

Polipropilén ragasztása kétoldalas ragasztóval

Temesi Tamás¹, Dr. Kiss Zoltán^{1,*}

¹ Polimertechnika Tanszék, Gépészmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3, Magyarország

Absztrakt

Fröccsöntött polipropilén lapkák ragaszthatóságát vizsgáltuk kétoldalas ragasztószalag (3M VHB Tape 4979) és különböző ragasztási paraméterek (alapanyag talkumtartalom, felületkezelés, ragasztás utáni nyomás és hőkezelés) mellett. A legnagyobb kötésszilárdságot az Innopol CS2-9301 típusú polipropilén lapkák között, 3M 4298 felületkezelő szer alkalmazásával érték el, mivel ebben az esetben a kötés tönkremenetele a ragasztóanyag kohéziós szakadásával ment végbe.

1. Bevezetés

Napjainkban egyre több olyan terméket állítunk elő polimer alapanyagból, amelyekről néhány évtizeddel ezelőtt még el sem tudtuk képzelni, hogy ne fémből, vagy esetleg kerámiából hozzuk létre. Ennek köszönhetően az 1960-as évek óta a műanyaggyártás és a műanyag-feldolgozás fokozatosan növekvő tendenciát mutat. Ennek az egyre növekvő keresletnek, amelynek tendenciája az előrejelzések szerint a közeljövőben sem fog változni, mintegy húsz százalékát a hőre lágyuló polimerek közé tartozó polipropilén teszi ki, amelyet főleg a csomagoló-, az építő- és az autóiparban dolgoznak fel. Feldolgozása leggyakrabban extrudálással vagy fröccsöntéssel történik. Ez utóbbi egy rendkívül széles körben alkalmazott és igen nagy pontosságú alakadási eljárás, amelynek részesedése eléri a hazai műanyag-feldolgozás közel egyharmadát [1].

Legtöbbször a fröccsöntőgépből kikerült termék nem önmagában, hanem egy vagy több, különböző eljárással és esetleg különböző alapanyagból készült termékkel összeillesztve kerül végső felhasználási helyére. Funkciójukat tekintve az alkatrészek közti kötések lehetnek roncsolásmentesen oldható és nem oldható kötések, ez utóbbiak közé tartoznak a ragasztott kötések is. A ragasztási művelet során szilárd anyagok felületét ragasztóanyagok segítségével kötik össze úgy, hogy közben a szerkezet össztömege alig változik. A ragasztás legfőbb felhasználási területei a papír-, a csomagoló-, az építő-, a fa- valamint a bútoripar, amelyek a teljes ragasztóanyag-felhasználás több mint háromnegyedét teszik ki [2, 3].

Az elmúlt években leginkább a kompozitok ragaszthatóságát és az alkalmazott ragasztóanyagok kötésszilárdságra vonatkozó hatását vizsgálták kutatók. Ilyen kutatás volt például, amiben hosszú szálakkal erősített, hőre lágyuló (PP) mátrixú kompozitok ragaszthatóságát vizsgálták három különböző ragasztóanyag alkalmazása esetén, amik közül egy kétkomponensű, akrilbázisú ragasztóanyaggal értek el kiemelkedő eredményeket [4]. Emellett gyakori kutatási területnek számít a ragasztás során alkalmazott előkezelési módszerek

– mint például plazmakisüléses felületkezelés – és ezek kötésszilárdságot befolyásoló hatásának vizsgálata is [5-8].

2. Felhasznált anyagok, gépek és berendezések

Munkánk során a ragasztott kötések általános gyakorlatban elfogadott módszerével, átlapolt kötések nyíróvizsgálatával dolgoztunk. A ragasztott kötések létrehozásához minden esetben 80x80x2 mm méretű, polipropilénből (PP) fröccsöntött lapkákat alkalmaztunk. Több gyártó alapanyagait is megvizsgáltuk, ezek legfontosabb tulajdonságai az 1. táblázatban láthatók.

Tulajdonságok	Sabic 7690	Borcom WE007AE	Innopol CS 2-9301	TIPPLEN H145F
Sűrűség [g/cm ³]	1.02	0.925	0.9	0.9
Folyásindex (MFR) [g/10 perc]	30	12	30	25
Rugalmassági modulusz [MPa]	1600	1200	1100	1850
Lehajlási hőmérséklet [°C]	110	89	90	109

1. táblázat A ragasztandó, 80x80x2 mm méretű lapkák fröccsöntéséhez felhasznált alapanyagok

Előkísérleteink alapján felfedeztük, hogy az 1. táblázatban felsorolt Sabic, Borcom és Innopol gyártmányú alapanyagok mind tartalmaznak talkumot. FTIR mérések alapján igazoltuk, hogy amíg a Sabic és Borcom gyártmányú alapanyagok közel azonos mennyiségű talkumot tartalmaznak, addig az Innopol gyártmányú PP alapanyag ezektől eltérő talkumtartalommal rendelkezik. Ebből kiindulva egy különálló mérési folyamatban megvizsgáltuk azt is, hogy a talkumtartalom hogyan befolyásolja a ragasztás kötési erejét. Ehhez az 1. táblázatban bemutatott, a MOL Petrolkémia ZRt. által gyártott TIPPLEN H145F PP homopolimer anyaghoz 0, 5, 10 és 20 tömegszázalékban talkumot kevertünk a fröccsöntés előtt.

