

ÜVEGSZÁLLAL ERŐSÍTETT MŰANYAG (GFRP) FÚRÁSI VIZSGÁLATAI

THE DRILLING INVESTIGATION OF GLASS FIBRE REINFORCED PLASTIC

Horváth Richárd¹, Ágoston Gábor²

¹²Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag- és Gyártástudományi Intézet, H-1081, Magyarország, Budapest, Népszínház u. 8., horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu, agostongabe@gmail.com

Abstract

Nowadays the usage of glass fiber-reinforced plastics (GFRP) is increasing. Cutting of these materials is including several problems, e.g.: the strong abrasive wear effect of the glass fibers or delamination effects. In this paper, we examined the results of drilling experiments of a 10 mm thick GFRP, which included 26 layer. The cutting parameters were changed in a wide range. During the experiments, we measured the mean surface roughness parameter (R_a). After the tests we examined the effect of the cutting parameters on the measured roughness values. Two types of predictive models were created to estimate the roughness parameter and compared their applicability.

Keywords: GFRP, drilling, average surface roughness, response surface method.

Összefoglalás

Az üvegszállal erősített műanyagok (GFRP) felhasználása napjainkban egyre növekszik. Az ilyen anyagok forgácsolása számos problémát rejt magában pl.: üvegszálak erős koptató hatásása, sorja és delamináció jelensége. Ebben a cikkben egy 26 rétegből álló, 10 mm vastag egymásra merőleges réteg elrendezésű GFRP fúrási vizsgálatainak eredményét mutatjuk be. A fúrási kísérletek alatt a forgácsolási paramétereket széles tartományban változtattuk. A kísérletek közben mértük a felületi érdesség átlagos értékeit (R_a). A vizsgálatok után kiértékeljük a forgácsolási paraméterek hatását a mért érdességi értékekre. Kétféle prediktív modellt hoztunk létre a mért paraméter becslésére a vizsgált forgácsolási tartományon belül és hasonlítottuk össze azok alkalmazhatóságát.

Kulcsszavak: GFRP, fúrás, átlagos felületi érdesség, válasz felületek módszere.

1. Bevezetés

Az üvegszállal erősített műanyagok elterjedése azok kiemelkedő tulajdonságainak köszönhető, a nagy szilárdság és kis súly mellett, költséghatékonyságukból fakadóan egyre többet használják az iparban. Az ilyen anyagoknak a készremunkálása méretpontosság, vagy megkívánt geometriai alak miatt történhet forgácsolással. A GFRP anyagok forgácsolása sok problémát vet fel. A túl magas hőmérséklet megelőzhető a

mátrix anyagot, viszont az esetleges nedvességfelvétel (epoxi mátrixú kompozitokban) miatt az hűtés-kenés nem ajánlott. Valamint a forgácsoláskor fellépő delamináció és sorja jelenséget minimalizálni szükséges.

Okutan és társai [1] GFRP fúrási vizsgálatait végezték száraz forgácsolási körülmények között. A forgácsolási kísérletekben a forgácsolási sebességet konstans értéken tartották, míg négy különböző átmérőjű

fúrót használtak és az előtolást is négy szinten változtatták. A forgácsolt felületeket elektronmikroszkópos vizsgálatoknak vetették alá valamint hatványkitevős modelleket konstruáltak az előtolás irányú erő és a nyomaték becslésére.

Vankanti és Ganta [2] optimális forgácsolási paramétereket állapítottak meg GFRP fúrásakor. Az optimalizált paraméterek a forgácsoló sebesség, az előtolás, valamint a szerszám geometriája volt. Következtetéseket vontak le a forgácsolási paraméterek és a szerszámgeometria hatásáról az előtolási erőre, a nyomatékra, a forgácsolt felületi érdességre, valamint a köralakúságra.

