-1250 W között.

Továbbá meghatároztuk az idő paraméter fontosságát, illetve az ultrahang, deformáció valamint a hegesztési hő hatására bekövetkezett diszlokációmozgás és ezzel együttesen mérhető keménység ingadozást is. Az eredmények alapján elmondható hogy ideális kötés esetén, ha minden paraméter közel optimálisan van beállítva, a kötésben lágyulás következik be, a darabban pedig ehhez képest keményedés, ugyanakkor elmondható, hogy az egész darab egy keményedési folyamatot szenved el.

Mivel az ultrahangos hegesztés során komplex hatások együttesen érvényesülnek, még rengeteg kutatást kell végezni, hogy a paraméterek prioritását fel lehessen állítani. Véleményünk szerint, egy összefoglaló adatbázist kell készíteni, mely feltérképezi az összes paraméter beállítása során bekövetkező változásokat és ezek eredményeit. Ezzel együtt egy összefoglaló technológiai ajánlást adhatna az ipari alkalmazásokhoz.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton kívánnak köszönetet mondani munkánkhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt keretében a Magyar Államnak és az Európai Uniónak.

The authors acknowledge the financial support of this work by the Hungarian State and the European Union under the EFOP-3.6.1-16-2016-00010 project.

5 Hivatkozások

- [1] F. Blaha, B. Langenecker: Dehnung von Zink-Kristallen unter Ultraschalleinwirkung. Naturwissenschaften, 42, 556. (1955)
- [2] Tisza Miklós. Kandidátusi értekezés (2017) Az ultrahangos hatás képlékeny alakváltozás

hatása a mechanikus és a mely húzás technológiai paramétereire (1), 20-29.

- [3] M. Tanibayasah IT: Theory of the Blaha Effect Phys. stat. sol. (a) 128, 83 (1991)
- [4] A. Rusynko: Mathematical description of ultrasonic softening of metals within the framework of the synthetic theory of plasticity, *Materials Science, Vol. 37, No. 4, 2001*
- [5] A. Rusynko, K. Rusynko: Plasticity and Creep of Metals, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.
- [6] Y. Kohzuki, T. Ohgaku: I⁻ Ions as Obstacles to Dislocation Motion in NaCl:I⁻ Single Crystals, *Journal of Materials Science and Chemical Engineering, Vol.4 No.4, 2016.*
- [7] Nguyen Q. Chinh and Zsolt Kovács: Unique microstructural and mechanical properties of Al-Zn alloys processed by high-pressure torsion 2019 *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* **613** 012028
- [8] Jiri Buršík et al: Local mechanical properties of advanced skutterudites processed by various routes 2019 *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* **613** 012036
- [9] Jingwei Yang et al: The Effect of Welding Energy on the Microstructural and Mechanical Properties of Ultrasonic-Welded Copper Joints, *Materials* **2017**, 10, 193;
- [10] S A Aziz, M Lucas: Characterising the acoustoplastic effect in an ultrasonically assisted metal forming process, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* **42** (2012)
- [11] J.G. Kaufman: Properties of Aluminum Alloys: Tensile, Creep, and Fatigue Data at High and Low Temperatures, ASM International (1999)
- [12] Q. Mao et al: Investigating Ultrasound-Induced Acoustic Softening of Aluminum 6061, *Proceedings of the ASME* 2014
- [13] K.W. Siu, A.H.W. Ngan: Understanding Acoustoplasticity through Dislocation Dynamics Simulations,



Azonos térfogatú metaanyag próbatetek terhelhetőségének vizsgálata

Test of the load capacity of test specimens of the same volume of metamaterials.

¹Csukás Martin, ²Horváth Richárd, ³Gonda Viktor, ⁴Oláh Ferenc

^{1,2,3,4} Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag-
Gyártástudományi Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék. Budapest, Magyarország,
horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

Absztrakt

Bemutatásra kerül az ún. metaanyagok kutatási eredményei különös tekintettel azok zömítési tulajdonságaira, alakváltozó képességére energiaelnyelő képességére valamint alakmemória jellemzőire. Részletesen ismertetésre kerülnek a főbb elemi cellák, valamint azok végeelem-vizsgálatának eredményei és az ilyen anyagok felhasználási területei. A kutatásban bemutatásra kerül egy olyan egységcellákból felépített és tervezett, valamint paraméterezett geometria, mely azonos térfogat mellett (azonos tömeg mellett) eltérő méretű és mennyiségű, de egymásra hasonló elemi egységcellákból áll. Meghatározásra kerül a különböző próbatetek gyárthatósági határ mérete. A kapott eredmények tekintetében elemzésre kerültek egyedi geometriák, valamint következtetések levonása a további kutatások és fejlesztési irányok tekintetében.

Kulcs szavak: Metaanyag, önazonos, zömítés, végeelem, egységcella, paraméterezett

Abstract

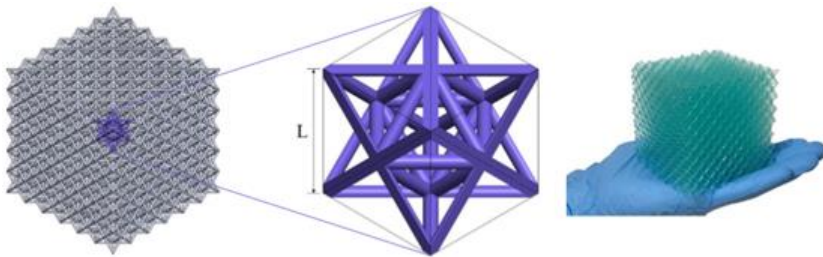
This research represents the results of meta-materials with special regard to their compaction properties, deformability, energy absorption capacity and shape memory characteristics. The main elemental cells are described in detail, as well as the results of their finite element analysis and the areas of application of such materials. The research shows geometry constructed and designed and parameterized unit cells, which consist of elementary unit cells of different size and quantity, but similar to each other, with the same volume (same weight). The limitations of production are also introduced. With regard to the obtained results, individual geometries were analyzed and conclusions were drawn regarding further research and development directions.

Keywords: metamaterials, self-identical, compression, finite element, unit cell, parameterized

1 Bevezetés

A metaanyagoknak számos érdekes és meglepő tulajdonsága van. Például M. Bodaghi, és társai tanulmányozta a 3D nyomtatással előállított nagy deformációjú lágy metaanyagokat. Elsősorban paralelogramma, téglalap, és hatszöglet alakú egységcellákat használtak. A numerikus kísérletek azt mutatták, hogy az egységcellák alakja, iránytípusa és a terhelés nagysága jelentős hatást gyakorol az anyag anizotróp tulajdonságaira nagy deformációk esetén [1]. Háromszög és négyszög alakú

egységcellák nyolcszögekből felépített architektúrájú metaanyagok csúcsaihoz való hozzáadásával kialakított próbatesteken végzett vizsgálatokat Ramin Hamzehei és társai [2]. A négyszögek hozzáadásával a nyolcszögletű szerkezet csúcsai instabilabbá válnak, ami az auxetikus viselkedés kialakulásához vezet az alkalmazott deformáció különböző szintjein. A viselkedés legfontosabb okai: a kapcsolódási pontok forgása és merevsége, valamint a cellafalak hajlítása okozták. A hierarchikus egységcellás anyagok hasznosságát tovább erősíti Mehrdad Mohsenizadeh és társainak [3] ebben a témában való kutatása, miszerint ezeknek a vázoknak az energiaelnyelésben és eloszlásban való eredményességét és hatékonyságát vizsgálják. A tanulmányozás során megfigyelték, hogy 70%-os deformáció után, a szerkezet (1.ábra) teljes mértékben képes volt visszanyerni kiinduló alakját. Ez a tulajdonság az általánosan használt energiaelnyelő szerkezeteknél elérhetetlen.



1. ábra: nyolc-rácsos egységcellákból álló szerkezet [3].

Yafei Zhang és társai [4] egytengelyű zömítővizsgálatokon és végeselemes szimulációkon keresztül tanulmányozták az alábbi szerkezeteket. Az anyagok és szerkezetek helyi deformációi általában az instabilitás, illetve a gyártási folyamatok vagy az üzemidő során bekövetkező különféle erőhatások következményei. Mindig bizonytalan módon fordulnak elő. Léteznek olyan tervezett metaanyag szerkezetek, amelyek statikus terhelés mellett rendkívül rendezett helyi deformációt mutatnak. Tovább erősíti a metaanyagok eredményességét Yanyu Chen és társai [5] kutatása, amelyek során hierarchikus méhsejt szerkezetek cellái progresszív meghibásodási, azaz alakváltozási módot mutatnak, amelyek sejtfalai háromszög alakú rácskonfigurációjú cellákból (5/b) épülnek fel. Ez javítja a merevséget és az energiaelnyelést egytengelyű nyomás alatt. Ezekben a hierarchikus méhsejtben ciklikus terhelés mellett nagy energiaelosztás és alak integritás tapasztalható nagy mértékű deformáció esetén is (ami akár 60%). Ezen kívül nem hanyagolható el a nagyszerű alakmemória hatás sem. Felhasznált anyagminőség VeroWhite (üveges polimer) volt. A struktúrát 3D nyomtatási technológiával hozták létre.

2 Metaanyag geometria fejlesztése

Kutatásaink során cél volt különböző felépítésű próbatestek terhelhetőségének a maximalizálása, állandó térfogat és méret mellett. A kiinduló darab (2.ábra) egy 50x50x50 [mm] próbatest, amelyből négy darab 25x25x25 [mm] egység lett eltávolítva, fenntartva az egyenlő falvastagságot. Az egységcellák önismétlődők, mennyiségük növekedésével a méretük és a közöttük lévő falvastagság csökkenni fog ($V=\text{áll.}$), darabszámuk eléri a 81. Jelen tanulmányban a szerkezeteket additív gyártási módszerrel állítottuk elő, 4, 9, 16, 25, 64, 81 cellaszámokkal. Ezeket úgy hoztuk létre, hogy 50x50 egységcellákat x és y irányban egymás mellé építettük. A cellafalak vastagsága függvénye a cellaszámnak. Mivel a szerkezetek mélysége azonos, ebben a tanulmányban a darabok sűrűségét állandónak tekintjük. A négyzeteknél, amelyeket ismételtünk a sűrűség állandón tartása érdekében a cellafalak vastagsága csökken. Erre mutat példát a 2., 3. 4. ábra, illetve az azonos térfogathoz (területhez) tartozó egységcellák és méreteinek meghatározását ismerteti az 1. táblázat.

Jelölések:

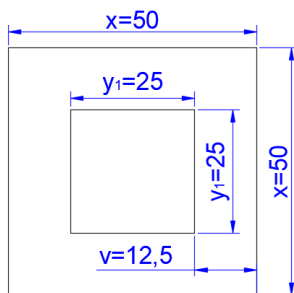
T_1 – 1-es próbatest területe [mm^2]

Indexek – próbatestek jelzése + cellák száma

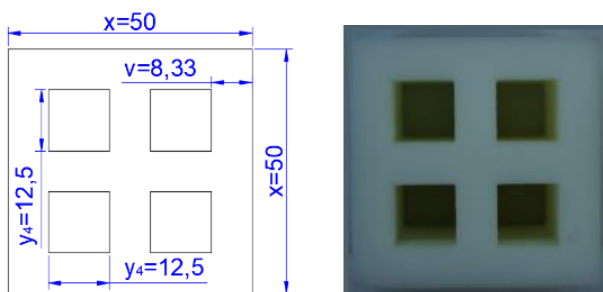
v – falvastagság [mm]

x – próbatest befoglaló mérete [mm]

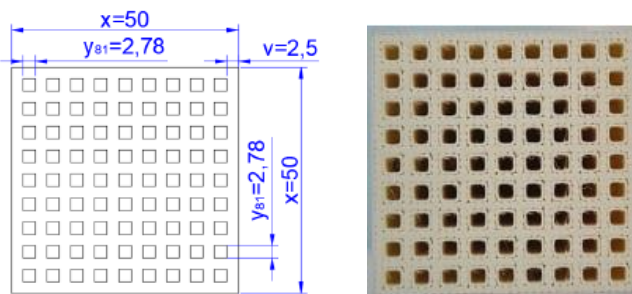
y – önmérlődő cellák befoglaló méretei [mm]



2. ábra: Alapegységcella



3. ábra: Négy egységcellás modell és ez alapján nyomtatott próbatest



4. ábra: Nyolcvanegy egységcellás modell és ez alapján nyomtatott próbatest

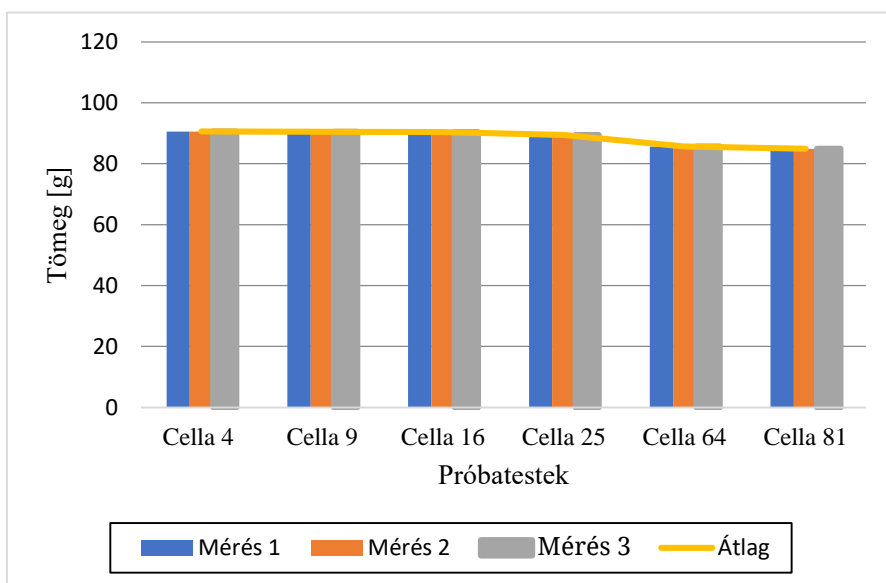
1. Táblázat: Számítás menete, lépésenként egy alapegységcellát tartalmazó próbatestre:

$T_1 = x^2 - y_1^2$
$T_4 = x^2 - 4 \cdot y_4^2$
$T_1 = T_4$
$x^2 - y_1^2 = x^2 - 4 \cdot y_4^2$
$y_1^2 = 4 \cdot y_4^2$
$y_4^2 = \frac{y_1}{4}$
$y_4 = \frac{y_1}{2} = 12,5mm$

Ez alapján a számítás elvégezhető tetszőleges számú egységcella esetén is.

3 Eredmények, összefoglalás

Isquared ABS X-Treme ABS tekercsből készültek a próbatetek. Az általunk gyártott darabok az FDM technológiával lettek létrehozva, a gyártóeszköz a következő volt: Dimension BST 768 3D-s gyors prototípus-nyomtató amivel összesen 6 darab próbatest került legyártásra. Ezt követte a kész darabok tömegmérése Mettler Toledo AB204 digitális analitikai mérlegen. Minden mérést háromszor végeztünk el, és azokat átlagoltam. Ez látható a 4. ábrán. Elvárás volt a darabok tömegének állandósága a 2. pontban említett számítások alapján. A mérések igazolták kalkulációkat, ugyanis kis tűréshatáron belül egyezést mutattak. Ebből kifolyólag kijelenthető az azonos befoglaló méretek és tömegek egyezése változó mennyiségű önhasonuló celláktól függetlenül.



5. ábra: Tömegmérések eredményei diagramba foglalva

A cellák számának növekedése a falvastagság csökkenését eredményezi, ezáltal egyre pontosabbnak kell lennie a nyomtatonak, gyártástechnológiának. Nagy cellaszámok esetén a gyártási technológia befolyásolta a gyártás minőségét, amik a zömítési eredményekben is

tapasztalhatók.

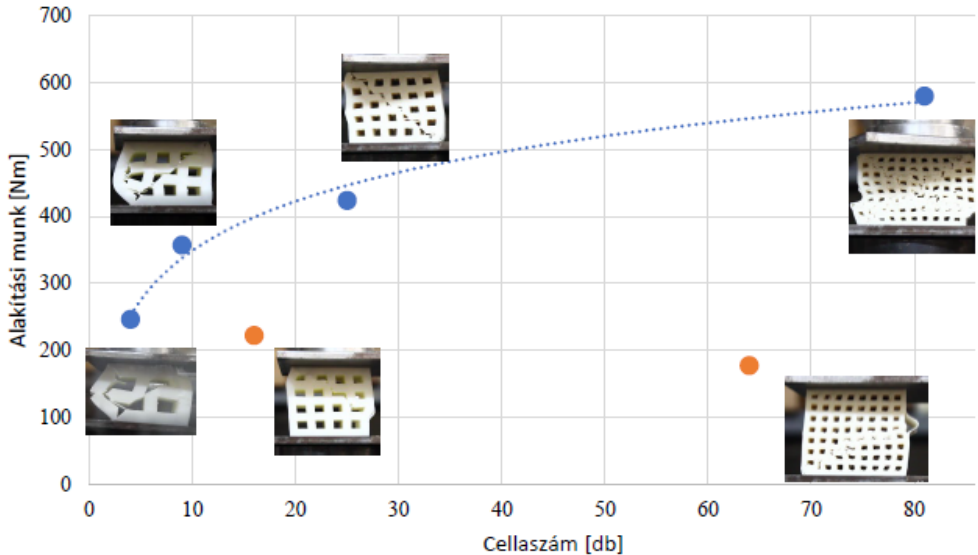
Zömítés során alkalmazott berendezés egy TTM-100-as univerzális gép volt. Az alkalmazott mérőgép maximális terhelőképessége 100 kN. A terhelés sebessége 4 mm/min volt. A mérést megelőzte a készülékek kalibrálása, amihez egy útmérőt és egy mikrométert használtunk.

A nyomtatott próbatestek végeselemes vizsgálatát Marc Mentat 2019 szoftverrel végeztük. Napjainkban a mérnöki tervezés és alkotás elengedhetetlen részét képezik ezek a szoftverek, hiszen a szimulációból kapott eredmények alapul szolgálnak a gyártást megelőző méretezésben továbbá a tervezésben. Minden vizsgálandó darabnak elkészítettük a végeselemes szimulációját ezek közül a következők emelhetők ki:

- Négy egységcellás darab, esetén az alakítás kezdeti szakaszán a szélső tartó rudak nyomó igénybevételt szenvednek, további alakítás után a szélső tartók kihajlanak míg a középső tartó rudak nyomó igénybevételt szenvednek a szimuláció alapján.
- A szimuláció végső lépései alapján megállapítottuk, hogy a kritikus alakváltozás keresztirányú, amiket igazolnak a zömített darabok tönkremenetelei. 25-ös cellaszámú darab esetén a végeselemes szimulációval hasonló eredményre jutottunk.

Munkánk során elvégeztük a próbatestek zömítő vizsgálatát, az ebből kinyert adatok diagramba lettek foglalva. Az említett gyártási hibát igazolták a vizsgálatok kiértékelései. A zömítő erő növekedést prezentált a cellák számának növekedésével, ezt a tendenciát tartotta amíg meg nem jelentek a nyomtatásból adódó anyaghiányos helyek. Kis egységcella szám esetén jellemzően az első meghibásodást követően a szerkezet nem volt képes elnyújtani az erő-út diagrammot azaz az alakításhoz szükséges munka kisebb volt, maximális erő elérése után a terhelő erő 0-ra csökkent. Ezzel szemben nagy egységcella szám esetén tapasztalható, hogy a maximális terhelő erő elérése után csökkent, majd növekedni kezdett, majd ismét csökkent. Nagy cellaszámok esetén a szerkezet zömítéssel szemben kifejtett ellenállása addig a pontig növekedett, amíg a stuktúra valamelyik tartója összenyomódott, ekkor a terhelő erő csökken, a folyamatosan egymásra rakódó rétegek az összenyomódást lassították ennek következtében további terhelést volt képes felvenni a struktúra. Nagy mértékben befolyásolta a tönkremenetelt az első repedés kiindulása, maximális munka illetve terhelés esetén ezek a repedések a szélső sarokban lévő cellákból indultak.

Az alakításhoz szükséges munka is meghatározásra került, a zömítő görbe alatti terület meghatározásával, minden esetben az első nagyobb erő csökkenésig vettük figyelembe a görbét, ennek az eredményei a következő diagramban láthatók (6.ábra).



