

Miskolci Egyetem
Anyag- és Vegyészmérnöki Kar



Kemény PVC fólia (Hard PVC Film)

Készítette: Kosik Marcell

Konzulensek: Dr. Szabó Tamás József

Kopasz Sándor

2022. Miskolc

NYILATKOZAT

Alulírott (konzulens) kijelentem, hogy a
..... (szerzők) által benyújtott
.....
(pályamunka címe) című TDK dolgozat tartalmát ismerem, és a szakmai tartalmával
egyetértek.

Dátum:.....

.....

konzulens(ek)

Tartalom

Bevezetés.....	4
Műanyagok.....	4
PVC	6
A PVC lágyítása	6
Az extrúzió technológiája	7
Az extrudálás technikájának alapfogalmai	9
Vizsgált mintáim	12
Kiértékelés	27
Összegzés.....	32
Felhasznált irodalom	33

Bevezetés

Az Ongropack Kft. által kapott minták mechanikai tulajdonságainak vizsgálata. A polimer kemény fólia gép irányú és kereszt irányú viselkedésének kutatása. Cél a hőkezelés előtt és hőkezelés után történt kemény fólia minták összehasonlítása mind pozíció- és gép, kereszt irány szerint.

Műanyagok

A műanyagok harmonikusan illeszkednek a mindennapi életünkbe. Egyre inkább elismerik a fém és a fa mellett, mint ezekkel egyenértékű szerkezeti anyagot. Sajátos megmunkálhatóságuk és széleskörű alkalmazhatóságuk egyre újabb területeket hódít meg. Már a múlt század közepén ismertek olyan anyagokat, amelyeknek igen jó tulajdonságaik voltak, mint pl. szakítószilárdság, szívósság, rugalmasság, kopásállóság. Ezen anyagok makromolekuláris szerkezetűek voltak, amelyek közül számtalant még napjainkban is alkalmaznak. Ilyenek a cellulóz, kaucsuk és a különböző fehérjék. Szerkezetükről akkoriban azonban még jóformán semmit nem tudtak.

Műanyagipari alapfogalmak:

Monomer: egyszerű molekula, kiindulási alapmolekula, viszonylag kismolekulák. Egymással reagálva felépítik a polimer molekulát.

Polimerizáció: Sokszorozódást jelent. A kémiai reakcióban azonos típusú monomerek molekulái úgy kapcsolódnak össze láncreakcióban, hogy melléktermék nem keletkezik. Illetve lépcsőzetesreakcióban melléktermék kilépésével (polikondenzáció), vagy a nélkül (poliaddíció). Ezeket az építőelemeket elsőrendű kémiai kötések kapcsolják össze. Az így keletkezett termékeket nevezzük: óriásmolekula, makromolekula vagy polimer.

- Polimerizációs fok: A monomer hányszor van jelen a polimerben.

Lánctagszám: A makromolekula felépítésében résztvevő atomok száma.

Polimer: Azok az anyagok, amelyek fizikai tulajdonságai a makromolekulák további növekedésével már csak kismértékben változnak. A polimer általánosított fogalom, nemcsak a polimerizációs eljárással készült nagymolekulájú anyagok megnevezésére szolgál. Minden

olyan makromolekulát polimernek tekintünk, amelyet ismétlődő egységek, monomerek építenek fel. A makromolekulájú termékeket általánosítva így nevezik. Nagymolekulájú anyagok az élő és élettelen világ fontos alkotóelemei, melynek egyik jól meghatározott csoportját a műanyagok alkotják. Az olyan szerves vegyületek, amelyeket megfelelő kismolekulájú anyagokból, úgynevezett monomerekből, vagy kész polimerek kémiai átalakításával állítanak elő mesterséges úton szintetikus, azokat amelyeket természetes forrásból nyerünk ki és fizikai, vagy kémiai átalakítást végzünk rajtuk, természetes alapú polimereknek nevezzük.

Műanyagok: A műanyagok olyan polimer alapú rendszerek, amelyek tartalmazzák az alkalmazáshoz és/vagy feldolgozáshoz szükséges adalékokat, segédanyagokat. A műanyagok eredete a polimer eredete alapján definiálható.

Műanyagok csoportosítása:

Különbéle szempontok alapján lehetséges a csoportokba sorolás. Leggyakrabban a kémiai szerkezet, a feldolgozhatóság és az alkalmazhatóság szerint történik.

Alapanyag szempontjából:

Természetes alapú műanyagok:

Növényi eredetű: kaucsuk alapú, gumi-cellulóz alapú, viszkóz műselyem, celofán.

Állati eredetű: tejfehérje, "műszarv", vérfehérje.

Mesterséges, vagy szintetikus alapú műanyagok:

Ásványi eredetű anyagok megbontásával állítják elő.

Ezek a következők lehetnek: kőszén, kőolaj, földgáz és melléktermékekből.

Az előállítási mód szerint lehetnek:

Polimerizációs műanyagok: PVC, PE, PP, Teflon, PS

Poliaddíciós: PA6, PLA, PUR

Polikondenzációs: PA66, PET, PBT,

PVC

A PVC a PE után a világon a legnagyobb mennyiségben termelt és felhasznált műanyag. A VC polimerizációjával állítják elő szuszpenziós eljárással. A szuszpenzió részecskék tapadásának megakadályozására stabilizálószereket alkalmaznak.

A polimerizáció kezdetben fűtés, majd hűtés és állandó keverés közben játszódik le autoklávban.

A PVC tulajdonságai megfelelő adalékanyagokkal a ridegtől, a gumi lágyságig változtathatók.

A PVC adalékanyagok és segédanyagok nélkül nem dolgozható fel. Ezért a PVC termék nem tisztán PVC polimer, hanem adalékokkal képzett komplex rendszer. Ezért tulajdonságait az alkotók mennyisége és a kölcsönhatása erőteljesen befolyásolja.

A PVC lágyítása

A lágyítókat kezdetben általában a PVC lágyuláspontja, azaz feldolgozási hőmérséklete csökkentése céljából alkalmazták, a polimer termikus érzékenysége miatt. Az első időkben csak lágy PVC termékeket készítettek. Ma már csak kivételesen fordul elő ez a fajta „lágyítás” pl, bizonyos kemény PVC termékek fröccsöntésénél, a lágyítókat szinte mindig rugalmassá tétele céljából alkalmazzák.

A lágyító minőségét, és pontos koncentrációját receptúrában előírják, attól függően , hogy milyen tulajdonságú – rugalmasságú- végterméket kívánnak előállítani.

1. Általános szempontok:

A lágyítónak a tulajdonságokra gyakorolt hatása az elsődleges szempont, amely meghatározza alkalmazásukat egykonkrét termék gyártásában. A rugalmasság befolyásoláson kívül, gyakorlatilag a PVC összes tulajdonsága változik a lágyító bevitelével.

Lágyító növelésével változik:

Rugalmassági modulus, szakítószilárdság, keménység, sűrűség, lágyulási hőmérséklet és térfogati elektromos ellenállása csökken, Míg nő a szakadási nyúlás, szívósság, lágyság, dielektromos állandó, veszteségi tényező.

A lágyítóknak be kell hatolniuk, és épülniük a polimer láncok közé. A lágyítás tulajdonképpen fizikai értelemben egy szemcsékből és molekulák közé való diffúziós folyamatokból tevődik össze.

A végtermék felhasználásánál a környezeti tényezőket is figyelembe kell venni:

A lágyítótípustól, és környezeti körülményektől függő lágyító elillanás- ridegséghez, mechanikai tulajdonságok romlásához és károsodásához vezethet.

A folyadék extrakció általi lágyító veszteség ugyanilyen káros lehet.

Csomagolásban illetve esővezetékként való felhasználásánál. A szomszédos anyagba való migrálás befolyásolhatja annak elektromos szigetelő tulajdonságait. A polimer és a lágyító közötti kölcsönhatás nemcsak a hőmérséklettől függ, hanem a polimer és a lágyító típustól is. Oldott polimer és lágyító rendszer esetében, a kölcsönhatás gyorsabb lesz a polimer moltömeg csökkenésével, és vinilacetát komonomer polimerláncba való bevitelével.

2. A lágy PVC tulajdonságai:

A lágyító és a PVC közti kölcsönhatás is fontos lehet, de az elsődleges rendszerint a feldolgozott késztermék tulajdonsága, illetve költsége.

Összeférhetőség:

Az alkalmazás körülményei közötti folytonos összeférhetőség természetesen lényeges. Durva közelítéssel azt mondhatjuk, hogy a lágyító minél inkább hajlamos megtámadni és beépülni a polimer molekulák közé, annál inkább bennmarad a polimerben. Ekkor összeférhető. Ez a jó.

Ha egy lágyító nem teljesen összeférhető, lehet belőle látszólag homogén terméket készíteni, de normál körülmények között ki fog migrálni a felületre, és egy külön folyadéktérfogot fog képződni.

Az extrúzió technológiája

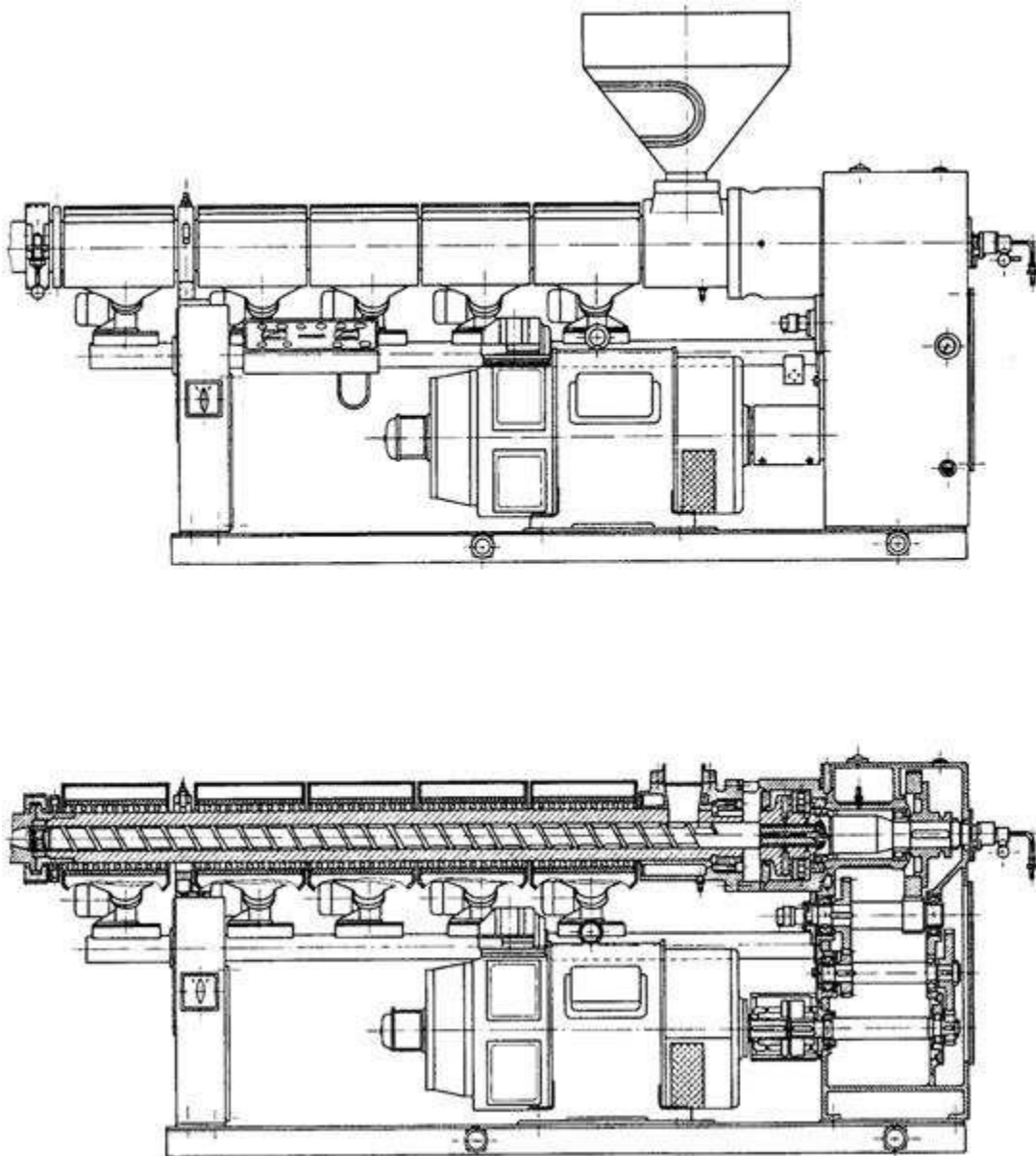
Az *extrúzió* a polimerfeldolgozás egyik leghatékonyabb, legjelentősebb technológiája, folyamatos üzem, amelynek során a (tipikusan hőre lágyuló) polimert az extrúder

- *képlékeny* állapotba hozza, majd a viszkózus ömledéket
- *homogenizálja*, s ha kell, gáztalanítja, ezután
- *nyomás* alá helyezi (komprimálja),
- adott, változatlan keresztmetszetű, nyitott *szerszámon keresztülsajtolja*, a továbbiakban a követő-berendezésekkel
- méretállandóságot biztosítva *lehűti*, s így
- állandó keresztmetszetű polimerterméket gyárt tetszőleges hosszúságban, *folytonos üzemben*.