Gyorsacél és kétféle keményfém fúrót hasonlított össze vizsgálataiban Kumar és Sing [3]. Kutatásukban a bemenő paraméterek a 3 féle fúró volt, valamint 3 szinten változtatták a forgácsolási paramétereket is. Eredményeikből másodrendű modelleket állítottak fel a delaminációs tényezőre, a felületi érdességre valamint az előtolás irányú erőre. Kutatásukból kiderül, hogy a delamináció értéke növekszik a növekvő előtolás irányú erő hatása miatt. A felületi érdesség növekszik a forgácsolási sebesség növelésével.

Parida és társai [4] válaszfelületek módszerét alkalmazta GFRP fúrásához. Vizsgálataikban három féle gyorsacél fúrót alkalmaztak valamint három szinten változtatták a forgácsoló sebesség és előtolás értékeit. Munkájukban egy másodrendű prediktív modellt készítettek, valamint optimális forgácsolási paramétereket állapítottak meg. Vizsgálataikból kiderül, hogy a felületi érdességre a forgácsoló sebességnek van a legnagyobb hatása aztán a fúró átmérőnek, míg az előtolás hatása elhanyagolható.

Átfogó tanulmányt közöltek Khashaba és El-Keran [5] GFRP fúrásával kapcsolatosan. A kísérleteik során három szinten változtatták a forgácsoló sebességet és két szinten az előtolást. Tanulmányukban mérték a hőmérsékletet, az előtolás irányú erőt,

a felületi érdességet valamint foglalkoztak a delamináció jelenségével.

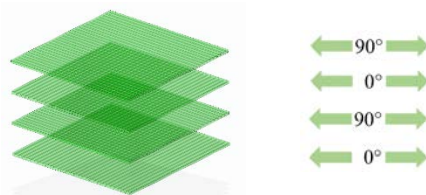
Velaga és Cadambi [6] a forgácsolási paraméterek hatását vizsgálták GFRP-s anyagok fúrásánál. Kísérleteikben gyorsacél fúrót használtak és három szinten változtatták a forgácsolási sebesség és előtolás értékeit. Vizsgálták a delaminációs jelenségeket, és végeselemes vizsgálatokat végeztek és optimális forgácsolási paramétereket állapítottak meg a delamináció minimalizálásához.

Mohan és társai [7] Taguchi módszerrel vizsgálták GFRP-s anyagok fúrását. Kísérleteikben négy szinten változtatták a bemenő paramétereket melyek a következők: GFRP anyag vastagsága, fúró átmérő, és a forgácsolási paraméterek. Részletesen foglalkoztak a delaminációval valamint a forgácsolási paraméterek hatásával delaminációs jelenségekre.

Ebben a cikkben egy 10mm vastag üvegszál erősítésű műanyag fúrási vizsgálatainak eredményeit mutatjuk be. Elemzésre kerül a fúrt felületek érdességi paramétere (Ra) a forgácsolási paraméterek függvényében.

2. Kísérletben felhasznált anyagok és módszerek

A kísérletekhez használt GFRP-ben az üvegszálak egymásra merőlegesen (1. ábra) 26 rétegben lettek elhelyezve.



1. ábra. Üvegszálak szálrendezése a munkadarabban

Az üvegszállal erősített műanyagoknál jelentősebb a szerszámkopás ezért ott gyémánt vagy gyémánt bevonatú szerszám javasolt. Ezek alapján a kísérletekhez a DreamDrills termékcsalád Ø 10 mm-es

gyémánt bevonatos fúróját használtuk [8]. A kísérleteket MAZAK VCN 410A-II szer-
számgepen végeztük, a felületi érdességet
Mitsutoyo SJ-301 érdességmérővel mértük.