1. ábra: Alakítási munka cellaszám függvényében

A vizsgáltab vont hat munkadarab következtében a pontok csak egy jellegre utalhatnak. Sárga pontok esetén a tönkremenetel nem a szélső cellákból indult ezt gyártási, esetleg zömítési tényezők befolyásolhatták. Alakítási munka – cellaszám közötti összefüggés pontos vizsgálatához és eredményéhez további vizsgálatok szükségesek..

4 Hivatkozások

- [1] Bodaghi, M., Damanpack, A. R., Hu, G. F., & Liao, W. H. (2017). Large deformations of soft metamaterials fabricated by 3D printing. *Materials & Design*, 131, 81-91
- [2] Hamzehei, R., Kadkhodapour, J., Anaraki, A. P., Rezaei, S., Dariushi, S., & Rezaoust, A. M. (2018). Octagonal auxetic metamaterials with hyperelastic properties for large compressive deformation. *International Journal of Mechanical Sciences*, 145, 96-105.
- [3] Mohsenizadeh, M., Gasbarri, F., Munther, M., Beheshti, A., & Davami, K. (2018). Additively-manufactured lightweight Metamaterials for energy absorption. *Materials & Design*, 139, 521-530.
- [4] Zhang, Y., Wang, Y., & Chen, C. Q. (2019). Ordered deformation localization in cellular mechanical metamaterials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 123, 28-40.
- [5] Chen, Y., Li, T., Jia, Z., Scarpa, F., Yao, C. W., & Wang, L. (2018). 3D printed hierarchical honeycombs with shape integrity under large compressive deformations. *Materials & Design*, 137, 226-234.



Felületi érdesség változása szabad formájú felület marása során

Changes in surface roughness during milling of free-form surfaces

¹Varga Bálint, ²Dr. Mikó Balázs

¹Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország (varga.balint@bgk.uni-obuda.hu)

²Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország (miko.balazs@bgk.uni-obuda.hu)

Összefoglalás

A szabad formájú felületek a mindennapokban egyre több és több helyen megjelennek, ugyanakkor ezek előállítása koránt sem egyszerű a folyamatosan szigorodó követelmények miatt. A felületekkel szemben támasztott egyik ilyen követelmény a felületi érdesség javítása.

Jelen cikk a CAM rendszerek által kínált különböző megmunkálási stratégiák hatását vizsgálja a felületi érdességre, egy domború és egy homorú munkadarab marása során. A kísérletek során állandó forgácsolási és szerszám paraméterek mellett vizsgáltuk a CAM rendszer által generált különböző szerszám pályák hatását. A felületi érdesség mérése kontakt eljárással történt, mely szabad formájú felületek során nem is olyan egyszerű. Jelen cikk a felületi minőséget befolyásoló tényezőket vizsgálja, mint a munkadarab geometria, a forgácsolási paraméterek, a megmunkáló szerszám és nem utolsósorban az is, hogy hogyan mérjük meg a munkadarabot.

Kulcs szavak: Szabad formájú felület, gömbvégű marás, felületi érdesség

Abstract

Free-form surfaces are appearing in more and more places every day, but their production is far not simple because of the increasingly stringent requirements. One of the requirements for surfaces is the improvement of surface roughness.

This paper examines the effect of different machining strategies offered by CAM systems on surface roughness when milling a convex and a concave workpiece. During the experiments, the effect of different tool paths generated by the CAM system was investigated with constant cutting and tool parameters. This article examines factors that influence surface quality, such as workpiece geometry, cutting parameters, machining tools, and last but not least, how to measure a workpiece.

Keywords: Free-form surface, ball-end milling, surface roughness

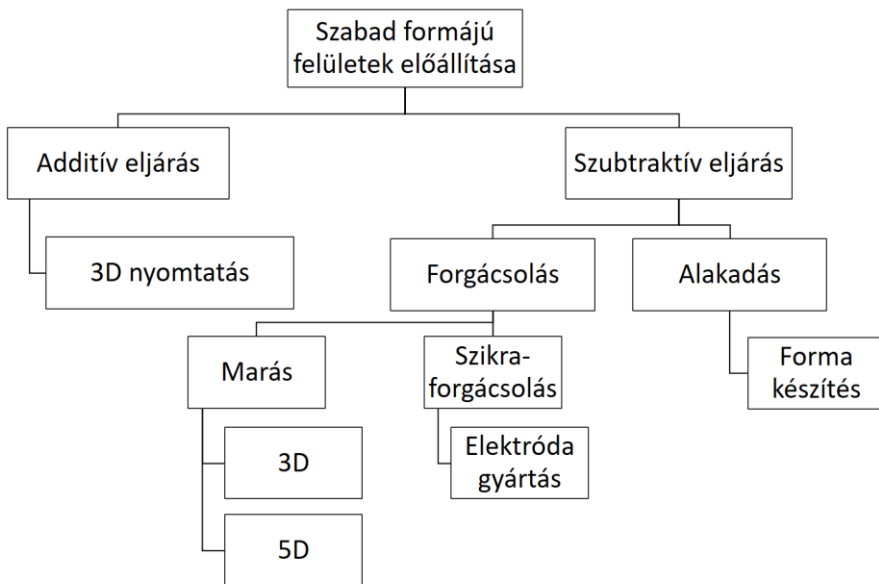
1 Bevezetés

A szabad formájú felületek nagy jelentőséggel bírnak a modern formatervezésben. Az egyszerű használati tárgyaktól kezdve az autók karosszériájáig mindenhol megtalálható ezek a felületek. Az előállításuk koránt sem egyszerű, mert egyre nagyobbak és nagyobbak a követelmények, amiknek meg kell felelni ezeknek a felületeknek.

A szabad formájú felületek előállítása történhet additív vagy pedig szubtraktív módon. A 3D

nyomtatás egy gyűjtőnév mely több különböző technológiát takar, de mindegyikben közös, hogy forgácsképződés nélkül tudunk előállítani szinte bármilyen felületet. A munkadarabok elkészítése rétegről rétegre történik. Ez a technológia az elmúlt években igen sokat fejlődött, de ipari igényeket még nem tud kielégíteni.

Létre lehet hozni ilyen felületeket alakadás segítségével. Ebben az esetben viszont egy formát kell először elkészíteni, melyhez nélkülözhetetlen a forgácsolás. Tehát ilyen felületek előállítása ipari mértékben csak forgácsolás segítségével történik, mely lehet marás vagy pedig szikraforgácsolás. A szikraforgácsolás előtt viszont mindig kell készíteni egy elektródát, mellyel kialakítjuk a felületet. Ezt az elektródát pedig marással lehet előállítani. Tehát elmondhatjuk, hogy a szabad formájú felületek előállítása során a marás művelete elengedhetetlen. Továbbá szükség van egy CAM rendszerre is a szerszámok generálásához. Jelen cikkben az így elkészített szerszámok hatását vizsgálom a felületi érdességre.

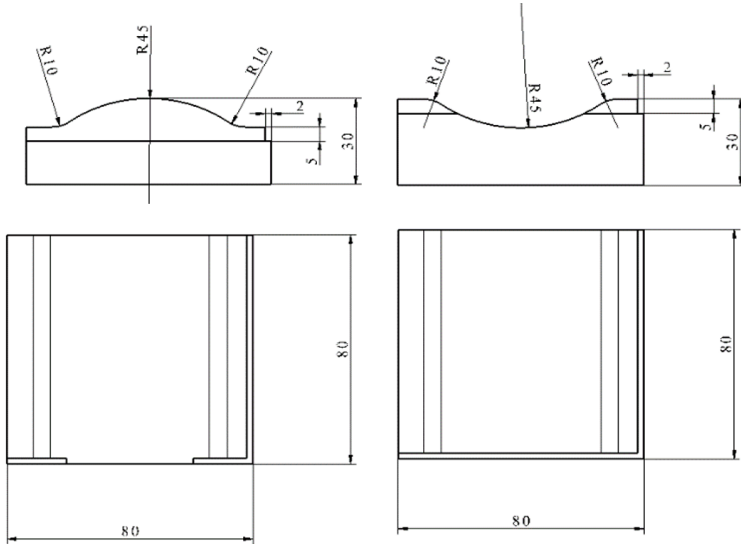


1. ábra - Szabad formájú felületek előállítása

Az érdesség mérése problémát jelenthet ilyen felületek esetében. A felületi érdesség mérés iránya a marás irányára merőleges kell, hogy legyen, egyébként a kapott eredmények torzulnak. Egyes szerszámok esetében a marási irány mindig változik, így a valós érdességet tapintásos módszerrel meg sem lehet pontosan állapítani

2 Alkalmazott anyagok, gépek és módszerek

A vizsgálat során két különböző geometriájú munkadarab készült el, tíz domború (CX) és tíz homorú (CV). Mind a kettő típus azonos sugarú hengeres felületet tartalmaz, melyek sugara 45 mm (2. ábra). A kísérlet során vizsgált munkadarabok mérete 80 mm x 80 mm x 30 mm volt.



2. ábra - Vizsgált domború (CX) és homorú (CV) munkadarab geometriák

A vizsgált munkadarabok anyaga 42CrMo4 (1.7225; $R_m = 1000$ MPa) alacsonyán ötvözött acél (1. táblázat), mely króm, molibdén, mangán ötvözőanyagokat tartalmaz. Ezt az anyagminőséget gyakran alkalmazzák statikusan és dinamikusan terhelt alkatrészekhez, mint például fogaskerekek, főtengelyek. Ennek az acélminőségnek jó a kopásállósága, megmunkálhatósága, de hegeszthetősége gyenge.

1. táblázat - 42CrMo4 acélminőség összetétele

C	Si	Mn	Mo	S	Cr	Ni
0.43	0.26	0.65	0.16	0.021	1.07	0.19

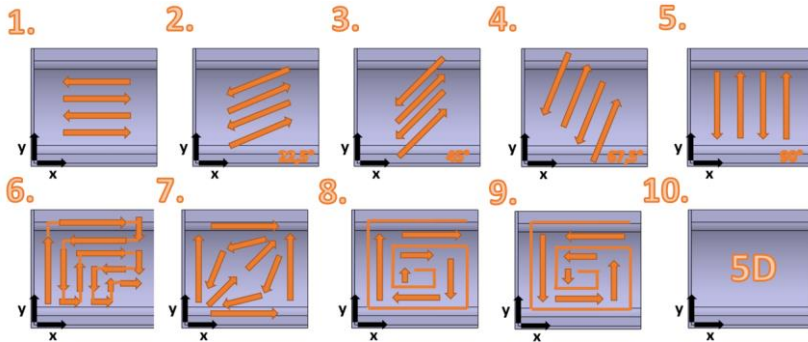
A felületek végső, simító megmunkálása gömbvégű maróval történt. A szerszám egy Fraisa X7450.450 gömbvégű marószerszám, melynek átmérője 10 mm ($D_c = 10$ mm), fogainak száma pedig 4 ($z = 4$).

2. táblázat - Forgácsolási paraméterek

v_c	n	f_z	a_p
160 [m/perc]	5100 [fordulat/perc]	0,08 [mm]	0,3 [mm]

A megmunkálás során többféle CAM stratégia lett alkalmazva, melyek pályájának irányát a 3. ábra mutatja be. Az első öt munkadarab pásztázó simítási stratégiával készült, csak a megmunkálás irányában volt eltérés. Az 1. az x tengellyel párhuzamos volt míg a továbbiak $22,5^\circ$ -kal eltértek az előzőtől. Az 5. esetben a marás iránya megegyezett az y tengellyel. A második öt stratégia (6-10) szerszám pályája már sokkal bonyolultabb. A 6. szerszám pályája az y tengellyel párhuzamos irányban indul, majd az x tengellyel párhuzamosan folytatódik. 0,3 mm-es oldallépés után előbb az x tengellyel párhuzamosan halad, majd az y tengellyel. Végül egy újabb 0,3 mm-es oldallépés után

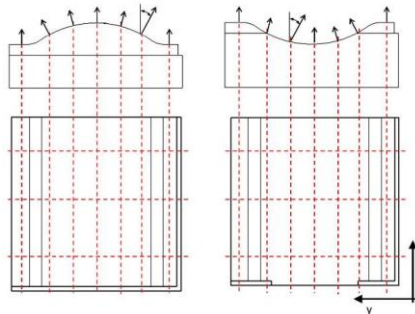
kezdődik minden előről, amíg a teljes felületet be nem járja a szerszám. A 7. szerszámhálya esetében is hasonlóan kezdődik a megmunkálás csak az y , majd az x tengellyel párhuzamos pálya után folyamatosan változó szöggel halad a szerszám, ahogy az a képen is látszik. A 8. és a 9. szerszámhálya nagyon hasonló egymáshoz, mivel mind a két esetben a szerszám egy spirális pályát ír le kontúrkövetéssel. Az egyik esetben a munkadarab belsejétől halad kifelé a szerszám, míg a másik esetben kintről befelé. A 10. munkadarab 5 tengelyes tengelyes megmunkálással készült. Ebben az esetben a szerszám is be volt döntve a megmunkáláshoz kedvező pozícióba [1] [2] [3].



3. ábra - Alkalmazott CAM stratégiák

A megmunkálást egy Mazak 410 A-II CNC megmunkáló központon lett végrehajtva, a CNC programok pedig CATIA v5 CAD / CAM rendszer segítségével lettek előállítva.

A felületi érdesség mérése egy Mahr-Perten GD120 kontak mérőgépen történt. Rz értékek lettek rögzítve a mérés során x -tengellyel megegyező irányban. A vizsgálat során a marás irányára merőleges méréseket egyrészt az alkatrészek geometrija gátolta másrészt egyes CAM stratégiánál nem valósítható meg. A homorú munkadarab alsó pontján a tapintó kinyúlása gátolta a mérést, míg a 7. számú munkadarabon a marás iránya folyton változik, így nem lehet a megmunkálás irányára merőlegesen mérni. Ezért csak x irányban lettek megmérve a darabok, tudva, hogy így a kapott eredmények torzulnak. A mérési helyek a 4. ábrán látható.

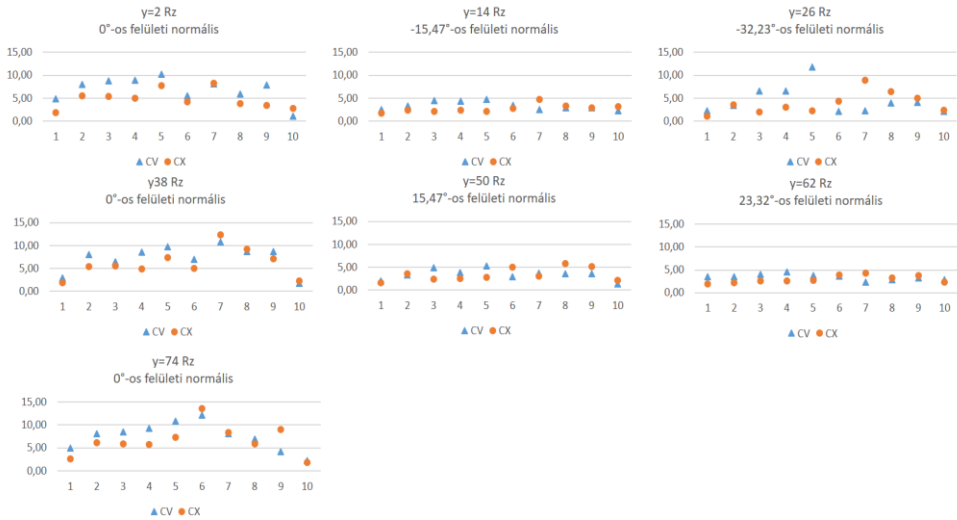


4. ábra - Mérési pontok

Az ábrán is látható, hogy a mérési pontoknál a felületi normálisok értéke folyamatosan változik. A mérések során a felületi normálisok a következők voltak: 0° , $-15,47^\circ$, $-32,23^\circ$, 0° , $32,23^\circ$, $15,47^\circ$, 0° . A felületi normálisok a konkáv és a konvex munkadarabnál hasonló mértékben változtak, csak az ellenkező irányba.

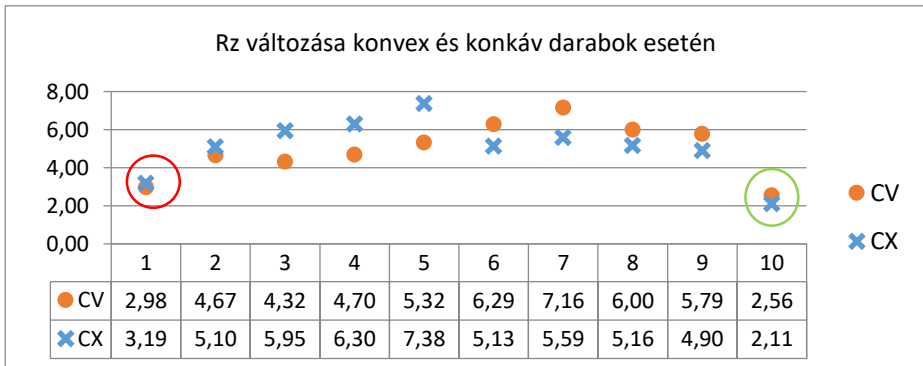
3 Eredmények és kiértékelésük

A felületi normálisok szerinti Rz értékek a következők szerint alakulnak. Az 5. ábrán látható diagrammok három mérés átlagértéke alapján készültek. Jól látszik, hogy a konkáv (CV) daraboknál szinte minden mérési pontban rosszabb értékeket kapunk. Szintén jól kivehető, hogy az 5 tengelyes megmunkálással készült darabok értékei a legjobbak. Minél jobban eltér a felületi normális a 0°-tól annál jobb minőséget kapunk.



5. ábra - Felületi normálisok szerinti Rz értékek munkarabonként

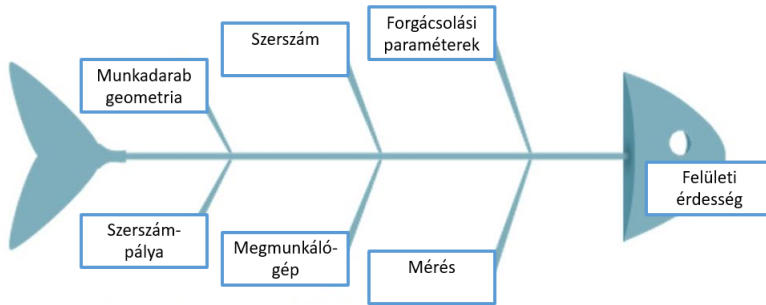
A felület egészének jellemzésére az összes mért érték átlagát használtuk, mely eredmények a 6. ábrán láthatók. A diagramból látszik, hogy az 5 tengelyes megmunkálás rendelkezik messze a legjobb felületi érdesség értékekkel. Ennek oka, hogy 5D marás esetén a szerszám dolgozó átmérője közel állandó a megmunkálás során.



6. ábra - Felületi normálisok szerinti Rz értékek átlagértéke

A 1-es munkadarab felületi érdessége is jónak tűnik az adatok alapján, de ez nagyon csalóka. Ebben az esetben a marás iránya megegyezik a mérés irányával. Ilyenkor torzul legjobban a kapott

eredmény, mert szabályos mérés esetében a megmunkálásra merőlegesnek kell lenni a mérés irányára. Szabályos mérésre viszont itt nem minden esetben volt lehetőség. A mérés kontaktmódszer segítségével történt, így a bonyolult geometria gátolta a hozzáférhetőséget. Optikai mérések esetén is találkozhatunk ezzel a problémával. A szerszám-pálya bonyolultsága szintén egy olyan probléma, mely akadályozza a szabályos mérés végrehajtását. Ez a 7. darab szerszám-pálya esetében jól látszik (3. ábra).



7. ábra - Felületi érdességet befolyásoló tényezők

A 7. ábrán látható a szabad formájú felületek érdességét befolyásoló tényezők. A mért érdességi értéket számos tényező befolyásolja, mint a munkadarab geometria, a szerszám, a forgácsolási paraméterek, a szerszám-pálya jellege, a megmunkáló-gép tulajdonságai és nem utolsósorban az érdesség mérési módszere.

A mostani kísérlet során a következő következtetéseket vontuk le:

- A konkáv munkadarabok felületi érdességi értékei szintem minden esetben rosszabb, mint a hasonló geometriával rendelkező konvex daraboké.
- Az öt tengelyes megmunkálással, sokkal jobb felületi minőség állítható elő.
- A szabályos mérés sok esetben nem megoldható vagy a munkadarab geometriája vagy a szerszám-pálya bonyolultsága miatt. Ez torzítja a mérési eredményeket.