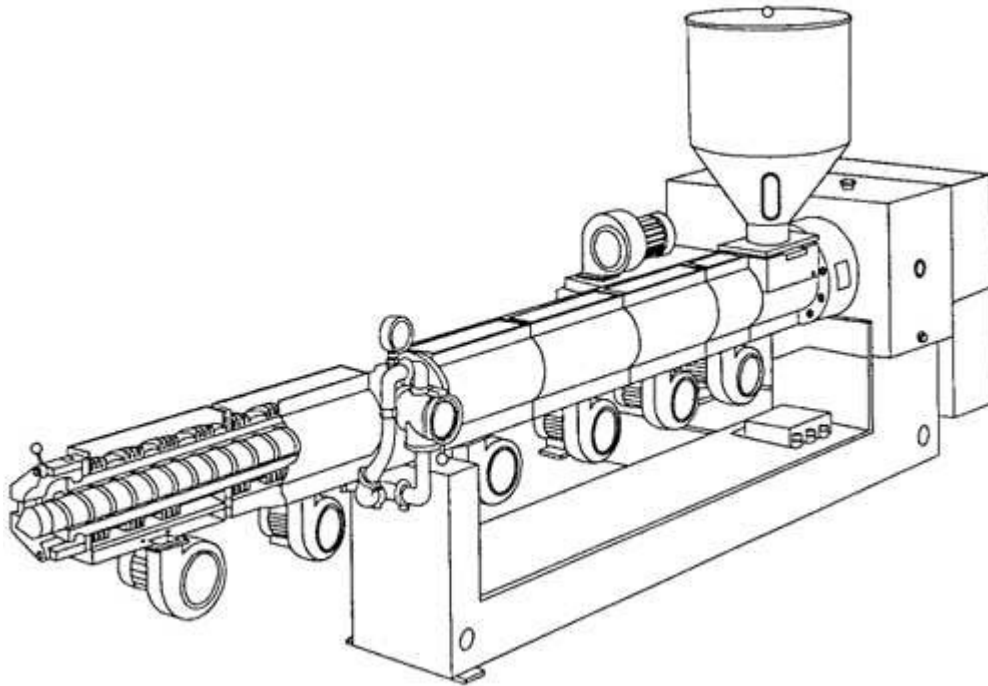
Az extrúzió *terméke* lehet lemez, fólia, cső, szál, vagy többszörösen összetett üreges termék, amilyen pl. egy többszekrényes, hőszigetelő PVC ablakprofil.

A korai *elektrotechnika* megjelenése a 19. század közepén hozta magával a polimer extrúzió technikáját: dugattyús extrúderrel készítettek gumibevonatot rézhuzalra már 1849-ben. Az első *csigás* extrúder is elektromos vezetékek bevonására volt hivatott. A hőre lágyuló

polimerek extrúziójának technológiája a PVC megjelenéséhez kötődik az 1930-as évek közepén. Ekkortájt bontakozott ki az extrúdercsiga szerepe a folyamatos üzemű, ömledékállapotú *keverésben*, ekkortájt kezdték megismerni és leírni a viszkoelasztikus polimer ömledék áramlási jellegzetességeit, folyadék-mechanikáját, és innentől kezdve lépett mindez gyümölcsöző kölcsönhatásba az extrúder gépkonstruktőrök munkájával. Az extrúder szerkezetét a 1. ábra, távlati képét a 2. ábra mutatja be. Figyeljük meg a 1. ábrán az alul beépített meghajtómotort, a jobboldalon helyet foglaló hajtóművet és a tipikusan jobbról bal felé szállító csigát.



1. ábra: Az egycsigás extrúder felépítése [8.8] fent: külső megjelenés; lent: belső szerkezet
Alul a gépalapban: meghajtómotor, jobboldalt: hajtómű, a tölcser alatt: garat (vízzel hűtve), az öt fűtőzóna fűtése: elektromos, hűtése: légbefúvással [1]



2. ábra: Tipikus egycsigás extrúder „3D” képe [1]

Az extrudálás technikájának alapfogalmai

Az extrúder tehát nem egyszerűen olvasztó-ömlesztő és az ömledéket szállító szivattyú, ill. kompresszor szerepű gép. A folyamatos üzemben – mégpedig akár hetekig – hónapokig megállás nélkül – működő *extrúdercsiga* (*extruder screw*, *Extruder-Schnecke*) egymás utáni szakaszai (*zónái*) valósítják meg az extrúder legfontosabb *funkcióit*.

Ahogy az a 3 ábrán láthatjuk, a legegyszerűbb extrúdercsigán három zónát figyelhetünk meg (ismét az anyagszállítás irányában, jobbról balra):

1.táblázat - Extrúdercsigák zónái és funkciói

Csiga zónák	Funkciók
etető vagy „behúzó” zóna	a polimer granulátum betáplálása, az ömlesztés kezdete,
sűrítő (kompressziós) zóna	az ömlesztés folytatása, befejezése, sűrítés (komprimálás), gáztalanítás, homogenizálás,
homogenizáló, kiszállító zóna	a homogenizálás befejezése, kiszajtolás megemelt nyomáson

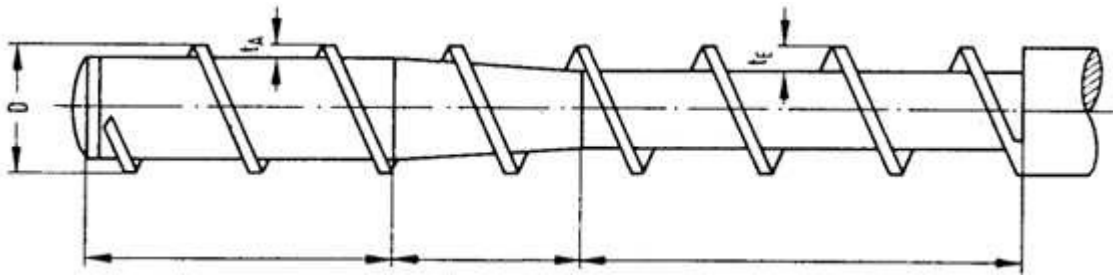
[1]

Az *extrúdercsiga* tehát lényegében egy menetes orsó, (többnyire jobbmenetű), „ritka vágású”, nagy menetemelkedéssel, a menetemelkedés egy fordulatra általában megegyezik a csiga külső átmérőjével. Ez a csiga laza illesztéssel forog az extrúder *hengerben* (a rés mérete tipikusan $0,005 D$) amelyet több szakaszra osztva villamos fűtéssel fűtenek, és amelynek temperálásához szükséges hűtést rendszerint levegőhűtés adja (ezek a hűtő- befűvő csomók láthatók a 1. ábrán is). Az extrúder henger etetőnyílásának (garatjának) környékét vízhűtéssel hűtik a csapágyazás túlmelegedésének elkerülése céljából.

A 3. ábrán látható sematikus extrúdercsiga a három zóna három fő funkcióját úgy valósítja meg, hogy a csavarorsó magátmérője a középső zónában határozottan megnövekszik. A *kompresszió funkciója* természetesen nemcsak

- *mag-progresszív*, hanem
- *szög-degresszív* csigával is, sőt
- a menetszárny *szélességének* megváltoztatásával

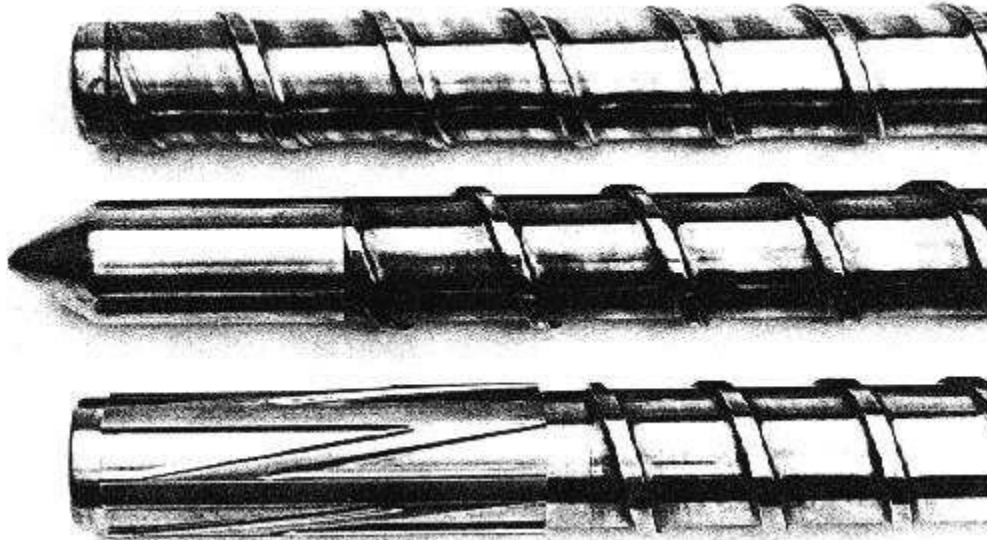
is megvalósítható. A második esetben a menetemelkedés szögét csökkentjük, a harmadik esetben a menetárok „térfogatát” a vállszélesség növelésével csökkentjük.



3. ábra: Az extrúdercsiga zónái. (Jobbról balra: behúzó zóna; kompressziós zóna; kiszállító zóna) [1]

A 4. ábra fotóján tipikus kiszállító zónák, különféle csiga-végződés láthatók. Feltűnő, hogy ebben a zónában a menetárok mélysége csak egy tizede a menetszélességnek. A kiszállító zóna hossza tipikusan $5...7 D$, a teljes csigahosszat pedig $L/D = 20...30$ arány jellemzi. A $D=25$ mm-es átmérőjű extrúdercsiga laboratóriumi extrúdert jellemez. Ilyen méretű csigája van a BME Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék extrúderének is. Az ipari extrúdercsiga átmérője akár 250 mm-t is elérheti. A laborextrúder ömlesztőtéljesítménye néhány kg/ó, míg a legnagyobb extrúderek gyártókapacitása az 1500 kg/ó-t is meghaladhatja.

A 4. ábra fotója nemcsak eltérő csigavégződéseket, hanem keverőelemeket is bemutat, amelyekből sokféle konstrukciós változatot láttunk az ömledékkeverő extrúderek esetében is. Mivel vizsgálataim során PVC alapú habos lemez mintákat vizsgáltam itt külön érdemes kiemelni fokozatos kompresszió növelés fontosságát a PVC hőérzékeny volta miatt!



4. ábra: Extrúdercsigák tipikus végződése: (felülről) lekerekített csiga, csúcsos csigavégződés, nyíróelemekkel végződő csiga (keverést, homogenizálást javító elem) [1]

Az átmeneti, kompressziós zóna hossza, aránya a behúzó- és kiszállító zónához mérten, összefügg az extrudált polimer megömlesztésének időbeli lefutásával. Amint tudjuk, az *amorf* hőre lágyuló polimer széles hőmérséklet-tartományban lágyul és olvad meg, míg a *kristályos* hőre lágyulóknál ez a hőmérséklettartomány szűkebb. Ennélfogva az amorf hőre lágyuló polimert extrudáló csiga hosszabb kompressziós zónát tartalmaz, mint a kristályos hőre lágyuló polimerhez használt csigáé. Az extrúdercsiga geometriája tehát a felhasználandó polimerhez illeszkedik, ilyen értelemben akár beszélhetünk PVC-hez való csigáról, és PP-csigáról is. Egy extrúderhez természetesen több csigát vásárolhatunk, ha termékpalettánk széles.

Terjedőben vannak az ún. moduláris csigák is, amelyeket változtatható hosszúságú szakaszokból állítanak össze

Vizsgált mintáim

Az Ongropack Kft. biztosította számomra. G-150/908 és T-400/008 típusú. A jelöléseket tekintve az MD (Machine Direction) a gépirányt, a CD (Cross Direction) pedig a kereszt irány mutatja. Méréseknél figyelembe vettem a fólia részeit, felosztottam bal, közép, és jobb oldalra. Ezáltal is pontosabb képet kapva az orientációkról.

A kemény fólia alapanyaga PVC, por alapú. Ehhez adagolnak további darálékot, segédanyagokat pl. stabilizátor, csúsztató. Megtörténik az extrúzió, az ömledék szalagon keresztül jut a kalander hengerekhez. Az Ongropackban 5 kalander henger segítségével történik a kalanderezés. A célja ennek az, hogy megfelelő és egyenletes vastagságot eredményezzen. A kalanderezés után folyamatos hűtés szobahőmérsékletig.