A talkum bekeverése a H145F jelű anyagba egy Labtech Scientific LTE 26-44 típusú, moduláris felépítésű, ikercsigás laborextruderen történt, a csigák fordulatszáma 50 1/perc volt. A megfelelően lehűtött, talkumot tartalmazó kompaundot Labtech LZ-120/VS típusú granulálóberendezésen vágtuk fröccsönthető méretű granulátum formára. A különböző alapanyagú lapkák fröccsöntése egy Arburg Allrounder Advance 370S 700-290 típusú fröccsöntőberendezésen történt, a befroccsöntési sebesség 50 cm³/s, az utónyomás 250 bar (15 másodpercig) volt minden esetben.

A fröccsöntött lapkák összeragasztása előtt a ragasztandó felületeiket áttöröltük izopropil-alkohollal átítatott kendővel, így zsírtalanítva azokat. Megvizsgáltuk emellett egyes, ragasztástechnikában gyakran alkalmazott primer anyagok (Loctite 770 és 7239, valamint 3M 4298), valamint a felület csiszolással érdesítésének (P150-es csiszolópapírral) és a

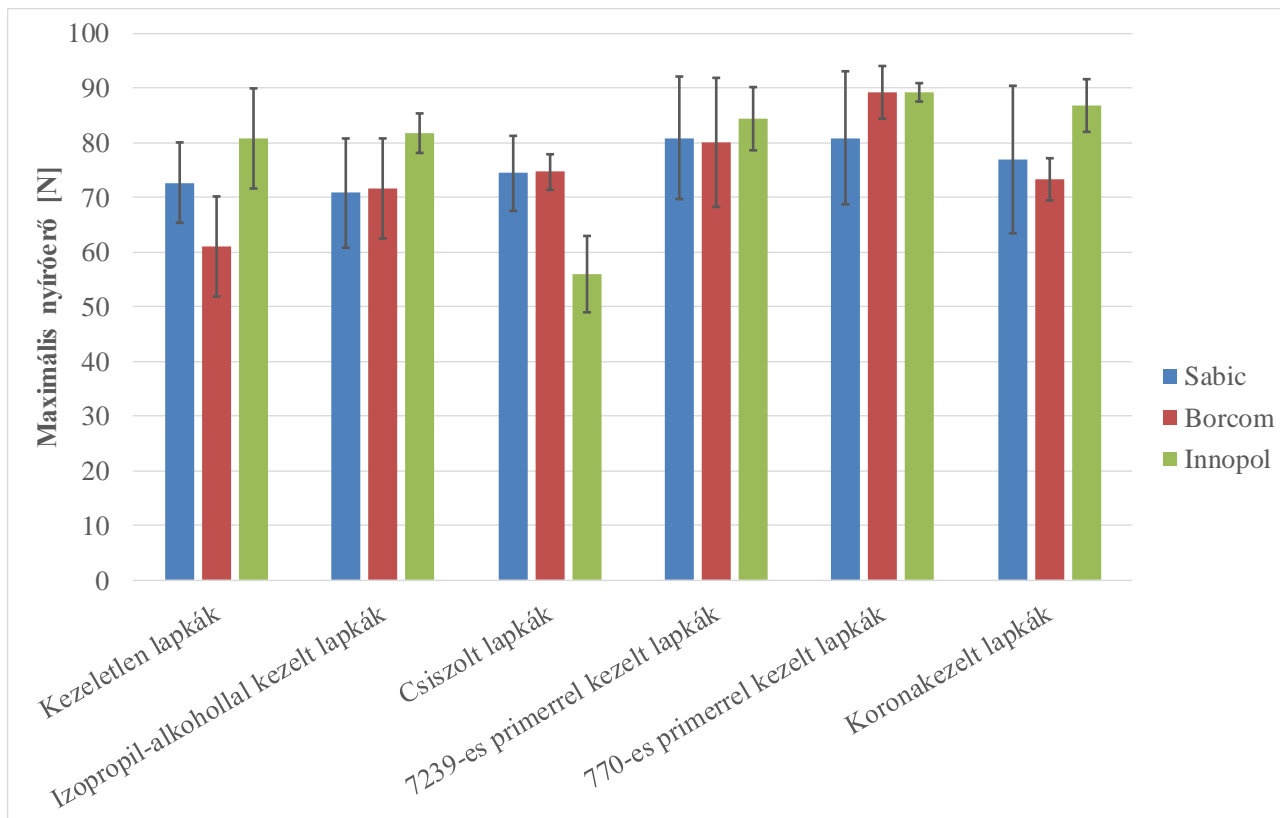
koronakisüléssel felületkezelés (legfontosabb paraméterek: 80 kV feszültség, 15-25 kHz frekvencia és 375 mm/s kezelési sebesség) alkalmazásának hatását a kialakított kötések szilárdságára.