Arra a kérdésre viszont még keressük a választ, hogy a szabad formájú felületek esetében hogyan jellemezhető a felületi érdesség egyetlen mérőszámmal, hiszen a szabályos mérés problémába ütközik. Megoldást jelenthet a felületi topográfia, de itt is adódik a kérdés, hogy a felület mely részét vizsgáljuk, hogyan hozható létre egyetlen, a felületi érdességet jellemző érték.

4 Hivatkozások

- [1] Adriano Fagali de Souza, Adriane Machado, Sueli Fischer Beckert, Anselmo Eduardo Diniz (2014). Evaluating the roughness according to the tool path strategy when milling free form surfaces for mold application. ScienceDirect, CIRP 14 (2014) 188-193
- [2] X. F. Zhang, J. Xie, H. F. Xie, L.H. Li. (2012) Experimental investigation on various tool path strategies influencing surface quality and form accuracy of CNC milled complex freeform surface. Int J Adv Manuf Technol (2012) 59:647–654. DOI 10.1007/s00170-011-3515-z
- [3] Peter Izol, Jozef Beno, Miko Balázs (2011) Precision and Surface Roughness When Free-Form-Surface Milling. (2011) Manufacturing Engineering, 70-73



Statisztikai és lágyszámítási módszerek összehasonlítása fenomenológiai modellek esetén

Comparison of statistical and soft computing methods in case of phenomenological models

¹Lukács Judit, ²Török Árpád

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest,
Magyarország, e-mail: lukacs.judit@bgk.uni-obuda.hu

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés és Járműmérnöki Kar, Budapest,
Magyarország, e-mail: arpad.torok@gjt.bme.hu

Összefoglalás

A kis intenzitású ütközések a közúti balesetek egy kiemelt csoportját takarja. Vizsgálataik során számos probléma adódik. Elsődleges kérdés az incidens észlelhetőségének megítélése. Ez a közlemény az esetek hallás útján történő érzékelésének vizsgálatát elősegítő módszereket (válaszfelületek módszere és Sugeno típusú fuzzy következtetés) hasonlítja össze, melyek az utasterben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint meghatározására alkalmasak. Megállapításra került, hogy fuzzy következtetéssel jobb pontosság érhető el (-0,57...0,33%). A megfelelőséget reziduum vizsgálatok is alátámasztották.

Kulcs szavak: akusztikai vizsgálatok, egyenértékű hangnyomásszint, válaszfelületek módszere, lágyszámítási módszerek, Fuzzy következtetés

Abstract

Minor collisions belong to a special section of road accidents. In case of their investigations, several problems have to be faced. The key question is the perceptibility of the incidents. This article provides the comparison of different types of techniques (response surface methodology and Sugeno type fuzzy inference system) that are able to predict cabin noise level. It was stated that the accuracy of the fuzzy based model is higher (-0,57...0,33%). In addition, the conformity was verified by investigating the residuals.

Keywords: acoustic measurements, equivalent continuous sound pressure level, response surface methodology, soft computing methods, Fuzzy inference

1 Bevezetés

A közlekedési balesetek elemzése a közlekedésbiztonság növelésének egyik legfontosabb eleme. Azonban megállapítható, hogy ennek a legkiszámíthatatlanabb tényezője maga az ember. Különösen nehéz objektív megállapításokat tenni ugyanis olyan kérdésekben, amelyek vizsgálatokor kifejezetten előlányekre jellemző tulajdonságokat kell megítélni. Ebbe a csoportba tartozik maga az észlelés, észlelhetőség kérdésköre is.

Az emberi érzékszervek megfelelő körülmények között igen érzékenyek a környezeti

változásokra [1]. Az ütközések detektálhatóságának értékelése azonban csak komplex módon, több érzékterület együttes vizsgálatával elemezhető, melyek a látás, a hallás és az egyensúlyérzet megváltozása [2]. Ezen felül a közúti balesetek esetén az érzékelhetőség a szándékossággal is összefüggésbe hozható.

Az járművek ütközéseinek egy speciális csoportját képezik az úgynevezett kis intenzitású ütközések, melyek igen alacsony sebességgel ($v=1...5$ km/h) valósulnak meg [3]. Ezen esetek elemzése során számos probléma merül fel a baleset bekövetkezésének észlelhetősége kapcsán:

- rossz látási viszonyok jellemzőek, így a láthatóság megítélése nehézkes;
- az ütközést kísérő hanghatás az emberi érzékelés határán mozog, a hallhatóság vizsgálata sok tényezőtől függ;
- az ütközési energia nagyságrendje kicsi, az eset egyensúlyérzet megváltozásán alapuló észrevétele nem egyértelmű [4][5].

További problémát jelenthet az a tény is, hogy a bagatellütközéseket követően magán a járművön sem tapasztalható jelentős mértékű anyagi kár, sokszor csupán minimális mértékű felszíni sérülések (pl. karcolások) láthatók. Az ütközési energia jelentős részét, vagy teljes egészét a könnyen deformálódó egységek rugalmas alakváltozás során felemésztik. Ez utóbbi a modern lökhárítórendszerekkel szemben támasztott előírásként is megjelenik [6].

Mindezen problémákon felül, a kis intenzitású ütközések látszólagos lényegtelensége ellenére nem elhanyagolhatóak. Ugyanis gyakran bekövetkezik lágyrészek, valamint a nyaki gerincoszlop sérülése, mint orvosi következmény [7]. Ezen felül az érintett jármű teherviselő elemei is maradó alakváltozást szenved el, mely későbbi balesetek során eredményez az indokoltnál lényegesen súlyosabb roncsolódást.

A hallás útján történő észlelhetőség több tényező együttes függvénye, melyek egy része külső (környezeti), míg a többi belső eredetű: jármű üzemmódotól, segédberendezések működéséből, utasok kommunikációjából, egyéb belső forrásokból származik. Ezek közül kiemelt szerepe van az utastér szellőztetéséből [8], valamint a motor felől érkező zajhatásoknak [9].

Jelen tanulmányban az ütközések hallhatóságának vizsgálata során alkalmazható matematikai módszerek kerülnek összehasonlításra, melyek az utastérben kialakuló egyenértékű hangnyomásszint számítására alkalmasak.

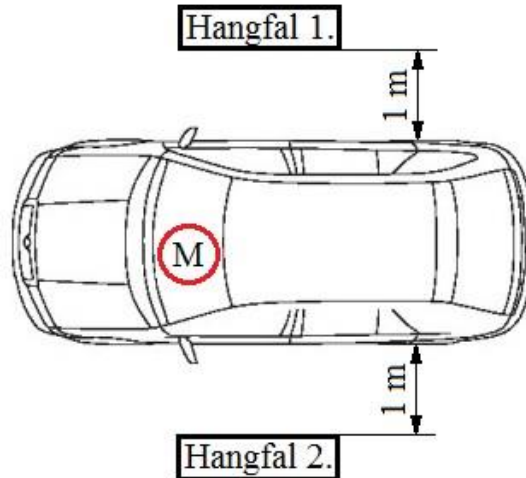
2 Alkalmazott módszerek

2.1 Mérési módszerek

A hangtani vizsgálatokat egy 2004-es évjáratú SKODA Fabia Combi személygépjárművön hajtottuk végre.

A vizsgálatok során két bemenő paramétert; a vizsgálatba vont jármű üzemmódotát (x_1 , dB), valamint a külső környezetből érkező gerjesztő hanghatást (x_2 , dB) három szinten változtattuk. Ezek lehetséges kombinációi adták a vizsgálati pontokat.

Az akusztikai mérések kivitelezése során szabványban rögzített [10], valamint szakirodalmi ajánlásokat [11] egyaránt figyelembe vettünk. Két Hohner Stereo 50+ hangfal került a gépkocsi két oldalán, attól 1 méteres távolságban elhelyezésre. A Svantek 959 zajszintanalizátor a járművezető jobb fülének magasságában volt rögzítve. Rögzítésre került az utastérben kialakult egyenértékű hangnyomásszint (L_{Aeq} , dB) értéke, mely az utastér hangminőségének számszerűsítésére megfelelő változó.



1. ábra Mérési elrendezés

2.2 Kiértékelés módszerei

A mérések kiértékelése során két eltérő jellegű módszert alkalmaztunk.

A válaszfelületek módszere (Response surface methodology, RSM) alkalmas eljárás a független (bemeneti) változók és a kimenet (függő változó) közötti kapcsolat matematikai leírására. Ez a válaszfüggvény, mely a bemenő paramétereket, azok második hatványát és keresztszorzatát tartalmazza az (1) egyenlet szerint:

$$y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2 + F \cdot x_1 \cdot x_2 + \varepsilon \quad (1)$$

ahol y a függő változó,

x_1, x_2 , a bemenő paraméterek,

A, B, C, D, E, F empirikus konstansok,

ε a modell hibája.

A mérésorozat kiértékelésekor további szignifikanciavizsgálat is végrehajtásra kerül, melynek eredménye alapján felírható redukált empirikus modell [12][13].

A statisztikai módszerek alkalmazása azonban elsősorban akkor célszerű, amikor megfelelő méretű adatbank áll rendelkezésre a keresett összefüggések részletes elemzésére. Sok esetben azonban a információhalmaz nem elégséges, hiányos. Továbbá számos olyan helyzet adódik, amikor a precizitásnál előbbre való a tényközlés. Ilyen esetekben jól alkalmazhatók a lágyszámítási eljárások, melyek rugalmasságuk révén jobb eredményt adhatnak a matematikailag nehezen kezelhető problémák leírásakor [14].

A fuzzy logika és a fuzzy következtetés Zadeh [15] nevéhez fűződik, lehetővé teszi a kétértékű logika kiterjesztését, így a határátmenetek jobb kezelhetőségét. Jól alkalmazható, ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű információ a vizsgált rendszerről.

A mérési eredmények kiértékelését Sugeno típusú fuzzy következtetés felhasználásával is végrehajtottam.

A vizsgálatok során rögzített pontokat alkalmaztuk modellalkotáásra, majd a megfelelőség és pontosság tanulmányozását további confirmáló mérési pontok kiértékelésével is végrehajtottuk. Ezek olyan beállítási paramétereket tartalmaznak, melyek az eredetileg meghatározott értéktartomány elemei, viszont a megadott kombinációkat a modellek megalkotásakor nem vettük figyelembe. Így tanulmányozható a modellek köztes pontokban való viselkedése.

3 Eredmények

A válaszfelületek módszere során a mérési eredmények felhasználásával létrehozott empirikus összefüggés az utastérben tapasztalható egyenértékű hangnyomásszint meghatározására a (2) egyenlet szerint alakul:

$$L_{Aeq} = -28,24 + 15,92 \cdot x_1 + 1,0584 \cdot x_2 - 0,1717 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

ahol L_{Aeq} , dB, az egyenértékű hangnyomásszint,
 x_1 , a jármű üzemállapota, mint minőségi változó,
 x_2 , dB, a külső forrásból eredő gerjesztő hanghatás.

A fenomenológiai modell megfelelő pontossága, jósága statisztikai úton, reziduum vizsgálatokkal került alátámasztásra. Megállapítható az 1. táblázat alapján, hogy a modellalkotáásra használt mérési pontokban, valamint a confirmálásra használt beállítások esetén is jól közelíti a mért eredményeket (-1,94...2,87%), így alkalmas az utastér zajszintjének számszerűsítésére [16].

1. táblázat Statisztikai és lágyszámítási eljárások pontosságának összehasonlítása

Mérési pont	L_{Aeq_m} , dB	L_{Aeq_RSM} , dB	ΔL_{Aeq_RSM} , %	L_{Aeq_F} , dB	ΔL_{Aeq_F} , %
1	47,2	47,12	-0,18%	47,1	-0,21%
2	57,45	56,96	-0,86%	57,5	0,09%
3	72,75	73,15	0,55%	72,7	-0,07%
4	49,35	50,81	2,87%	49,2	-0,30%
5	60,2	59,05	-1,94%	60,1	-0,17%
6	72,65	72,62	-0,04%	72,6	-0,07%
7	55,35	54,50	-1,56%	55,3	-0,09%
8	60,4	61,15	1,22%	60,5	0,17%
9	72,15	72,09	-0,09%	72,3	0,21%
10	59,9	59,60	-0,50%	60,1	0,33%
11	53,6	53,29	-0,58%	53,4	-0,37%
12	69,7	69,37	-0,47%	69,3	-0,57%

A vizsgálatok fuzzy következtető rendszerrel való kiértékelése során Sugeno típusú következtetést alkalmaztunk. Az egyes halmazok leírása háromszög és trapéz alakú tagsági függvényekkel történt. A modellépítéshez ez esetben is az 1. táblázat 1-9 sorának értékei, míg a megfelelőség vizsgálatához az 1-12. sort alkalmaztuk.

Megállapítható, hogy jobb pontosság érhető el Sugeno típusú fuzzy következtető rendszer alkalmazásakor, ekkor ugyanis a fenomenológiai modell pontossága -0,57...0,33% között alakul. Továbbá reziduum vizsgálatok alátámasztották a reziduumok 0-hoz közeli várható értékét, alacsony szórását, valamint normál eloszlását. Ezen felül heteroszkedaszticitás szempontjából is megfelelőek [17].

4 Konklúzió

Akusztikai vizsgálatokon alapuló empirikus modelleket alkottunk az utastérben kialakuló zajszint számszerűsítésére.

Megállapítottuk, hogy a reziduumok nagyságrendje mindkét légyszámítási eljárás esetén megfelelően kicsi: válaszfelületek módszere esetén $-1,94...2,87\%$, azonban Sugeno következtetés esetén kisebb eltérések ($-0,57...0,33\%$) tapasztalhatók a modellalkotási és konfirmáló beállítások együttes értékelése során.

Továbbá Sugeno típus alkalmazásának esetén a reziduumok várható értéke 0, szórása igen kicsi és eloszlása normális.

Mindezeket egybevéve a különböző típusú (statisztikai és légyszámítási) eljárások elemzése alapján megállapítható, hogy a Sugeno következtető rendszeren alapuló empirikus modell tekinthető jobbnak.

További vizsgálatok során szeretnénk vizsgálni a megalkotott fenomenológiai modellek általánosítóképességét, melyet további járműtípusok vizsgálatba vonásával fogunk megvalósítani.

Köszönetnyilvánítás

A kutatáshoz az Új Széchenyi Terv keretein belül az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg, mely támogatáshoz ezúton szeretnék köszönetet mondani.

Külön köszönet illeti Szabó Dánielt, a Zajkontroll Kft munkatársát a mérések során nyújtott segítségével.

5 Hivatkozások

- [1] Melegh, G. (2004). Gépjárműszakértés. Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft
- [2] Schneider, S. (2005). "Unfallflucht" – oder war der Anstoß für den Fahrer nicht wahrnehmbar?. Verkehrsbund Ruhr-Rhein 6/2005.
- [3] Schmedding, K. (2011). Leichtkollisionen. Wahrnehmbarkeit und Nachweis von Pkw-Kollisionen. Vieweg+ Teubner Verlag. 2012, ISBN 978-3-8348-2006-8; DOI 10.1007/978-3-8348-2007-5
- [4] Irmeler, J. (2016). Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil 1, VKU 7/2016. S. 260-274.
- [5] Irmeler, J. (2016). Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil 2, VKU 9/2016. S. 308-314.
- [6] ECE-R 42 (1980). Uniform Provisions Concerning The Approval Of Vehicles With Regard To Their Front And Rear Protective Devices (Bumpers, Etc.), United Nations
- [7] Meyer, S., et al. (1999). FIP - Forward Inclined Position. Insassenbelastung infolge vorgebeugter Sitzposition bei leichten Heckkollisionen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 7/8/1999
- [8] Angelescu, A., Catalina, T., Vartires, A. (2017). Acoustic Measurements inside a Vehicle with Different Air Prototype Diffusers. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration*, 14(1), 15.
- [9] Parizet, E., Nosulenko, V., Amari, M., Lorenzon, C. (2005). Free verbalizations analysis of

- the perception of noise and vibration in cars at idle. *Acta Acustica united Acta*, (Suppl 1).
- [10] ISO 5128-1980 (1980). Measurement of Noise inside Motor Vehicles
- [11] Putra, A., Munir, F. A., Juis, C. D. (2012). On a simple technique to measure the airborne noise in a car interior using substitution source. *International Journal of Vehicle Noise and Vibration*, 8(3), 275-287.
- [12] Johanyák, Cs. Z. (2002). Bevezetés a kísérletmódszertanba.
- [13] Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2006). Response surface methodology- Process and Product Optimization Using Designed Experiments, John Wiley and Sons, Inc., ISBN 978-0-470-17446
- [14] Johanyák, Cs. Zs. (2004). Fuzzy következtetési módszerek. Főiskolák Matematika, Fizika és Számítástechnika Oktatóinak XXVIII. Országos Konferenciája
- [15] Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, 8(3), 338-353.
- [16] Lukács, J., Melegh, G. (2019). Response surface methodology for objective evaluation of vehicle interior noise. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration* 16 (1) pp. 52-57.
- [17] Lukács, J. (2020) A fuzzy approach for in-car Sound quality prediction. *Acta Polytechnica Hungarica* – elfogadva



Artificial Intelligence in Maintenance: The Industrial Application of Natural Language Processing

¹Szűcs, Balázs, ²Dr. Ballagi, Áron

¹AUDI HUNGARIA Zrt., 9027 Győr, Hungary, Balazs.Szucs@audi.hu

²Széchenyi István Egyetem, Department of Automation, 9026 Győr, Hungary, ballagi@sze.hu

Abstract

Text- and natural language processing improved a lot in the recent years. Applications like translators, chatbots and virtual assistants made the everyday life easier, but the industrial use of the technology and its potential in the maintenance planning remained unexploited. In this paper we present two possible ways how to utilize these algorithms to achieve their positive benefits. For humans it's often impossible to handle historical maintenance data and error logs due to their enormous amount or because the descriptions of errors are subjective. With the analysis of error messages, maintenance and shift logs, the correlations between failures and events can be detected, thus the effectiveness of the maintenance planning and the interventions can be increased.

Keywords: maintenance; industry 4.0; machine learning; artificial intelligence; natural language processing

1 Introduction

The artificial intelligence and the machine learning methods improved a lot in the recent years, more and more application modes are being introduced every year. In the era of social media the value of the data has increased, as a result, the pace of development has accelerated. New, more sophisticated methods have extended to other disciplines. The effect of these methods are rising in health sciences, healthcare and financial areas.

The industrial sector is no exception; researches are under way to exploit the potential of artificial intelligence methods. Lee et al. [1] presented a condition based predictive maintenance system to predict machine tooling faults. Liu et al. [2] showed a method to diagnose the fault of rotary machines. Pelham & Hockley [3] used NLP to analyse short maintenance logs. Stenström et al. [4] demonstrated a potential use case of NLP to analyse rail infrastructure maintenance logs. It can be stated, that several researches going on in the field of maintenance, artificial intelligence and natural language processing, however there is no paper found on the potential of NLP in the manufacturing industry.

In the following sections we will show two potential use case of utilizing natural language processing in the industry to improve machine maintenance efficiency.

2 Natural language processing

Natural language processing (NLP) is a subfield of linguistics and artificial intelligence. The aim of NLP is to convert the natural language from human interpretable form to computer interpretable form. The NLP methods grant the ability to computers to understand the natural language. NLP is used for machine translation, speech recognition, language and text generation,

question answering and for automated chatbots. Nowadays NLP is popular in medical science, healthcare, social media, advertising industry, human resources and in other services, but the potential in the industrial usage remains unexploited.

2.1 Pre-processing

To transform the digitalized text to computer interpretable, well-defined sequence of tasks have to be done. To parse the text corpus the first step is the pre-processing. During the pre-processing the text document can be segmented to smaller parts or sentences, the terms without relevant information like punctuations and stop words can be removed.

There are other pre-processing steps for information extraction, like lemmatization, stemming, part-of-speech (POS) tagging, etc. Lemmatization removes inflectional endings only and returns the base dictionary form of a word. Stemming reducing inflected or derived words to their root form. POS tagging determines the part-of-speech tags for each word.

2.2 Tokenization

After the pre-processing it's necessary to convert the human readable characters, words or sentences into numerical values. This can be done via tokenization, where each sentence, word or n-gram is associated with a numerical value and added to list or dictionary. An n-gram is a contiguous sequence of n items from a given text, it can be created from words, and word based characters and characters too. Some of the pre-processing steps, like POS tagging also include tokenization steps.

To convert the text to numbers, weighting or vectorization functions, like term frequency (TF), inverse document frequency (IDF) or the combination of previous methods, the term frequency-inverse document frequency (TF-IDF) frequently used [7].