Piskóta alakú próbatesteket vágtam, ezek alkalmasak arra, hogy szakító vizsgálatnak legyenek kitéve. A bal, közép, jobb részeken minden egyes mintán gép iránynak megfelelően 5-5-5, majd kereszt irányban megint 5-5-5 próbatesteket gyártottam.

Az alkalmazási területei a két különböző kemény fóliának:

- G-150/908 poszterek és bannerek, naptárak, displayek, üdvözlő kártyák, térképek, promóciós termékek, irányító és útmutató jelzések, művészeti nyomatok [2]
- T-400/008 Élelmiszeripari és technikai csomagolóanyagok, dobozok és tálcák formázása, egyéb kontúros formák kialakítása [3]



5.ábra: A próbatestek kivágása az adott géppel történt.



6.ábra: Szakítás utáni próbatestek

Látható a nyúlás okozta deformáció, ami a képen egyfajta világosabb árnyalattal eltér az eredeti színétől.



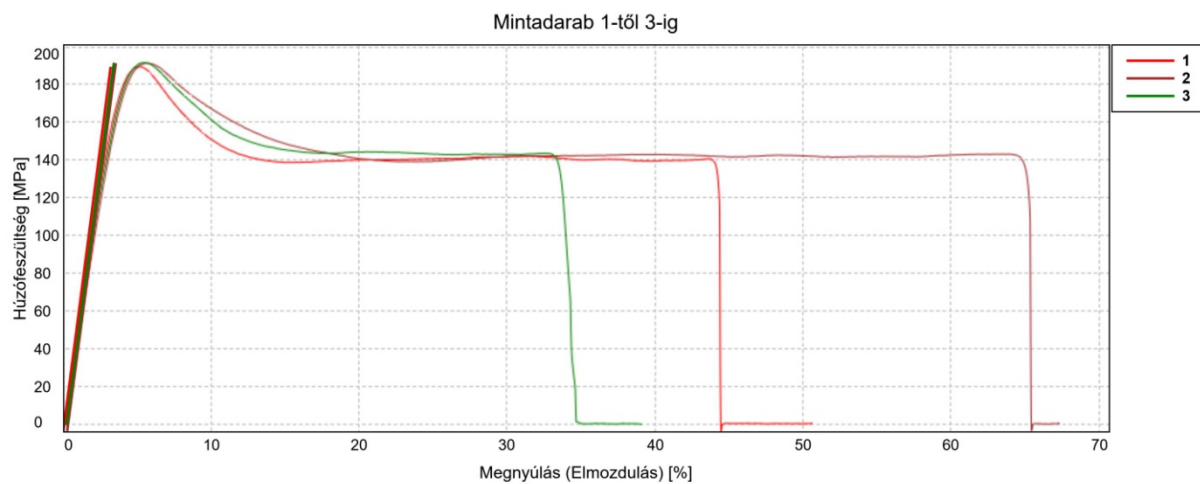
7.ábra: Kerámia és Polimermérnöki intézet szárító szekrénye. A mintákat 110°C -on 48 órán keresztül történt a hőkezelésük.



8.ábra: A mérés Instron 5566 szakító géppel lett végezve piskóta alakú próbatesteken. 50mm/perc keresztfej elmozdulási sebességgel.

Szakító diagrammok

A következő diagrammokat kaptam eredményül a szakító vizsgálataim során. A modulusz , a húzófeszültség és a nyúlás adatait összehasonlítottam a minta anyagminősége, az adott pozíció és az irányok (gép, vagy keresztirány MD vagy CD) illetve a hőkezelés hatása szerint.

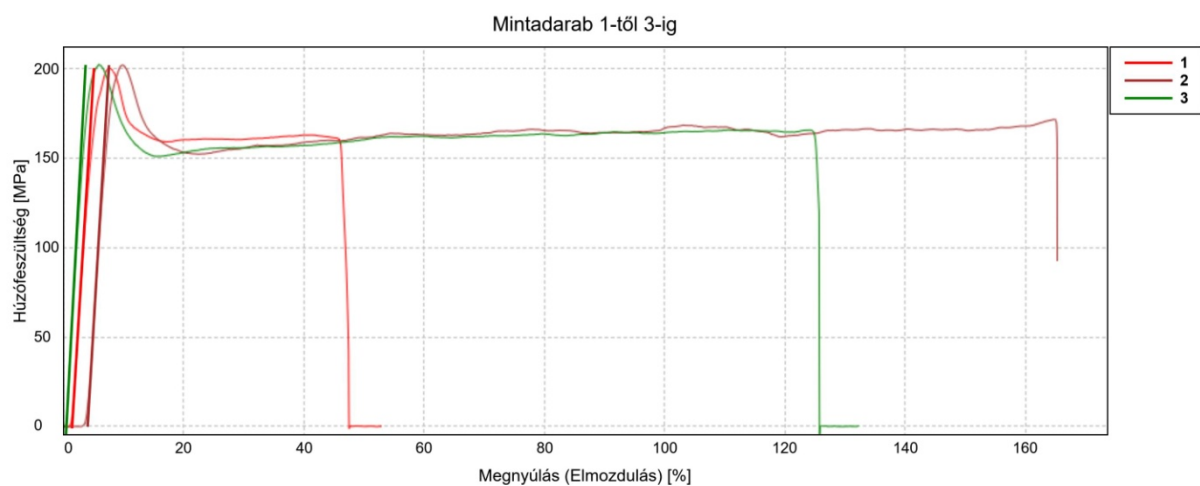


9.ábra: G-150/908 bal CD minta

Modulusz: 5981,67 [MPa]

Húzófeszültség: 190,81 [MPa]

Megnyúlás: 52,33 [%]

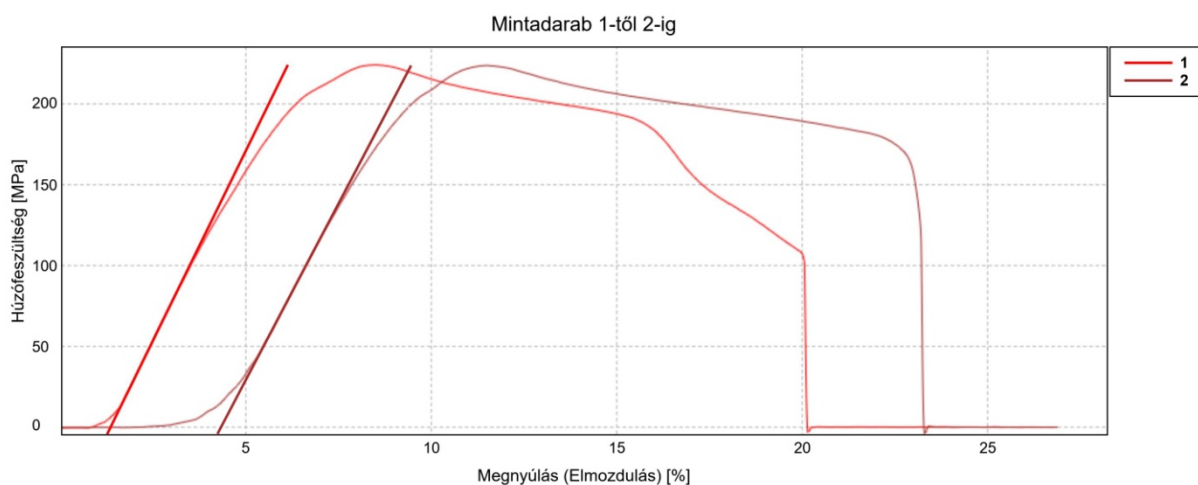


10.ábra: G-150/908 bal MD minta

Modulusz: 5846,19 [MPa]

Húzófeszültség: 201,49 [MPa]

Megnyúlás: 116,79 [%]

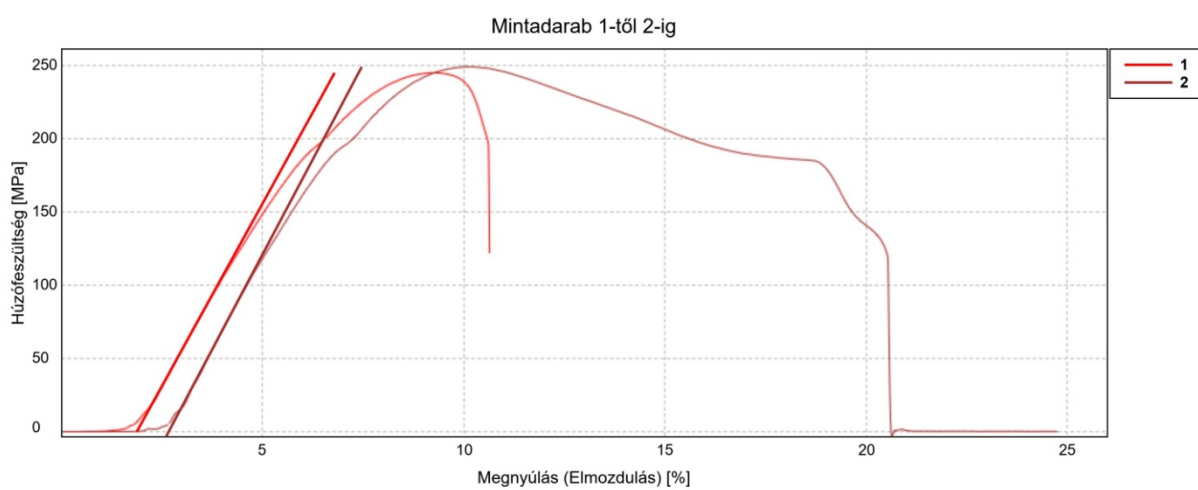


11. ábra: G-150/908 bal CD hk minta

Modulusz: 4519,57 [MPa]

Húzófeszültség: 223,89 [MPa]

Megnyúlás: 26,82 [%]

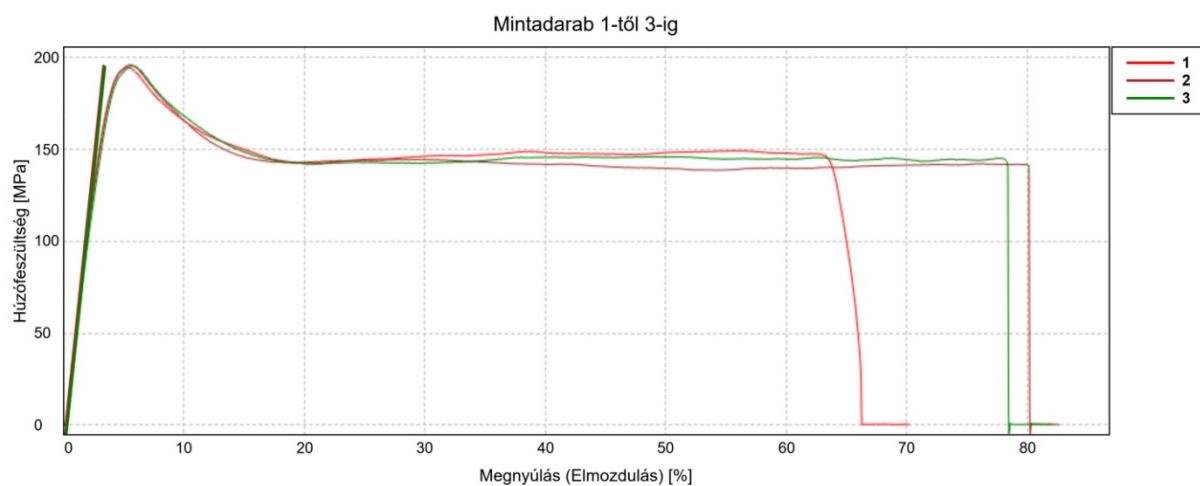


12. ábra: G-150/908 bal MD hk minta

Modulusz: 5089,35 [MPa]

Húzófeszültség: 247,01 [MPa]

Megnyúlás: 17,69 [%]

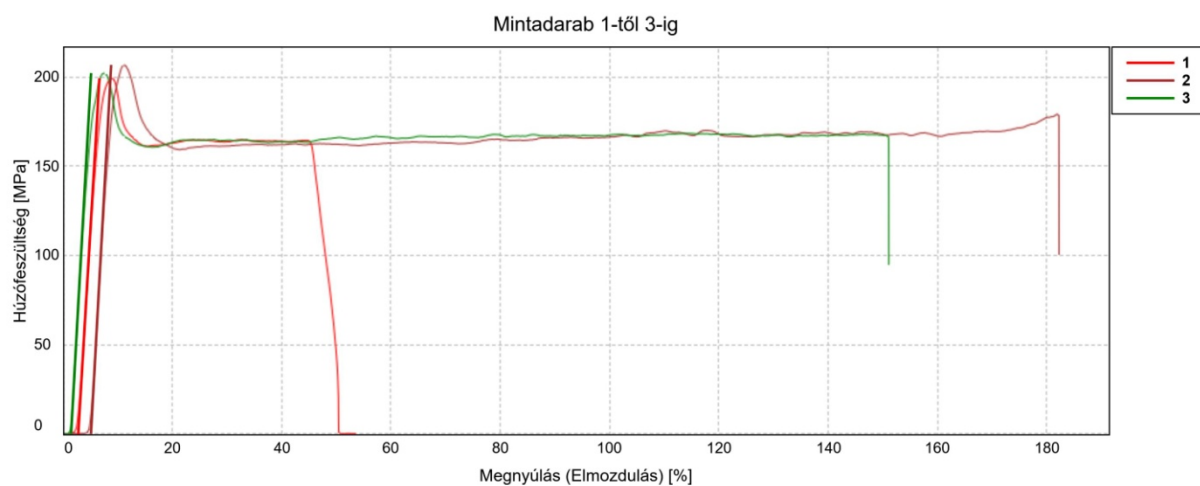


13.ábra: G-150/908 közép CD minta

Modulusz: 6282,19 [MPa]

Húzófeszültség: 195,36 [MPa]

Megnyúlás: 78,27 [%]

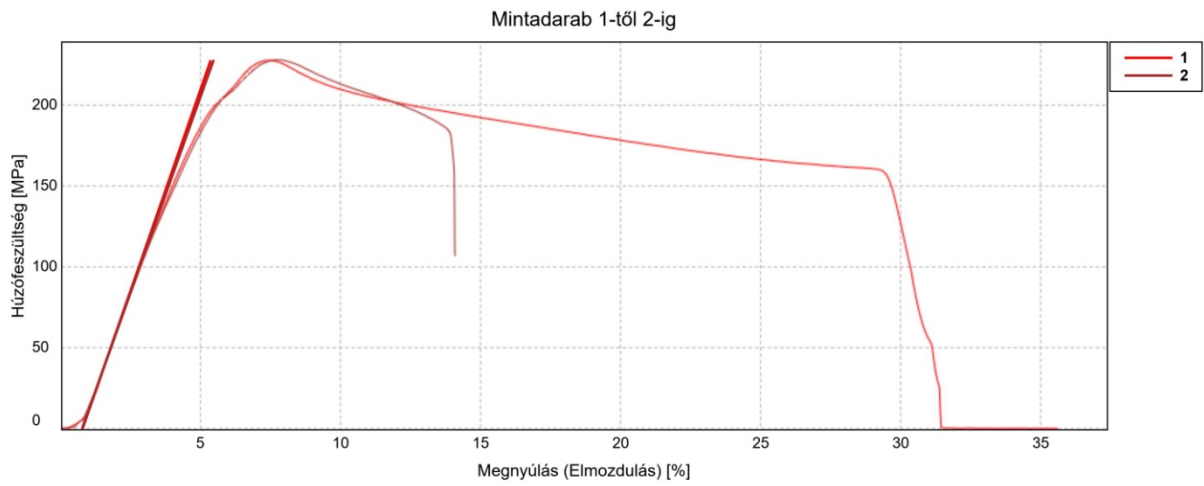


14. ábra: G-150/908 közép MD minta

Modulusz: 5429,37 [MPa]

Húzófeszültség: 202,79 [MPa]

Megnyúlás: 128,95 [%]

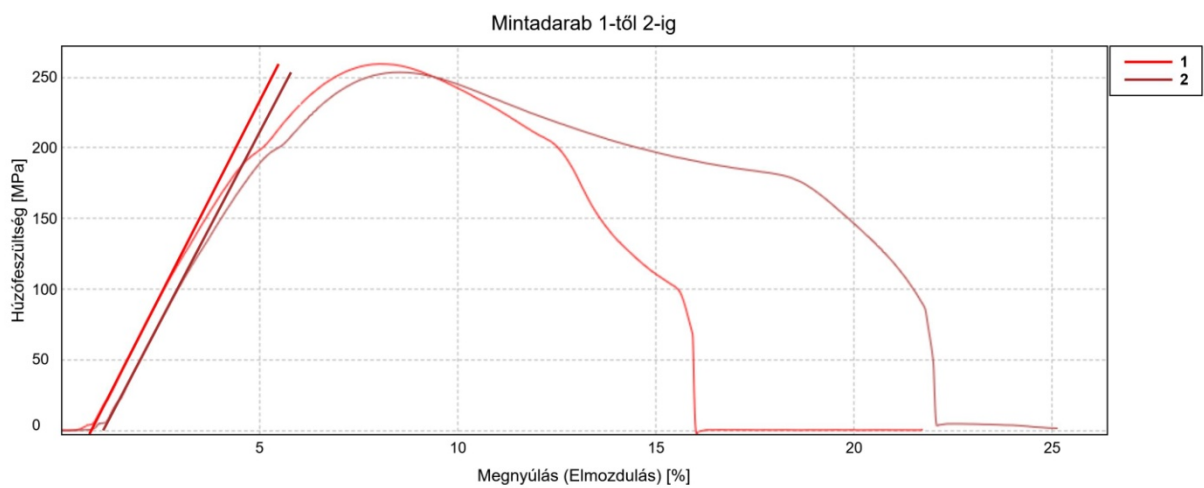


15.ábra: G-150/908 közép CD hk minta

Modulusz: 4917,56 [MPa]

Húzófeszültség: 227,89 [MPa]

Megnyúlás: 24,82 [%]

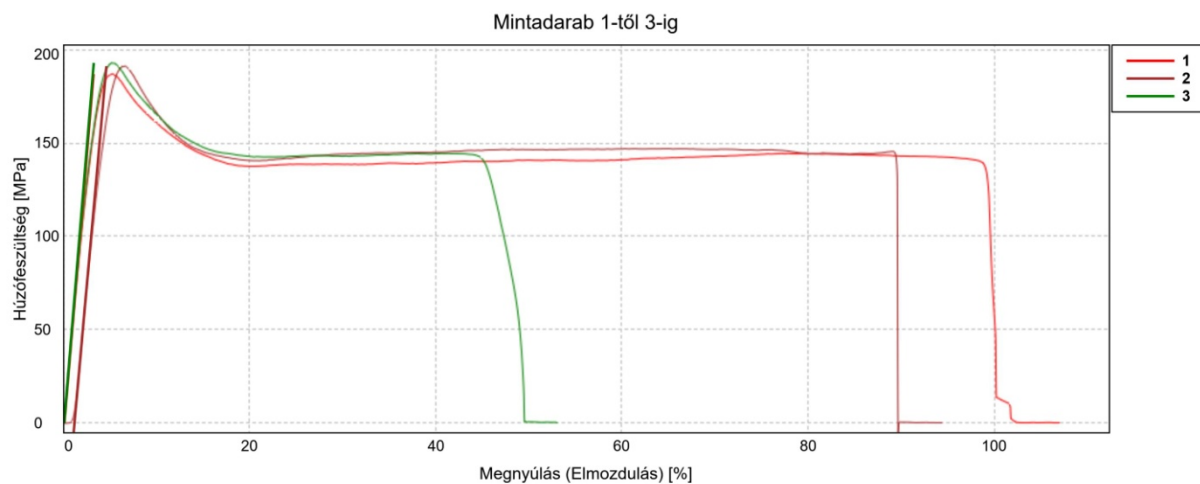


16. ábra: G-150/908 közép MD hk minta

Modulusz: 5424,55 [MPa]

Húzófeszültség: 256,54 [MPa]

Megnyúlás: 23,41 [%]

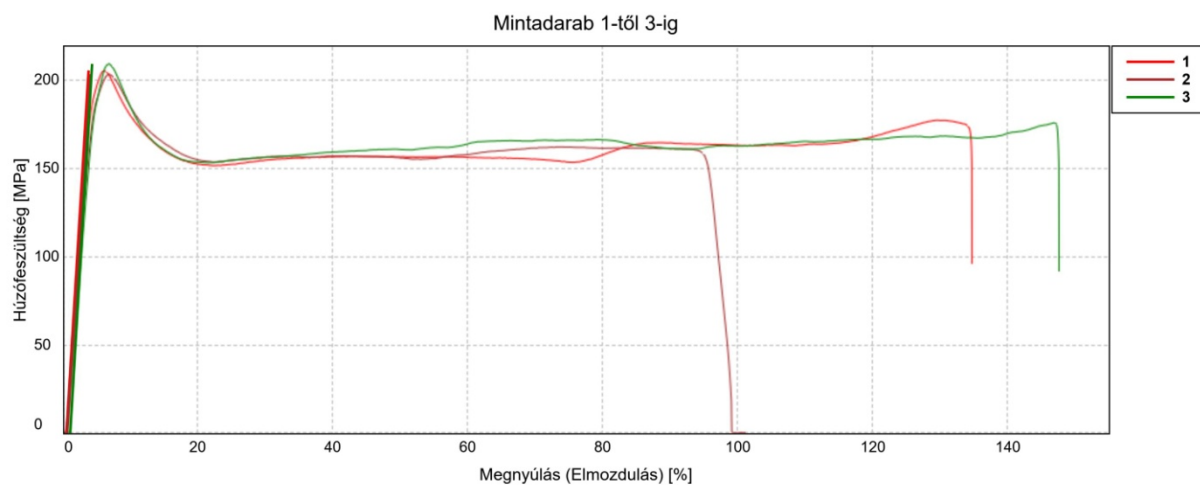


17. ábra: G-150/908 jobb CD minta

Modulusz: 5872,62 [MPa]

Húzófeszültség: 190,32 [MPa]

Megnyúlás: 84,74 [%]

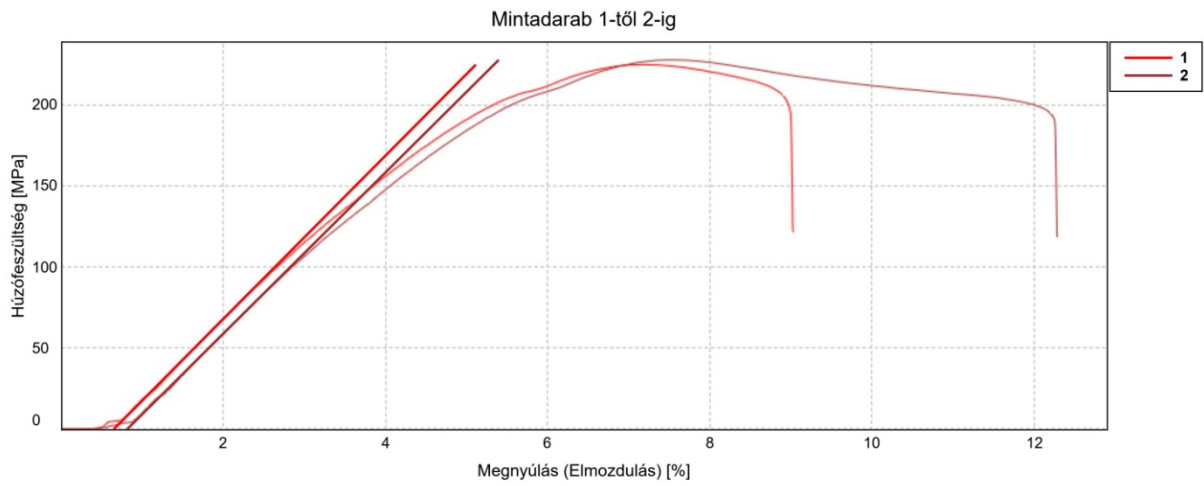


18. ábra: G-150/908 jobb MD minta

Modulusz: 6202,65 [MPa]

Húzófeszültség: 205,90 [MPa]

Megnyúlás: 127,81 [%]

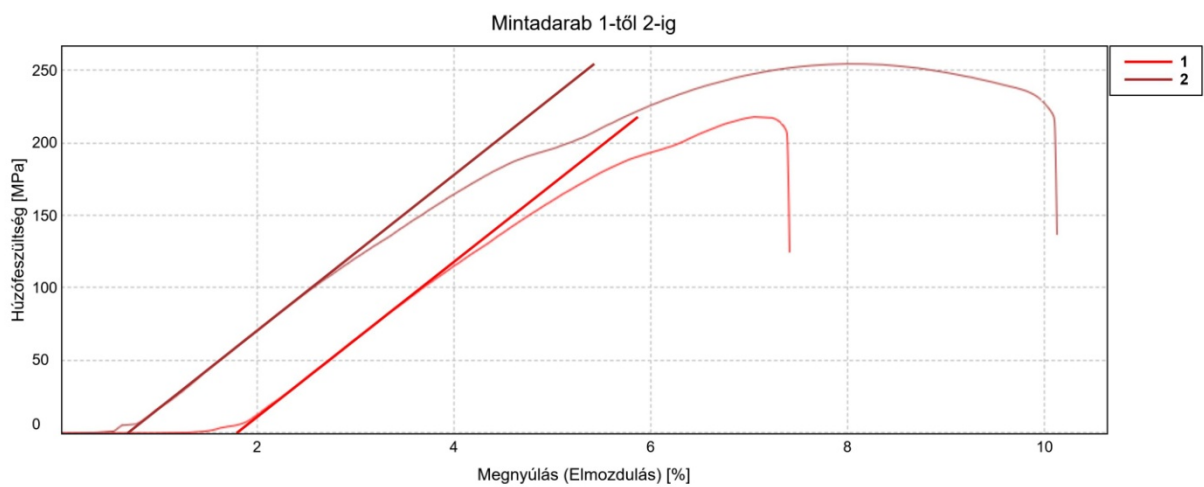


19. ábra: G-150/908 jobb CD hk minta

Modulusz: 5005,48 [MPa]