2.1. Prediktív modellek

Célszerű létrehozni olyan fenomenoló-
giai modelleket, melyekkel a forgácsolt
felület vizsgált paraméterei (esetünkben az
átlagos felületi érdesség) a vizsgált forgá-
csolási paraméter tartományon belül megfe-
lelő pontossággal becsülhetők. Alapvetően
kétféle megközelítés szokás. Egyik esetben
az ún. másodrendű függvény modell [1, 4]
(1), mely tartalmazza a forgácsolási para-
métereket azok négyzetes hatását illetve
kereszt hatásukat (továbbiakban I. modell):

$$Y = b_0 + b_1 \cdot v_c + b_2 \cdot f_z + b_{11} \cdot v_c^2 + b_{22} \cdot f_z^2 + b_{12} \cdot v_c \cdot f_z \quad (1)$$

Valamint az úgynevezett hatvány kitevős
modell [3] (továbbiakban II. modell), mely
az alábbi alakban kereshető (2):

$$Y = c_0 \cdot v_c^{c_1} \cdot f_z^{c_2} \quad (2)$$

amelyekben Y a vizsgált paraméter, $b_0, b_i \dots b_{ij}, c_0, c_i \dots c_{ij}$ számított koef-
ficiensek, v_c, f_z pedig a bemenő (forgácsolási) paraméterek.

A felületi érdesség prediktív modelljeit
és azok vizsgálatát a fenti két módon hatá-
roztuk meg.

2.2. Kísérleti pontok meghatározása

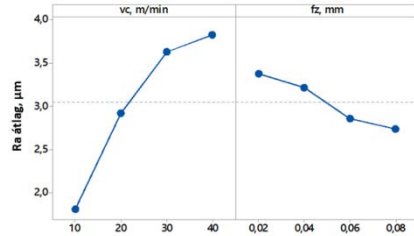
A szakirodalom alapján minél szélesebb
forgácsolási paraméter tartományt kíván-
tunk megvizsgálni. A forgácsoló sebességet
 $v_c = 10-20-30-40$ m/min az előtolást $f_z = 0,02-0,04-0,06-0,08$ mm között változtat-
tuk. A forgácsolási kísérleteket minden
paraméter kombinációban vizsgáltuk.

3. Eredmények

3.1 Forgácsolási paraméterek hatása a felületi érdességre

Az 2. ábra az R_a változását mutatja a
forgácsolási paraméterek függvényében. Az

ábrákból látható, hogy az R_a paraméter
növekszik a forgácsoló sebesség növelésé-
vel, míg az előtolásnak nincs ilyen megha-
tározó hatása.



2. ábra. R_a főhatás ábrái

3.2 Prediktív modellek

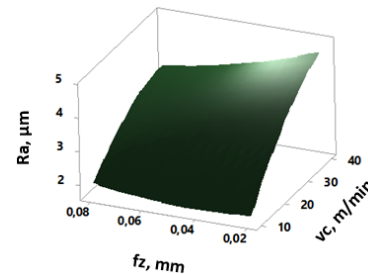
A furatok R_a érdességi paramétereire az
(1) és (2) alapján prediktív modelleket
hoztunk létre. A másodrendű válaszfüggvé-
nyek az alábbiak:

$$R_a = 0,184 + 0,1971 \cdot v_c - 5,5 \cdot f_z - 0,001703 \cdot v_c^2 + 164 \cdot f_z^2 - 0,759 \cdot v_c \cdot f_z \quad (3)$$

A hatványkitevős modellek pedig:

$$R_a = 0,3383 \cdot v_c^{0,562} \cdot f_z^{-0,1385} \quad (4)$$

A 3. ábra a (3) egyenlet alapján szemlélteti
a forgácsolási paraméterek hatását az R_a
paraméterre.

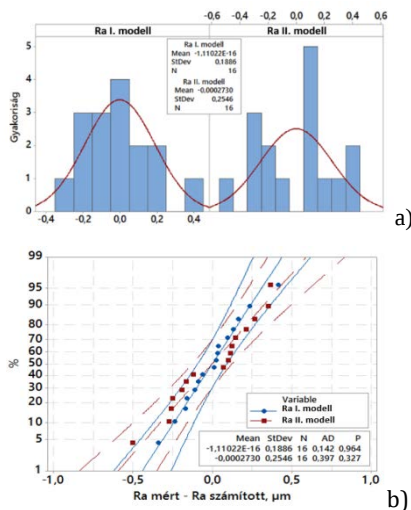


3. ábra. A (3) egyenlet grafikus ábrázolása

3.3 Modellek ellenőrzése, vizsgálata

A prediktív modellek akkor megfelelőek,
ha a mért és a számított értékek közötti eltéré-
sek (reziduumok) minél kisebbek, várható
értékük nulla körüli, és szórásuk minél kisebb.
A 4. ábra az R_a értékek reziduumjait ábrázol-