Term frequency TF, also denoted as $tf(t,d)$ counts the number of times each term t occurs in each document d . Typical weighting function shown in 1. Table. Log normalization and double normalization are used to prevent bias towards longer documents. The value of α is usually set to 0.5.

Table 1. Term frequency weighting schemes

Weighting scheme	Weight
Binary	0, 1
Raw count	$f_{t,d}$
Term frequency	$\frac{f_{t,d}}{\sum_{t \in d} f_{t,d}}$
Log normalization	$\log(1 + f_{t,d})$
Double normalizations	$\alpha + (1 - \alpha) \frac{f_{t,d}}{\max_{\{t \in d\}} f_{t,d}}, 0 < \alpha < 1$

The inverse document frequency, IDF (Eq.5) is a measure of how much information the word provides, i.e., if it is common or rare across all documents.

$$idf(t, D) = \log \frac{N}{|\{d \in D: t \in d\}|} \quad (1)$$

The **inverse document frequency, IDF** (Eq.2) is a measure of how much information the word provides, i.e., if it is common or rare across all documents.

$$idf(t, D) = \log \frac{N}{|\{d \in D: t \in d\}|} \quad (2)$$

N : total number of documents in the corpus: $N = |D|$

$n_t = |\{d \in D: t \in d\}|$: Number of documents where the term t appears, often adjusted to $1 + |\{d \in D: t \in d\}|$ to avoid division-by-zero.

Table 2. Inverse document frequency weighting schemes

Weighting scheme	Weight ($n_t = \{d \in D: t \in d\} $)
Unary	1
Inverse document frequency	$\log \frac{N}{n_t} = -\log \frac{n_t}{N}$
Inverse document frequency smooth	$\log \left(\frac{N}{1 + n_t} \right)$
Inverse document frequency max	$\log \left(\frac{\max_{\{t \in d\} n_t}}{1 + n_t} \right)$
Probabilistic inverse document frequency	$\log \left(\frac{N - n_t}{n_t} \right)$

A high weight in **TF-IDF** is reached by a high term frequency (in the given document) and a low document frequency of the term in the whole collection of documents; the weights hence tend to filter out common terms.

$$tfidf(t, d, D) = tf(t, d) \cdot idf(t, D) \quad (3)$$

2.3 Toolbox

We used Python to design, build and evaluate machine learning (ML) algorithms and models. Python is an interpreted, high-level, general-purpose programming language, which is very popular in data science, ML and AI. To build our models we used the libraries scikit-learn [6], NLTK [7], spaCy [8]. These libraries are open-source and highly supported by the data science and AI community.

2.4 Summary

The above mentioned techniques also called *word embedding* which is a collective name to methods where words or phrases from the vocabulary are mapped to vectors of real numbers. There are other groups of complex models, like the Word2Vec [9].

At the end of the *NLP pipeline* the *corpora* is ready to feed into the machine learning algorithms and deep neural networks for classification or other task. In the following sections we are showing how to use these methods for maintenance log analysis and entity based error message analysis, which we use to improve maintenance effectivity.

3 NLP analysis of maintenance log

Most manufacturing companies records the maintenance activities, part replacements and machine refurbishments. The goal of this activity is to create a statistics from machine downtimes, analyse maintenance times and intervals, error causes, maintenance cost, improve maintenance process and to track quality relevant interventions. These logs are usually man-made, which consists differences in wording of fault descriptions for similar or the same faults. Even with few numbers of production machines, the unique wordings and the increasing amount of records over time makes harder to detect patterns and correlations between failures. To aid this problem, NLP and unsupervised learning comes in handy.

The log consist 343 record for 79 machines. To cluster the records and to detect similarities we used unsupervised NLP clustering. The fault descriptions are labelled (fault nature and fault class), the dataset would be a good starting point to train classification models, but the number of samples are too few, the model would not generalize well.

To cluster the samples first we pre-processed the text corpora. We removed the punctuations with the method of regular expression matching, then the stop words like “*repaired*”, “*replacement*”, “*after replacement*”, *etc.* These terms are additional information to the reader (for e.g.: “*Workpiece positioning pin break. After replacement OK.*”), they mean the repairing is done, but have no additional information about the fault. As the part of the pre-processing steps, we converted the text to lowercase. This step is usually recommended, it can reduce the number of tokens, because during the tokenization the same words or n-grams which begins with capitals, or contains capital letters, treated as one term.

For tokenization we used n-grams: we have split each word to unigrams, bigrams and trigrams, than we count their term frequency (TF) in each document. Longer n-grams, like trigrams or four-grams recommended when we dealing with languages which contains *digraphs*.

The tokenization and the token counting creates a *vocabulary*, a *sparse matrix* that contains the n-gram terms count frequency. In the columns are the n-grams, in the rows. This numerical representation of the documents made it available to feed them into machine learning algorithms.

To cluster the error logs, we used the *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)* [10] algorithm. DBSCAN groups together points that are close to each other based on a distance measurement. To measure the distance between the sparse vectors we used cosine similarity. Cosine similarity is used to measure the angle between two normalized vectors, thus to calculate the similarity of the vectors. [11]

As the result of the clustering, from the 343 maintenance log, 169 records were grouped together to separate clusters. That means 49.27 % of the faults are recurring. The other 174 record are unique entry.

By analysing the repetitive faults, the maintenance strategies tasks can be improved, or the serious fault can be avoided. The above example shows that, that the simplest NLP analysis can boost the maintenance efficiency. Further goals is to extend the analysis to longer term records.

4 NLP Aided Maintenance

Besides manually recorded maintenance logs there are automatically recorded fault message logs. A moderately complex production machine can have more than thousands of error messages. These messages are generally addressed to the operators. But there are complex faults, which cannot be solved by the operator alone, despite the error messages known. As well as, there are cases when the expertise personnel cannot solve the problem as soon as possible. To help the solution of errors, NLP can be used.

In some cases, the operator does not know where the exact fault location is, or who the right, expertise person to notify is. These problem can be solved by the named entity recognition (NER). The named entity recognition identifies the entities in a document, text corpora or in a fault message. These entities can be persons, locations or even machine parts or components. Knowing the source of fault, the fault location can be visualised on the machine blueprint, the component documentation can be display automatically and the right person can be notified automatically.

To train our named entity recognition, we analysed 4533 fault messages. The messages belongs to industrial washing machines, turning, grinding and milling machines. To speed up the analysis, we used in the previous section presented method.

After the pre-processing (punctuation and stop word removal) steps, we split the error messages to unique 2891 words, then we clustered them. Since the error messages contains partially repetitive parts, that means the component names are repetitive, the TF-IDF vectorization was ineffective, because the TF-IDF weights filter out the common terms. We used TF vectorization. To cluster the entities we also used DBSCAN here.

After clustering 2192 were clustered successfully, after revision we used this clusters to label our data. 699 term had to be categorized and labelled by hand. We identified 70 categories, each for on entity. The performance of the model shown in Table 3.

Table 3. The models Precision, Recall and F-Score

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-Score</i>
94.67	92.99	93.82

Due to the automatic recognition of machine components, the right maintenance personnel can be notified automatically, thus the maintenance effectivity can be increased.

5 Conclusion

The NLP analysis of maintenance logs and error messages provides promising result. As seen above, the presented methods are well applicable to speed up and improve the maintenance processes and the maintenance strategies. The formerly mentioned techniques can delivers fast results, especially when large scale, long-term maintenance logs are available.

The terminology of maintenance and industrial processes differs from the everyday language, but with appropriate pre-processing, the identification of the relevant stop words and the proper weighting functions, the processing of maintenance logs and fault messages are just as simple as the processing of average texts.

The machine learning methods, also the natural language processing have great potential in the industrial sector. The application of these algorithms can improve the quality of products, manufacturing and control processes [12], and the maintenance processes and strategies, thereby the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of the production facilities. Further research on this topic is recommended.

6 Further goals

Besides improving the presented models and methods, further goals are to visualise the faulty machine components on the machine blueprints and layouts, to load the corresponding documentations and drawings of the components automatically, and based on the fault messages to display similar faults and their potential solutions from maintenance logs with using machine

learning algorithms. To extend these models behaviour with the analysis of the process signals and diagnostic measurements, to achieve prescriptive maintenance is also the aim of the further work.

7 References

- [1] Lee, W. J. et al. (2019). Predictive Maintenance of Machine Tool Systems Using Artificial Intelligence Techniques Applied to Machine Condition Data. *Procedia CIRP*. 80. 506-511. doi:10.1016/j.procir.2018.12.019.
- [2] Liu, R., Yang, B., Zio, E. & Chen, X. (2018). Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 108. 33-47. doi:10.1016/j.ymsp.2018.02.016.
- [3] Pelham, J.G., & Hockley, C. (2017). Analysis of Short form Maintenance Records for NFF Using NLP, Phrase Matching, and Bayesian Learning.
- [4] Stenström, C., Aljumaili, M. & Aditya, P. (2015). Natural language processing of maintenance records data. *International Journal of COMADEM*. 18. 33-37.
- [5] TF Manning, C.D., Raghavan, P. & Schütze, H. (2008). "Scoring, term weighting, and the vector space model" (PDF). *Introduction to Information Retrieval*. p. 100. doi:10.1017/CBO9780511809071.007. ISBN 978-0-511-80907-1.
- [6] Pedregosa et al., (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python, *JMLR* 12, pp. 2825-2830
- [7] Bird, S., Loper, E. & Klein, E. (2009). *Natural Language Processing with Python*. O'Reilly Media Inc.
- [8] Honnibal, M. & Montani, I. (2018). spaCy 2: Natural language understanding with Bloom embeddings, convolutional neural networks and incremental parsing. To appear.
- [9] Goldberg, Y. & Levy, O. (2014). "word2vec Explained: Deriving Mikolov et al.'s Negative-Sampling Word-Embedding Method". arXiv:1402.3722 [cs.CL].
- [10] Ester et al. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96)*. AAAI Press. pp. 226–231. CiteSeerX 10.1.1.121.9220. ISBN 1-57735-004-9.
- [11] Singhal, A. (2001). *Modern Information Retrieval: A Brief Overview*. *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, 24, 35--43.
- [12] Szűcs, B. & Ballagi, Á. (2019). Reducing Pseudo-error Rate of Industrial Machine Vision Systems with Machine Learning Methods, *Acta Technica Jaurinensis*. doi: 10.14513/actatechjaur.v12.n4.511.



A mesterséges intelligencia társadalmi léptékű működése, a társadalmi kredit rendszere (nem csak) Kínában

The social dimension of artificial intelligence, the social credit system (not only) in China

¹Kollár Csaba

¹Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola. Budapest, Magyarország,
kollar.csaba@phd.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A tanulmány a mesterséges intelligencia léptékei közül a társadalmi léptékre fókuszál, aminek apropóját a 2020-ban Kínában bevezetésre kerülő társadalmi kredit rendszere adja. Egy olyan, mesterséges intelligenciával támogatott értékelő- és pontozórendszer, amelyik többek között az állampolgárok viselkedése alapján minősíti őket, ezáltal „vesztesekre” és „győztesekre” fragmentálva a társadalmat. Miközben a rendszer 2020-as bevezetése a publikus és hivatalos források szerint biztosra vehető, a rendszer információbiztonsági kihívásai, illetve az ezekre adható megoldási javaslatok kidolgozása nem feltétlenül mutatja egy megfelelően biztonságos rendszer képét. A tanulmány a téma általános bemutatása után a társadalmi kredit rendszerének néhány információbiztonsági problémájával is foglalkozik.

Kulcs szavak: társadalmi kredit rendszere, információbiztonság, Kína

Abstract

The study focuses on the social dimension of the scale of Artificial Intelligence, as part of the social credit system to be introduced in China in 2020. A system of evaluation and scoring supported by artificial intelligence that classifies them, among other things, based on the behavior of citizens. Thereby fragmenting society into „losers” and „winners”. While the introduction of the system in 2020 can be assured by public and official sources, the information security challenges of the system and the development of solutions to address them may not necessarily reflect the image of an adequately secure system. After presenting the topic in general terms, the paper also addresses some of the information security issues in the social credit system.

Keywords: social credit system, information security, China

1 Bevezetés

1.1 Néhány gondolat a mesterséges intelligenciáról

A mesterséges intelligencia a számítási kapacitások exponenciális növekedésének, a rendelkezésre álló robusztus adatmennyiségnek, a matematikai-statisztikai eljárások és módszerek fejlődésének, valamint a technológiák és megoldások (pl.: felhő alapú számítástechnika, big data analitika, szenzorhálózatok, vezetékes és vezeték nélküli hálózatok, közösségi média) egyre varratmentesebb összekapcsolódásának (szinergia) köszönhetően az élet szinte valamennyi területén, dimenziójában és léptékében megjelent [1], [2]. A testben, illetve a testen viselhető szenzorok és okoseszközök, az intelligens, önjáró járművek, az okosotthonok, a domotika által kínált

megoldások, az intelligens városok (beleértve a közlekedést, a szállítási és ellátási láncokat), illetve egy ország egészére, s így a társadalomra kiterjedő intelligensnek nevezett modern lehetőségek és alkalmazások ma már elképzelhetetlenek a mesterséges intelligencia által nyújtott támogatás nélkül [3].

1.2 Értékelő rendszerek, azonosítás régen és most

Az emberek, vállalkozások, szervezetek egyéni, illetve csoportos teljesítményének, vagy akár nagyobb léptékben egy város, egy régió, vagy egy ország teljesítményének az értékelése valamilyen szempontok alapján nem új keletű dolog. A marketingben és a kereskedelemben – különösen a fogyasztót/vásárlót beazonosító területeken (ilyen pl. a direkt marketing, az adatbázis marketing, az online marketing) – az adott informatikai színvonal és tudás birtokában már több évtizede foglalkoznak azzal, hogy a fogyasztási/vásárlási szokások elemzése alapján személyre szabott ajánlatokkal, különböző kedvezményekkel kedveskedjenek a fogyasztóknak, vásárlóknak, illetve aktivitásaik ismeretében értékeljék és szegmentálják őket [4], [5]. Az emberi erőforrás gazdálkodás (munkaügy) szakemberei a teljes HR folyamatban használnak értékelő módszereket (legújabbban KPI-okat) többek között a jelöltek kiválasztására, az egyéni és csoportos munkateljesítmény értékelésére. A banki és pénzügyi területen nyomon követhető a bankszámla tulajdonos aktivitása, s ennek alapján viselkedési/pénzhasználati klaszterbe sorolható, illetve a hitelfelvétel részét képező hitelbírálat során a bank megannyi dokumentum révén minősíti az ügyfelet. Amikor az állampolgár állami egészségügyi szolgáltatást akar igénybe venni, illetve adóügyeket intéz, akkor ezeknél a TAJ- illetve az adószám alapján történő személyazonosítás alapfeltétel. Az alap-, közép- és felsőfokú, valamint felnőttoktatásban természetes, hogy az oktatók a diákokat tanulmányi teljesítményük alapján értékelik, s a tanulók értékelésének az átlaga az adott tantárgy, osztály, iskola, stb. relációjában is értelmezhető. A továbbtanulásnál használt pontrendszer ugyancsak egy (objektív) értékelésen alapul. A közösségi média tudatosan épít a felhasználók aktivitásaira, így a regisztrált felhasználók lájkolhatnak, megoszthatnak, véleményt fejezhetnek ki, posztolhatnak. Ezek, illetve online kapcsolatrendszerük révén teljes online aktivitásuk megfigyelhető, értékelhető. A mobilkommunikációs eszközök technológiai háttere lehetővé teszi a felhasználók helyzetének közel pontos meghatározását, így nyomon követhető, hogy a felhasználó mely területeken aktív, éppen hol tartózkodik (kivel, kikkel együtt). De az is figyelemmel kísérhető, hogy a felhasználó a készülékével mikor, milyen alkalmazásokat használ, milyen tartalmakat néz meg. Az emberek többféle módon vehetők rá arra, hogy beazonosítsák magukat (regisztráljanak), majd így nyomon követhetővé tegyék aktivitásaikat. A hatalmi szó (törvények) mellett egyre gyakrabban jelenik meg a beazonosítás társadalmi elvárásként történő kommunikálása, illetve a gamification (játékosítás) is. Ez utóbbi – még komoly témáknál is – olyan jutalmazási rendszert használ, ahol többek között (virtuális) ajándékok, pontok, jelvények, újabb szintre lépés, kedvezmények, kiváltságok, újabb eszközök a játékhoz, virtuális fizetőeszközök, folyamat állapotát jelző csik töltődése, ranglistás helyek, státuszjutalmak segítségével hosszú távon fent lehet tartani az egyén érdeklődését és aktivitását.

2 A kínai társadalmi kredit rendszere

2.1 A rendszer előzményei

A társadalmi kredit rendszerének alap gondolatáról először 2002-ben Jiang Zemin főtitkár beszélt a 16. pártkongresszuson, kiemelve, hogy a kínai gazdaság és társadalom fejlődése érdekében javítani kell a modern piaci rendszeren, meg kell erősíteni és javítani kell a makrogazdasági szabályozást és ellenőrzést, ellenőrizni kell a pénzügyi hitelképességet (az vehessen fel hitelt, aki vissza is tudja fizetni), elő kell segíteni a piacon a bizalmat és a becsületes magatartást. A Kínai Jegybank már ezelőtt öt évvel, 1997-ben olyan intézkedéseket vezetett be, amelyek a késedelmes fizetések számának csökkentését célozták meg, illetve 2006-ban létrehozták a Hitelkeret Központot,

többek között azért, hogy minél több polgárról álljon rendelkezésre hitelriport. A Központ működését olyan törvényi keret támogatja, amelyik előírja, hogy a bankok és pénzügyi szervezetek kötelesek jelenteni ügyfeleik hitelképességét, illetve nem pénzügyi információk szerezhetőek bíróságoktól, kormányzati szervektől, távközlési vállalatoktól, adóhatóságtól, mely információk összekapcsolhatók. Az Állami Tanács tárcaközi konferenciája 2007-ben határozatot hoz a társadalmi kredit rendszerének fejlesztéséről, így többek között a keretrendszer megalkotásáról, a főbb politikai intézkedések kutatásáról és kidolgozásáról, a hibaelhárításról, valamint a politikai végrehajtás felügyeletéről azzal a céllal, hogy megfelelő legyen az információcsera a gazdasági és a kormányzati szereplők között. Három kiemelt feladatot fogalmaztak meg:

1. A piacgazdaság jobb hitelinformációs rekordjainak létrehozása
2. Hitelinformációs rendszerek létrehozása különösen a pénzügyi szektor számára
3. Hitelszolgáltató piac fejlesztése a kormányzat számára is átlátható adatokkal, információkkal

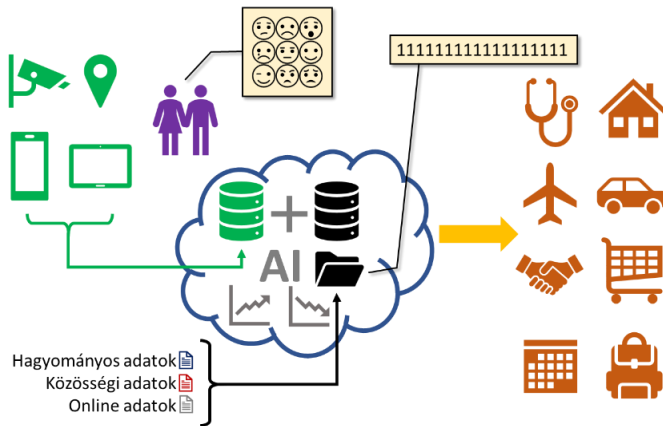
A társadalmi kredit rendszerét a 2020-as tervezett bevezetés előtt több régióban, városban, egymástól akár eltérő szempontok szerint is tesztelték (ezért van az, hogy a különböző források más-más rendszerről számolnak be). Ennek oka többek között az volt, hogy a rendszert működtető mesterséges intelligencia tanításához szükséges adatok/esetek társadalmi és gazdasági téren is egyaránt heterogének legyenek, mivel így sokkal kisebb az esélye a hibás tanulásból származó problémáknak. A tesztek közül a 2010-ben, Suining megyében, Jiangsu tartományban indított programot ismertetem röviden. Mindenki számára elérhető tömeghitellel (dazhong xinyong) jelentek meg, s mérték és értékelték az egyéni magatartást. Ennek alapján 1000 kreditpontot (jogi, közigazgatási, erkölcsi normák) tudtak összeszedni a polgárok, illetve négy kategóriába sorolták őket. A kategóriába sorolásnak következményei lettek: előnyös hozzáférés a foglalkoztatási lehetőségekhez, szigorúbb ellenőrzés, párttagság vizsgálata, hadseregbe való felvétel, köztisztviselő kinevezése, alacsony költségű állami lakások bérlési lehetősége, szociális jólét, vállalkozóvá válás támogatása, letelepedéshez szükséges engedélyek kiadása, állami támogatás, alacsonyabb kamatozású hitelek és a kormány által támogatott képzésen való részvétel lehetősége.

