

Korszerű tömítések

A tömítések közül a poliuretánból készületeket alig ismerik, pedig vannak speciális célokra alkalmazható, kiemelkedően jó változataik. Bizonyos alkalmazásokra a tömítést két-komponensű fröccsöntéssel viszik fel a tömítendő formadarabra. A gépkocsigyártás számára fejlesztették ki a karosszéria tömítésére szánt teljesen műanyagból készült extrudált tömítőprofilokat.

Tárgyszavak: tömítések; poliuretán; többkomponensű fröccsöntés; gépkocsigyártás; karosszériatömítés.

Gumit helyettesítő speciális poliuretántömítések

A poliuretánok (PUR) széles polimer családot alkotnak. Diizocianátok és poliolkoli poliaddíciós reakciójával állítják elő őket, és az alapanyagok felépítésétől, az adalékanyagok fajtájától függően lehetnek habok, tömör anyagok, öntőgyanták, ömledékragasztók, reaktív ragasztók, lakkok, sőt hőre lágyuló elasztomerek (termoplasztikus elasztomerek, ill. termoplasztikus poliuretánok) is. Az utóbbiakat 1958-ban fedezték fel, és elsősorban sporteszközök és tömítések gyártására alkalmazzák őket. A poliuretántömítések a PUR-felhasználás nagyon kicsi és gyakran figyelmen kívül hagyott részét alkotják, pedig speciális összetételükkel olyan tulajdonságokat hordozhatnak, amelyeket gumitömésnél nehezen lehetne elérni.

A termoplasztikus poliuretánok

A nemfémes anyagokat gyakran rugalmassági modulusukkal és üvegesedési hőmérsékletükkel jellemzik. A hőre lágyuló műanyagok üvegesedési hőmérséklete szobahőmérsékletnél magasabb érték. A hőre keményedő műanyagokhoz hasonlóan magas és közelítőleg állandó modulusértékük van egy adott hőmérsékletig, amelyen a hőre keményedő műanyagok bomlani kezdenek, a hőre lágyulók megolvadnak; ennek a hőmérsékletnek a közelében a rugalmassági modulus értéke meredeken csökken.

A hőre lágyuló elasztomerek (TPE-k) üvegesedési hőmérséklete jóval szobahőmérséklet alatt van. Modulusuk az üvegesedési hőmérsékletnél nagyságrendekkel csökken, majd ezen a kisebb szinten állandósul egészen az olvadáspontig. Az TPE-k alkalmazási területét ez a modulusérték jelöli ki.

A TPE-eket fizikai és kémiai szerkezetük alapján két csoportra osztják: keverékekre és blokk-kopolimerekre. Mindkét típusra jellemző, hogy olvadásponttal rendelkező kemény szegmenssek és amorfi lágy szegmenssek alkotják.

A termoplasztikus elasztomerek egyik fajtáját képezik a termoplasztikus poliuretánok (TPU-k). Ezek blokk-kopolimerek, amelyek molekulaláncaiban kemény, merev és lágy, rugalmas szakaszok találhatóak, amelyek váltakozva építik fel a molekulát. A rugalmas szakaszokat hosszú láncú polioloak – poliéterek vagy poliészterek – képezik, ezek határozzák meg a TPU vegyszer-, hidegállóságát és hajlékonyságát; a merev szakaszok diizocianátok és rövid láncú polioloak reakciójából jönnek létre, ezek kristályokban rendeződnek és a molekula merev részét alkotják, ilyen módon tőlük függ a keménység, a dinamikus tulajdonság és a hőállóság. Egy gumikeverékkel összehasonlítva a lágy szakaszok a kaucsukmolekuláknak, a kemény szakaszok a töltőanyagoknak felelnek meg. *A TPU-kra általában jellemző a nagy szakítószilárdság és a nagy rugalmasság, ami egyben nagy kopásállósággal jár.*

A tömítések számára kínált TPU-k szakítószilárdsága keménységüktől függően 45–70 MPa, továbbszakító szilárdsága 60–140 N/mm között van. Legnagyobb előnyük a gumitömítésekkel szemben a nagy szakítószilárdság és a nagy kopásállóság. *Tömítések céljára 80 Shore A és 65 Shore B közötti keménységű TPU-kat ajánlanak.* A nagyon lágy TPU-k tulajdonságai gyengék és ezek nehezebben dolgozhatók fel. Ezért a tömítések céljára forgalmazott TPU-k keménysége csak ritkán kisebb 80 Shore A-nál, ami a gumikkal szemben hátrányt jelent.

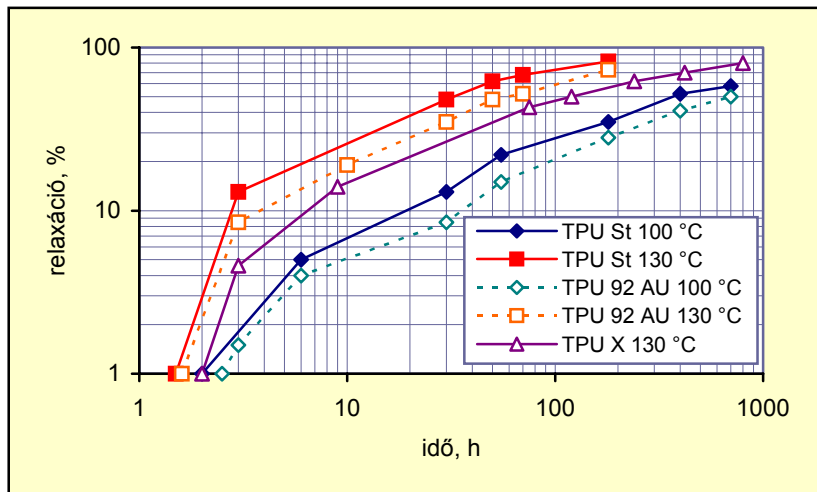
TPU-k alacsony hőmérsékleten

A hidraulika-rendszerekben alkalmazott TPU-k polioloja polikaprolakton, amely a szokásos TPU-kkal szemben nagyobb hidrolízisállóságot, nagyobb szilárdságot és alacsony hőmérsékleten is megmaradó rugalmasságot ad az elasztomernek. Az ilyen TPU-k-nak is van azonban egy olyan negatív hőmérséklet-tartományuk, amely alatt elvesztik rugalmasságukat. Ilyenkor hagyományosan alacsony akrilnitril(ACN)-tartalmú akrilnitril-butadién (NBR) gumiból készített tömítéseket használnak, amelyek olajállósága viszont gyenge, olaj hatására duzzadnak. A **Merkel Freudenberg Fluidtechnic GmbH**-nál (Schwalmstadt) speciális receptúrával előállított elasztomer, a *TPU 92 AU 21100* üvegesedési hőmérsékletét azonban jelentősen csökkentve sikerült rugalmasságát nagyon alacsony hőmérsékleten is megőrző tömítőanyagot előállítani. Ennek duzzadása különböző poláros folyadékokban vizsgálva sokkal kisebb volt, mint a hidegálló NBR-é, emiatt a vegyszer hatása utáni zsugorodás is mérsékeltebb.

Egy tömítőgyűrű alacsony hőmérsékleten megőrzött rugalmasságáról és tömörségéről többet árul el a modulus negatív tartományban mért hőmérsékletfüggése, mint az egy pontos üvegesedési hőmérséklet. A TPU 92 AU 21100 torziós dinamikus termikus analízissel (DTA) kapott nyírómodulus-görbéje sokkal laposabb lefutású, mint a szokásos nagy teljesítményű TPU B-é, a 25% ACN-t és 15 phr lágyítót tartalmazó HNB-é, ill. a 21% ACN-t és 5% lágyítót tartalmazó (hidrogénezett) HNBR-é, ami arra utal, hogy hűtés közben tovább őrzi meg rugalmasságát, kb. 20 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten kezd merevvé válni. Az új TPU tömítő hatása szobahőmérsékleten is jobbnak bizonyult, mint a TPU-B-é. Meg kell azonban jegyezni, hogy a TPU össze-

nyomás utáni maradó alakváltozása soha nem lesz olyan kicsi, mint a peroxiddal térhálósított NBR-eké.

Az nyomófeszültség relaxációját bemutató görbékből (1. ábra) azonban kitűnik, hogy a TPU 92 AU 21100 100 és 130 °C-on is jobb eredményeket ad, mint a nagy teljesítményű TPU B, és a legújabb fejlesztés eredményeképpen előállított TPU X még kedvezőbb eredményeket mutat.



1. ábra

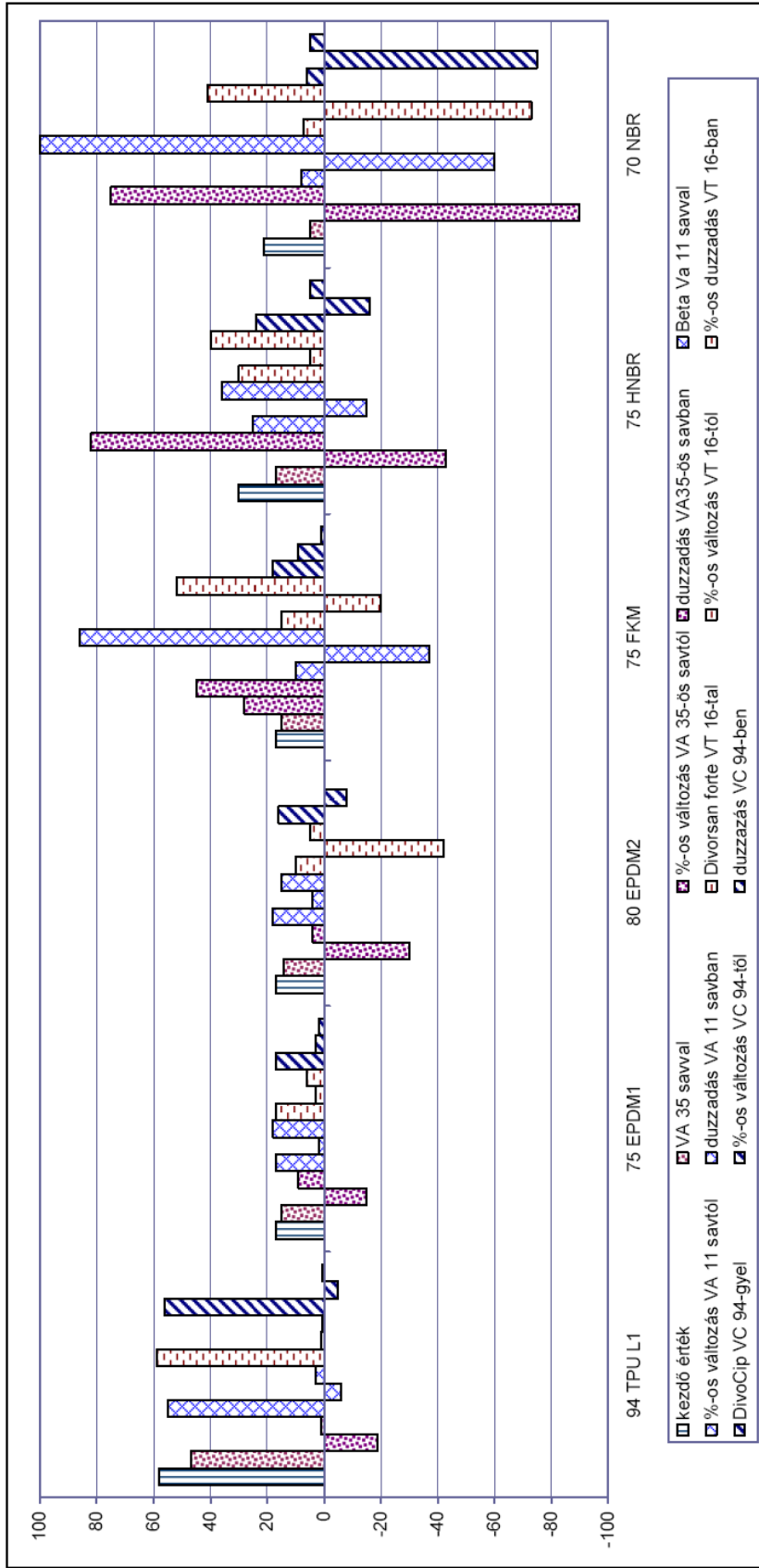
A standard és a 92 AU 21100-as TPU 100 °C-on, ugyanezek és a TPU X 130 °C-on vizsgált relaxációja az idő függvényében

TPU-k a vízvezetékben és az élelmiszeriparban

A standard poliuretánok legtöbbje nem áll ellen a víznek, és ezért a PUR-t általában vízre érzékeny polimernek tartják. A polikarbonát vagy poliéter típusú polioloikkal szintetizált poliuretánok ezzel szemben még a forró vizet is elviselik. Ilyen PUR tömítéseket tűzcsapok (hidrások) szelepkúpjainál, koptató hatású szennyvízvezeték horonytömítéseként alkalmaznak. A Freudenberg cég saját PUR tömítéseit ivóvízrendszerekbe is beépíti, mivel ezek megkapták az erre vonatkozó hatósági jóváhagyást. A TPU-k rendkívül jó kopásállósága miatt az ilyen tömítések különösen jól beváltak koptató hatású zagyokat szállító vezetékben, ahol a gumitömítések rövid idő alatt tönkremennek.

A PUR tömítéseket tartalmazó rendszerek élettartama nagyon hosszú, és a PUR jó siklási tulajdonsága megkönnyíti a folyadékok mozgását. A PUR tömítések víz/olaj emulziókkal szembeni ellenállásuk, kopásállóságuk, nagy továbbszakítási szilárdságuk, könnyű feldolgozhatóságuk következtében fémmegmunkáló gépekben is szinte pótolhatatlanok.

Az élelmiszeriparban a tömítések alkalmazhatósága az egészségügyi hatóságok (pl. FDA) engedélye mellett a mosó- és fertőtlenítőszerrel, a forró gőzön kívül az ún. CIP/SIP médiákkal szembeni ellenállástól függ (CIP = cleaning in place, tisztítás helyben; SIP = sterilization in place, sterilizálás helyben). Ezek legtöbbje lúgos vagy savas tisztítószer. A TPU 92 AU 21100 ellenáll az ilyen agresszív vegyszereknek, versenytársai között ebben a legjobb. A 2. ábrán látható a különböző tömítőanyagok hú-



2. ábra A Feudenberg cég poliuretán tömítőanyagának vegyszerállósága más tömítőanyagokéval összehasonlítva. Az ábrán az anyagcsoportok 1. oszlopa az eredeti húzószilárdságot MPa-ban, a 2., 5., 8., 11. oszlop a vegyszeres kezelés utáni húzószilárdságot MPa-ban, a 3., 6., 9., 12. oszlop a húzószilárdság változását %-ban, a 4., 7., 10., 13. oszlop a vegyszeres kezelés hatására bekövetkezett duzzadást %-ban mutatja. Az alkalmazott vegyszerek és hőmérsékletek a következők: VA 25 sav – 3%-os salétromsav 80 °C-on, Beta VA 11 sav – hangyasav, kénsav 3% 70 °C-on, Divorsan forte VT 16 – H₂O₂, ecetsav, perecetsav 3%, DivoCip VC 94 – NaOH + KOH 3%.

zószilárdsága, annak százalékos változása és duzzadása néhány ilyen vegyszer hatására. A Freudenberg cégnél egy speciális berendezést (CIP/SIP Prüfstand) építettek tömítőanyagaik vegyszerállóságának vizsgálatára, amelyen megrendelőik kipróbálhatják saját tisztítási technológiájuk hatását az alkalmazandó tömítésekre.

Tömítés többkomponenses fröccsöntéssel

A többkomponenses fröccsöntést elsősorban a gépkocsigyártásban alkalmazzák, ahol kemény és lágy műanyagok egymásra fröccsöntésével többfunkciós formadarábokat állítanak elő egyetlen gyártási lépésben, és ezáltal megtakarítják az utólagos összeépítést. A kétkomponenses fröccsöntést ott vezették be, ahol a rideg hőre lágyuló műanyag felületét ráfröccsöntött elasztomerrel akarják kellemesebb tapintásúvá tenni. Ugyancsak ezzel a technikával gyártanak hőre lágyuló műanyagból olyan elemeket, amelyekre formaadás után azonnal ráfröccsöntik a tömítést.

Első megközelítésben az volna logikus, hogy a hőre lágyuló műanyagra hőre lágyuló elasztomert fröccsöntenek második komponensként. Mivel azonban a tömített elemeket a motortérbe építik be, ezeknek tartósan el kell viselniük az ott fennálló 150 °C-os hőmérsékletet az olaj és egyéb közegek szennyezésével súlyosbítva. Ezt könnyebb térhálósított kaucsukkal elérni, amely ezenkívül kevésbé hajlamos a kúszásra, ezért a hosszú ideg tartó használat alatt jobban megőrzi szigetelőképességét. A kétkomponensű fröccsöntés csak akkor alkalmazható, ha a kétféle műanyag tökéletesen és tartósan összeépül. Ezért a párosítandó anyagokat nagyon gondosan kell kiválasztani.

A **Lanxess Deutschland GmbH** (Dormagen) speciális *Durethan* poliamidokat és módosított kaucsukot, *Therban AT* márkanévű hidrogénezett akrilnitril-butadiént (HNBR) társított egymással. A két nagy teljesítményű komponens ciklusidejét tökéletesen összehangolta és ezáltal, továbbá a magas fokú automatizálással megoldotta a gazdaságos feldolgozást. A műveletek számának csökkentése révén a hibalehetőségek is csökkentek, javult a minőség.

Az eljárást egy gépkocsiban alkalmazott folyadéktartály tömítéssel ellátott fedelének kísérleti gyártásával próbálták ki. Egy ilyen darab hagyományos gyártásakor külön fröccsöntik a fedelet és külön a tömítést, majd összeragasztják vagy összeszerelik őket egy darabbá. Az összeillesztés, a hibamentes ragasztás rendkívül nagy figyelmet kíván, a sok kézi munka pedig nagyon költséges.

Az új technológiához alkalmazott szerszám egyik felét forgóasztalra szerelik. Első lépésben a hőre lágyuló műanyagot fröccsöntik a szerszámüregbe. A hűtés befejezésekor a szerszám kinyílik, és a szerszám záróoldali fele (amelyben az előforma benne marad) 180°-kal elfordul. A szerszám ismét összeshár, a második állomáson fröccsöntik be az erősen viszkózus kaucsukot az időközben kb. 180 °C-ra felfűtött szerszámba. Ezt a műveletet a hőre lágyuló előformának alakváltozás nélkül kell elviselnie, amit a megfelelően módosított poliamid meg is tesz. A kaucsukkomponens befroccsöntésével egyidejűleg az első állomáson a következő hőre lágyuló előforma fröccsöntését végzik. Amint eltelt a kaucsuk térhálósodásának ideje, a szerszám kinyit, és a kidobók

kilökök a kész formadarabot. A szerszám ismételt 180°-os fordulata után kezdődik az új ciklus.

A ciklusidő a fröccsöntő üzem gazdaságosságának alapvető paramétere. Ha a többkomponensű fröccsöntés egyik komponense térhálósítandó anyag, a ciklusidőt alapvetően a vulkanizáció időtartama határozza meg. A gyors térhálósodás, de a későbbi tartósan jó tulajdonságok érdekében is *érdemes peroxidos rendszert választani*.

A vulkanizálást nyomás alatt kell végezni, hogy a peroxid bomlásakor keletkező termékek fel ne habosítsák a darabot, és meg kell várni, hogy a térhálósodás befejeződjék, különben a darab maradé deformációt szenved. Néha lehetőség van arra, hogy a ciklusidő optimalizálásakor meghatározzák azt az időpontot, amikor a térhálósodás még nem tökéletes, de a darab alakja már stabilizálódott (min. 80%-os térhálósodás), és sérülés veszélye nélkül kiemelhető a szerszámból. Ilyenkor költségtakarékos hőkezeléssel utótérhálósítást kell alkalmazni. Ilyen módon a kaucsuk ciklusideje hasonló lesz a hőre lágyuló műanyag ciklusidejéhez.

A ráfröccsöntött tömítések megbízhatóságát közvetlenül a darabon a pukkasztási nyomás szobahőmérsékleten végzett mérésével, ill. hosszú időtartamú, ciklikusan változó, 150 °C-ig kiterjesztett hőigénybevétellel ellenőrzik.

A kísérletekben előállított tartályfedelek teljesítették az elvárásokat. A poliamid nyúlása a tartós belső nyomás megszűnése után, ill. a kaucsuk maradé összenyomódása a váltakozó hőmérséklet hatására alig változott.

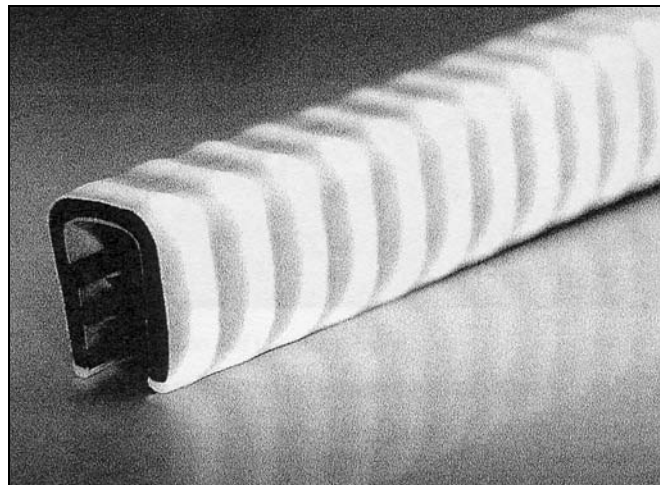
Dinamikus karosszériatömítés rugalmas PP és EPDM elemmel

A gépkocsik karosszériájának tömítésére különböző eljárásokat alkalmaznak. Ezeknek a tömítéseknek alapfunkciójukon kívül túrniük kell a gépkocsi mozgását, a szélsőséges időjárási és hőmérsékleti viszonyokat is, ezenkívül elvárják, hogy anyaguk újrahaznosítható, tömegük csekély és áruk mérsékelt legyen. A dinamikus igénybevétel elviselésére fémbetétes tömítőprofilokat alkalmaznak. A **Troester GmbH et Co. KG** ezeknek a profiloknak a helyettesítésére fejlesztett ki egy gerincoszlophoz hasonlóan rugalmas U-keresztmetszerű profilt (*3. ábra*), amelyet szabadalmaztatott szakaszos koextrudálással EPDM-ből és PP-ből gyártanak, és az extrúzió alatt egyidejűleg beépítik az összes funkciós komponenset. A kemény U-formájú szakaszok és az ezeket összekötő lágy szakaszok váltakozása nagy szilárdságot és stabilitást ad a profilnak, egyúttal hosszirányban nagyon rugalmassá teszi azt.

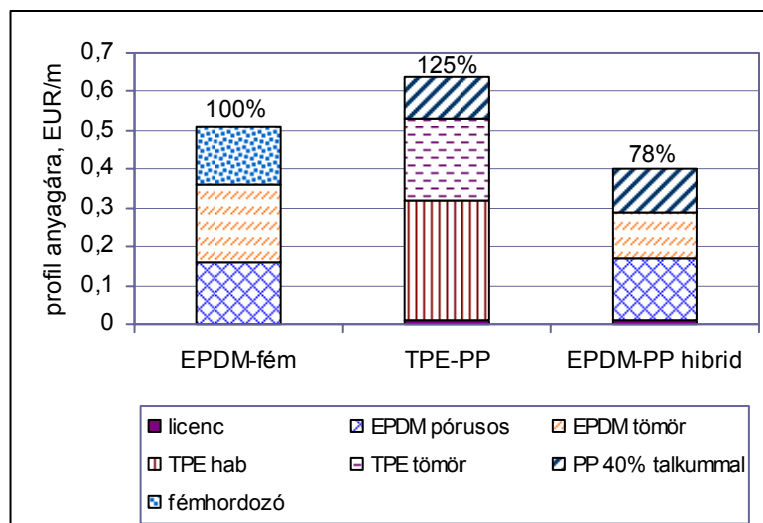
Az új profil alkalmazásával a fémbetét költségei és korrózióérzékenysége mellett megtakarítható a nehézkes beépítés is. Attól függően, hogy a felhasználó számára a költségmegtakarítás és a gazdaságosság, ill. a tömegcsökkentés és az újrahaznosíthatóság a fontosabb, különböző anyagpárokból készíthető el a tömítőprofil.

A legolcsóbb változatban erősen töltött PP-ből készítik a kemény U-elemeket, EPDM-ből a lágy összekötő szakaszokat. Ennél a profinnál 20%-os megtakarítás érhető el az EPDM-fém kombinációhoz képest csupán az alapanyagok ára miatt (*4. ábra*). A két anyagot a fröccsfejben termikusan elkülönítik, a szakaszosan extrudáló fejben azonban már érintkeznek egymással. A meglévő vulkanizációs berendezéseket az új

profil gyártásakor a szokott módon használták. Az idejekorán közölt mikrohullámú energia révén a profil már megfelelő mértékben formastabil, amikor az utóműveleteket kell elvégezni rajta. A vulkanizált összekötő szakaszok fémerősítés nélkül is kellő szilárdságot adtak a terméknek. A kb. 20 m/min gyártási sebességgel haladó profilt a vulkanizálás befejeződése után vízpermettel hűtik. Eközben a polipropilén U-elemeket hűtő szerkezet beállítja a profil végső formáját, amelynek legfontosabb része az U-alakú szorítólabák állása.



3. ábra Az U-keresztmetszetű karosszíratömítő profil képe



4. ábra A különböző tömítőprofilok anyagköltségei

Ha az újrahasznosítás és a tömegcsökkentés a fontosabb igény, a profilt polipropilénből és termoplasztikus elasztomerből (TPE-ből) készítik. Ezek a profilok 35%-kal könnyebbek az EPDM-fém kombinációnál. Hasonló feldolgozási hőmérsékletük miatt ezt a két anyagot a fröccsfejben nem kell elválasztani egymástól. A hűtést is közvetlenül a fröccsfej után végzik, nem a gyártósor végén, mint az előbbi esetben. A gyártási sebesség azonban nem lehet nagyobb 12 m/min-nál, mert a TPE összekötő szakasz a vulkanizált EPDM-től eltérően még nem formatartó. Ennek a változatnak az anyagköltségei magasabbak, mint az EPDM-PP változaté, amit azonban a vulkanizálás nélküli egyszerűbb gyártóberendezés kompenzál.

Összeállította: Pál Károlyné

Hieber, J.: Polyurethane für spezielle Dichtungsanwendungen und deren Vergleich zu Gummi = Gummi, Fasern, Kunststoffe, GAK, 63. k. 5. sz. 2010. p. 285–288.

Geprüfte Sicherheit für ihre CIP/SIP Prozesse = www.freudenberg-process-seals.de

Schulte, M.: Multifunktionsbauteile in Hart/Weich-Verbundtechnik = = Gummi, Fasern, Kunststoffe, GAK, 63. k. 3. sz. 2010. p. 178–180.

Reineke, F.: Metallträgerersatz mittels PP und EPDM reduziert Kosten bei Automobil-Dichtungsprofilen = Gummi, Fasern, Kunststoffe, GAK, 63. k. 9. sz. 2010. p. 538–539.