ja hisztogrammal és normalitás hálón. A két ábrából látható, hogy az I. modell reziduumjainak eloszlása jobban közelíti a várt normális eloszlást. Az eltérések $-0,337 \mu\text{m}$ és $0,41 \mu\text{m}$ közötti értékűek, a szórásuk pedig $0,1886 \mu\text{m}$. Ezzel szemben a II. modell hasonló paraméterei nagyobb eltérést és nagyobb szórást mutatnak. A hibák eltérései $-0,5 \mu\text{m}$ és $0,36 \mu\text{m}$ közötti a szórásuk pedig $0,2546 \mu\text{m}$.



4. ábra. Ra reziduumok vizsgálata.

a) Reziduumok hisztogrammja;

b) Reziduumok ábrázolása normalitás hálón.

4. Következtetések

Ebben a cikkben egy 10 mm vastag, 26 rétegű GFRP anyag fúrási vizsgálatait végeztük el. A fúrák után mértük az átlagos felületi érdességet. Kétféle prediktív modellt hoztunk létre az érdesség becslésére. A vizsgálatokból az alábbi következtetések vonhatóak le:

- az átlagos felületi érdességre (R_a) a forgácsoló sebesség van nagy hatással, míg az előtolás értékének nincs ilyen meghatározó szerepe;
- bár mindkét prediktív modell a technológiai előtervezéshez szükséges megfelelő pontossággal becsli az R_a értékeket, de az egyenletek vizsgálata azt mutatja, hogy az

I. modell pontosabb, a hibák eloszlása jobban közelíti a normális eloszlást, valamint a hibák szórása is kisebb.

Köszönetnyilvánítás

„Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I-OE-779/60 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült”

Köszönet illeti a GranTOOL Kft.-t, hogy biztosította a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges szerszámokat, valamint az KANDSI Kft.-t (AKOBEZ), hogy biztosította az egyedileg gyártott munkadarabokat.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Okutan, E., Karabay, S., Sımazçelik, T., & Avcu, E. (2013). A Study on Derivation of Parametric Cutting Force Equations In Drilling of GFRP Composites. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 59(2), 97–105.
- [2] Vankanti, V. K., & Ganta, V. (2014). Optimization of process parameters in drilling of GFRP composite using Taguchi method. *Journal of Materials Research and Technology*, 3(1), 35–41.
- [3] Kumar, D., & Sing, K. K. (2017). Experimental analysis of Delamination, Thrust Force and Surface roughness on Drilling of Glass Fibre Reinforced Polymer Composites Material Using Different Drills. *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 7618–7627.
- [4] Parida, A. K., Routara, B. C., & Bhuyan, R. K. (2015). Surface roughness model and parametric optimization in machining of GFRP composite: Taguchi and Response surface methodology approach. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3065–3074.
- [5] Khashaba, U. A., & El-Keran, A. A. (2017). Drilling analysis of thin woven glass-fiber reinforced epoxy composites. *Journal of Materials Processing Technology*, 249, 415–425.
- [6] Velaga, M., & Cadambi, R. M. (2017). Drilling of GFRP Composites for Minimising Delamination Effect. *Materials Today: Proceedings*, 4(10), 11229–11236.
- [7] Mohan, N. S., Kulkarni, S. M., & Ramachandra, A. (2007). Delamination analysis in drilling process of glass fiber reinforced plastic (GFRP) composite materials. *Journal of Materials Processing Technology*, 186(1-3), 265–271.
- [8] http://www.toolontool.hu/DNNGranTool/PDF/YG-1_Drill_DI473.pdf