A 2018-as, 2019-es esztendőre letisztulni látszik a társadalmi kredit rendszere, így a kínai hivatalos források alapján biztosra vehető a rendszer 2020-as indulása. A társadalmi kredit rendszerének 1,3 milliárd kínai állampolgár adatait kell folyamatosan kezelnie. A különböző technológiákat és adatbázisokat összekapcsolják (lásd később), a polgárok azonosítása a személyi számuk alapján történik. Bár a rendszer fókuszában a polgárok vannak, de érintettsége kiterjed az egyének mellett a vállalatokra és az intézményekre is, vagyis a társadalom mellett a politika, az üzleti élet és az igazságszolgáltatás területére. A rendszer az érintettek viselkedését tekintve négy területre fókuszál: őszinteség a kormányzati ügyekben, üzleti becsületesség, társadalmi becsületesség, igazságügyi hitelesség. Az értékelésnek – a 2010-es példához hasonlóan – komoly következményei vannak, az érintettek jutalmakat, büntetéseket kapnak, illetve legrosszabb esetben feketelistára kerülnek.

2.2 A társadalmi kredit rendszerének általános rendszerábrája és működése

A társadalmi kredit rendszerének általános rendszerábrája az 1. ábrán látható. Működése a következő: A közterületen elhelyezett kamerák, valamint a hozzájuk kapcsolódó mesterséges intelligenciával támogatott közel valós idejű arcfelismerés segítségével az állampolgár beazonosítható. A beazonosítás lehetővé teszi az olyan kiegészítő információk rögzítését is, mint hogy az állampolgár hol, kivel együtt, esetleg milyen helyzetben/szituációban volt. Ezek az adatok bekerülnek a társadalmi kredit rendszerének felhőiben tárolt adatbázisokba, ahol a már rendelkezésre álló adatokkal (hagyományos adatok, közösségi adatok, online adatok) együtt lehetővé teszik az állampolgár értékelését, pontozását (ha például valaki a piros lámpa ellenére az

úttesten átmegy, vagy nyilvánosan szemetet, levonnak a pontjaiból). Ha az állampolgár sok pontot veszít (vagyis sok olyan dolgot tett, ami nem egyeztethető össze a rendszer által elvárt viselkedési normákkal), akkor feketelistára kerül.



1. ábra - A társadalmi kredit rendszerének általános rendszerábrája

A rendszer fontos részét képezi az, hogy a pontok alapján az egyént neveljék, illetve viselkedésének és magatartásának következményei alapján rávezzessék a társadalmilag helyes viselkedés és magatartás tanúsítására, mivel ellenkező esetben nem, vagy csak fenntartásokkal férhet hozzá a korlátozottan rendelkezésre álló társadalmi és közjavakhoz. Tanulmányomban nyolc következményt nevezek meg. 1. egészségügyi ellátás: várakozási idő csökkentése, várólistán előrébb/hátrébb sorolódás, VIP besorolás, kiemelt ellátás. 2. lakhatás: állami lakások bérleti díja függ a pontszámtól, lakásbérlet jobb környéken, kedvezményes hitelek lakásvásárláshoz, hitelfelvétel lehetősége csak rossz kondíciók mellett, hitelképtelenség. 3. utazás: lehetőség/tiltás külföldre, VIP besorolás, kedvezőbb jegyvételi lehetőség, hosszú várakozás, gyors becsekkolás. 4. autóbérlet és -vásárlás: nem lehet bérelni, kedvező bérleti lehetőség, nem lehet hitelt felvenni a vásárláshoz, kedvezőbb hitelfelvételi lehetőség. 5. üzleti élet: vállalkozóvá válás támogatása kedvezményes hitelekkel, vállalkozóvá válás tiltása, hozzáférés pályázati forrásokhoz, hitelképesség-minősítés. 6. vásárlás: értesítés a legújabb termékekről, vételi lehetőség a megjelenés napján, kedvezményes hitelek, gyors hitelbírálat, hosszú várakozási, sorban állási idők. 7. ügyintézés: VIP besorolás, hátrásorolás, gyors/lassú ügyintézés, kérvények gyors/lassú elbírálása. 8. oktatás: ingyenes/támogatott részvétel oktatási programokban, a szülők pontjai alapján a gyermekük bejuthat az elit oktatási intézményekbe, tanulmányi ösztöndíjak, kedvezményes tandíj.

3 Információbiztonsági kihívások

Tartalom- és dokumentumelemzés módszerével [6],[7] vizsgáltam meg három csoportban (kínai nyelven elérhető hivatalos dokumentumok, kínai nyelven elérhető ellenzéki vélemények, angol nyelven elérhető, nem a kínai ellenzékhez/kormányhoz köthető anyagok) a kínai társadalmi kreditről kialakult véleményeket, állásfoglalásokat. Jelen tanulmányomban ezek közül csak az adat- és információbiztonsági kihívásokat [8] [9] nevesítem: a mesterséges intelligencia hibái, adatbázis – struktúrahiba, adatbázisok összekapcsolási hibája, egyén illetéktelen követése, gépi tanulási hibák, hackerek támadása, hibásan működő szenzorok és aktuátorok, hivatalnokok és informatikusok (szándékos) károkozása, rendszerelemek közötti kommunikációs hiba, rossz, hibás adatelemzés és algoritmusok, visszaélés az egyén adataival és eszközeivel, visszaélés az egyén arcával, az arc módosítása, takarása.

A társadalmi kredit rendszerének közel hibamentes működése, illetve a hibák korrekt és objektív javítása elengedhetetlen ahhoz, hogy az általa vizsgált és értékelt állampolgárok (vagy legalábbis a rendszerhez nem kritikusan viszonyuló polgárok) bizalmát elnyerje. Ez a fent nevezett kihívások esetében többek között a következőket jelenti:

Amennyiben az arcfelismerés (ki, hol van) nem kongruál a személy mobiltelefonjának geolokációs adataival, akkor vagy az arcfelismerő algoritmus hibázott, vagy az egyén (szándékosan) módosította arcvonásait, hogy mást ismerjen fel az algoritmus, vagy a telefon nincs a tulajdonosánál, vagy ellopták tőle. Ezeknek a hibalehetőségeknek a mérlegelésétől függ például az egyén azonosítása, rendőri ellenőrzése, vagy segítése a telefonja megtalálásában.

A hibás arcfelismerésből eredő pontvesztésnél – amennyiben az egyén vétlen volt – biztosítani kell, hogy egyfelől megismerje idősoros értékelését, másfelől hivatalos kivizsgálást kérhet, s ennek eredményeként pont-korrekciónak kaphat.

Mivel a rendszert állami alkalmazottak (hivatalnokok, rendszergazdák, programozók) működtetik, ezért a társadalmat meg kell nyugtatni, hogy a korrupt hivatalnokokat keményen megbüntetik (még a rendszer tesztüzemei előtt lehetett hallani híreket a korrupt kínai hivatalnokok kivégzéséről), vagyis a hivatalnokok csak a kormányzati tisztesség keretein belül tevékenykednek a rendszer működtetése, üzemeltetése, fejlesztése során.

Nagy valószínűség szerint ez a rendszer sem lesz mentes attól, hogy bizonyos magas rangú vezetőkkel szemben elnézőbb a rendszer. Ha ez egy bizonyos szintet elér, akkor a társadalmi érdek a társadalmi kredit rendszere ellen fog fordulni.

A rendszernek biztosítania kell olyan helyeket (pl.: állami fenntartású szórakozóhelyek), ahol a társadalom tagjai minden következmény nélkül kiengedhetik a feszültséget. Ellenkező esetben, a társadalom tagjaiban a folyamatos megfigyelés és értékelés miatt felgyülemlett indulat nem várt viselkedéshez vezethet (pl.: agresszív arcmódosítás, öngyilkosság, rombolás, öngyilkos merénylet).

4 Konklúzió

A Kínában 2020-ban bevezetésre kerülő társadalmi kredit rendszer társadalmi elfogadottságának szükségessége indokoltá teszi, hogy a rendszer minimalizálja az adat- és információbiztonsági kockázatokat. Ellenkező esetben – ha ugyan politikai/hatalmi eszközökkel meg is lehet fékezni az elutasítókat – a közhangulat romlani fog, s így a rendszer bár működni fog, elveszti azt a társadalmi támogatottságát, ami szükséges ahhoz, hogy az elméleti szinten és a kormány- és pártutasításoknak megfelelően előirányzott gazdasági és társadalmi fejlődés minimális feszültség és ellenérzés mellett valósuljon meg. Az értékelési rendszerek és a pontozás egyértelművé és nyilvánossá tétele, s így a társadalmi kredit rendszer pozitív, illetve negatív hatásának hivatalos ismertetése minél több kommunikációs felületen indokolt. A pozitív hatások között érdemes megemlíteni, hogy féken tartja az illegális magatartást, segítheti az egyének és a vállalatok gazdasági megbízhatóságát, hozzájárul a társadalmilag és környezetileg felelősségteljes új magatartás kialakításához (nevelés), támogatja a vállalatok transzparens működését, elősegíti az üzleti partnerek jobb megítélését, növeli a meglévő gazdasági statisztikák jóságát, a kapcsolódó big data elemzések új vállalati lehetőségeket teremtenek, illetve megéri „jógyereknek” lenni, aki felelősséget vállal saját maga és családja sorsa iránt is. A negatív hatások közé tartozik: nem kiforrott még a technológia és a minősítő rendszer sem, nagy a kockázata a téves értékelésnek, folyamatosan nagyon sok adatot kezel a rendszer, így adatszivárgás révén illetéktelenek kezébe kerülhetnek titkos és személyes adatok, nő az adatlopás esélye, az adatvesztés hatalmas gazdasági károkat okozhat, az állam és a vállalatok mindent tudhatnak az állampolgárról, megszűnik a magánszféra, az üzleti élet szereplői – ha nem képesek betartani a szabályokat – ellehetetlenedhetnek, mivel az állam az adatokhoz korlátlanul férhet hozzá, a hivatalnokok a számukra nem szimpatikus egyént/vállalatot ellehetetleníthetik, Kína üzleti tevékenysége kiszámíthatatlanná válik. Külön figyelmet érdemel a

rendszer nemzetközi hatása, mint például a nemzetközi vállalatok – hogy elkerüljék a büntetést – megpróbálnak beilleszkedni a rendszerbe, az adatmegosztás révén a kínai vásárlók, illetve a Kínában (vagy kínai webáruházban) vásárlók adatai külföldre kerülhetnek, Kína a rendszer révén hozzáférhetne a külföldi vállalatok csúcstechnológiai adataihoz (know-how).

Tanulmányomat azzal a megállapítással zárom, hogy a társadalmi kredit rendszere kiváló exportcikk (nem csak) az olyan országok számára, amelyeknél fontos a gazdaság állami irányításának megerősítése. Amennyiben az adott ország technikai színvonala ezt lehetővé teszi, nagy valószínűség szerint a rendszert, vagy egy részének filozófiáját már most, vagy a közeljövőben alkalmazni fogja saját állampolgárai és gazdasági szereplői eddigénél szofisztikáltabb és mélyrehatóbb elemzésére is a környezet, a társadalom és a gazdaság, valamint tagjainak biztonsága érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3-I-OE-38 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának szakmai támogatásával készült.

5 Hivatkozások

- [1] Kurzweil, R. (2013). *How to Create a Mind - The Secret of Human Thought Revealed*. New York: Penguin Books.
- [2] Pokol, B. (2018). *A mesterséges intelligencia társadalma*. Budapest: Kairosz Kiadó.
- [3] Tegmark, M. (2018). *Élet 3.0 Embernek lenni a mesterséges intelligencia korában*. Budapest: HVG Könyvek.
- [4] Kollár, Cs. (2007). A digitális marketing lehetőségei a kereskedelmi egységek gyakorlatában, és ennek pszichológiai aspektusai. In T. T. Sikos, A bevásárlóközpontok jelene és jövője (old.: 104-127.). Komárom: Selye János Egyetem Kutatóintézete.
- [5] Kollár, Cs. (2011). A budapesti ifjúság fogyasztói csoportkultúrája az info-kommunikációs társadalomban, és ennek marketingkommunikációs aspektusai. Budapest: PREMA Consulting.
- [6] Krippendorff, K. (1995). *A tartalomelemzés módszertanának alapja*. Budapest: Balassi Kiadó.
- [7] Horváth, D., & Mitev, A. (2015). *Alternatív kvalitatív kutatási kézikönyv*. Budapest: Alinea Kiadó.
- [8] Kollár, Cs. (2018). A mesterséges intelligencia kapcsolata a humán biztonsággal. *Nemzetbiztonsági szemle*, 6. évf. 1. sz., 5-23.
- [9] Kollár, Cs. (2019). Az intelligens városok biztonsága a mesterséges intelligencia fókuszában. In N. E. Baráth, & J. Mezei, *Rendészet-Tudomány-Aktualitások: A rendészettudomány a fiatal kutatók szemével* (old.: 156-162). Budapest: Doktoranduszok Országos Szövetsége Rendészettudományi Osztálya.



A munkavégzés testmozgásainak mérése és értékelése

Work posture capture and assessment

Szabó Gyula

Óbudai Egyetem, Budapest, szabo.gyula@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A munkával összefüggő vázizom rendszeri megbetegedések kialakulásáért elsősorban a mozgásjellemzőket, a testhelyzetet, a mozgások sebességét és a statikus testhelyzetet teszik felelőssé. A technika fejlődésével megjelenő új műszaki megoldásokat mindig alkalmazták a mozgásjellemzők egyszerűbb és pontosabb kiértékelésére. A cikk a korszerű mozgásértékelési eljárásokat ismerteti.

Kulcs szavak: Ergonómia, kockázatértékelés, munkavédelem, váz-izomrendszeri megbetegedések

Abstract

Movement characteristics, posture, speed of movement and static posture are primarily responsible for work-related musculoskeletal disorders. The advances in technology have always been applied to evaluate motion characteristics easier and more accurately. This article describes recent advanced motion assessment possibilities.

Keywords: Ergonomics, risk assessment, safety at work, musculoskeletal disorders

1 Bevezető

Az Összetett Ergonómiai Kockázatértékelés [1] kidolgozása és használhatóságának igazolása során sikerült az ergonómiai kockázatértékelések néhány korlátját felismerni, és lehetséges kutatás irányokat kijelölni. Azóta az akkor felvetett kérdések egy része megoldódott – például testmozgások adat felvételezése –, néhány továbbra is válaszra vár – például a különböző kockázati tényezők összegzése –, és időközben közelebb kerültünk a kutatási megközelítés újrafogalmazásához, talán a kockázat-alapú baleset megelőzési paradigma teljes átértékeléséhez.

A kritikus védelmi kutatások projekt kiemelt kutatási terület kutatásai során tanulmánykötetben foglaltuk össze a kockázatkezelés általános elméletét [2], és a munkahelyi ergonómiai kockázatok csökkentésének lehetőségeit [3]

2 Az ergonómiai kockázati tényezők mérése

A munkahely, tevékenység, eszköz, munkadarabok, környezet, munkaszervezés jellemzői, tehát a váz-izomrendszeri megbetegedések közvetett kockázati tényezői általában jól megismerhetők, sőt ezek módosítása lehet a kockázat megelőzés műszaki célterülete. Egyszerű a kezelőszervek elhelyezéséhez, ciklusidőhöz vagy a kéziszerszám tömegéhez hasonló állandó kialakítások vizsgálata és pontos beállítása. A rögzítettségből adódóan azonban ezeknél hiányzik az egyénre szabhatóság, így az utóbbi időben olyan, korábban fix beállítások állíthatósága terjedt el, mint a munkafelület vagy munkadarab beállítása.

Az egyénhez igazítás nyomán kialakuló, és a többi időben változó értékű közvetett ergonómiai kockázati tényező – például a kézi anyagmozgatás során a mozgatott csomagok tömege, a környezeti tényezők (pl. zaj, megvilágítás, hőmérséklet, páratartalom) – mérése és értékelése jellemzően egymástól függetlenül, a munkavédelmi vagy a termelésfejlesztési tevékenység részeként történik. A mérésekkel szemben különbözőek a követelmények, így pl. az expozíciós határértékekkel rendelkező jellemzők mérési eljárását is szabályozzák, és Magyarországon ilyen – pl. zaj, megvilágítás – mérést csak kijelölt szervezet végezhet. Az időszakonként végrehatott, jellemzően mintavételezett és statisztikai módszerekkel készült értékeléseken alapuló, időben ritka és késedelmes beavatkozási lehetőség már nem felel meg a „kütyük” idején a mérőeszközök és a folyamatból érkező adatok elérhetőségéből adódóknak.

A közvetlen ergonómiai tényezők mérését nehezíti, hogy az egyéni különbségek – pl. a testméretek, testerő, ügyesség, motiváció – és a munkamódszer – azaz a tevékenység végrehatási módja – nagyon változatosá teszik a közvetlen kockázati tényezőket. A közvetlen ergonómiai tényezők mérése szempontjából ez azt jelenti, hogy még ugyanazon feladat megoldása során is lényeges különbség lehet a testhelyzetek, mozgások ideje és pályája, az erő kifejtések maximális értéke és időbeli felépülése között. A közvetlen tényezők megítélése a gyakorlatban szakértői módszerekkel történik, az erő kifejtés, nyomáseloszlás, testhelyzetmérések jelenleg lépnek ki a laboratóriumokból a – jól behatárolt tevékenységekre korlátozott – mindennapi alkalmazásba.

3 Az ergonómiai expozíció hiteles meghatározás

Az ergonómiai szakmailag elkötelezett fejlesztők, vállalati szakemberek és szolgáltatók azon dolgoznak, hogy helytálló értékelésen alapuló célszerű intézkedések szülessenek a kockázatok megelőzésére. Ennek része a résztvevők szakmai kompetenciájának biztosítása – pl. személyminősítő rendszerek, államilag elismert szaktevékenységek, kamarák, továbbképzési rendszerek –, és a kockázatértékelés eszközrendszerének és módszertana. A CERA-hoz hasonlóan épülnek más munkahely-ergonómiai kockázatértékelő módszerek azokra a harmonizált szabványokra, melyeket a gépek alapvető egészségi és biztonsági követelményeinek pontos meghatározásához dolgoztak ki a XX. században, pl. több ízületi szögtartomány és erőérték, a NIOSH-féle módosított emelési egyenlet, valamint az ORACO index. Általánosan elterjedt módszer még pl. a REBA vagy a JSI, QEC, jelenleg széleskörűen alkalmazott mérőeszköz pl. az XSense és Captiv, népszerű szoftver pl. a Jack, MVB, MTM-Ergo és Vivelab.

A megfelelő ergonómiai módszer kiválasztása önmagában is szakmai feladat – ezért is van négy különböző módszer az 1005-ös szabványban –, és ezek csak meghatározott tevékenységekre és helyzetekre szolgálnak kockázati értéket. Ha a tevékenység összetettebb, és egy része az adott módszer alkalmazhatóságán kívül esik, akkor a gyakorlatban az adott dolgozó egy műszakban végzett tevékenységét olyan időszakokra osztják fel, amelynek kockázatát valamely módszerrel jó meg lehet ítélni, vagy a teljes időszakra kis időtartamokra bontva egy adott módszerrel határozzák meg a kockázat időbeli alakulását. Bár ezek az eljárások alkalmas a fejlesztési lehetőségek – jellemzően a kiugróan rossz testhelyzetek időpontjának és okának – azonosítására, nem adják meg a kockázati szintet a műszakra. Alkalmazói oldalról nagyon fontos lenne a valós munkatevékenység kockázatának ismerete, hiszen ez az a kockázati szint, amelynek elfogadásakor dönteni kell a kockázatértékelés során. A tevékenységek változatoságát a különböző kockázati időtartamok súlyozott összegzésével próbálják a szoftveres megoldások áthidalni. Ha létrejön egy igazoltan valós eljárás a kockázat számítására az időegységekre számított kockázatokból, akkor ehhez az összegzett kockázati értékhez foglalkozási expozíciós határértékek meghatározására is sor kerülhetne, azaz az ergonómiai expozíció minőségi kockázatértékelését – más fokozott expozícióhoz hasonlóan – mérésen alapuló értékelés válhatná fel.