A lapkák összeragasztása a 3M által kifejezetten autóiipari felhasználásra gyártott, akril-hab alapú, 4 mm széles és 2 mm vastag, nyomásérzékeny kétoldalas ragasztószalag (3M VHB Tape 4979) felhasználásával történt. Vizsgáltuk a ragasztás után eltelt idő (0-72 óra), 60°C-os hőkezelés (Despatch LBB 2-27-1CE laborkemence segítségével) és a kötést a ragasztóanyag megszilárdulása során terhelő nyomás (0 és 70 N nyomóerő) hatását a kötés szilárdságára. A kötések szilárdságát Zwick Z005 típusú szakítógéppel segítségével, 10 mm/perc vizsgálati sebesség mellett, szobahőmérsékleten határoztuk meg, a ragasztott kötetet a vizsgálatok során nyíró igénybevétel terhelte. Minden vizsgált paraméter esetén öt-öt vizsgálatot végeztünk el, a kötések minőségét az öt mérés során mért maximális erők átlagával, illetve a mérési eredmények szórásával jellemeztük.

3. Eredmények, értékelés

3.1. A ragasztott kötések minősége a felületi előkészítés függvényében

A vizsgálatokból megállapítható, hogy abban az esetben, amikor a lapkák ragasztandó felületeit semmilyen anyaggal vagy módszerrel sem kezeltük a ragasztás előtt, akkor az Innopol PP alapanyagából fröccsöntött lapkák között létrehozott ragasztott kötések voltak a legerősebbek, ezután következtek a Sabic majd pedig a Borcom alapanyagából készült lapkák ragasztott kötései. A kezeletlen esethez képest az izopropil-alkohollal történő felülettisztítás csak a Borcom alapanyagából készült lapkák kötéseire volt jelentős pozitív hatással, ezeknél közel 17%-kal nőtt a mért maximális nyíróerő. Az izopropil-alkoholos tisztításhoz képest a felületi érdesítésen átesett lapkák ragaszthatósága nem nőtt jelentős mértékben, sőt az Innopol lapkák esetén igen jelentős, 31%-os csökkenést tapasztaltunk. Az 1. ábra alapján megállapítható, hogy a koronakisüléssel felület-előkészítési eljárással sem érhető el jelentős kötéserő növekedés, csupán a kezeletlen és a koronakezelt Borcom lapkák mért értékei között volt számottevő javulás.



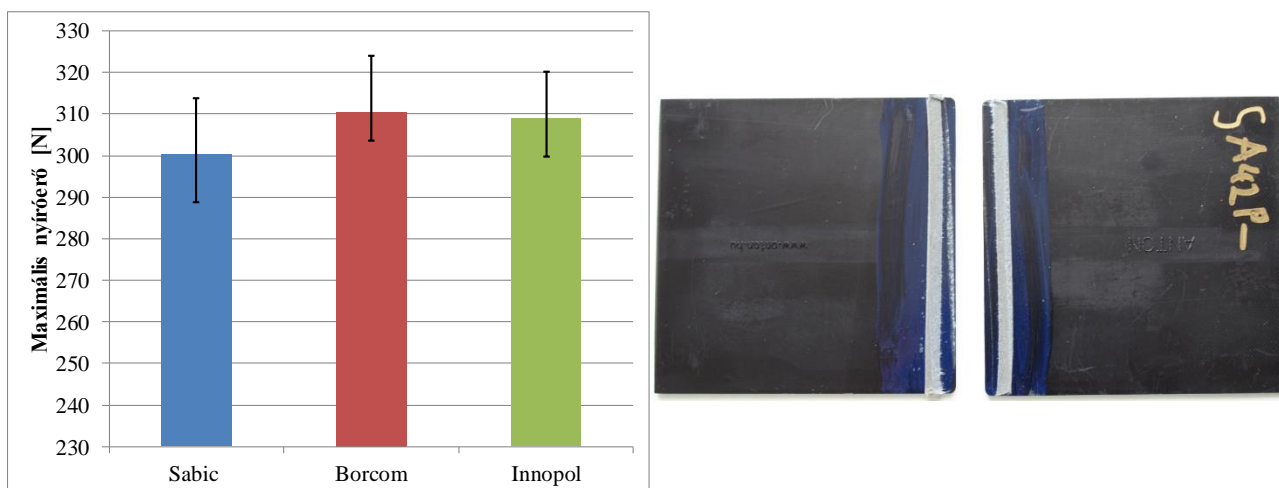
1. ábra Felületkezelési módszerek hatása a mért maximális nyíróerő értékeire

