

Műanyag elemek utólagos megmunkálása

A műanyag termékek előállítása sokszor nem ér véget az alakadással, ugyanis egyre gyakrabban utóműveleteket (ragasztás, fúrás, marás, stancolás stb.) szükséges végezni, hogy az elemeket szerkezeté építsék össze. Eközben a műanyagot károsító folyamatok is felléphetnek, amelyeket ritkán tesznek vizsgálat tárgyává.

Tárgyszavak: kompozitok; műszaki műanyagok; építőipar; utóműveletek; fúrás; marás; stancolás; hőfizikai tulajdonságok.

A szálerősítésű kompozitok jelentősége a könnyűszerkezetes építésben egyre nő. A kompozit elemek beépítése gyakran fúrással vagy marással történik. Eközben az abrazív szálak koptatják a fémszerszámokat, méret- és alakhibák léphetnek fel, és a felület minősége is változhat. A megmunkálás során a szerszám és ennek következtében a műanyag is jelentős mértékben felmelegszik, és ez az építőelemek felületének minőségét leronthatja. Mivel a felhasznált anyagok hőfizikai tulajdonságai kedvezőtlenek, különösen fontos, hogy fúráskor az anyag hőigénybevétele minél kisebb legyen.

Fúrásnál fellépő hőigénybevétel vizsgálata

A jelenség vizsgálatára négyféle műanyagot (PA 66, PEEK, POM, PET) választottak ki. A PEEK-nél 30% üvegszálat és 30% szénszálat tartalmazó kompozitokat is vizsgáltak. A vizsgálati anyagok jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

A száraz fúrást 8 mm átmérőjű, a K10/20 csoportba tartozó keményfémlapkás fúróval, valamint polikristályos gyémántlapkás fúróval végeztek (forrasztott lapkák, nem szerelhető kivétel).

A szerszámhőmérsékletet a fúró szabad felületébe épített hőelemmel mérték. A hőmérsékletet közvetlenül a műanyag és a fúró érintkezésénél nem lehet mérni, részben a nagy mechanikai igénybevétel, részben a rossz hozzáférés miatt. A termoelemet a vágóélhez képest egy meghatározott távolságban helyezték el. Ráadásul a hőelem vezetékét az adatfeldolgozó számítógéphez kellett kapcsolni, ezért a fúró fordított kinematikával működött (azaz, mint esztergagépen történő fúrásnál a forgó főmozgást a munkadarab végzi).

A második vizsgálat sorozatban a fúrt műanyag hőmérsékletét mérték, a hőelemet a furatfaltól 0,2 mm, a felülettől 10 mm távolságban helyezték el.

A vizsgált műanyagok tulajdonságai

Tulajdonság	PA 66	PEEK	PEEK CF30	PEEKGF30	PET	POM
Szálfajta	–	–	rövid szén-szál	Rövid üvegszál	–	–
Szál, %(V/V)	–	–	30	30	–	–
Sűrűség, g/cm ³	1,14	1,32	1,44	1,49	1,37	1,42
Húzószilárdság, MPa	90	50–100	224	156	81	65
Szakadási nyúlás, %	40	50	1,3	2,7	70	40
E-modulus, MPa	3300	3600	13 000	9700	2800	3300
Hőtágulási együttható, 10 ⁻⁶ · K	70	47	4	22	20	110
Hőkapacitás, kJ/kg · K	1,7	0,32	1,85	1,71	1,1	1,5
Hővezető képesség, W/m · K	0,23	0,25	0,92	0,43	0,24	0,31
Üvegesedési hőmérséklet, °C	78	143	143	143	69	–38
Olvadáspont, °C	255	334	334	334	255	175
Hőbehatolási koefficiens, kJ/m ² · h ^{0,5} · K	40	19,5	94	63	36	49

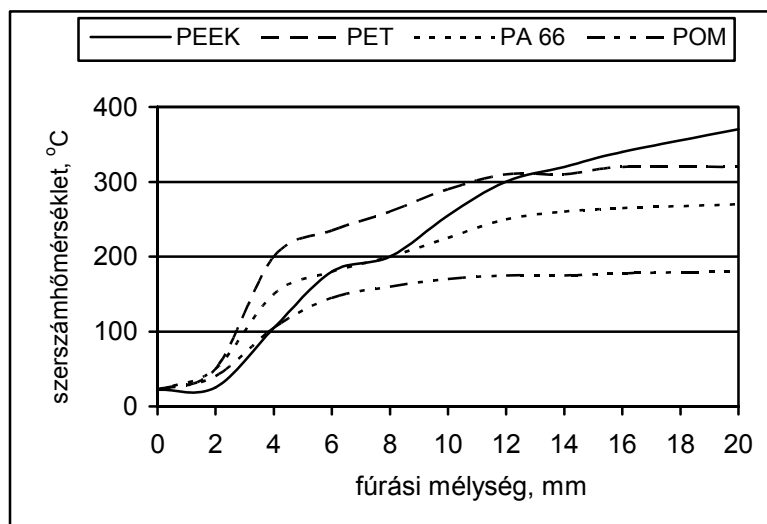
Az alapanyag hatása a fúró és az anyag hőmérsékletére

Az 1. ábrán látható a különböző anyagok fúrásánál a fúróban mért hőmérsékletek alakulása a fúrás mélység függvényében. 20 mm mélységben a fúró hőmérséklete egyes anyagoknál (PEEK, PET) megközelíti a 400 °C-ot, amely nem várt magas érték. A keményfém fúró hőmérséklete minden esetben kb. 50 °C-kal nagyobb volt, mint a gyémántlapkás fúróé. A fordulatszám növelése ugyancsak emelte a fúró hőmérsékletét, míg az előtolás növelése kisebb hőterhelést eredményezett.

A szerszámban mért hőmérséklet és a mátrixpolimer fizikai tulajdonságai között fennálló összefüggés jellemzésére az ún. hőbehatolási koefficient (b) vezették be:

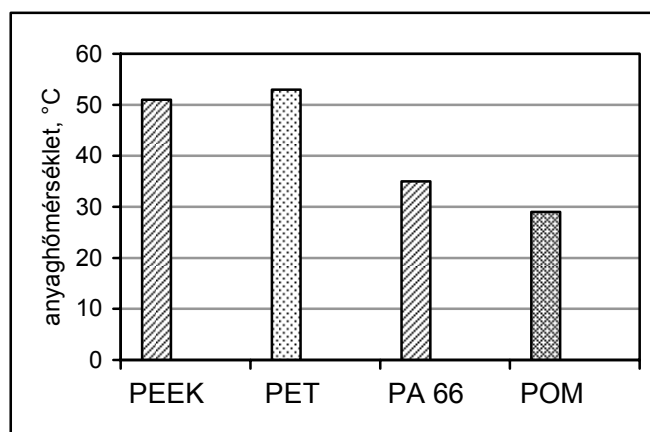
$$b = \lambda \cdot \rho \cdot c \quad \text{kJ/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5} \cdot \text{K}$$

ahol λ = hővezetőképesség,
 ρ = sűrűség,
 c = hőkapacitás.



1. ábra A fúróban kialakuló hőmérséklet alakulása különböző polimerekben a furatmélység függvényében (vágósebesség: $v_c = 120$ m/min, előtolás: $f = 0,1$ mm)

A hőbehatolási együttható (b) megmutatja, hogy időegységre és felületegységre vetítve mekkora hőmennyiség juthat a polimermátrixba. A vizsgált anyagok közül a PEEK-nek a legkisebb a hőbehatolási együtthatója, $b = 1,95 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5} \cdot \text{K}$, és ennek megfelelően ebben az anyagban a legmagasabb a fúrószerszám hőmérséklete: 20 mm mélyen $360 \text{ }^\circ\text{C}$. A nagyobb hőbehatolási együtthatós anyagokban – PET:36, PA:40, POM: 49 – a fúróhegy kevésbé, de még így is jelentős mértékben melegszik fel.



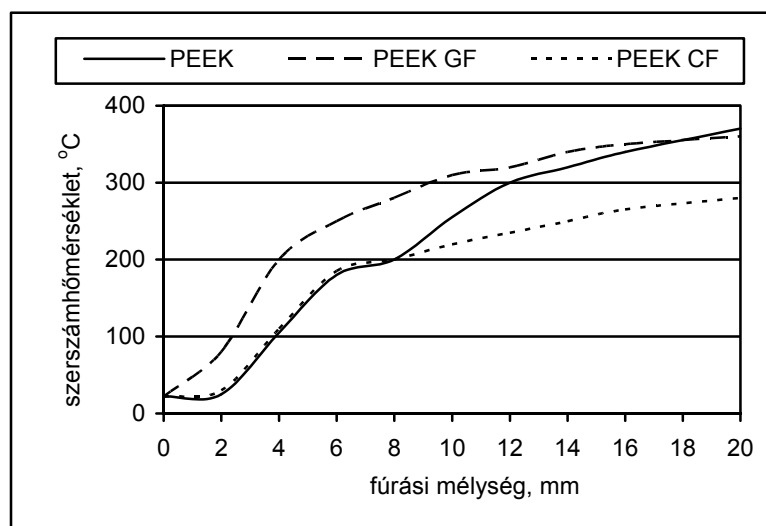
2. ábra Különböző polimerek hőmérséklete a furatfalban

Az anyag felmelegedése is függ a hőbehatolási együtthatótól. A 2. ábrán a furatfaltól $0,2$ mm távolságban és 10 mm furatmélységben mért anyag hőmérsékletek vannak feltüntetve. Ezek a hőmérsékleti értékek jóval alacsonyabbak, mint a fúróhegyben

mért értékek, amelynek az az elsődleges oka, hogy a hő gyorsabban oszlik el a nagyobb mennyiségű anyagban. Az anyagok hőtechnikai tulajdonságainak különbözősége itt is jelentkezik: a PEEK és a PET a hőmennyiséget jóval lassabban vezeti el az anyag belseje felé, mint a PA és a POM. Ha a furatmélység nő (13 mm vagy annál nagyobb), akkor a hőtechnikai tulajdonságokban meglévő különbségek még erőteljesebben hatnak: a PEEK magasabb hőmérsékletre melegszik fel, mint a PET.

Erősítőszálak hatása a felmelegedésre

A vizsgált erősített polimereknél is kimutatták a hőbehatolási koefficiens értékei és szerszámhőmérséklet közötti összefüggést. A 3. ábrán láthatók a furatmélység függvényében mért szerszámhőmérsékletek. A két minta közül az üvegszállal erősített PEEK (PEEK GF) b értéke kisebb, és ezért benne a fúróhegy jobban felmelegszik, mint a szénszállal erősített PEEK-ben (PEEK CF). Az anyaghőmérsékletek alakulása: 34 °C az üvegszállal erősített PEEK-ben és 29 °C a szénszállal erősített PEEK-ben.



3. ábra A szálerősítés hatása a fúróban kialakuló hőmérsékletre PEEK mátrixban

Az anyagfelületek károsodása

A fúróhegygel érintkező felületek vizsgálata fontos információt nyújt az anyag hőterhelésére vonatkozóan. SEM felvételekkel kimutatták, hogy például a PEEK felülete 2 mm fúrasi mélységben viszonylag sima, miközben a szerszámhőmérséklet 120 °C. Ez érthető, hiszen a PEEK üvegesedési hőmérséklete 143 °C, és ez alatt szilárd, befagyott állapotban van az anyag. 10 mm furatmélységben a szerszámhőmérséklet 280 °C-ra emelkedik, még nem éri el a PEEK olvadási hőmérsékletét (335 °C), de a

fúróheggyel érintkező polimer meglágyul, és emiatt a súrlódási tényező megnő. A fúró helyileg „megragad” és „elenged”, a plasztikusan alakítható anyagrészcscék a furat falára tapadnak, aminek következtében *egyenetlen felület alakul ki*. Ha a furatmélység eléri a 18 mm-t, a szerszámhőmérséklet már meghaladja a PEEK olvadási hőmérsékletét, az anyag megolvad és részben a forgácselvezető horonyban a szerszámra kenődik. Később ezek a részecskék leválnak és a fúrószerszám és a furatfal közé kerülve lehűlnek, amikor már elég messze vannak a forró fúró keresztéleitől. Így a *felületen pikkelyes szerkezet* alakul ki.

A magas hőmérséklet elszíneződést is okoz, amelyet fénymikroszkópos felvételekkel igazoltak. *A fúróheggyel érintkező anyagfelületek sötétebbé váltak*. A kristályos PEEK-nél kimutatták, magas hőmérsékleteken a kristályos részek megolvadnak, amorf részek jönnek létre, és ezek színe sötétebb az előbbieknél. A kristályossági fok csökken és ez egyben a mechanikai tulajdonságok és a hőállóság csökkenését is okozza. Mindez és az ez ideig nem kellő mértékben vizsgált kémiai változások az alkalmazás során akár a funkcionális tulajdonságok jelentős mértékű csökkenéséhez vezethetnek.

A polimerek termikus degradációjának elkerülése érdekében a fúróhegy hőmérsékletét a lehető legalacsonyabban kell tartani. Ezt kis vágósebességgel és nagy előtolással lehet elérni. A műanyagok sokfélesége miatt ennél részletesebben a fúrás optimális paramétereit nem lehet előre megadni. A konkrét alkalmazáshoz igazodó megmunkálási technológia kiválasztása során célszerű az anyagra ható hőigénybevételt egyedileg megvizsgálni.

Stancolás vagy marás?

A fröccsöntő cégek gyakran szembesülnek azzal, hogy termékeiket utólagosan is meg kell munkálniuk. A **Gerdes Kunststofftechnik GmbH** évente 1,5 millió kiszolgáló panelt (a kezelőkapcsolókat, ellenőrző lámpákat stb. tartalmazó elem) állít elő a **Bosch** és a **Siemens** háztartási gépeihez. A gépek széles választéka miatt a panelek több száz változatára van szükség, amelyek szérianagysága 5–5000 darab között van. A magas költségek miatt külön-külön fröccsszerszámot csinálni mindegyik változatra szóba sem jöhetett. *A megoldást egy fröccsöntéssel előállított alaptípus jelentette, amelyen stancolással és marással tervezték kialakítani a kívánt nyílásokat.*

A stancolásnál kiderült, hogy a bélyeg átnyomásakor nem kívánt sorja keletkezik, mivel az anyag megfolyik. Ezt ugyan kézi munkával utólag el lehet távolítani, azonban megdrágítja az eljárást. Az újfajta stancolás két lépésből áll: az elsőben a stanckés csak a nyílás kontúrját vágja ki, majd a második lépésben egy stancoló bélyeg távolítja el a kivágandó anyagot. A stanckszerszám üzemi hőmérsékletét 50–100 C° között állították be. A stanckés vágóélének geometriáját is megváltoztatták, amivel javult a vágóteljesítmény és a kés élettartama. A stanckés kidolgozásában a cég egy bőrfeldolgozó vállalattal működött együtt. A kis átmérőjű nyílásokat, mint amilyen a LED lámpa helye, továbbra is csak stancoló bélyeggel vágják ki.

A marás lehetőségét is megvizsgálták, annak ellenére, hogy a marógépeket általában a fémfeldolgozáshoz használják, és ennek megfelelő a kialakításuk, a műanyag

feldolgozáshoz „túldimenzionáltak” és túl drágák. A német **Anderson Europe GmbH** (Dornstetten) azonban gyárt olyan marógépeket, amelyekkel a műanyagokat lehet megmunkálni. Az elvégzett kísérletek alapján a **Gerdes Kunststofftechnik GmbH** úgy döntött, hogy ezt a technológiát is alkalmazza a háztartási gépek paneljeinek gyártásához. Az eljárásokat összehasonlítva kiderült, hogy a marás kb. háromszor annyi időt vesz igénybe, mint a stancolás, viszont a stancolás egyéb költségei (szerszám és a nyomóegység költségei) nagyobbak, mint a marógépre a panelfelszerelés költségei.

A fejlesztések végeredménye, hogy *a cég a nagy szériáknál a stancolást, a kis szériáknál pedig a marást választotta a panelek előállításához.*

Összeállította: Dr. Orbán Sylvia

Kempmann, C.; Brinkel, F.; Weinert, K.: Temperaturbelastung beim Bohren. = Kunststoffe, 96. k. 12. sz. 2006. p. 72–77.

Wirtschaftliche Vielfalt. = Plastverarbeiter, 56. k. 12. sz. 2005. p. 20–21.

Röviden...

A német vállalatok piaci térhódítása Oroszországban

A **KBE Fenstersysteme** (Berlin) már 1995-ben képviselőt nyitott Moszkvában, 2005-ben pedig Moszkva közelében, Woskresenskben Battenfeld extrúderekkel felszerelt feldolgozó üzemet létesített. A kezdettől fogva sikeres vállalkozás ma már több mint 40 ezer tonna PVC dry-blendből állít elő ablakprofilokat az orosz piac számára. Oroszországban a műanyag ablakok iránti igény viharos gyorsasággal nőtt az utóbbi években, s ezért a KBE feldolgozó kapacitását meg akarja duplázni.

Az orosz feldolgozóipar fejlődését jellemzi, hogy 2005-ben 180 millió EUR-ért vásároltak német feldolgozó gépeket, ami 10,5%-kal több mint 2004-ben. A német gépgyártók piaci részesedése a legnagyobb Oroszországban, őket követik az olasz, a francia és az osztrák műanyag-feldolgozó gépgyártók. A piac mérete még mindig kicsi, de a fejlődés feltételei most jobban adóttak, mint az ezredforduló előtt. Becslések szerint évente 800–1000 fröccsgépet lehet eladni, ennek egyik része (30%) nagyon modern gépekből áll és az autóipart és a csomagolótechnikát szolgálja ki, a másik része (60%) viszont tömegtermékeket gyárt alacsonyabb színvonalú, többnyire az ázsiai országokból beszerzett gépekkel. Az új gépek közül minőségileg a középmezőnyhöz a gépek mintegy 10%-a tartozik. Az európai gépgyártók összesen évi 240–300 fröccsgép aladásával számolhatnak az orosz piacon.

K-Zeitung, 37. k. 4. sz. 2007. p. 16.

O. S.