Az ergonómiai kockázat meghatározása akkor válik hitelessé, ha a folyamatot szakmailag

felkészült és feljogosított személy, kellő adminisztratív mellett, előírt módon, dokumentáltan végzi el. A protokollnak ki kell terjednie a vizsgálatban résztvevő személyek, és a vizsgálatba vont tevékenységek kiválasztására, az adat-felvételezés módjára, az adatértelmezést támogató kép és videó rögzítésre, a vizsgálóeszközök pontosságára, felbontására és kezelésére, adatok módszertanilag helyes feldolgozására, a személyes adatok védelmére, az eredmények közlési módjára és az eredmények értékelésére.

Az ergonómiai kockázat-meghatározáshoz az adat-felvételezés akkor hiteles, ha a rögzítmény adattartalma mellett egyértelmű a vizsgálatban résztvevő személy, az elvégzett tevékenység, a vizsgálati műszerezés és eljárás, a vizsgálatot végző, és a vizsgálat körülményei pl. időpontja és helye. Az értelmezés kiterjedhet egy vagy több rögzítményre, igazolnia kell, hogy az adatfeldolgozás hibátlanul történt – ez történhet pl. az alkalmazott, igazoltan megfelelő eszköz megnevezésével vagy az alapadatok, képletek és eredmények közlésével – és tartalmazhat egy összesített kockázati szintet, kiugró kockázati időpontokat az okokkal, az értékelés kiterjeszhetőségét további munkahelyekre, tevékenységekre, körülményekre, felhasználói csoportokra, és korlátozásokat.

A fenti protokoll a jelenleg elterjedt papír-ceruza, vagy munkalap-alapú módszereknél lényegében az értékelő felkészültségét, részletes dokumentációt és a módszer szakszerű alkalmazását követeli meg. A feltörekvő technológiák és „kütyük” világában már attól is tartanunk kell, ezek a feltételek is kevésbé teljesülnek, sőt új szempontként lép be a műszerek, szoftverek hitelessége és adatkezelés megbízhatósága.

Az ergonómiai kockázatok hiteles meghatározásának minden feltétele adott, de korlátozott az eredmények értelmezhetősége.

4 Az emberi mozgások adat-felvételezési eszközei

Hozzánk hasonlóan sokan kerestek az emberi testmozgások adat felvételezésére megoldást a 3D képfelismerő megoldásokkal. A VICON rendszer alkalmazása csak korlátozott körülmények között vezetett sikerre: csak rövid időtartamú tevékenységek vizsgálatára, akadályoktól és takarásoktól mentes környezetben volt eredményes, mert a markerek kézzel történő azonosítása a felvételeken rettentően időigényes maradt. Számtalan publikáció született különböző háromdimenziós kamerákkal – pl. ASUS, a Kinect - végzett értékelésekről, de a látványos eredmények mögött mégsem volt hiteles mérés, mert hiányzott annak bizonyítása, hogy a kamera által rögzített képekből különböző testmodellek alapján számított ízületi szögértékek és testhelyzetek a tényleges értéknek felelnek meg. A Kinecttel folytatott vizsgálatainkhoz fejlesztettük az ErgoCapture rögzítő rendszert, melynek adatait K-legközelebbi szomszéd módszerrel dolgoztuk fel. [4].

A viszonylag olcsó, szabadon hozzáférhető fejlesztői szoftvercsomagokkal támogatott 3D, később a mobil kommunikációs eszközökbe integrált kamerák elterjedését gyorsan követte az ergonómiai alkalmazások megjelenése, illetve ezek használata valós körülmények között. A többi munkavédelemben is használható „kütyü”-höz hasonlóan itt is igaz, hogy a külső szemlélő számára nehezen felismerhető az, hogy egy adott alkalmazás valós eredmény mutat-e, hogy csak egy egyetemi tanulmány során beadandó feladatként készített program vagy komoly validált eszköz.

Az olcsó – telefonok kameráját használó – ergonómiai vizsgálóeszközök mára laikusok számára is könnyen hozzáférhetőek, akik előzetes tudás vagy tapasztalat nélkül is elvégezhetnek ergonómiai értékeléseket úgy, hogy a rendszer által megjelenített kockázati értékeket tényként fogadják el, és ez alapján döntenek az egyes munkahelyeket ergonómiai megfelelőségéről. Az ergonómiai kockázatértékelés megbízhatóságának növelése az értékelést végző tudásától és tapasztalattal független módon sürgető feladattá vált.

A testmozgások adat felvételezésére megoldást a goniométerek az inerciális és mágneses alapon

működő forradalmian új generációja hozta, mely különböző testhez rögzített érzékelőkkel, majd testre simuló ruhaként viselhető mérőeszközként nagy felbontással és nagy pontossággal alkalmasak a különböző izületi szögek rögzítésére, és az adatok számítógép számára továbbítására. A vizuális módszereken alapulóhoz hasonlóan a viselhető műszerekre is igaz, hogy a testhelyzet rögzítése különböző pontossággal történik az egyes testrészekre, pontosabb a fej, a törzs, a végtagok érzékelése, mint a jóval kisebb lábfej, kéz, csukló ujjak helyzetéé.

A teljes expozíciómérésre és -dokumentálásra példa a Pimex rendszer, mely a környezeti tényezők és a tevékenység vizuális rögzítését és mérését végzi. A mozgások felvételezésére jelenleg elfogadott az Xsense és hasonló elven működő rendszerek. A mozgásleíró állományok ergonómiai elemzésére, illetve a tervezési szakaszban a modellek virtuális elemzésére megoldást lehet az MVN, Jack vagy ViveLab szoftverek.

Jelenleg az ipari környezetben rögzített XSense adatrögzítések adatainak feldolgozását végezzük MATLAB mintázatfelismerő algoritmusok segítségével.

5 Konklúzió

A vázizom rendszeri megbetegedések kialakulásáért elsősorban a mozgás sebessége, ismétlődése, a statikus testhelyzetek megjelenése felelős, és ezek értékelésére a szakmai tudás rendelkezésre áll. Jelenleg a vizuális elven működő mélységi kamerás technológiák és a testen viselhető inerciális mágneses mérőrendszerek használatosak, ám egyik sem alkalmas még ipari környezetben hiteles vizsgálatok elvégzésére.

Az adatgyűjtés korszerű módszerei biztosítják a testmozgás pontos és időben is nagy felbontású rögzítését, ezzel adatot szolgáltatnak a mintázatfelismerő algoritmusok alkalmazására, így a munkával kapcsolatos váz-izomrendszerei megbetegedések újszerű kockázatértékelésének kidolgozására.

6 Hivatkozások

- [1] Szabó, Gyula: Az Összetett Ergonómiai Kockázatbecslés, In: Kollár, Csaba (szerk.) Berek Hetven : Egy élet a hadtudomány és a művészet szolgálatában, a hetvenéves Berek Lajos professzor és szobrászművész köszöntése, Budapest, Magyarország (2019) pp. 143-157. , 15 p.
- [2] Fregan Beatrix: Kockázatelemzés, kockázatértékelés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2013. ISBN 978-615-5018-98-5
- [3] Szabó Gyula (szerk): Munkahelyi ergonómiai kockázatok csökkentésének lehetőségei, Óbudai Egyetem, Budapest, 2013, ISBN 978-615-5460-01-2
- [4] G. Szabó, "ErgoCapture – A Motion Capture Based Ergonomics Risk Assessment Tool," in Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences, 2014, pp. 313–321.



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban
(ESB 2019)
<http://bgk.uni-obuda.hu/esb/2019>



Az emberi teljesítmény mérése a kobotok és a szolgáltató robotok világában

Human performance measurement in the world of cobots and service robots

¹Némethy Krisztina

¹Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, nemethy.krisztina@rh.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Az ember-robot együttműködés elemzése a kobotok, szolgáltató robotok világában új terület mind a kutatók, mind a humán erőforrás szakemberek számára. A tudományos szakirodalomban a kutatók elsősorban a robotok teljesítményének mérésére dolgoztak ki különböző mutatókat, alátámasztva létjogosultságukat, gazdaságosságukat. Az emberi teljesítmény mérése is számtalan formában kidolgozásra került a vállalatoknál. Azonban a kooperatív robotok világában a két terület összefüggései, egymásra hatásának mélyebb kidolgozása még várat magára. Kutatásom célja, hogy kiindulási pontot adjon azoknak a HRM szakértőknek, akik az ember-robot együttműködés kapcsán az emberi teljesítmény mérésére szeretnének koncentrálni.

Kulcs szavak: SHRM, KPI, kobot, szolgáltató robot, teljesítményértékelés

Abstract

Analyzing human-robot collaboration in the world of cobots, service robots is a new field for researchers and human resource professionals. In the scientific literature, researchers have developed various indicators to measure the performance of robots, substantiating their reason for existence and their cost-effectiveness. The measurement of human performance has also been developed in numerous forms at companies. However, in the world of cooperative robots, the interrelationship between the two areas and the deeper elaboration of their interaction are still to come. The purpose of my research is to provide a starting point for HRM experts who want to focus on measuring human performance in human-robot collaboration.

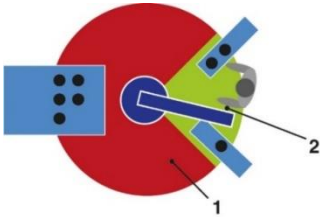
Keywords: SHRM, KPI, cobot, service robot, performance appraisal

1 Bevezetés

Ford (2015) könyvében a teljes robotizáció vízióját vetíti elénk, amelyben az emberi élet minden pontján fontos szerep jut a szolgáltató robotoknak, már nem csupán a munkahelyeken, hanem az otthonokban is. [1]. A robotizáció fejlődésének hatására a robotok kikerültek az elzárt ipari cellákból, és az emberek személyes terébe lépnek. A kobotok megjelenése paradigmaváltást kíván a humán erőforrás szakemberek teljesítményértékelésre vonatkozó gyakorlatában. Az ember-robot együttműködés kutatásában azonban elsősorban a robotok teljesítményének mérésére koncentrálnak a kutatók. Fontos pont azonban annak kérdése, hogyan mérjük az emberi teljesítményt a kobotokkal, szolgáltató robotokkal való együttműködés folyamatában.

1.1 Kollaboratív tér

Szabó (2019) szerint ember-robot együttműködésről beszélünk, ha az ember, a robot és a munkadarab egy időben, egy térben, ún. kollaboratív munkatérben tartózkodik. Az 1. ábrán a Flexman Robotics kutatója az ISO/TS 15066 szabvány alapján készített vázlatán az ember-kobot együttműködést két részre, – a működési területre (1), és a kollaboratív munkaterületre (2) – osztotta [2].



1. ábra - Az ember-kobot együttműködés [2] 2. ábra - Hegesztő kobot. Forrás: szerző saját felvétele

1.2 Kulcs teljesítmény mutató az ember-robot együttműködésben

Kang és Zhao (2015) szerint a kulcsfontosságú teljesítménymutatók (Key Performance Indicator, KPI) kritikus fontosságúak a gyártási műveletek irányítása és a folyamatos fejlesztés szempontjából. A vállalatok TÉR, vagyis teljesítmény értékelési rendszereiben, például a gyártás során több száz KPI van használatban. A teljesítménymutatók meghatározásakor figyelembe kell venni a vállalati célokat, olyan adatokat kell használni, amelyek a vállalati hatékonyságot növelik. Mérlegelni kell, hogy a minőség, a mennyiség vagy az ügyfél elégedettség a cél, és abban az irányban kell KPI mutatókat meghatározni, amelyek leginkább segítik a célok elérését, valamint értékelhető, összehasonlítható, előremutató, folyamatjavító adatokat kell, hogy adjanak [3]. Marvel et al., (2019) kutatásukban egy workshop keretében utaltak arra, hogy az ember-robot együttműködés mérése hangsúlyos kérdés a jövőben, de még az a tapasztalat, hogy a látszólag eltérő ágazatokban használt teljesítménymutatók valójában azonos alapelvek mentén jönnek létre, amelyek elsősorban az átláthatóság, a bizalom, az ismételhetőség, valamint egy együttműködés [4].

1.3 Kulcs szempontok az ember-robot együttműködés mérésének, értékelésének kialakításához

A kérdéskör számos módon közelíthető meg, attól függően, milyen jellegű robottal való együttműködésről van szó, valamint mely munkakörből érkező munkavállalót értékelünk. Például az együttműködést szakterületi szakemberek és informatikusok, valamint karbantartók, takarítók szempontjából is vizsgálhatjuk. Az alábbi kérdésekre adott válaszok adhatják a kiindulópontot:

- Milyen robotról van szó?
- A robot terméket gyárt vagy szolgáltat?
- Milyen emberi munkaerő dolgozik az adott robottal, amelyet mérünk?
 - Meg kell határozni a munkakört, munkaköröket.
 - Valamint a munkafolyamatban a robottal, vagy a robot kapcsán végzett feladatokat.

Ez alapján specifikálni kell, az adott munkakör és robot kapcsán a kulcs teljesítmény mutatókat. Az

ember-robot együttműködésben fontos első körben a gyártásra és a robotra vonatkozó teljesítménymutatókkal összehangoltan meghatározni az emberi teljesítmény mérését. Murphy és Schreckenghost (2013) kutatásában 29 tudományos kutatás összegzéseként az ember-robot együttműködésre vonatkozó 42 mérőszámot azonosított, amelyből hét az emberi munkára, hat a robotra és huszonkilenc mérőszám a rendszerre vonatkozott. A mérőszámokat elsősorban a termelékenység, a hatékonyság, a megbízhatóság és a koaktivitás szempontjából osztotta fel. Ennek a rendszernek a kritikáját is megfogalmazza, amely elsősorban a rendszert vizsgálja, nem fedi le teljesen például az autonóm képességek témakörét, az interakciók és a feladatok optimális összhangját [5]. Chen et al.,(2010) kutatásában vizsgálja azokat a szempontokat, amellyel a kezelő teljesítménye növelhető.

Kutatásomban összefoglalva vizsgáltam azokat a szempontokat, amelyek fontos kiindulópontjai lehetnek az emberi teljesítmény mérésének az ember-robot együttműködésben.

A gyártásban az alábbiak mentén értékeli a teljesítményt alapvetően:

- Gyártási /szolgáltatási ciklusidő - a termék előállításához szükséges idő, a rendelésből a kiadásig.
- Hozam - A termékek / szolgáltatás száma vagy százalékos aránya.
- Gyártási költség a bevételek százalékában.
- Leállási idők.
- Ügyfél elégedettség száma vagy százalékos aránya.

Az alábbi, robotokra vonatkozó pontokat az emberi munkával összefüggésben is értelmezni kell:

- Tervezett leállási idő - átállások, tervezett karbantartás esetén.
- Meghibásodások és nem tervezett leállás, várakozás.
- Kisebb megállások - A helytelen elrendezés, az elakadások, a biztonsági megállók (például a munkaterületre belépők miatt) miatt.
- Sebességvesztés - A képzetlen kezelők, a nem hatékony útvonali programozás, a hibás elrendezés miatt.
- Selejt, hiba, karbantartási költségek és ezek aránya az optimálishoz képest.
- Hatékonyság, amelynek objektivitása lényeges pont.
- A robot használati ideje és tervezett "élet" ideje közötti eltérés.
- Az ügyfél elégedettsége.

Az alábbi pontokat is figyelembe kell venni az emberi teljesítmény adatok vonatkozásában:

- Ki fogja rögzíteni a KPI-t? Automatikus vagy ember által rögzített? Az objektivitás fontossága elengedhetetlen szempont.
- Milyen gyakran kell rögzíteni a KPI-t? - Ha a gépkezelők kötelesek az összes nem megfelelő terméket, szolgáltatást naplózni, akkor az negatív hatással lehet a kimenetre. Másrészt, ha csak ritkán mérik, akkor a KPI nem mutat pontos adatot. A mérés gyakoriság optimalizálása fontos pont.
- Mit kell még rögzíteni? - Rögzíteniük kell az okokat, az időt? Mennyi időt vesz igénybe ez a termeléshez, szolgáltatáshoz kapcsolódó feladat?

Végső soron tisztázni kell, hogyan fogjuk elemezni az adatokat, ki a felelős az elemzésért és ez a folyamat mennyi időt vesz, vagy vegyen igénybe. Pontosítani kell, hogyan és mire használja a vállalat az adatokat és milyen céllal.

További szempontok, amelyek befolyásolják az eredményességet:

- Mennyire hatékonyan alkalmazzák a dolgozók a robotot különböző műszakokban egymáshoz képest?
- Milyen különbségek vannak a különböző csapatok eredményében a robot használatában?

- Mely feladatok mennyi ideig tartanak a robot teljes használati idejében és mennyi az optimális?
- Mely feladatok következetesen hatástalanok?
- Az adatok alapján hogyan és milyen javítást eszközölünk, és hogyan vezetjük be?
- Milyen továbbképzési időkkel és költségekkel számolhatunk egyes munkavállalók esetében?
- Hogyan sikerült a teljesítmény adatok alapján javítani a folyamatokat?

A távirányítási technológiával működő robotok, mint például a sebészeti robotok, kereső robotok, drónok esetében több ember-robot együttműködése bonyolultabb összefüggéseket jelent.

2 Konklúzió

Összefoglalva, az ember-robot együttműködés hatékony emberi teljesítményre vonatkozó mérésének kialakítása elsősorban függ a vállalati céloktól, a robot jellemzőitől és az adott munkakörből, amelyet mérünk. Ezek meghatározása után a robot működésének kimeneteit is figyelembe véve kell az emberi teljesítményt értékelni, összehasonlítva az optimális működéssel. A teljesítmény mérések egyik legfontosabb pontja annak a meghatározása, hogy melyek a fő célok a mérésel, valamint a teljesítmény fokozás lehetőségeinek korlátait is figyelembe kell venni akkor, amikor a további optimalizálás visszamérése történik. Az eddigi irodalom és a gyakorlati alkalmazások is a rendszert elemzik túlsúlyban, háttérbe szorítva az ember-robot együttműködésben az embert, valamint az autonóm és kognitív képességeket. Kevés irodalma van még azoknak a területeknek, amelyek a több embert igénylő ember-robot együttműködésre vonatkoznak, amelyben fontos szempont az ember-robot interakció mellett a résztvevő szakemberek közötti kölcsönhatások vizsgálata.

3 Hivatkozások

- [1] Ford, M. (2015). The rise of the robots: Technology and the threat of mass unemployment. Oneworld publications.
- [2] Szabo, K. (2019) Az ember-robot együttműködés változatai, és biztonsági követelményei <http://www.flexmanrobotics.hu/hirek/46-az-ember-robot-egyuttmukodes-valtozatai-es-biztonsagi-kovetelmenyei>. Letöltve: 2019.11.01.
- [3] Kang, N., Zhao, C., Li, J., & Horst, J. A. (2016). A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6333-6350.
- [4] Marvel, J. A., Bagchi, S., Zimmerman, M., Aksu, M., Antonishek, B., Wang, Y., & Amor, H. B. (2019, March). Test Methods and Metrics for Effective HRI in Collaborative Human-Robot Teams. In 2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 696-697). IEEE. DOI: 10.1109/HRI.2019.8673149
- [5] Murphy, R., & Schreckenghost, D. (2013, March). Survey of metrics for human-robot interaction. In Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction (pp. 197-198). IEEE Press.
- [6] Chen, J. Y., Barnes, M. J., & Harper-Sciari, M. (2010). Supervisory control of multiple robots: Human-performance issues and user-interface design. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 41(4), 435-454.



Hogyan alakítja az Ipar 4.0 a modern kompetenciákat?

How does Industry 4.0 shape modern competencies?

¹Beke Éva,

¹*Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, beke.eva@phd.uni-obuda.hu*

Összefoglalás

Az Ipar 4.0 új összekapcsolt, digitalizált és robotizált munkakörnyezetet teremtett, a mesterséges intelligencia, az autonóm és az szenzor-vezérelt rendszerek használatával. Az ezekben a cégekben vagy a releváns műszaki területeken történő érvényesülés nemcsak a szakmai és műszaki ismeretektől, hanem a személyes és szociális készségektől, az úgynevezett „soft skills” készségektől is függ (úgy mint: kommunikációs készségek, problémamegoldás, empátia, együttműködés, önértékelés, rugalmasság stb.). Ezek a kompetenciák eredményesebbé tehetik az alkalmazottakat a munkahelyeiken, ahol együtt kell működniük másokkal - akár különféle generációkkal is - a csoportos és vállalati célok elérése érdekében. Nem véletlen, hogy a nagyvállalatok különös figyelmet fordítanak az ilyen készségekkel rendelkező emberek felvételére. Ez a tanulmány a mai kompetenciákkal kapcsolatos nemrégiben végzett kutatás eredményeit mutatja be. Először is megvizsgálja, hogy pontosan mit várnak el ezek a vállalatok a munkapiacra kilépő hallgatóktól, másodsor, hogyan tud megbirkózni a tudományos élet ezekkel az új igényekkel. Az elemzéshez mély interjúkat készítettem releváns cégekkel és kérdőív segítségével kutattam az egyetemi hallgatók véleményét.