Jól látható, hogy a vizsgált felület-előkészítési eljárások közül a primer anyagokkal történő felületkezelésekkel érhető el a legjobb tapadás. A két hasonló primer anyag, a Loctite 7239-es és 770-es primer anyagai közül a 770-es bizonyult jobbnak, ami várható is volt, hiszen ezt kifejezetten poliolefinok ragasztásához ajánlja a gyártó. Az eddig bemutatott felületelőkészítési eljárások esetén, a szakítógépen végzett mérések során azt tapasztaltuk, hogy a tönkremenetel 100%-ban adhíziós jellegű volt, azaz a ragasztott kötés azért ment tönkre, mert a ragasztószalag mindig elvált az egyik lapka felületétől (2. ábra).



2. ábra Ragasztott kötés tisztán adhíziós tönkremenetele (megjegyzés: az ábrán tönkremenetel után a jobboldali lapka megfordítva látható, így szemléltetve, hogy a ragasztószalag a jobboldali lapkáról teljesen levált)

A 4298-as primerrel előzetesen felületkezelt lapkák kötéseinek tönkremeneteléhez jóval nagyobb, átlagosan 300 N körüli nyíróerőre volt szükség. Ezzel messze a legjobb felületi előkészítésnek mondható ez a módszer, amelynek azonban jelentős hátránya, hogy a 4298-as primer egy jelentősen környezet- és egészségkárosító hatású vegyszer. Az adhéziójavító folyadék olyannyira hatásos volt, hogy a tönkremenetel 100%-ban kohéziós jelleget mutatott, ugyanis a 2. ábrán bemutatott példával ellentétben nem a ragasztó vált el a lapkák felületétől, hanem a tönkremenetel a ragasztószalag anyagában ment végbe (3. ábra).



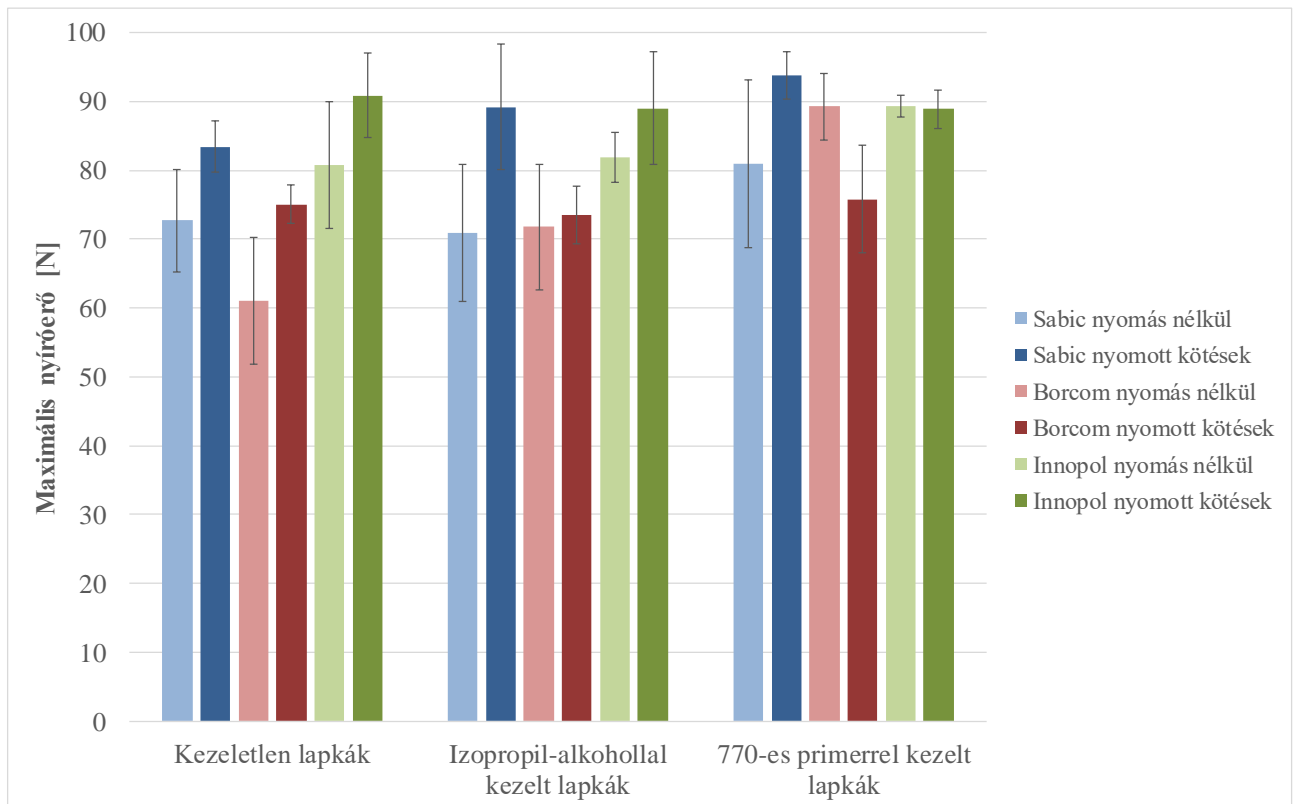
3. ábra A mért maximális erők 3M 4298 jelű primer használata esetén (balra), illetve a ragasztószalag tisztán kohéziós tönkremenetele (jobbra)

3.2. A ragasztott kötések minősége a nyomva tartás idejének függvényében

Mivel a ragasztott kötéseket nyomásérzékeny kétoldalas ragasztószalaggal hoztuk létre, így célszerű volt megvizsgálni, hogy a ragasztás után tartósan alkalmazott nyomóerő mennyiben befolyásolja a nyíróvizsgálat során mért erőt. A vizsgálatok során egy 70 N súlyú test segítségével, 24 órán keresztül szorítottuk össze a már összeragasztott lapkákat úgy, hogy a nyomóerő minden esetben a ragasztószalag mentén terhelte a lapkákat. A ragasztott kötéseket így 0.22 MPa nyomás terhelte. Ezt a nyomva tartási kísérletet kezeletlen, csak izopropil-alkohollal áttörölt, valamint izopropil-alkohollal és Loctite 770-es primer folyadékkal történő felületi előkészítésen átesett lapkákon vizsgáltuk meg (4. ábra). Azért esett a választás erre a primer anyagra, mivel a 4298-as primer alkalmazása esetén a (3. ábrán is bemutatott) tönkremenetel a ragasztóanyagban zajlik le, ezáltal nem tudnánk minősíteni a ragasztóanyag és a PP lapkák között kialakuló adhéziót.

A diagramokról megállapítható, hogy kilencből hét esetben a ragasztás után nyomásnak kitett kötések szakításakor fellépő maximális erő nagyobb, mint a nyomás nélküli esetben. Ez a növekedés néhány esetben jelentősnek mondható, ám mivel a mért maximális erők két esetben is csökkenést mutattak, ezért nem jelenthető ki egyértelműen, hogy nyomással jobb kötési erőt lehet elérni, mint nyomás nélkül. Ami a mért értékek szórását illeti, kilencből hat esetben a

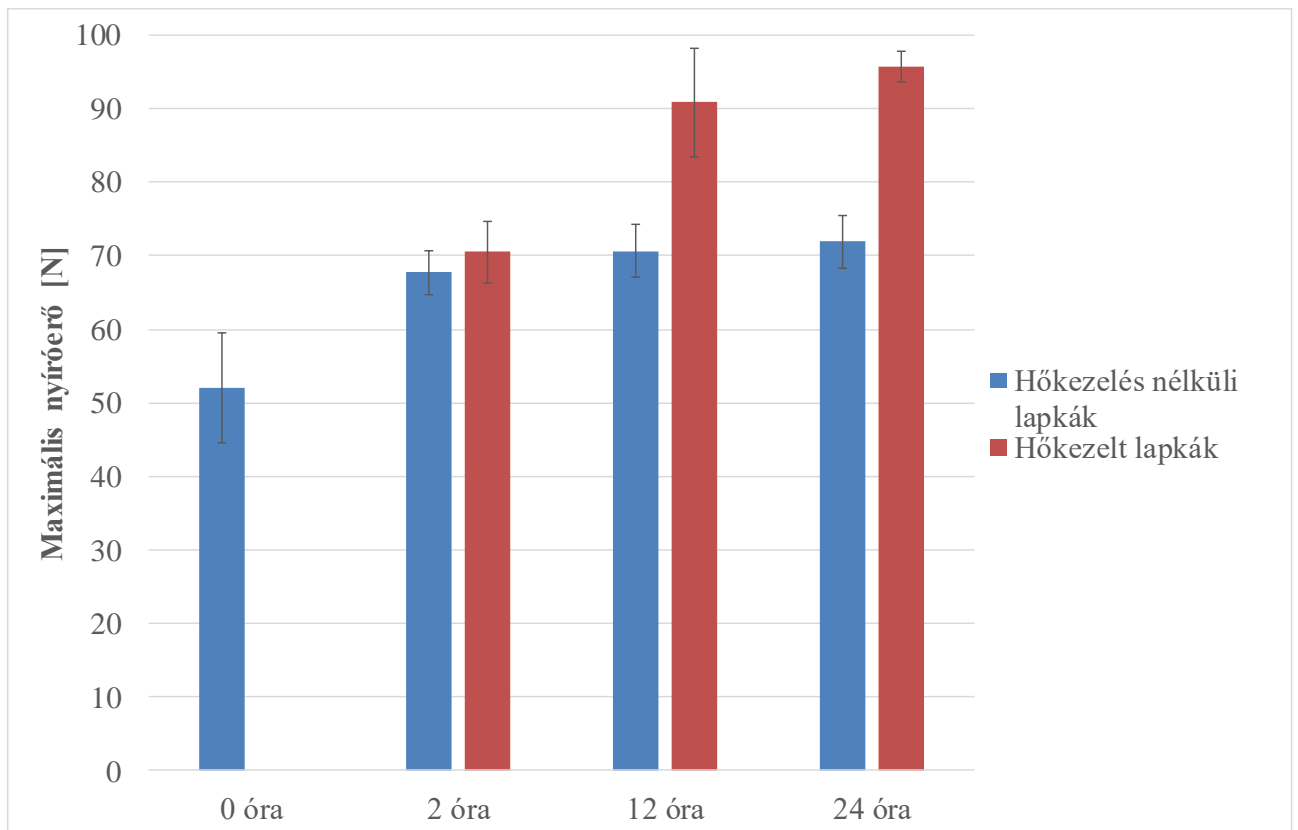
nyomásnak kitett kötések esetén a szórás kisebb (néhány esetben kevesebb mint 5%), mint nyomás alkalmazása nélkül, ám a szórásokat tekintve sem jelenthető ki, hogy a ragasztás elvégzése után a kötést nyomással terhelve jobban reprodukálható kötések hozhatók létre.



4. ábra Ragasztás után alkalmazott nyomás hatása a mért maximális erő értékeire

3.3. A ragasztott kötések minőségének alakulása az idő függvényében

A ragasztott kötések szilárdságának időfüggését az Innopol alapanyagából fröccsöntött lapkákon vizsgáltuk, mivel ezzel az anyaggal értük el a legnagyobb kötési erő értékeket. A lapkák ragasztandó felületeit izopropil-alkohollal áttöröltük, ezután felvittük a felületekre a Loctite 770-es primer anyagot és a kétoldalas ragasztó segítségével összeragasztottuk a lapkákat. Szakítógépen mértük a maximális erőt (nyíróerőt) a kötés létrehozása után 0-2-12-24 órával, ezen idő alatt a vizsgált ragasztott lapkák felét szobahőmérsékleten tartottuk, a maradékot pedig 60°C-ra felfűtött kemencébe helyeztük.



5. ábra A mért maximális kötési erők változása az idő függvényében

Az 5. ábrán is látható, hogy a szobahőmérsékleten tartott lapkák esetében a kötőerő 70N körül maximalizálódott, míg azok a kötések, amelyeket rögtön a ragasztás elkészülte után vizsgáltunk meg, átlagosan 50N terhelés elviselésére voltak képesek. Jelentős az eltérés a két órával a ragasztás után és a rögtön a ragasztás után vizsgált kötések között, ugyanis a két órával a ragasztás után vizsgált kötések már képesek körülbelül 70N terhelést tönkremenetel nélkül elviselni.

A 60°C-on hőntartott kötések kötési erejének időfüggés vizsgálata azt mutatja, hogy 2 órás hőntartással nem lehet olyan minőségű ragasztott kötést elérni nyomásérzékeny kétoldalas ragasztóval, mint a 24 óráig szobahőmérsékleten tartott kötésekkel. Azonban az 5. ábrán megfigyelhető, hogy a hőkezelt lapkák esetén mért értékek szignifikánsan nőnek az idő múlásával, a ragasztott kötés létrehozása után körülbelül 24 órával a kötések elérik maximális kötési erejüket, amely ráadásul nagyobb is, mint a szobahőmérsékleten tartott kötésekénél mért maximális erő. Sőt, a hőntartott kötések már 12 óra után jóval nagyobb terhelés felvételére képesek, mint a szobahőmérsékleten tartott lapkák. A 24 óra elteltével vizsgált kötések mért adatai igen kicsi, kevesebb, mint 3%-os szórást mutattak, amely arra engedett következtetni, hogy igen jól reprodukálható kötések sikerült létrehozni.

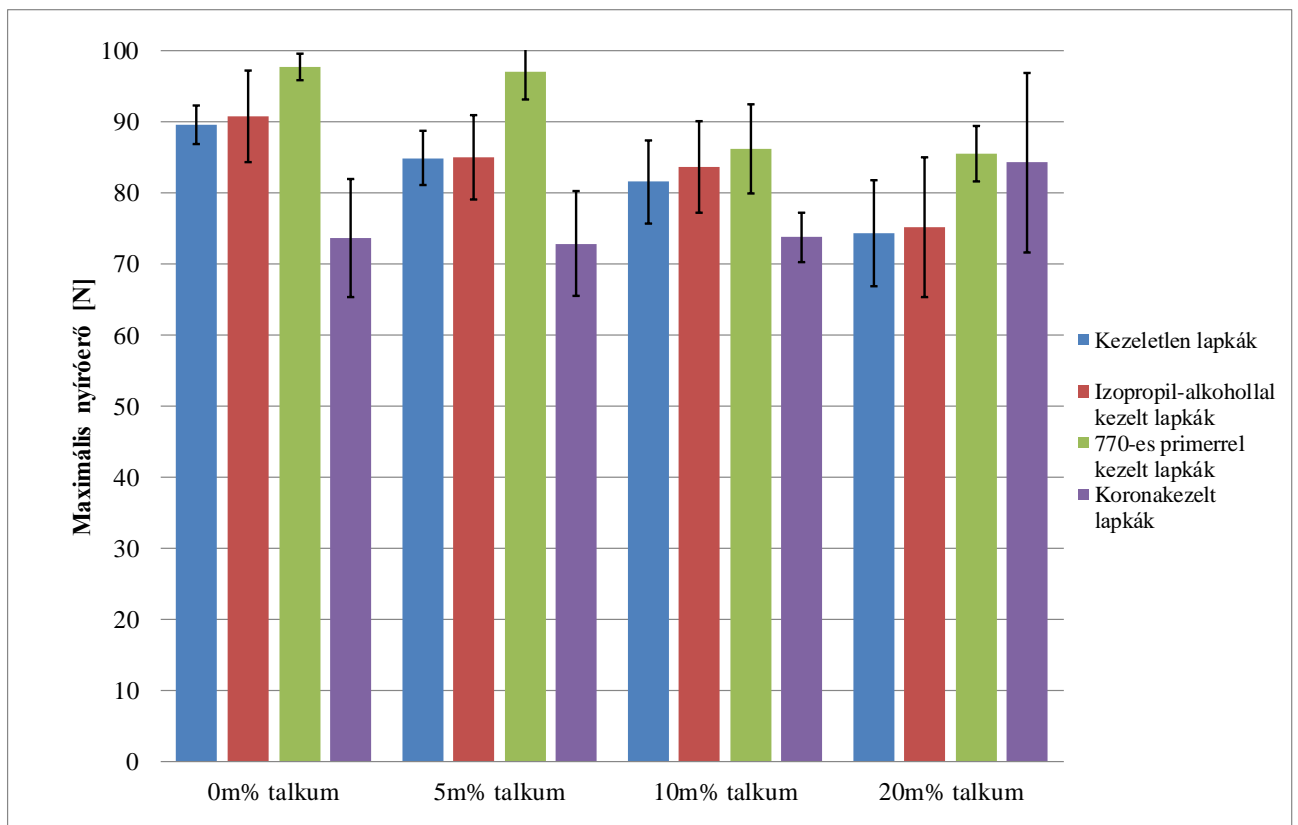
Összességében kijelenthető, hogy a nagymértékű szórások elkerülése érdekében érdemes a kötések a ragasztás után nyomásnak és hőntartásnak alávetni, így kézi technológiához mérten igen jól reprodukálható ragasztott kötést lehet létrehozni nyomásérzékeny kétoldalas ragasztószalagot használatával.

3.4. A talkumtartalom hatása a ragasztott kötések szilárdságára

A vizsgálatok elvégzéséhez

- kezeletlen,
- csak izopropil-alkohollal felülettisztított,
- izopropil-alkohollal és 770-es primerrel kezelt,
- valamint csak koronakisüléssel eljárásal kezelt,

különböző tömegszázalék talkummal töltött lapkákat használtunk, amelyeket az eddigi mérések során használt nyomásérzékeny kétoldalas ragasztóval ragasztottunk össze. A vizsgálatok során a 6. ábrán látott eredményeket kaptuk.



6. ábra Felületkezelési módszerek hatása a kötészilárdságra az alapanyagban lévő talkumtartalom függvényében

A 6. ábráról megállapítható, hogy a kezeletlen, az izopropil-alkohollal, valamint az izopropil-alkohollal és 770-es primerrel kezelt, ragasztott lapkákon végzett mérések során a talkumtartalom növelésével a maximális nyíróerő csökkenő tendenciát mutat. A koronakisüléssel eljárásal felületkezelt lapkák esetén ilyen tendencia nem figyelhető meg, sőt a 20m% talkumot is tartalmazó lapkák esetén kiugró eredményt kaptunk a mérések során, ez valószínűleg valamilyen felületkezelés vagy tárolás közben elkövetett hibára utalhat. Általánosságban elmondható, hogy a legtöbb mérés igen jelentős szórással rendelkezik, amely valószínűleg annak tudható be, hogy a fröccsöntés során a felületi rétegbe jutó talkum mennyisége igen jelentősen változik az egyes próbalapok esetén, ezáltal a ragasztás reprodukálhatósága töltőanyagot tartalmazó polimerek esetén rossznak mondható.

4. Összefoglalás

Munkánkban polipropilén lapkákat ragasztottunk egymáshoz kétoldalas ragasztószalag segítségével, vizsgálva különböző felületelőkészítési módszerek, a ragasztott kötés adott ideig történő nyomvatartásának valamint a PP lapkákból elosztatott talkumtartalom hatását a létrehozott kötések minőségére, amit a kötések tönkremeneteléhez szükséges maximális nyíróerővel jellemeztünk. Megállapítottuk, hogy a felületelőkészítési módszerek közül a ragasztóanyagokhoz ajánlott primer anyagok használata jelentősen befolyásolja a ragasztott kötés teherbírását. Maximális terhelhetőség szempontjából a 3M 4298-as jelzésű primer anyaga bizonyult a legjobbnak, azonban ez egy környezetre és élő szervezetekre igen veszélyes vegyület, így a további kísérleteink során a Loctite 770-es primert alkalmaztuk felületkezelésre. Kísérleteink alapján, amikor a ragasztási művelet után a ragasztott kötések 24 órán keresztül 0.22 MPa nyomással terheltek, akkor a kötések nagyobb terhelés elviselésére voltak képesek tönkremenetel nélkül. Hasonló tendenciát figyeltünk meg akkor is, amikor a ragasztott kötések nyomás nélkül, szobahőmérsékleten és 60°C-os kemencében hagytuk 2-12-24 órán keresztül: minél tovább vártunk a ragasztott próbatestek vizsgálatával, annál nagyobb terhelés elviselésére voltak képesek tönkremenetel nélkül. A hőkezelt lapkák vizsgálata során megfigyeltük, hogy már 12 órányi, 60°C-os hőkezelés is szignifikánsan javítja a ragasztott próbatestek teherviselő képességét. A talkumtartalom hatásának elemzése során megfigyeltük, hogy a lapkákból elosztatott talkum mennyiségének növelése negatívan befolyásolja a kötési erőt.

Köszönetnyilvánítás

Ez a kutatás a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János kutatói ösztöndíjának támogatásával készült. A szerzők köszönik Lovas Zoltán Tamásnak a kísérletek során felhasznált anyagok előkészítésében nyújtott segítségét.

Irodalomjegyzék

1. Buzási, Lajosné: A fröccsöntés helyzete Magyarországon 2015-ben. *Polimerek*, 2(8), 221-225 (2016).
2. Farkas, F., Farkas, F. J.: *A ragasztás kézikönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1997).
3. Skeist, I.: *Handbook of adhesives*. Van Nostrand Reinhold, New York (1990).
4. Zhang, J. G., He, X. D.: Adhesive bonding of glass fiber reinforced polypropylene. *Advanced Material Research*, 399-401, 1942-1945 (2011).
5. Mandolino, C., Lertora, E., Gambaro, C., Bruno, M.: Improving adhesion performance of polyethylene surfaces by cold plasma treatment. *Meccanica*, 49, 2299-2306 (2014).
6. Armağan, O. G., Kayaoglu, B. K., Karakas, H. C., Guner, F. S.: Adhesion strength behaviour of plasma pre-treated and laminated polypropylene nonwoven fabrics using acrylic and polyurethane-based adhesives. *Journal of Industrial Textiles*, 43(3), 396-414 (2012).

7. Reis, P. N. B., Ferreira, J. M., Richardson, M. O. W.: Effect of the surface preparation on PP reinforced glass fiber adhesive lap joints strength. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 25(1), 3-13 (2012)

8. Pandiyaraj, K. N., et al.: Evaluation of mechanism of non-thermal plasma effect on the surface of polypropylene films for enhancement of adhesive and hemo compatible properties. *Applied Surface Science*, 347, 336-346 (2015).