Húzófeszültség: 226,27 [MPa]

Megnyúlás: 10,65 [%]

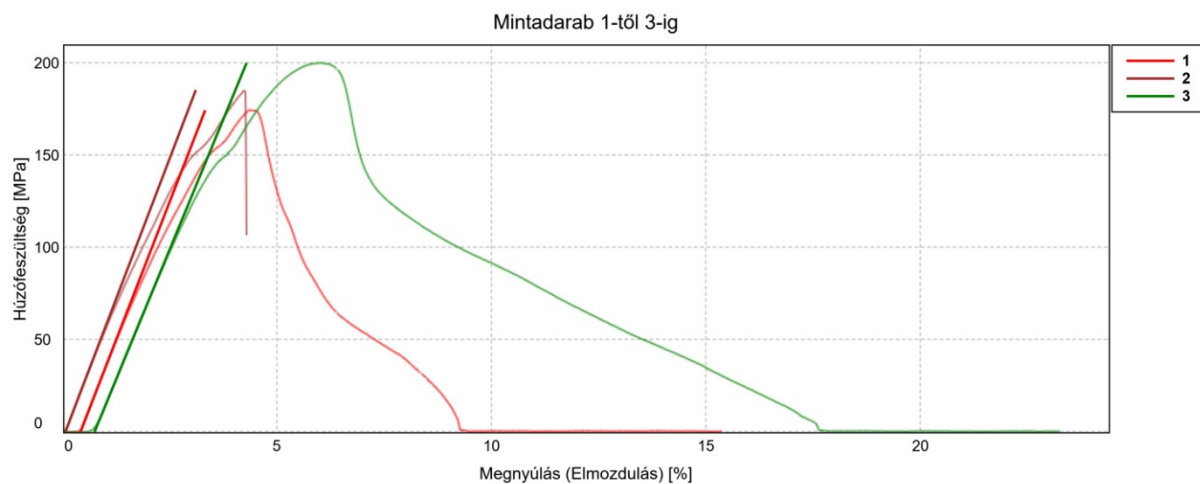


20. ábra: G-150/908 jobb MD hk minta

Modulusz: 5350,77 [MPa]

Húzófeszültség: 236,06 [MPa]

Megnyúlás: 8,77 [%]

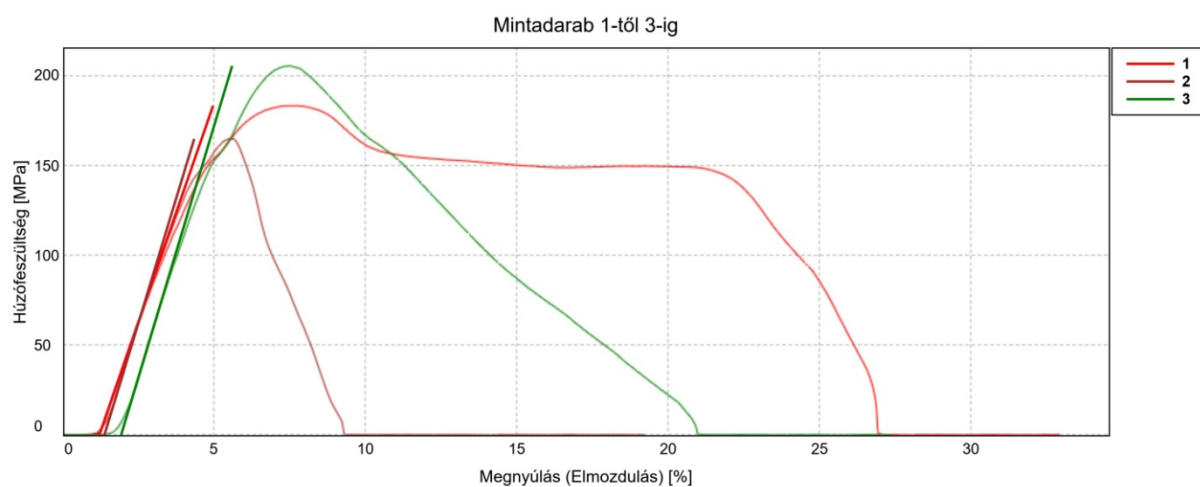


21. ábra: T-400/008 bal CD minta

Modulusz: 5911,26 [MPa]

Húzófeszültség: 186,66 [MPa]

Megnyúlás: 14,28 [%]

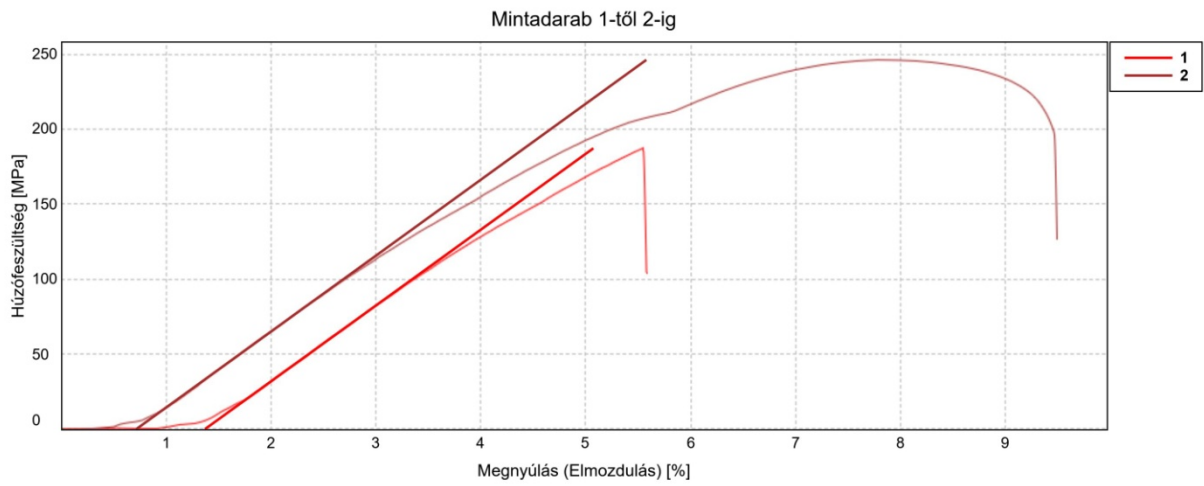


22. ábra: T-400/008 bal MD minta

Modulusz: 5343,93 [MPa]

Húzófeszültség: 184,57 [MPa]

Megnyúlás: 26,50 [%]

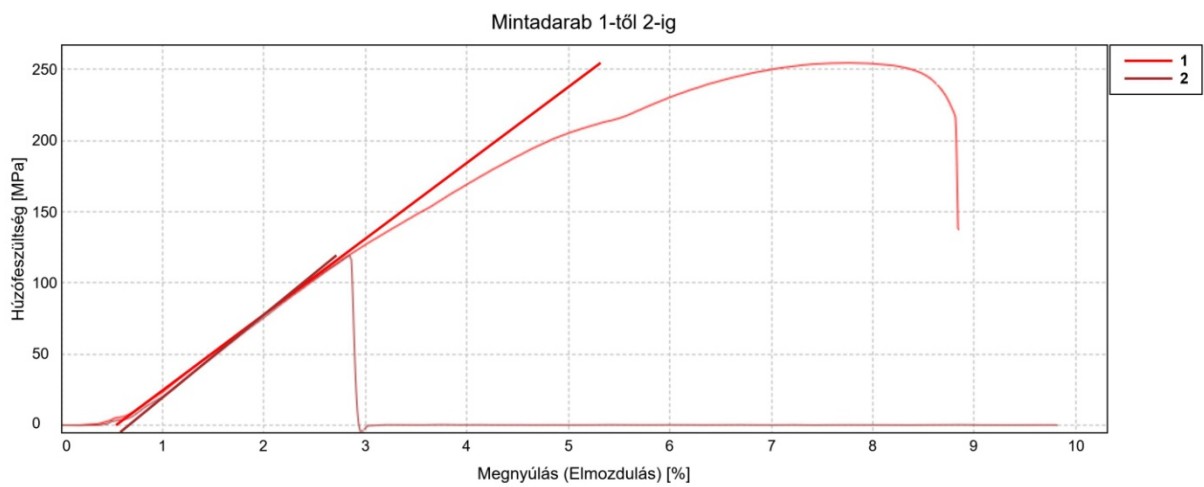


23. ábra: T-400/008 bal CD hk minta

Modulusz: 5062,50 [MPa]

Húzófeszültség: 216,74 [MPa]

Megnyúlás: 7,53 [%]

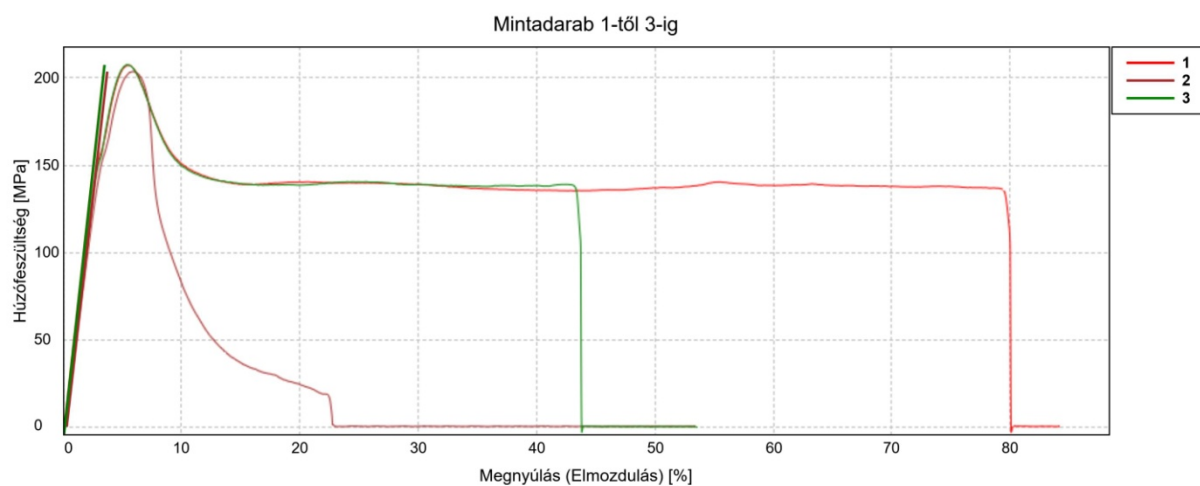


24. ábra: T-400/008 bal MD hk minta

Modulusz: 5583,48 [MPa]

Húzófeszültség: 187,08 [MPa]

Megnyúlás: 9,33 [%]

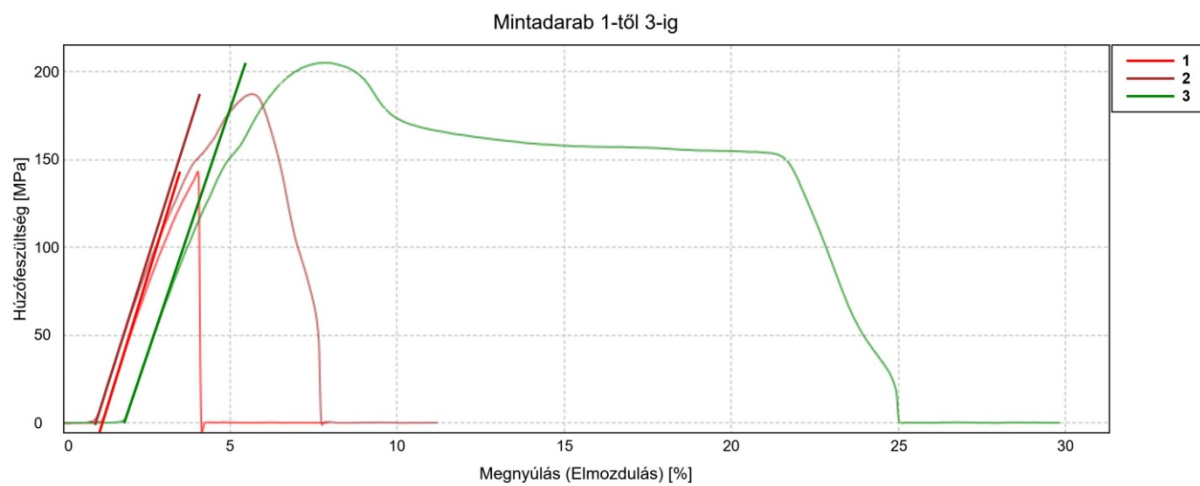


25. ábra: T-400/008 közép CD minta

Modulusz: 6094,57 [MPa]

Húzófeszültség: 206,16 [MPa]

Megnyúlás: 63,68 [%]

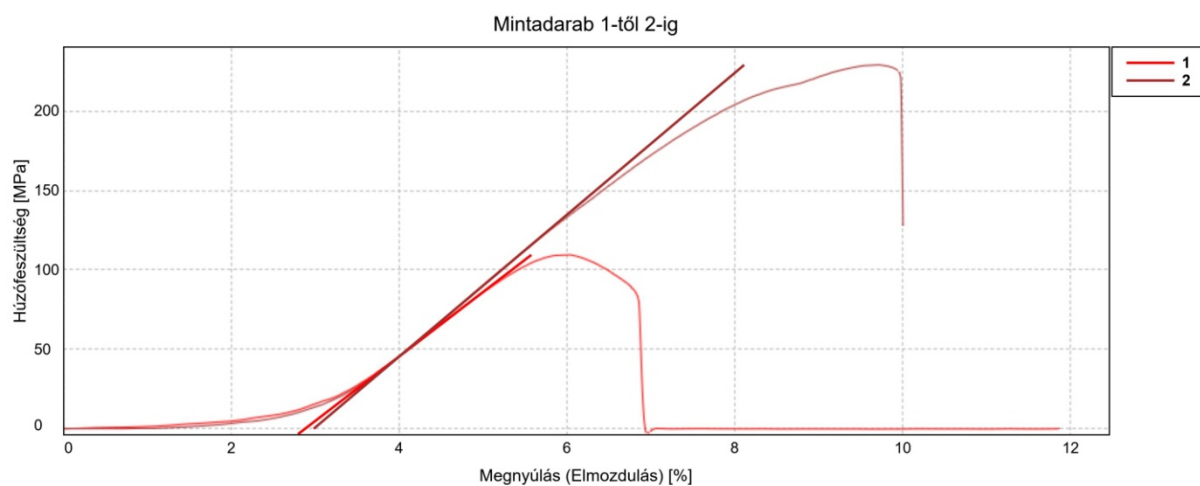


26. ábra: T-400/008 közép MD minta

Modulusz: 5939,35 [MPa]

Húzófeszültség: 178,45 [MPa]

Megnyúlás: 16,30 [%]

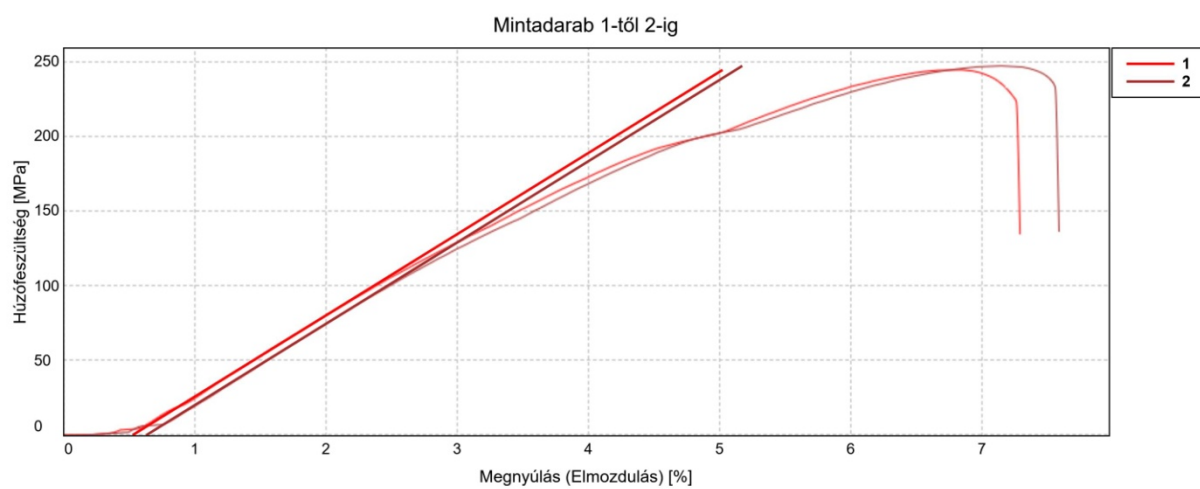


27. ábra: T-400/008 közép CD hk minta

Modulusz: 4266,51 [MPa]

Húzófeszültség: 169,26 [MPa]

Megnyúlás: 10,93 [%]

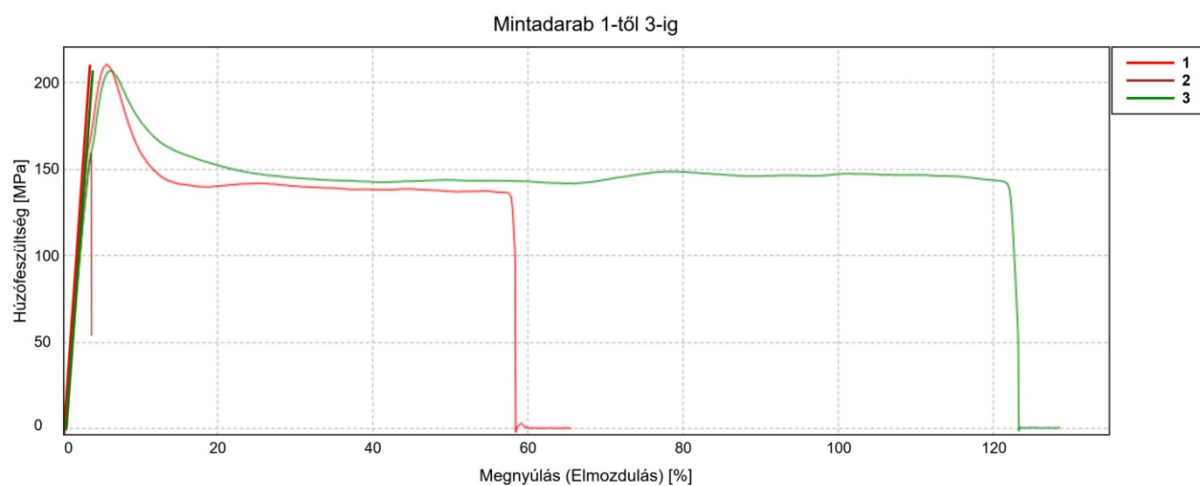


28. ábra: T-400/008 közép MD hk minta

Modulusz: 5444,17 [MPa]

Húzófeszültség: 245,74 [MPa]

Megnyúlás: 7,43 [%]

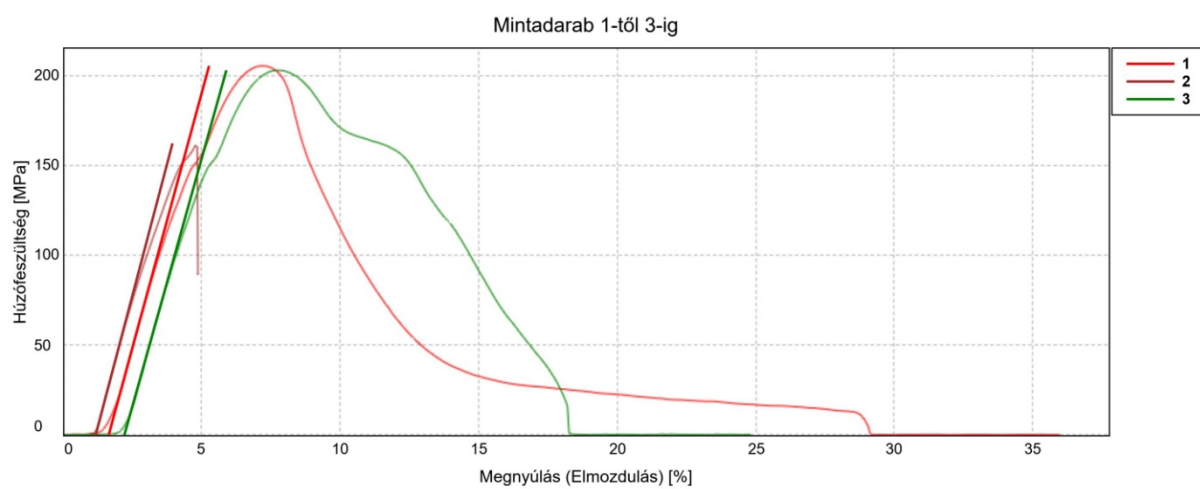


29.ábra: T-400/008 jobb CD minta

Modulusz: 6160,62 [MPa]

Húzófeszültség: 192,23 [MPa]

Megnyúlás: 65,85 [%]

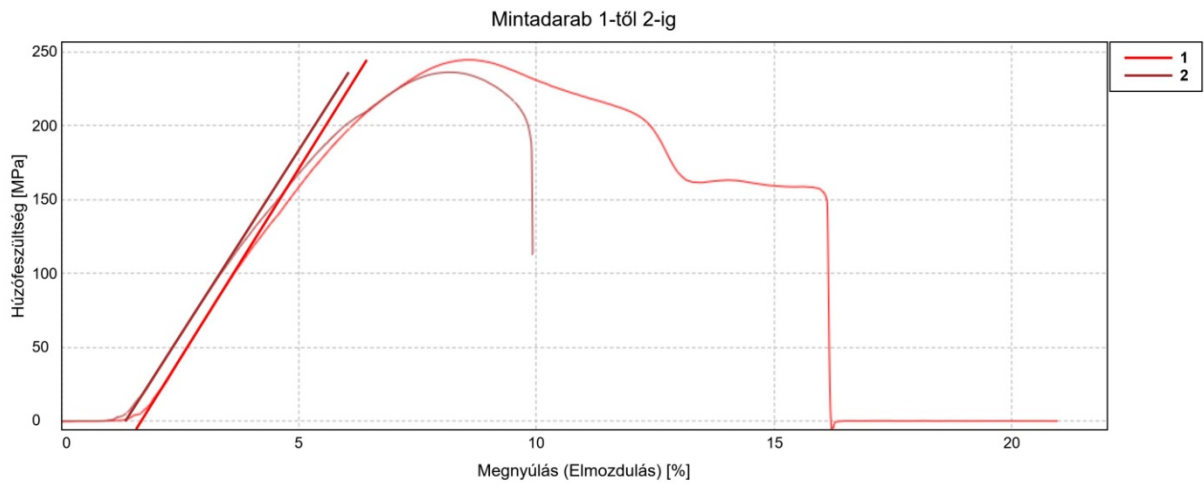


30.ábra: T-400/008 jobb MD minta

Modulusz: 5682,82 [MPa]

Húzófeszültség: 190,22 [MPa]

Megnyúlás: 21,88 [%]

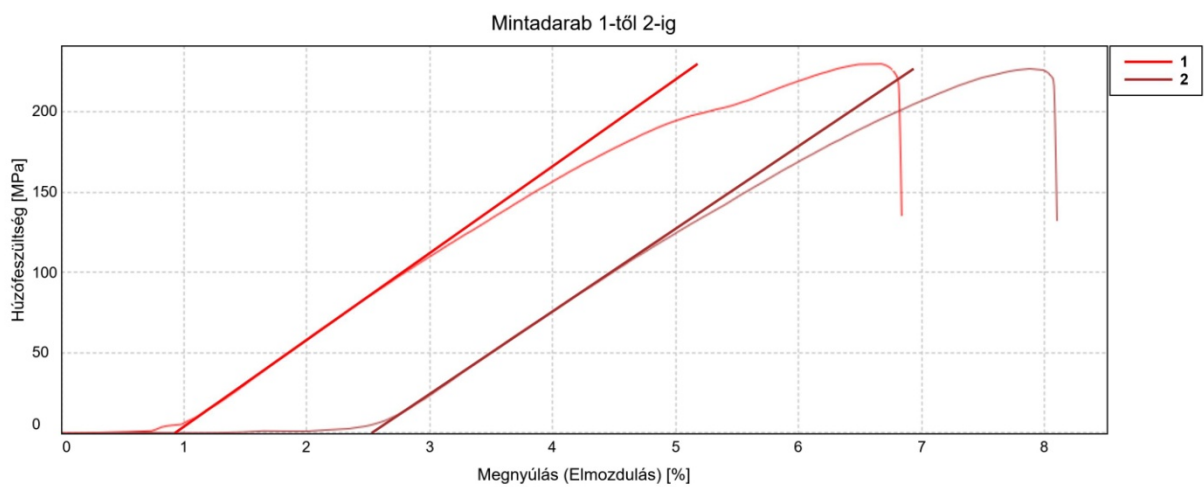


31. ábra: T-400/008 jobb CD hk minta

Modulusz: 5086,69 [MPa]

Húzófeszültség: 240,33 [MPa]

Megnyúlás: 15,43 [%]



32. ábra: T-400/008 jobb MD hk minta

Modulusz: 5271,22 [MPa]

Húzófeszültség: 228,22 [MPa]

Megnyúlás: 7,47 [%]

Kiértékelés

2.táblázat G-150/908 Minta

Pozíció	Modulusz MD[MPa]	Modulusz CD [MPa]	Húzófeszültség MD [MPa]	Húzófeszültség CD [MPa]	Nyúlás MD [%]	Nyúlás CD [%]
Bal	5846,19	5981,67	201,49	190,81	116,79	52,33
Közép	5429,37	6282,19	202,79	195,36	128,95	78,27
Jobb	6202,65	5872,62	205,9	190,32	127,81	84,74

3.táblázat T-400/008 Minta

Pozíció	Modulusz MD[MPa]	Modulusz CD [MPa]	Húzófeszültség MD [MPa]	Húzófeszültség CD [MPa]	Nyúlás MD [%]	Nyúlás CD [%]
Bal	5343,93	5911,26	184,57	186,66	26,5	14,28
Közép	5939,35	6094,57	178,45	206,16	16,3	63,68
Jobb	5682,82	6160,62	190,22	192,23	21,88	65,85

4.táblázat A 2 minta összehasonlítása hőkezelés előtt

Pozíció	Modulusz I. MD/CD[MPa]	Modulusz II. MD/CD [MPa]	Húzófeszültség I. MD/CD [MPa]	Húzófeszültség II. MD/CD [MPa]	Nyúlás I. MD/CD [%]	Nyúlás II. MD/CD [%]
Bal	0,977	0,904	1,056	0,989	2,23	1,85
Közép	0,864	0,974	1,038	0,865	1,65	0,25
Jobb	1,056	0,922	1,082	0,989	1,51	0,33

5.táblázat G-150/908 hk Minta

Pozíció	Modulusz hk MD[MPa]	Modulusz hk CD [MPa]	Húzófeszültség hk MD [MPa]	Húzófeszültség hk CD [MPa]	Nyúlás hk MD [%]	Nyúlás hk CD [%]
Bal	5089,35	4519,57	247,01	223,89	17,69	26,82
Közép	5424,55	4917,56	256,54	227,89	23,41	24,82
Jobb	5350,77	5005,48	236,06	226,27	8,77	10,65

6.táblázat T-400/008 hk Minta

Pozíció	Modulusz hk MD[MPa]	Modulusz hk CD [MPa]	Húzófeszültség hk MD [MPa]	Húzófeszültség hk CD [MPa]	Nyúlás hk MD [%]	Nyúlás hk CD [%]

Bal	5583,48	5062,5	187,08	216,74	9,33	7,53
Közép	5444,17	4266,51	245,74	169,26	7,43	10,93
Jobb	5271,22	5086,69	228,22	240,33	7,47	15,43

7.táblázat A 2 minta összehasonlítása hőkezelés után

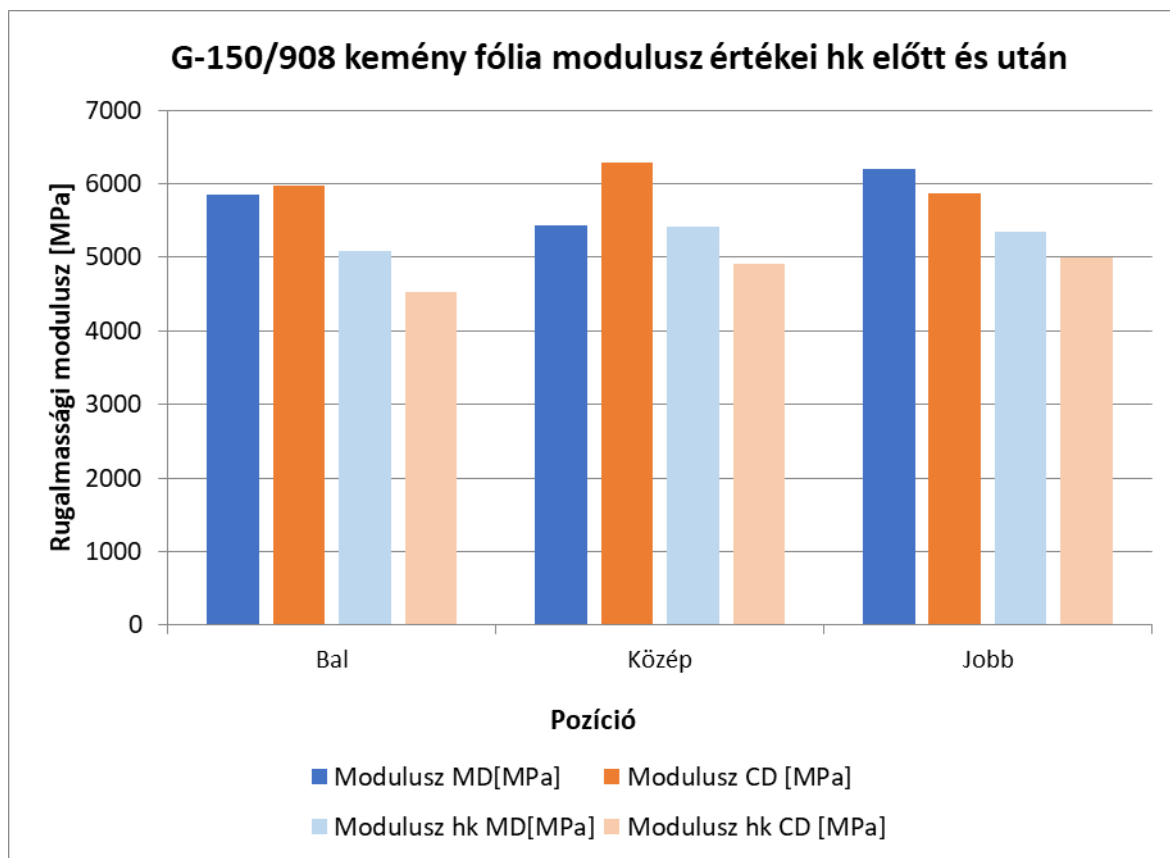
Pozíció	Modulusz I. hk MD/CD[MPa]	Modulusz II. hk MD/CD [MPa]	Húzófeszültség I. hk MD/CD [MPa]	Húzófeszültség II. hk MD/CD [MPa]	Nyúlás I. hk MD/CD [%]	Nyúlás II. hk MD/CD [%]
Bal	1,12	1,10	1,10	0,86	0,66	1,24
Közép	1,10	1,28	1,13	1,45	0,94	0,68
Jobb	1,07	1,04	1,04	0,95	0,82	0,48

8.táblázat G-150/908 hőkezelés előtt és utáni adatok

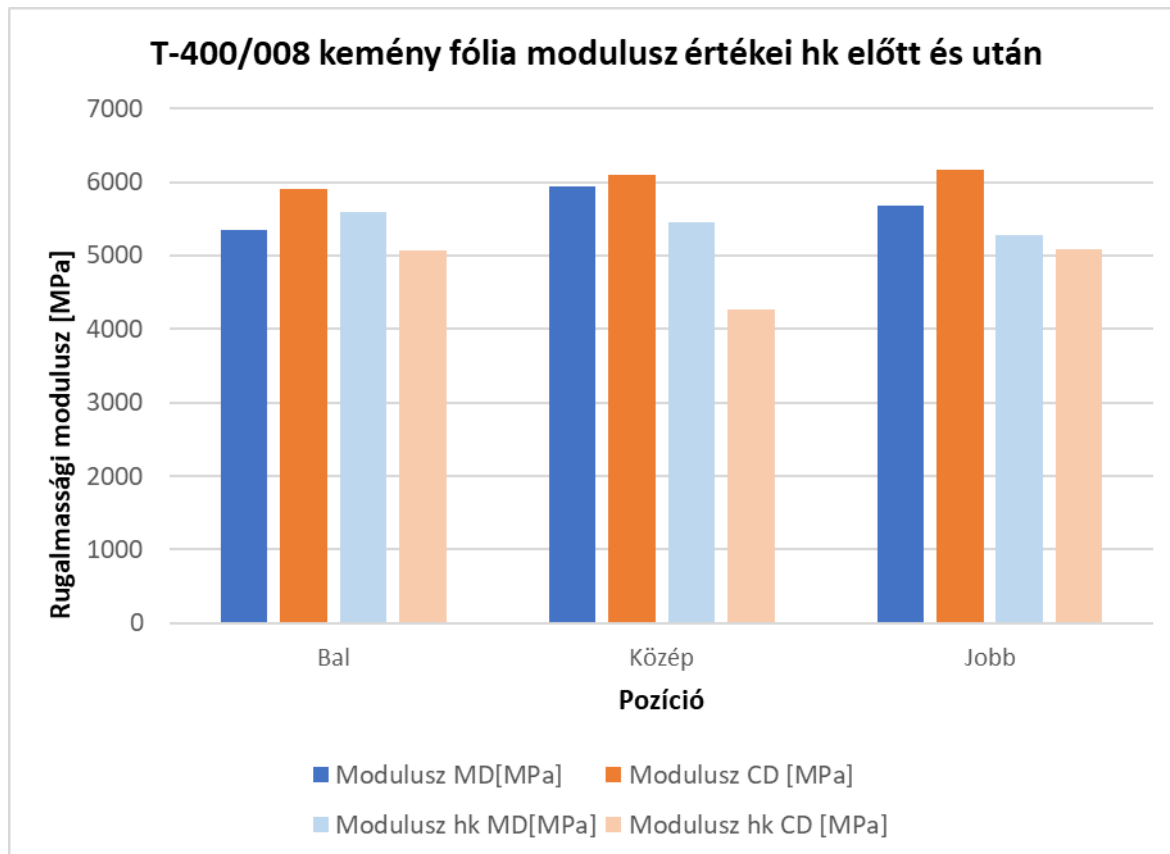
Pozíció	Modulusz I. MD/CD[MPa]	Modulusz I. hk MD/CD[MPa]	Húzófeszültség I. MD/CD [MPa]	Húzófeszültség I. hk MD/CD [MPa]	Nyúlás I. MD/CD [%]	Nyúlás I. hk MD/CD [%]
Bal	0,977	1,12	1,056	1,10	2,23	0,66
Közép	0,864	1,10	1,038	1,13	1,65	0,94
Jobb	1,056	1,07	1,082	1,04	1,51	0,82

9.táblázat T-400/008 hőkezelés előtti és utáni adatok

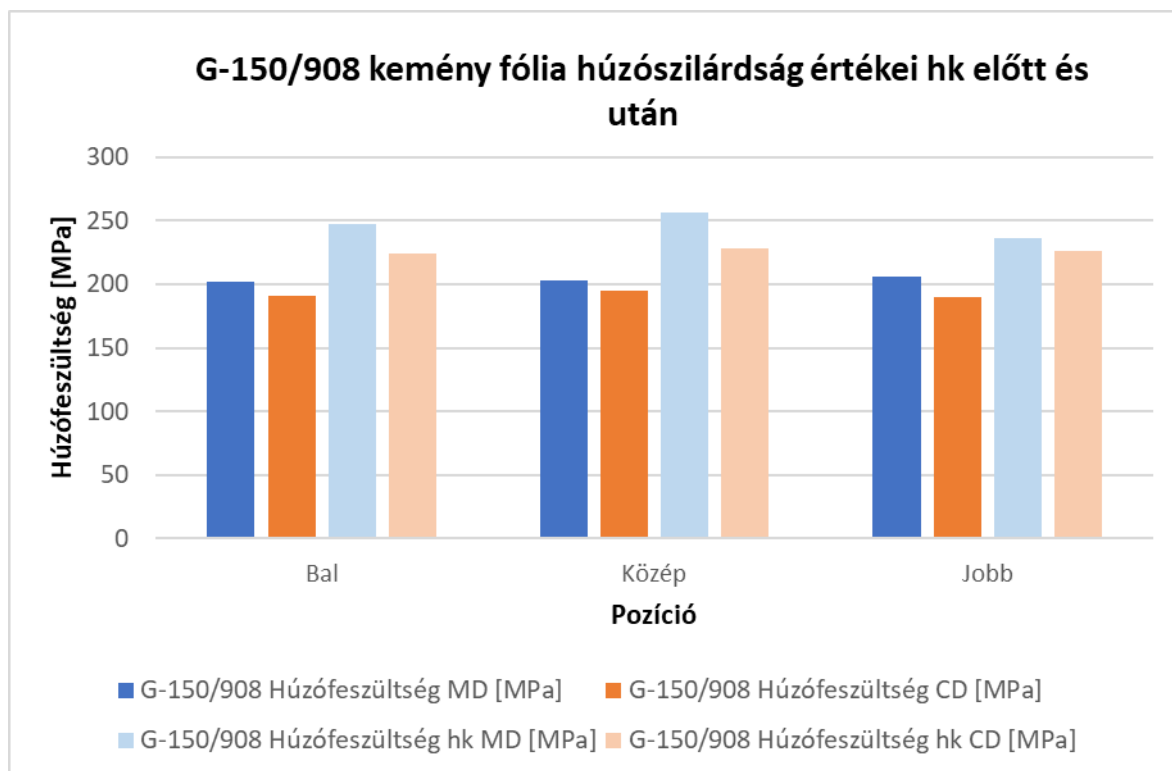
Pozíció	Modulusz II. MD/CD[MPa]	Modulusz II. hk MD/CD[MPa]	Húzófeszültség II. MD/CD [MPa]	Húzófeszültség II. hk MD/CD [MPa]	Nyúlás II. MD/CD [%]	Nyúlás II. hk MD/CD [%]
Bal	0,904	1,10	0,989	0,86	1,85	1,24
Közép	0,974	1,28	0,865	1,45	0,25	0,68
Jobb	0,922	1,04	0,989	0,95	0,33	0,48



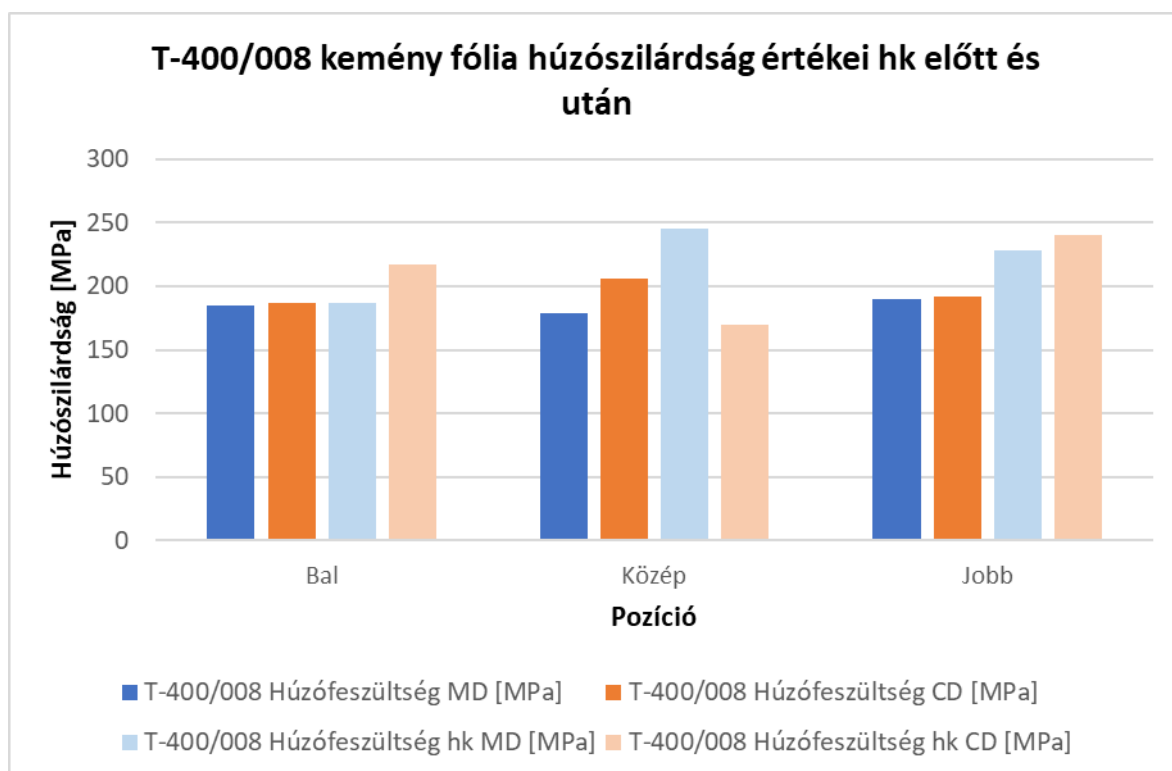
33.ábra G-150/908 kemény fólia modulusz értékei hk előtt és után



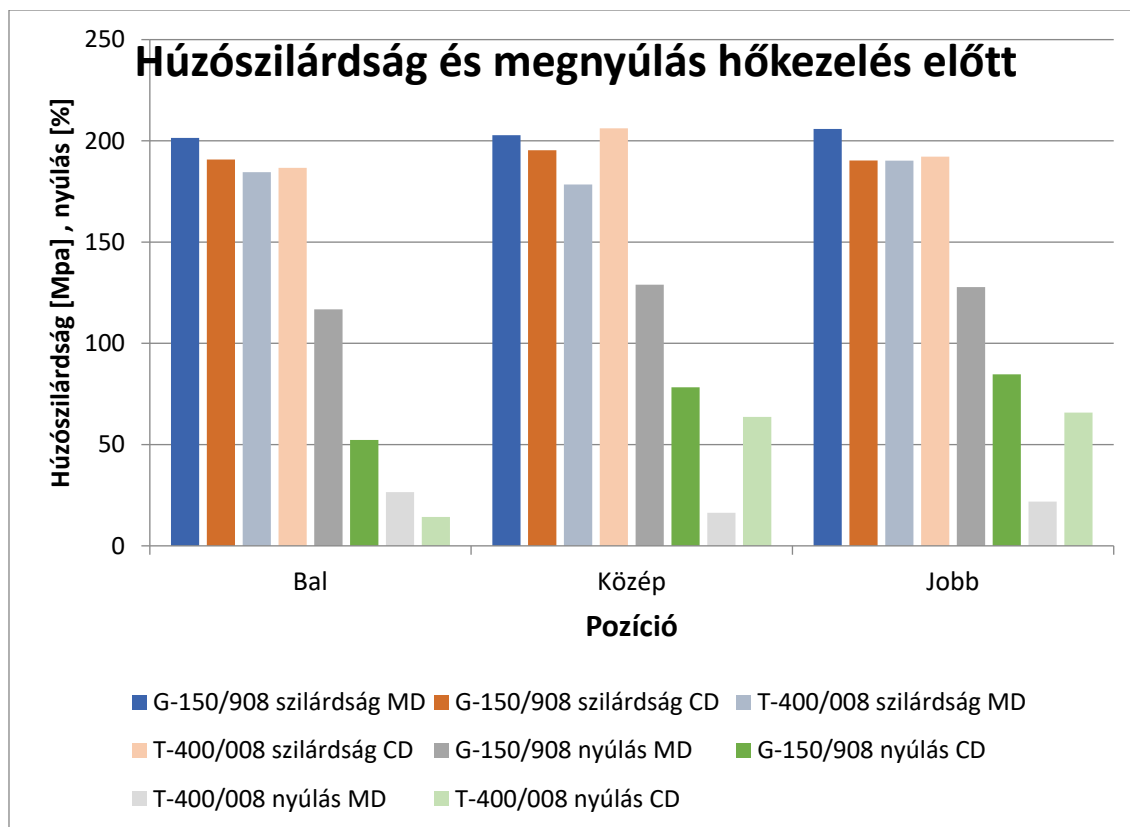
34.ábra: T-400/008 kemény fólia modulusz értékei hk előtt és után



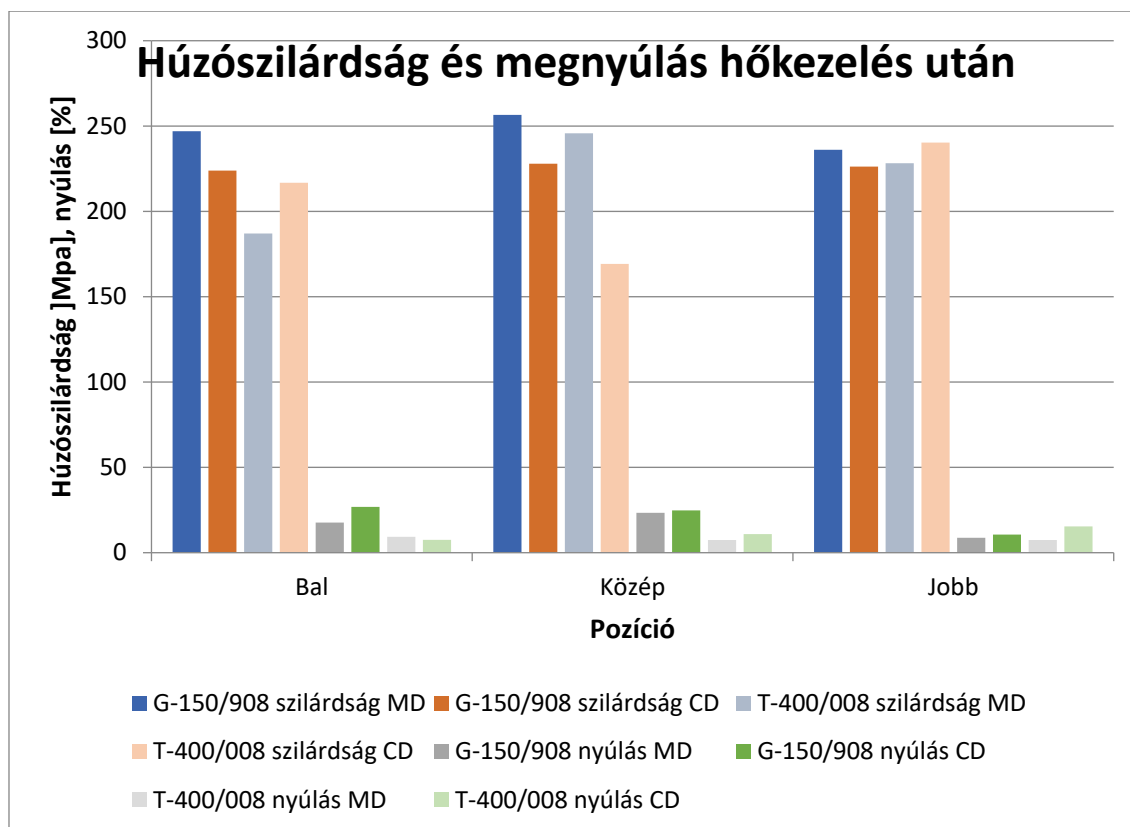
35.ábra: A G-150/908 kemény fólia húzószilárdság értékei hk előtt és után



36.ábra: A T-400/008 kemény fólia húzószilárdság értékei hk előtt és után



37. ábra: Húzószilárdság és megnyúlás hk előtt



38. ábra: Húzószilárdság és megnyúlás hk után

Megfigyelések:

- A fólia keresztirányában az orientáltság mértéke más és más
 - A szélek hasonlóak és eltérnek a középtől
- Az anyagminőség jelentősen befolyásolja az orientációt és a befagyott feszültségeket
 - A T-400/008 anyag stabilabb és a CD jobban megjelenik
- A hőkezelés hatására a minták különböző részei közötti különbségek csökkentek
 - A relaxáció (feszültség csökkenés) a széleken nagyobb, hűlés (nagyrugalmas) közbeni orientálás a hengerek által CD-irányba!
 - A hőkezelésre az extrúzió során történő orientálás kevésbé érzékeny (MD ömledék a extrúder szerszámban)
- A nyújthatóság a hőkezelés hatására jelentősen csökken, a modulusz nem változik jelentősen a szilárdság kismértékben nőhet is

Összegzés

A két különböző típusú minta más-más felhasználási célt szolgál. Emiatt már kezdetben elvárható, hogy eltérnek a tulajdonságok. A G-150/908 fehér színű fólia, ami elsődlegesen a nyomtathatóságra van optimalizálva. A T-400/008 áttetsző, hőformázható fólia, csomagolási célra. A fóliákon kiválasztott három pozíció (jobb szél, közép és bal szél), nem egyforma mértékekben van orientálva. Megfigyelhető, hogy a különböző pozíciók, más és más mechanikai tulajdonságokat eredményeztek, a **2. és 3. táblázat** ezt jól mutatja. Viszont hasonlóságot is tükröznek a táblázatok, a fólia két szélén, a bal és jobb oldalon egymáshoz képest közelebbi értékeket kaptam, mint a közepét tekintve. A fólia inhomogén, tehát az orientáció nem egyezik meg a különböző pozíciókban. Az inhomogenitás lecsökken a hőkezelés által (**8. táblázat**). Az értékek a fóliák különböző részein ugyanolyan tendenciát mutatnak. A hőkezelések eredményei alapján arra következtethetünk, hogy az MD irányú orientáció az ömledék állapotban került az anyagba (a szélesrésű extrúder szerszám által), míg a CD irányú orientációk lehűlés közben a hengerek között inkább már a nagyrugalmas állapotban. Ez a relaxáció sebességeinek eltérését és a relaxáció mértékét vonja maga után, amit a tulajdonságok változásával követtünk. A **2. és az 5. táblázatoknál** azt tapasztaltam, hogy a hőkezelés után a modulusz értékek csökkentek, míg a húzófeszültség értékei nőttek ezzel szemben. Emellett még a nyúlás %-os mértéke is lecsökkent, amit a magasabb húzófeszültség eredményezett.

Felhasznált irodalom

- [1] Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János.: A polimertechnika alapjai (2007)
- [2] <http://www.ongropack.com/hu/termek/kemeny-folia/grafikai/> (utolsó letöltés dátuma:2022.11.16.)
- [3] <http://www.ongropack.com/hu/termek/kemeny-folia/hoformazhato/> (utolsó letöltés dátuma: 2022.11.16.)
- [4] Miskolczi Norbert.: Műanyagok kémiája és technológiája (2012)
- [5] M.V. Titow.: PVC Technology (1986)