Kulcsszavak: modern kompetenciák, puha készségek, egyetemi oktatás, Ipar 4.0

JEL classification: M51, J44, J24,

Abstract

Industry 4.0 brought a new interconnected, digitalized and robotized working environment, in many cases with added use of artificial intelligence, autonomous and sensor driven systems. Thriving in these companies or relevant technical fields depends not only on professional and technical knowledge but also on personal and social skills, so-called soft skills (communication skills, problem solving, empathy, cooperation, self-validation, flexibility, etc.). These competencies make the employee successful in the workplace, where they need to work together with others – even with different generations - to achieve company goals in groups. It is no coincidence that large companies pay particular attention to hire people with such skills. This study aims to show the results of a recent research about modern day competencies. First, to see what exactly these companies are expecting, second, how academia can cope with this new demand. For this analysis, I have conducted deep interviews with applicable entities and have asked university students by using a questionnaire.

Key words: modern competencies, soft skills, university education, Industry 4.0

JEL classification: M51, J44, J24,

1 Bevezetés

Az első három ipari forradalmat jellemzően a speciális technológiai fejlődés határozta meg, amely egyúttal lehetővé tette az ugrásszerű fejlődést. (gőzgép, villamos energia, illetve

számítógépek). Most, a 21. században, tanúi vagyunk a negyedik ipari forradalomnak, amelyet a látszólag független technológiák párhuzamos fejlesztése jellemez, amelyek mindegyikének világ-megváltoztató lehetőségei vannak. A mesterséges intelligenciától a géntechnikáig, a virtuális valóságig és a digitális valutáig, ezek az előrelépések óriási előnyöket ígérnek a társadalom számára. Ezek a fejlesztések ugyanakkor szintén komoly kihívásokkal is járnak. E korszak jellege alapvetően különbözik az előzőekétől, mind a változás sebessége, mind nagysága miatt. Mivel az új technológiák számos területről származnak, nehezebb, mint valaha látni, hol rejlenek a lehetőségek és a kockázatok.

Ha jobban fel akarunk készülni arra, amit az Ipar 4.0 holnap hoz, az oktatásnak ma kell kezdődnie. De mivel a pontos cél annyira nem egyértelmű, az előrefelé navigálás nem kis jelentőségű, az a legfőbb kérdés, hogy mit kellene tanítani. Hogyan oktatnánk a holnap polgárait és vezetőit az innovációra és a váratlan lehetőségek kiaknázására? Milyen lesz a jövő munkahelye, ha olyan fejlesztések révén, mint a mesterséges intelligencia, a robotika és az autonóm járművek munkahelyek ezrei szűnnek meg? Ki fogja figyelemmel kísérni a nagy adatok felhasználását és az adatok implicit torzítását, valamint ennek a méltányos társadalomra gyakorolt következményeit? És ki fogja hozni az etikai döntéseket, amelyek a géntechnológia az Internet of Things és az autonóm járművek körül merülnek fel? Mert ezek a változások elkerülhetetlenül jönnek, és nagyon gyorsan itt lesznek.

A kutatásomat is e téma köré építettem fel, oly módon, hogy mind a hallgatói oldalt, mind pedig a releváns ipari cégeket megkérdeztem, más-más módszerrel.

2 Korábbi kutatások

A társadalom és a jövő iparának kiszolgálása érdekében az akadémiai képzésnek vissza kell hódítania azt a részét, amelyet az elmúlt idők során elveszített. A tudományágak gyors fejlődésével és egyesítésével nincs értelme csak a régi kereteken belül tanítani, különösen azokat a tárgyakat, amelyek várhatóan hamarosan megszűnnek. A jövőben nem csupán a műszaki ismeretekre lesz szükség: könnyű elfelejteni, hogy egy ilyen technológiailag hype világban a humanista kérdések széles körű megértése elengedhetetlen a nagy kihívások kezeléséhez. A humán tudományok és a technológia szétválasztása azzal a kockázattal jár, hogy a technológiát a végső megoldásnak tekintjük, nem pedig az emberi lét javításának eszközeként. A technológiai szakértelem a technológia, a felhasználó és a szélesebb társadalom közötti kapcsolat természetének humanista megértése nélkül olyan technológiát eredményez, amely valójában nem tükrözi az emberi igényeket.

A digitális gazdasághoz szükséges tehetségek felkészítéséhez és új kompetenciák tanításához az oktatásnak olyan gyorsan kell alkalmazkodnia, amilyen gyorsan az informatikai készségek iránti igény növekszik és fejlődik.

A World Economic Forum (továbbiakban WEF) felmérése szerint a 2015-ben még elengedhetetlen kompetenciák 2020 az alábbi (1. ábra) szerint fognak változni.

1. táblázat - A 2015-ös és a 2020-ra várható kompetenciák sorrendjének összehasonlítása
Saját szerkesztés a Future of Jobs Report (2018) alapján

2020-ra várható kompetencia sorrend	2015-ös felmért kompetencia sorrend
1. Összetett probléma megoldás	1. Összetett probléma megoldás
2. Kritikus gondolkodás	2. Koordinálás a többi munkatárssal
3. Kreativitás	3. Humán erőforrás menedzsment
4. Humán erőforrás menedzsment	4. Kritikus gondolkodás
5. Koordinálás a többi munkatárssal	5. Tárgyalási készség
6. Érzelmi intelligencia	6. Minőség ellenőrzés
7. Döntéshozatal	7. Szolgáltatás központúság
8. Szolgáltatás központúság	8. Döntéshozatal
9. Tárgyalási készség	9. Aktív odafigyelés
10. Tudatos alkalmazkodókészség	10. Kreativitás

A jövő cégében tehát a leginkább keresett készségek nemcsak a technológiával lesznek kapcsolatosak, WEF legfrissebb előrejelzése is jelezte, kereslet lesz a kreativitás, az érzelmi intelligencia, a kritikus gondolkodás és az interperszonális készségekkel rendelkezők iránt.

1 A kutatásban használt módszer

1.1 Vállalati megkérdezés

A kutatás kezdetekor megfogalmazott kérdések megválaszolásához a szakirodalom áttanulmányozása után, a feltáró módszer alkalmazásához olyan vállalatokat kerestem, amelyek vagy már az Ipar 4 vívmányait használják vagy annak biztonságával vagy biztosításával foglalkoznak. Az interjúkra vagy személyesen, vagy telefonos interjú keretében került sor. A kérdések jellegét tekintve, igyekeztem olyan kérdőívet összeállítani, amely rákérdez a jelenkori problémákra éppúgy, mint amennyire kitekintést nyújt a jövőbeni munkavállalók kompetenciái, valamint karrierje szempontjából. Fontosnak tartottam továbbá az ipar képviselőit arról is megkérdezni, hogy milyen javaslatok lennének, hogy még hatékonyabb legyen az ipari-akadémiai oldal együttműködése, valamint arról is, hogy milyen javaslatokat fogalmaznak meg az oktatási struktúra átalakítására.

A kérdőíves, feltáró kutatással az a célom, hogy viszonylag kis elemszámú minta mellett árnyaltabb, mélyebb ismereteket gyűjtsék össze a megkérdezettek véleménye alapján. Nem elsősorban az általános vagy már ismert megállapításokra, illetve tényekre helyezem a legfőbb hangsúlyt – például általános szakember hiány -, hanem az okok mozgatórugóit és a speciális vállalati szintű megoldásokat keresem a felvetett problémák vagy kérdések megoldására, amelyeknek az érvényességi tartománya magas. A dolgozatom témájából következően igyekeztem meglátásom szerint itthon leginkább meghatározó és innovatív iparágak képviselőit megkérdezni, hogy a miértekre adott válaszaik még relevánsabbak legyenek a kutatásom eredményeinek szempontjából.

A résztvevők munkahelyi profiljukat tekintve két csoportra oszthatók: az egyikbe azok tartoznak, akik a cégeiket az Ipar 4.0 jegyében fejlesztik a robotizáció, innováció a folyamatszervezés modernizálása vagy a leginnovatívabb gépsorok beszerzésével, míg a másik csoport a biztosításhoz kapcsolódik: egyfelől informatikai részről a biztosítási ügyletek ügyviteli és értékesítési folyamatainak támogatására szakosodott vállalkozás, valamint egy biztosítótársaság alkotja. Az első csoport a ma Magyarországon leghúzóbb és befolyását tekintve a legtöbb munkaerőt alkalmazó ipari szektorhoz a gépiparhoz köthető, akár alkatrészek gyártása, akár a tervezés területéhez kapcsolódóan. A megkérdezettek között 4 nemzetközi cég, míg két közepes méretű,

magyar vállalkozás szerepelt. Minden válaszadó ugyanazt a kérdőívet kapta, amelynek kitöltését anonim módon kértem, megjelölve csupán a céget, és a betöltött pozíciót.

1.2 Hallgatói megkérdezés

Az szakirodalmi áttekintés kiértékelése és a vállalati képviselők válaszainak kibővítésére hallgatói kérdőíveket is állítottam össze. Kvantitatív felmérést készítettem az Óbudai Egyetem BSc alapképzésben résztvevő hallgatóival, több kar bevonásával. A kitöltésre rendelkezésre álló idő átlagosan 20 perc volt, így a résztvevőknek volt elég ideje átgondolkodni, hogy a megjelölt lehetőségek közül melyiket válasszák. Minden esetben én moderáltam a kitöltéseket és adtam az esetlegesen felmerülő, kitöltéssel kapcsolatos kérdésekre választ. Minden hallgató ugyanazt a kérdőívet kapta, hogy az eredmények összehasonlíthatóak legyenek. Személyes beszélgetések kapcsán kiderült az is, hogy sokuknak már vannak validálható ipari tapasztalatai, akár szakmai gyakorlatok, akár részmunkaidős foglalkoztatás vagy szerződéses, egy-egy projekthez kapcsolódó munkák eredményeképpen, amelyek a válaszadást még pontosabbá tették.

A kapott válaszok kiértékelése Pareto diagram segítségével készült, mert ez a módszer bizonyult a legalkalmasabbnak az adatok összegzéséhez és értelmezéséhez, melynek lényege, hogy az adatokat a legnagyobb gyakoriságtól kezdve a legkisebb felé haladva ábrázolja, százalékos kimutatás mellett. Sem a pie chart, sem az oszlop diagramok nem mutattak elegendő mennyiségű adatot, a cégektől kapott válaszok összehasonlításához.

2 Eredmények

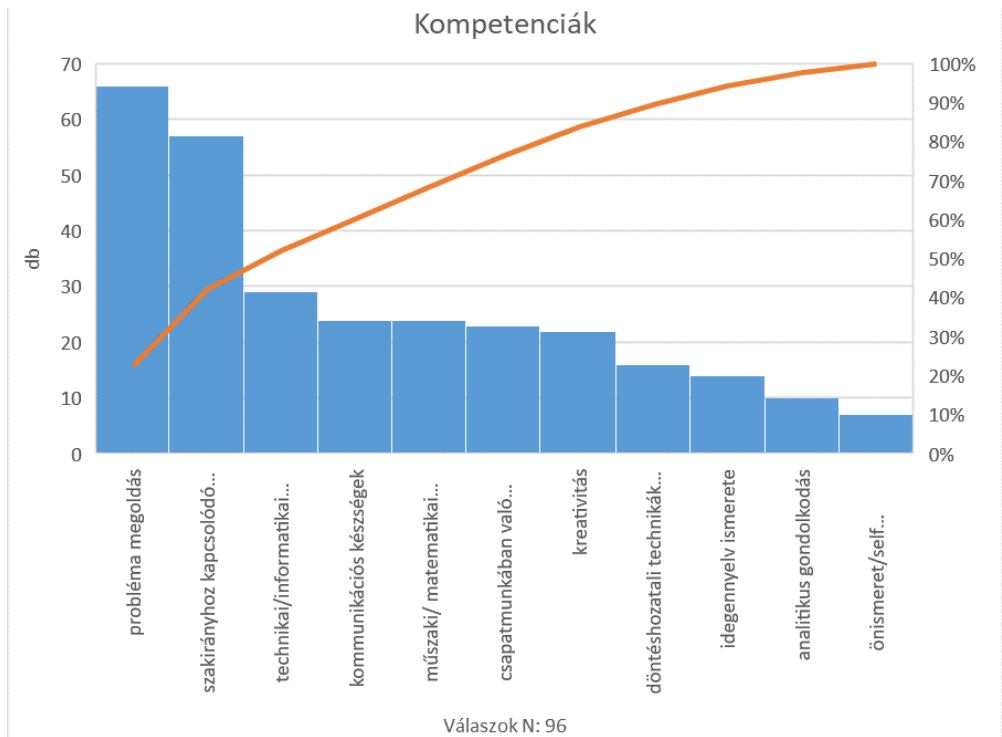
A vállalati képviselőkhez intézett egyik kérdés azokra a kompetenciákra kérdez rá, amelyek alapján az illető cég munkerőt választ.

A válaszadók közül ketten nagyon specifikusan a „gépiparhoz kapcsolódó tudás” alapján, míg másik kettő a “hatékony probléma-megoldás” szempontját figyelembe véve választ munkaerőt. A megkérdezettek fele, azaz három cég vallotta, hogy a “csapatmunka”, “kreativitás” és a “változás-menedzsment kezelés” befolyásolja döntően a választásukat. Ketten érezték fontosnak, hogy a jelentkező rendelkezzen a munkához szükséges lelkesültséggel (“drive”), míg egy-egy megkérdezett jelezte, hogy a “lelki kiegyensúlyozottság”, az “alkalmazkodókészség” és a “kritikai gondolkodásmód” játszik abban szerepet, hogy ki lesz a sikeres jelölt. Figyelembe véve a generációk közötti különbségeket, egy válaszadó fontosnak ítélte meg a “vegyes életkort”, míg egy másik ugyanilyen megfontolások alapján az “alkalmazkodóképességet”. (1. ábra)



1. ábra - Vállalati kompetencia elvárások említési gyakorisága

A hallgatói megkérdezések eredménye –ugyanebben a témában a következőképpen alakult. (2.ábra) A probléma megoldást a válaszadók 22,6%-a míg a szakirányhoz kapcsolódó tudást a válaszadók 19,52% valamint a technikai/informatikai felkészültséget a 9,93 % tartotta fontosnak. Az első három legfontosabbnak ítélt jellemző az összes válasz 52,05%-át adja. Tehát a megkérdezettek több mint fele ezt a három kompetenciát tartja nagyon fontosnak. Meglepő módon a kommunikációs készségek a negyedik helyet foglalja el, míg a csapatmunka és a kreativitás csak a hatodik és hetedik a rangsorban. Összehasonlítva ezeket az adatokat a cégektől kapott válaszokkal, megállapítható, hogy az első három helyen az elvárt kompetenciák között nincs közös jellemző, mivel a megkérdezett vállalati képviselők fele a csapatmunkát, a kreativitást és a változás-management-et, illetve a változásokhoz való rugalmas alkalmazkodást jelölte meg az elsők között. Az önismeret, mint olyan készség, amely a jobb eligazodást segítené a világban, majd a későbbi szakmában, kevesebb, mint 10%-os arányban szerepelt a hallgatói listán.



2. ábra - A legfontosabb kompetenciák a hallgatói válaszok alapján

3 Konklúzió

Oktatókként hinnünk kell az oktatás fontosságában és erejében, tehát az egyetemeknek át kell gondolniuk az alapkutatás elvégzésének módját, és az alkalmazott kutatást valódi megoldásokká kell alakítani.

Ugyanakkor az egyetemeknek még hatékonyabb munkát kell végezniük, biztosítva, hogy a hallgatók megragadassák az adott tudományág alapelveit, valamint az érvelés és a kommunikáció alapvető képességeit. A reform szempontjából mind a hatékonyság (a hallgatók gyorsabb, jobb, olcsóbb és kényelmesebb oktatása), mind az egzisztenciális biztonság egyaránt fontos. Ahogy a technológiák egyre gyorsabban fejlődnek, szükségünk van humán szemmel tekinteni rájuk a pozitív eredmény garantálása érdekében. Az egyetemek évezredek óta a tudomány letéteményesei és vezetik az emberiséget és annak jövőjét formáló kutatásokat, ezért fontos odafigyelni a jövő elvárásaira is. A pusztán technikai-mérnöki vagy informatikai tudás mellett igényné vált a csapatmunkában való aktív részvétel, a probléma megoldás valamint a kreatív szemlélet. Fontos továbbá a kommunikáció szerepe nemcsak a csoportos feladat-megoldásokban, hanem az önkifejezésben is, szóban és írásban egyaránt.

Ezekhez a normatívákhoz igyekszik alkalmazkodni a felsőoktatás is, az oktatási struktúra megújításával, a digitalizált tankönyvek egyre gyakoribb használatával, valamint azzal is, hogy megteremtette a nem helyhez kötött tanulási modulokat. Az ipari elvárásoknak megfelelően, a régiék mellett új tantárgyak bevezetése, mint például a robotika vagy a kiber-biztonság szintén elengedhetetlenek, éppúgy, mint a külföldön való tanulás vagy a nemzetközi projektekhez való csatlakozás lehetősége.

Az felsőoktatási intézmények, az ipari oldal valamint a kormányok támogatása együttesen segítheti azokat a folyamatokat, amelyek a munkaerő piaci elvárásoknak leginkább megfelelő hallgatókat képes képezni.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-1415/38 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

4 Hivatkozások

- [1] Abonyi, J. & Miszlivetz, F. (2016). Ipar 4.0 megoldások kialakításának feltételrendszere. https://www.researchgate.net/publication/301892028_Ipar_40_megoldasok_kialakitasanak_feltelrendszer
- [2] Andor L. (2018): A digitalizáció és a munka világa. Mi várható a robotforradalom után? In: Magyar Tudomány 2018. Vol.1 DOI: 10.1556/2065.179.2018.1.5
- [3] Ariss, A.A – Cascio W.F.- Paauwe Jaap (2014): Talent management: Current theories and future research directions In: Journal of World Business Volume 49, Issue 2, April 2014, Pages 173-179
- [4] Balogh G. (2015): A regionális tehetséggazdálkodás vizsgálati módszerei a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar hallgatóinak példáján. In: Tér és Társadalom, 29:2, pp. 127-148.
- [5] Beke É, Kolnhofer-Derecskei A. (2018): Talent management at Óbuda University focusing on teachers' and students' roles. In: Konferenciaközlemény (FIKUSZ) http://kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/FIKUSZ2018_05.pdf
- [6] Beke É. (2018): Industry 4.0 and its risks in the state administration, corporate and medical sectors. In: National security review: periodical of the military national security service 1 pp. 98-110., 13 p. (2018)
- [7] Benesova, A. – Tupa J. (2017): Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. In: Procedia Manufacturing Volume 11, 2017, Pages 2195-220 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- [8] Bojár G. (2018): Negyedik ipari vagy harmadik informatikai forradalom? Az információ sok ezer éves hatalma. In: Magyar tudomány 2018. Vol.1. DOI: 10.1556/2065.179.2018.1.4
- [9] Bögel Gy. (2018): Digitális transzformáció a mezőgazdaságban. In: Magyar Tudomány 2018. Vol.5. DOI: 10.1556/2065.179.2018.5.12
- [10] Cséfalvay Z. (2017): A nagy korszakváltás Kairosz Kiadó, Budapest Hungary (könyv)
- [11] Dobbins, M. - Knill, C. (2009): Higher Education Policies in Central and Eastern Europe: Convergence toward a Common Model. In: Governance, 22:3, pp. 397-430.
- [12] Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. Procedia CiRp, 54, 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>
- [13] Fregan, B, Kocsis, I, Rajnai, Z (2018): Az ipar 4.0 és a digitalizáció kockázatai - Industry

- 4.0 and the risks of digitization In: XXIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, 2018. Kolozsvár, 87–90.
- [14] Mulder M (2014): Conception of professional competence In: S. Billett, C. Harteis, H. Gruber (Eds). International Handbook of Research in Professional and Practice-based Learning. Dordrecht: Springer. pp. 107-137.
- [15] Schwab, K (2017): The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, New York, USA (könyv)
- [16] Szalavetz A, (2018): Ipari fejlődés és munka a tudásalapú társadalomban. In: Magyar Tudomány 2018. Vol.1 DOI: 10.1556/2065.179.2018.1.6
- [17] Takács-György, k. – Takács, I. (2017). Talent Management in Higher Education – a Case Study from Hungary International Journal of Contemporary Management, 16:3, pp. 157–188



ÓBUDAI EGYETEM
OBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban
(ESB 2019)
<http://bgk.uni-obuda.hu/esb/2019>



A pszichológiai manipuláció jelenléte a politikában

The presence of social engineering in politics

¹Kun Tamás

¹*Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, kun.tamas@phd.uni-obuda.hu*

Összefoglalás

Az internetes hirdetések meghatározó részei napjainkban a politikai kampányoknak, de nem csak a tájékoztatásra, befolyásolásra alkalmas eszközök vannak jelen, zsarolóvírusok terjesztése is lehet célja a kibertérben tevékenykedő szereplőknek. Változatos módszerekkel, többnyire pénzügyi haszonszerzés motivációjával a támadók széles tömegeket képesek elérni, egyre gyakrabban ismert politikai szereplőkre utaló multimédiás eszközök felhasználásával is. A technikai adottságok (adatpiacok) birtokában lévő nagyvállalatok, valamint az azokhoz való törvénytelen hozzáférési potenciállal bíró csoportok (kiberbűnözők) közötti verseny szemtanúi lehetünk a közélet informális alakítása során.

Kulcsszavak: pszichológiai manipuláció, kiberbiztonság, szociális média, befolyásolás

Abstract

Internet advertising is a reasonable element in political campaigns, as well as providing information, influence and exploration of potential opportunities, but either the distribution of ransomware could be at the aim for cyberspace actors. Through a variety of methods, which is often motivated by financial gain, the attackers can reach relevant masses, recently with the use of well-known politicians' multimedia appearance. There is rivalry between large companies with significant technical capabilities (data markets) and groups with the illegal accessing potential (cybercriminals) for these, and we are spectators of the informal shaping of politics.

Keywords: social engineering, cybersecurity, social media, influence

1 Bevezetés

Mára már meghatározó a politika jelenléte az online média felületein, elég, ha az internetes újságokra gondolunk, amelyek később a közösségi oldalakkal (pl. Facebook, Twitter) egészültek ki, a politika évek óta jelen van már az online térben is. Ez viszont lehetőséget kínál arra, hogy az egyébként legitim szándék mellett olyan szereplők is csatlakozzanak, akiknek „illegitim” családi vagy megtévesztési céllal lépnek fel. Rosszindulatú kódok és a közvélemény befolyásolása, jellemzően ezek a kiindulópontok a kiberbűnözők számára. A másik oldalán a vizsgált témának a politikai hirdetések és az online kommunikáció állnak, középpontban az aktuálisan alkalmazott eszközök bemutatása.

2 A pszichológiai manipuláció (Social Engineering)

Centralizált tervezés útján a társadalom fejlődésébe, a jövőt illető szabályozás alakításába, valamint a társadalom reagálásának befolyásolásának a kísérlete. A megtévesztés különböző eszközeit alkalmazva személyek irányítása, mely során bizalmas vagy személyes információ birtokába való jutást követően csalási szándékkal alkalmazható. Az online és/vagy kibertérben ez a technika jellemzően adathalászati céllal jelenik meg.

Néhány támadási típus definícióit az alábbiakban ismertetem:

Adathalászat (Phishing): Hamis identitással érzékeny vagy személyes adatok kicsalása a célba vett áldozatoktól

Zsarolóvírus (Ransomware): Olyan kártékony szoftver vagy kód, amelynek célja a kiszemelt felhasználók informatikai eszközein tárolt adatok zárolása, amelyet a váltságdíj megfizetése esetén újra hozzáférhetővé tesz

Trójai programok (Trojan): Olyan kártékony szoftver vagy kód, amely hasznos programnak álcázza magát, jellemzően hozzáférési pontok feltérképezéséhez alkalmazzák

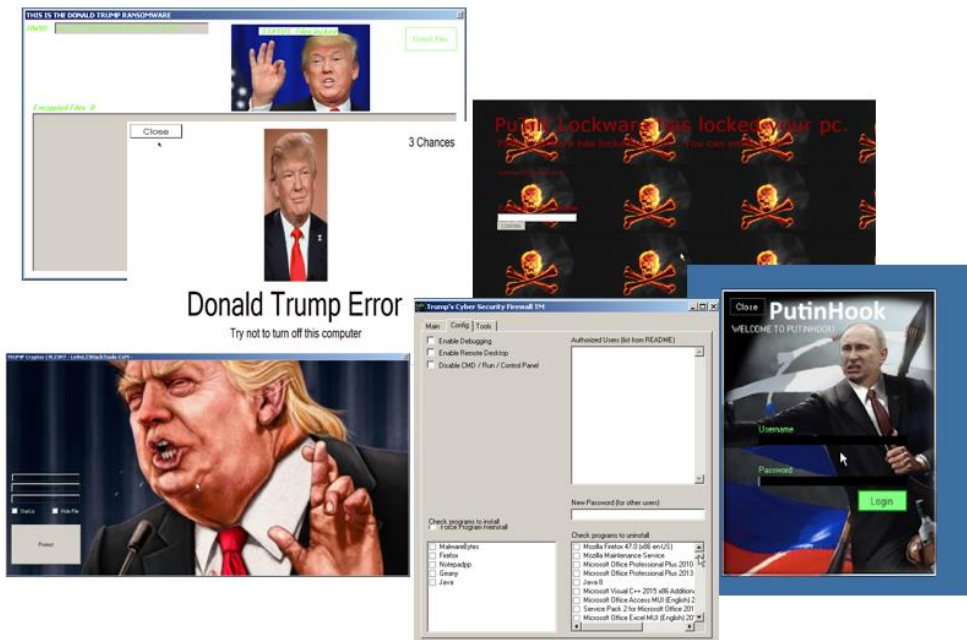
Hátsó bejárat (Backdoor): Jogosulatlan hozzáférés egy számítógéphez, rendszerhez, szolgáltatáshoz vagy adathoz, jellemzően úgy vannak elkészítve ezek a programok, hogy a felhasználók és a rendszergazdák számára észrevétlenek legyenek

(The Cyberwire, 2019)

Ezeknek a támadásoknak potenciális áldozatai többnyire olyan szervezetek és cégek, amelyek üzleti tevékenységet folytatnak, vagy működésük során értékes adatokkal dolgoznak. Tehát annak a valószínűsége, hogy egy olyan magánszemély, aki nem rendelkezik egy szervezetben meghatározó pozícióval támadás áldozatává váljon meglehetősen alacsony, viszont nem kizárható. Ezeknek a személyeknek csoportja többnyire automatizált eszközökkel van célba véve és a „nagy számok törvényére” alapoz. A támadások egy másik oldalról megközelített bontásában beszélhetünk **adatlopásról (information theft)** ebben az esetben a támadó értékes üzleti titkok, ügyféladatokat, szellemi tulajdon stb. megszerzésére törekszik, beszélhetünk **megfigyelésről (monitoring)**, amely során az áldozat tevékenységének nyomon követésével jut információhoz, és **szabotálásról (sabotage)**, amikor a támadó célja az áldozat lejáratása, vagy adott esetben egy személy vagy szervezet javaiban való károkozás. A támadók jellemzően **pénzügyi haszonszerzés** céljával indítanak támadásokat, azonban nem szabad elfelejteni a kibertérben zajló műveletek katonai jellegét sem. A kritikus infrastruktúrák, amelyek nemzetbiztonsági kockázatot jelentenek (energiaszektor, pénzügyi szektor, egészségügy, légi és földi forgalom stb.) ellen intézett támadások esetében már nem beszélhetünk kizárólag kereseti lehetőségekről, komoly politikai indíttatások vannak jelen a háttérben.

2.1 A Talos Group felmérése

Az Egyesült Államokban a Cisco Talos nemrégiben detektált néhány malware terjesztéssel kapcsolatos esetet, ahol a támadók szervezeten politikai szereplőkkel hirdettek, különösképpen az amerikai elnökkel, Donald Trumpgal. A vírusok szerzői többek között ransomware és trójai típusok is megjelentek, mely előbbi díjfizetésre kényszeríti az áldozatot és zárolja, valamint titkosítja az adatokat, a trójai esetében pedig rejtett hozzáféréssel hátsó bejáratot biztosít egy szervezeten belüli hálózathoz. Az alábbi képen (1. ábra) néhány zsarolóvírus (Trump Crypter, PutinHook stb) és egy trójai program (Trump Cyber Security Firewall) látható, amely igyekszik az áldozattal elhitetni, hogy az említett politikai szereplők felelősek a számítógép zárolásáért vagy működésének kompromitálásáért. (Biasini & Brumaghin, 2019)



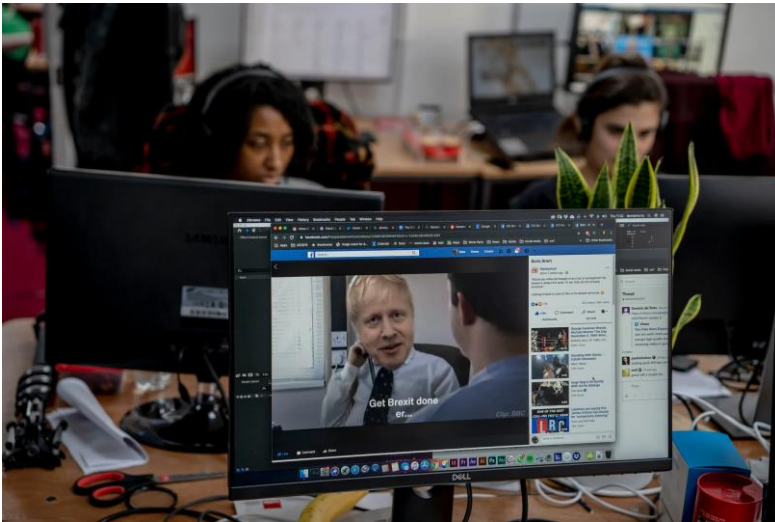
1. ábra - Malware/Ransomware 2020 (Biasini & Brumaghin, 2019)

Már előre szólnak a találgatások, hogy a 2020-ban megrendezésre kerülő amerikai elnökválasztáson lesz-e olyan körülmény, mint amilyen 2016-ban volt, ami kétségbe vonná a választás lezajlásának tisztaságát. A félrevezetés ebben az esetben is véleményem szerint az, hogy a cél manapság nem az eredmények meghamisítása, hanem a folyamatokba való beavatkozás és a közvélemény hozzáállásának és reagálásának a formálása. Ugyanis ha abból indulunk ki, hogy egy választás eredménye hamis, azaz nem tükrözi a választópolgárok kinyilvánított akaratát, akkor szükségszerűen meg kellene jelennie egy reakciónak (releváns utcai zavargások, magas létszámú tüntetések, sztrájk stb.) ami igazolná, hogy csalás történt. Ha eleve a közhangulat kerül befolyásolásra, akkor a törvényi keretek között a legitim játékszabályok feltételezett betartása (amennyiben észrevétlenül maradnak a háttérben az adatközpontok felépítései, monitorizálások, szavazólisták készítése jogosulatlan adatszerzés mellett stb.) valósíthatók meg a kívánt kimenetek. Ebben az esetben már nem beszélhetünk az eredmények tükrében csalásról, viszont hogy ezt az eredményt milyen eszközök alkalmazása révén érjük el, meglehetősen vitatható.

3 A pszichológiai manipuláció alkalmazása a politikában

Egy esetleges külföldi beavatkozás híresztelése az online megtévesztés egyik leghatékonyabb forrása volt régebben sorsdöntő választások előtt. Most azonban néhány jelölt maga is ilyen manipulációs taktikához fordult a brit választási kampányban. Hamis Twitter-fiókok, manipulált videók, trükkös weboldalak és természetesen a választásokba beavatkozó külföldi érdekeltségek kérdése is az asztalon volt. A választópolgárok egy „szelíd ízelítőt” kaptak az online kampányolás által nyújtott lehetőségek tárházából egy olyan fontos választás előtt, amely egy generáció sorsát döntheti el. (Satariano & Tsang, 2019)

A lejáratás (blackmailing) egyik tipikus eszköze a szabotázs (sabotage). Jelen esetben a technika alkalmazásán van a hangsúly a politikában, legális forrásokon keresztül. Ismert politikai szereplő, ismert filmrészlet vagy jelenet (könnyebb azonosítás, amely segít a terjesztésben) és az időzítés, amely jellemzően a leginteraktívabb időszakban, a választási hajrában az utolsó héten jelenik meg.



2. ábra - A brit Munkáspárt dezinformációs kampányvideójának pillanatképe (Satariano & Tsang, 2019)

A Momentum (a brit Munkáspárt lobbiszervezete) által megszerkesztett videóban (2. ábra) a brit konzervatívok jelöltjét egy divatmagazin szerkesztőjének szerepébe öltöztették, melyhez tartozó hanganyagot Boris Johnson saját kampányvideója szolgáltatott, annyi különbséggel, hogy úgy szerkesztették meg a videót, hogy a végén Jeremy Corbynt javasolja a következő miniszterelnöknek. Az internet adta lehetőségek között ott szerepel az is, hogy ezeknek a dolgoknak nem csupán a terjesztése adott, hanem utána is tudunk járni viszonylag gyorsan és egyszerűen a hírek valóságának. Nem árt, hogy ha több forrásból tájékozódunk, összevetjük egymással őket, majd ezek után formálunk véleményt. Ez nem jelenti azt, hogy minden, amit elénk tesznek az csak és kizárólag megtévesztő jellegű, viszont tudni kell olvasni a sorok között. A példának bemutatott videón még jól fellelhető, hogy manipulált dologról van szó, azonban rendelkezésre állnak olyan szerkesztési metodikák is, amelyeknél a szerkesztés ténye messze nem ennyire szembetűnő.

3.1 A közösségi médiában a politikai hirdetések létjogosultságának kérdése

A brit Guardianban jelent meg egy cikk a politikai hirdetések szereplésével kapcsolatban az online térben, mely cikkben a szerzők azt részletezik, hogy a politikai pártoknak el kellene számolniuk a közvélemény felé a finanszírozott hirdetések helyéről, tárgyáról és azok árával kapcsolatban a tiszta verseny érdekében. Számos szabályozási rés van azonban, amelyet a közösségi média felületek birtoklói és az adatbrókerek jó üzleti lehetőségnek tekintenek. A digitális politikai hirdetések piaca különbözik a hagyományos nyomtatott vagy televízióban sugárzott eszközöktől, mert az új generációs hirdetések adat alapúak, amelyek személyre szabottan fogyasztói magatartás függvényében jól szegmentálhatók a lakosságon belül. Nem lehetünk biztosak abban, hogy a környezetünk ugyanazokat a tartalmakat kapják, mint mi magunk, így fennáll a veszélye konfliktusok generálódásának számára, mert az egyes hirdetések más-más hallgatóságnak vannak címezve (politikai táborok). Az adat alapú hirdetések és a tartalom marketing multimilliárd dolláros iparággá nőtte ki magát az utóbbi években és a politikai pártok, valamint a hozzájuk kapcsolódó csoportok komolyos összegeket fektetnek ebbe. (Neudert & Howard, 2019)



3. ábra - A brit Konzervatív Párt dezinformációs kampányvideójának pillanatképe (Neudert & Howard, 2019)

Ebben a videóban (3. ábra) a brit Konzervatív Párt azt állította a brit Munkáspárt képviselőről, hogy a pártnak nincs valós foratókönyve a Brexit tárgyalások rendezéséről, az eredeti interjúban a riporter kérdésre adott választ egy néma hallgatásra és pisolgásra cserélve, benne a konzervatívok politikai üzenetével.

Fontos itt megjegyezni, hogy ebben az esetben látszólag minden szereplő egymásra mutat, viszont a szálak összeérnek. A brit kampányban a két jelentősebb párt, a Konzervatív Párt és a Munkáspárt egyaránt alkalmazta a rendelkezésre álló eszközöket a siker érdekében. Ami viszont lényegében változtatja meg a dolgokat az pedig az, hogy a nagy adathalmazok birtokában lévő szervezetek a technológiai szektorban jelentős befolyással bírnak a közhangulat alakításában, hiszen ezeken a felületeken jelennek meg a hirdetések, ők moderálják a tartalmat, valamint a választópolgárok adófizetői pénzt teszik el a szolgáltatásuk nyújtása során, az fizeti a számlát, akit befolyásolni szeretnének a valótlán tartalmakkal. Így a felvetés jogos lenne a választók részéről, hogy mégis mennyibe kerül ez nekik.

4 Konklúzió

A tudatos internethasználat és a körültekintő (kritikus megközelítésű) szemléletmód fontos

szerepet játszanak abban, hogy döntésképesek tudjunk lenni. Ez alatt azt értjük, hogy bár a szükséges információ teljes mértékben nem áll rendelkezésünkre (tehát nem vagyunk szakemberek), viszont elegendő mennyiségű tudás birtokában vagyunk azonban ahhoz, hogy egy esetleges csalást felismerjünk. Az óvatosság tárgya ebben az esetben nem az attól való rettegetés, hogy csalás áldozatává válunk, hanem azt kell jelentenie, hogy tisztában vagyunk ennek a lehetőségével („benn van a pakliban”), ezért szükségszerűen kellő körültekintéssel járunk el bármely olyan eszköz használata során, amikor olyan adatok megadásáról, megosztásáról vagy adott esetben kezeléséről van szó, mely illetéktelen kezekben jelentős károkat okozhat magunk vagy mások számára. Itt kiemelném a munkahelyeken kezelt adatok körét, ahol véleményem szerint nem a végtelenségig szigorított szabályozás fogja meghozni a kívánt eredményt, hanem a kialakított bizalom, valamint az, hogy a munkavállaló legalább két három lépéssel képes legyen tovább gondolni egy adatszivárgás következményeit és saját felelősségét, és adott esetben reagálni tudjon egy elkövetett hibájára. A magánéletünkben is rendkívül fontos, hogy olyan területeken, mint a pénzügyeink (online banki tranzakciók, lekérdezések, ügyintézés stb.) értenünk kell a folyamatok alapvető működését, ez által védekezni is képesek vagyunk csalási szándékú megkeresések ellen.

A kommunikációs trendek fejlődésében újszerű dolog, hogy az élő közvetítés (egy választási műsor eredményvárója) mellett ma már kommentfolyam (hozzászólási felület) is szerepel a weben, ahol a választópolgárok valós időben szólhatnak hozzá a közvetítéshez, ez pedig lehetőséget teremt arra is, hogy a létező felhasználók mellett mesterséges intelligencia által vezérelt chatbotok (csevegő számítógépek) véleménye is bekerüljön a diskurzusba. Ez utóbbi azért lehet lényeges, mert még a legutolsó pillanatban is generálható kommunikációs zaj a döntési folyamatban, de alkalmas arra is, hogy a passzív rétegből (azok a választópolgárok, akik rendszerint nem vesznek részt a választásokon) mozgásra készítse őket.

Mindig az ember lesz a szűk keresztmetszet a biztonsági kérdésekben, hiszen az érdekérvényesítési szándék nem gépi természetű. Nap, mint nap egyre több adat generálódik a világban és az összefüggési pontokat csak „megfelelő szűrők” segítségével lehet kimutatni. Ma is és a jövőben is az egyik legfontosabb pillére lesz az életünknek, hogy különbséget tudjunk tenni a valós és a fiktív hírek, hirdetések vagy pusztán vélemények tekintetében, a manipulatív technikák és a technológia fejlődésével a kreált valóságok egyre élethűbbé válnak, amíg végleg el nem tűnik a határ a realitás és a virtualitás között.

5 Hivatkozások

- [1] Biasini, N., & Brumaghin, E. (2019. 11 05). *How adversaries use politics for compromise*.
Forrás: <https://blog.talosintelligence.com/2019/11/political-malware.html>
- [2] Neudert, L.-M., & Howard, P. (2019. 11 11). *Online politics needs to be cleaned up – but not just by Facebook and Twitter*. Forrás:
<https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/nov/11/online-politics-facebook-twitter-social-media-political-parties>
- [3] Satariano, A., & Tsang, A. (2019. 12 10). *Who’s Spreading Disinformation in U.K. Election? You Might Be Surprised*. Forrás:
<https://www.nytimes.com/2019/12/10/world/europe/elections-disinformation-social-media.html>
- [4] The Cyberwire. (2019. 12 11). *Glossary*. Forrás: <https://thecyberwire.com/glossary.html>



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY