

Kompozitipari anyagok és technológiák a modellezésben

Készítette:
Molnár József
(Poly-matrix Kft.)

2023. 01. 28.



POLY-MATRIX

MŰANYAGIPARI, KERESKEDELMI ÉS SZOLGÁLTATÓ
MÉRNÖKI TÁRSULÁS KFT.

A mai témakörök

1. A kompozit fogalma
2. Mátrix anyagok, gyantatípusok
3. Erősítő anyagok fajtái és szövés módok
4. Maganyagok
5. Anyagok és technológiák összehasonlítása szilárdsági és technológiai szempontból, mi mire jó és mire nem javasolt
6. A ragasztás elmélete és gyakorlata
7. A ragasztó és a lamináló gyanta közötti különbség, hogyan alakítható a lamináló gyanta – szükség esetén – ragasztóvá
8. Korszerű építési technológiák a sablon készítésétől a végtermékig
9. Javítási technológiák, trükkök
10. Egészségügyi előírások, minimális feltételek
11. Utólagos megmunkálás és hőkezelés
12. A kompozit alkatrészek élettartama, teherviselő képessége

1. A kompozit fogalma

A kompozit kifejezés tágabb értelemben kettő vagy több különböző anyag makroszkopikus kombinációját jelenti, ahol az anyagok között jól felismerhető kapcsolat van.

Az erősített műanyagokban (kompozitokban) az erősítőanyag szálai között a műgyanta (mátrix anyag) teremt kapcsolatot és ez biztosítja az erő átadását is.

A cél az, hogy csak a minimálisan szükséges mennyiségű gyantát juttassuk a kompozitba.

A kompozitok előnyei

- Kis sűrűség
- Jó ütésállóság
- Kiváló szilárdság
- Megfelelő hőállóság
- Igen nagy torziós merevség
- Olcsóbb szerszámozási költség
- Kiváló kémiai ellenálló képesség
- Jó dinamikus ellenálló képesség
- Jó elektromos szigetelő tulajdonság
- Alacsony CTE (hőtágulási együttható) érték
- Orientált mechanikai-szilárdsági tulajdonság kialakítása (Anizotróp szerkezet kialakításának lehetősége)
- Különleges, speciális formai igények könnyű megvalósíthatósága
- A beépített szerkezeti anyag tömegének akár 25-50%-os csökkentése – hagyományos fémszerkezetekhez képest

Az egyes anyagok sűrűségre vonatkoztatott szakítószilárdsága

	sűrűség kg/dm ³	Szakítószilárdság kp/mm ²	Szakítószilárdság/ sűrűség
Durál lemez	2.4	38	15.8
Nagyszilárdságú acél lemez	7.8	150	19.2
Üvegszövet laminát	2.0	60	30



2. Mátrix anyagok, gyantatípusok

A leggyakoribb gyantafajták:

Poliészterek

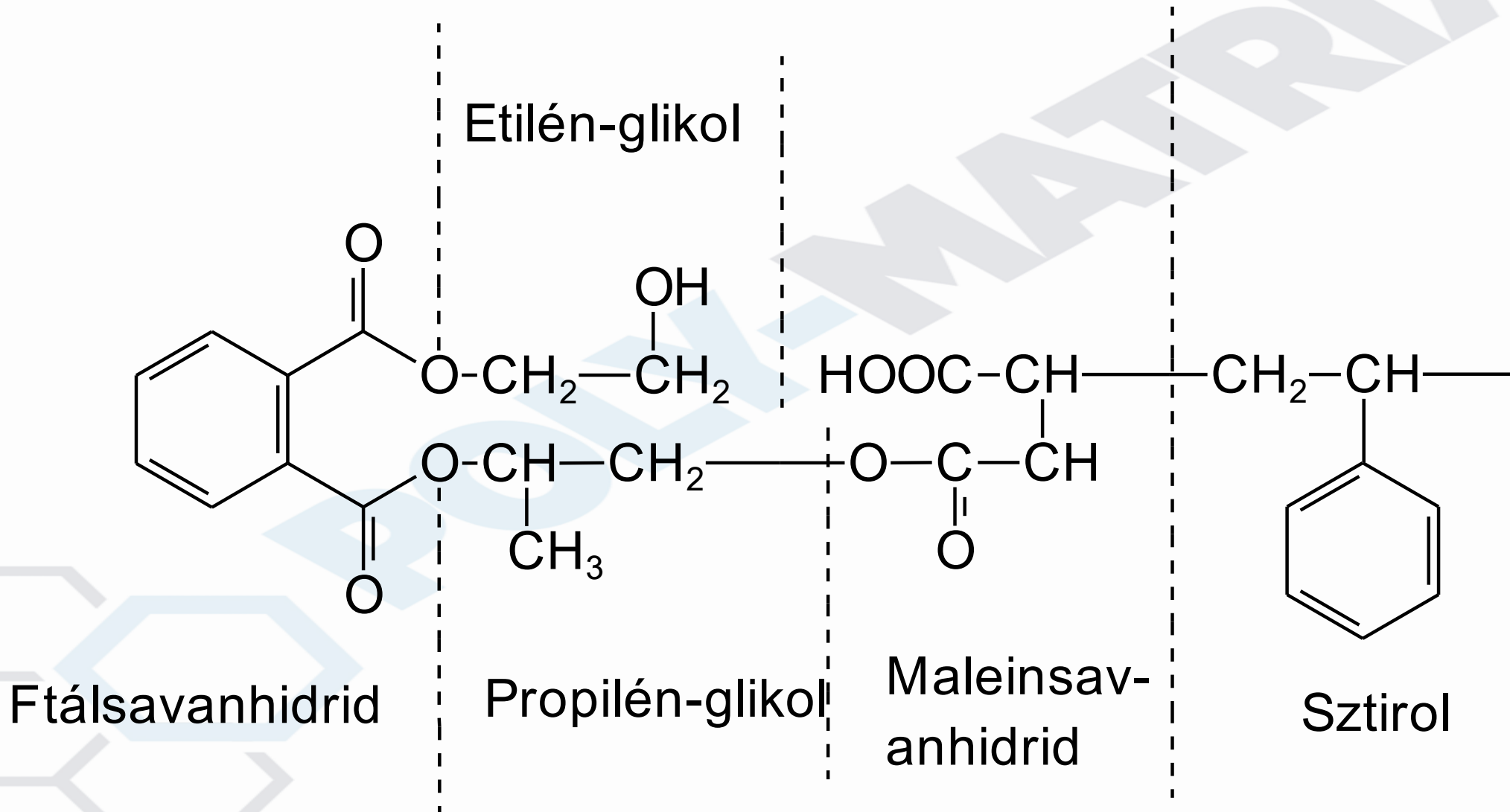
Vinilészterek

Epoxik

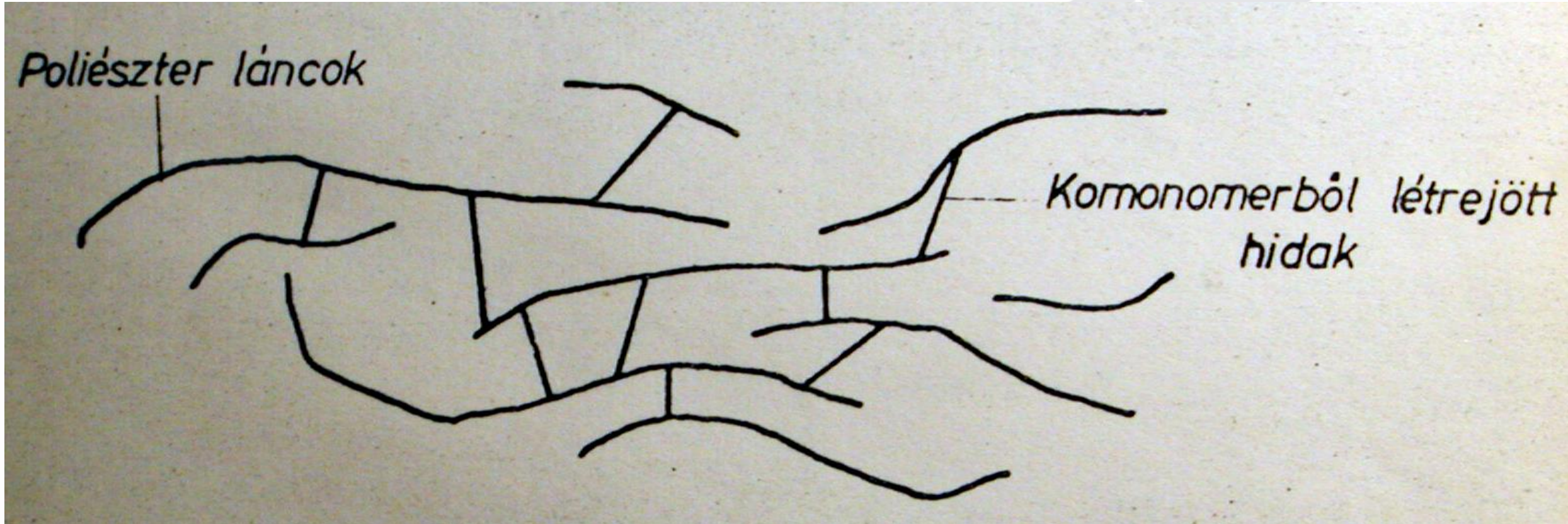
Szilikonok

Poliuretánok

Poliészterek általános szerkezeti képlete



A kopolimerizációval létrejövő térhálós szerkezet sémája



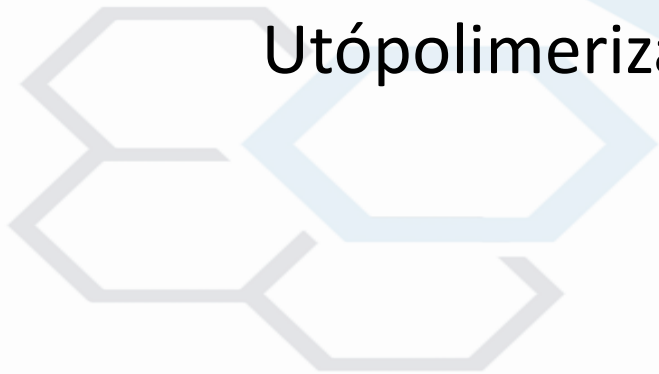
A sztirol oldószer és komonomer egyszerre.

A kopolimerizáció három szakasza

A kopolimerizáció kezdete a géles állapotig

A kopolimerizáció főszakasza, ezalatt jön létre a szilárd gyanta

Utópólimerizáció, amely alatt a kopolimerizáció teljessé válik



Vinilészterek

A vinilészterek epoxival, vagy novolak gyantával módosított poliészterek

Majdnem olyan drágák, mint az epoxik, úgy térhálósodnak, mint a poliészterek.

Kiemelkedően jó a vegyszerállóságuk, egyes típusaik üzemanyag tartályok készítésére/javítására is használhatók.

Hőre keményedő fenol- formaldehid gyanták gyártása

Egylépcsős módszer

Formaldehid többlet 1:1.5
arányban. Lúgos közeg :
 $\text{pH} > 7$

„A” állapotú Rezol
gyantát kapunk

Hevítés

„B” állapotú Resitol
gyanta
(Prepreg gyanta)

Hevítés

Kétlépcsős módszer

Fenol többlet 1:0.8
Savas közeg: $\text{pH} < 7$

„A” állapotú Novolak
gyantát kapunk

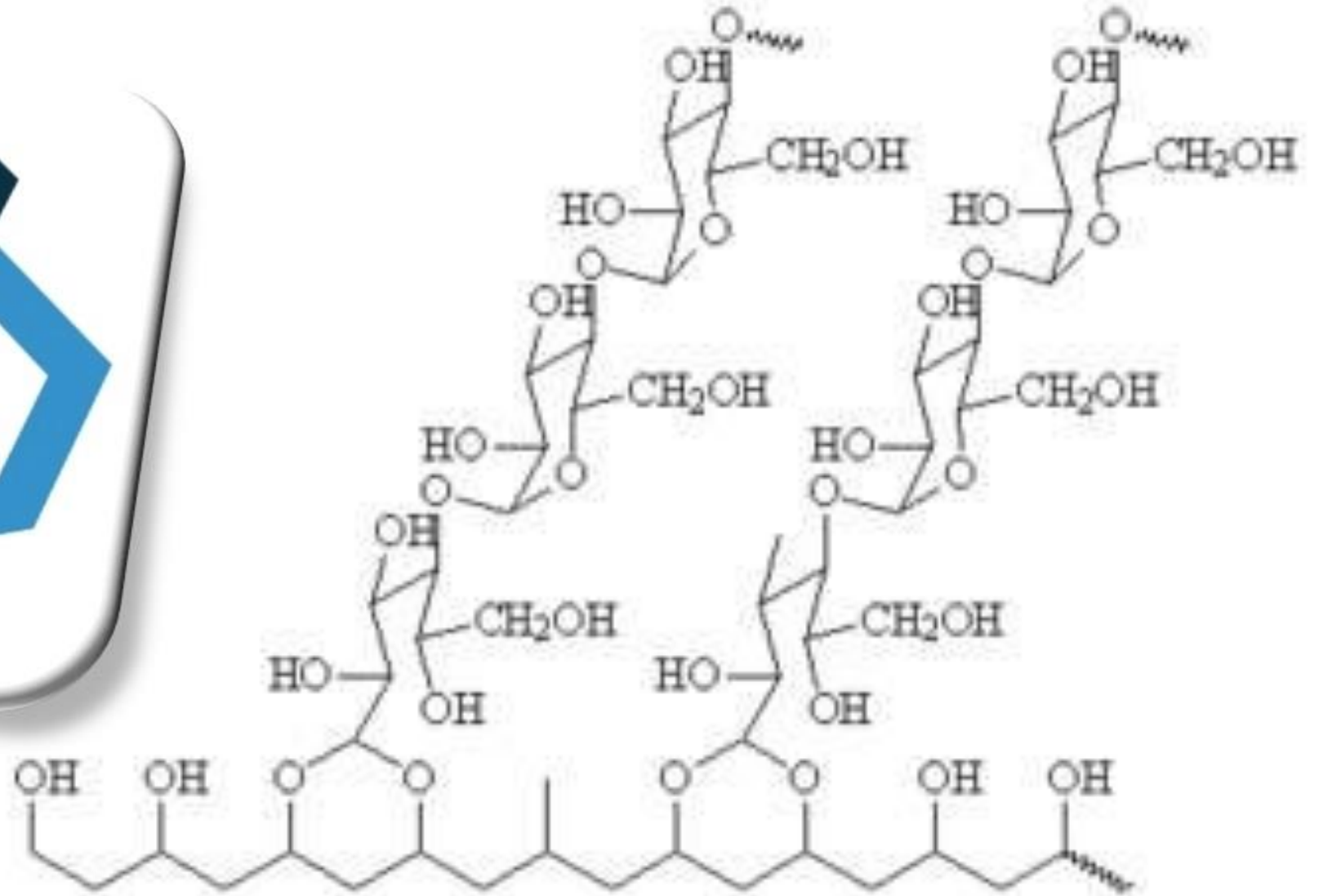
Formaldehid és hexamin
adagolása

„Kétkomponensű” prepreg
gyantát kapunk

Hevítés

„C” állapotú teljesen átkeményedett gyanta

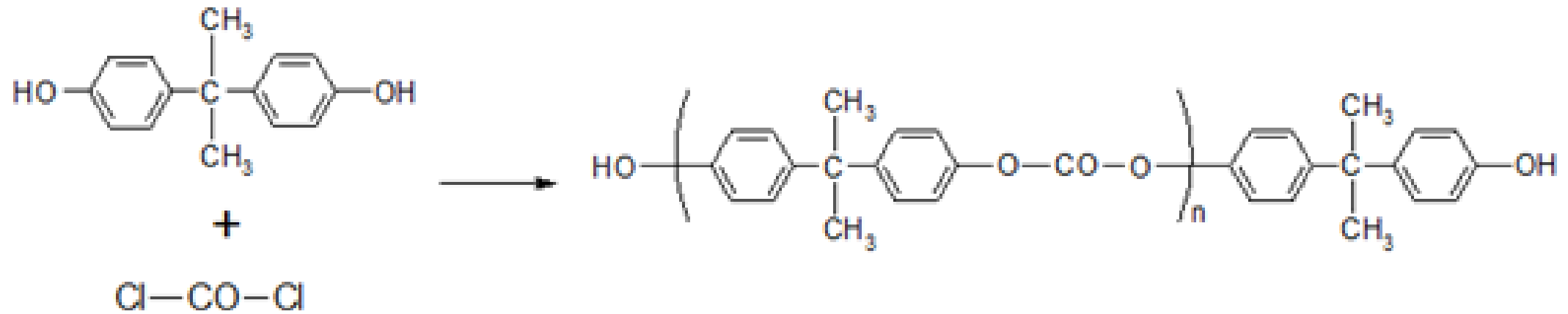
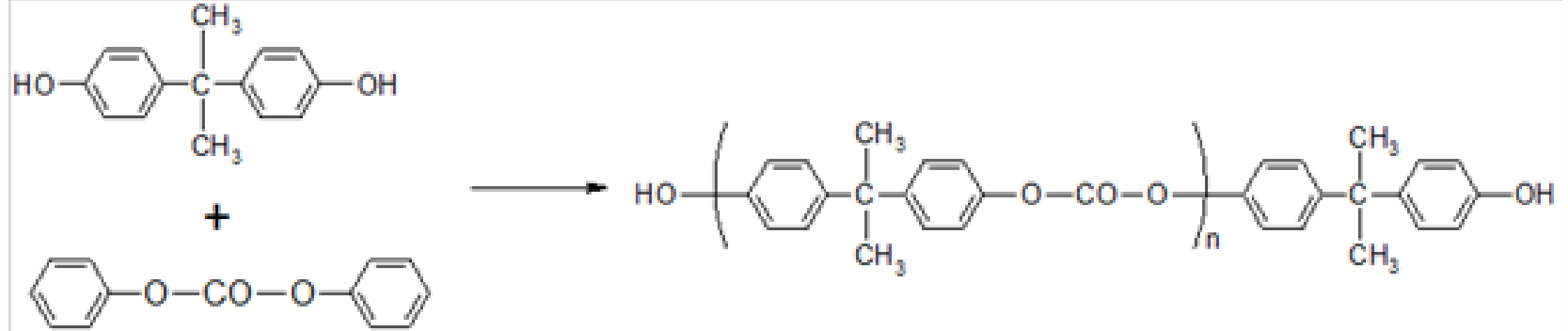
EPOXI GYANTÁK



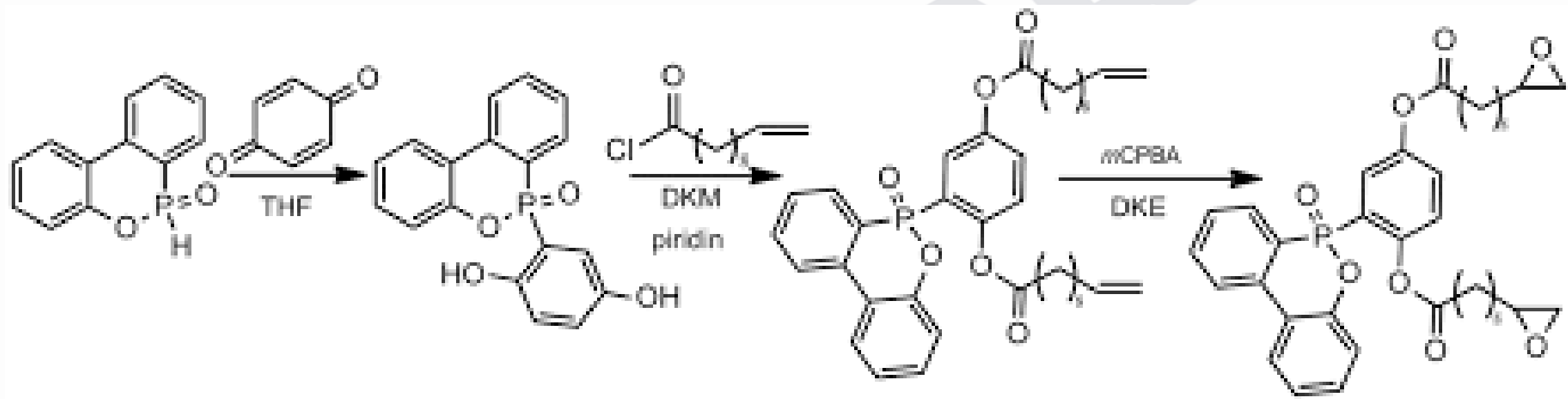
Biszfenol A epoxi



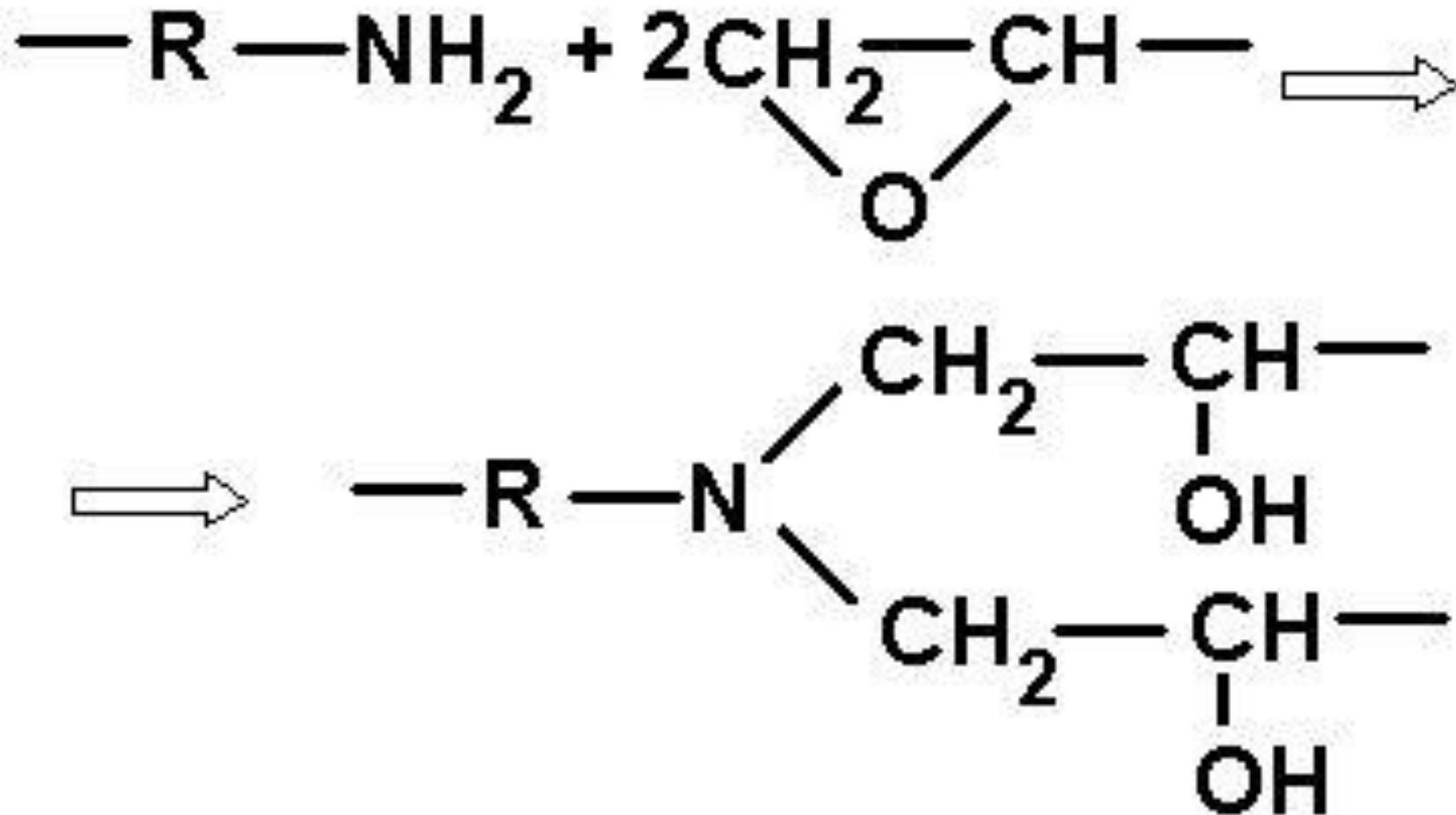
Biszfenol A epoxi



Biszfenol F epoxi (Novolak típus)



Epoxi gyanta térhálósodása primer aminnal

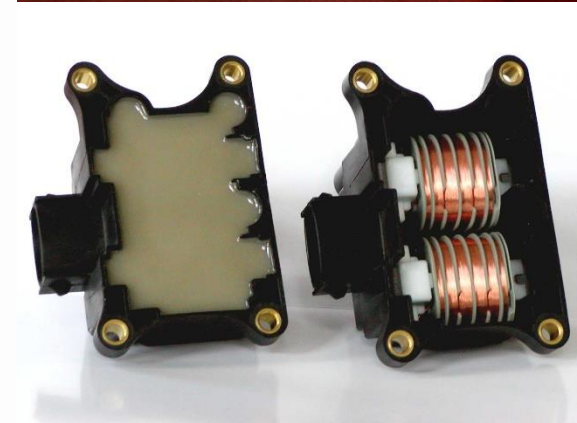




Felhasználási területek

- Járműipar (autók, buszok, haszonjárművek, vasút, hajó, repülőgép)
- Építőipar
- Villamosipar
- Bútorok
- Sportszerek
- Dísz tárgyak

Az epoxi gyanták gyakorlati alkalmazása



Szilikon, formakészítés



Poly-matrix Kft.

A szilikonok főbb típusai

– Gyanták

– Gélek, paszták stb.

– **Elasztomerek**



Elasztomerek

- HTV (High Temperature Vulcanization): magas hőmérsékleten vulkanizálódik szerves peroxidok jelenlétében.
- LSR (Liquide Silicone Rubber): feldolgozása kimondottan erre a célra tervezett fröccsöntő szerszámban történik.
- RTV (Room Temperature Vulcanization): ezek az anyagok szobahőmérsékleten vulkanizálódnak.

RTV szilikonok

- RTV1 szilikon: egykomponensű,
– pl.: barkács tömítők, ragasztók.
- RTV2 szilikon: kétkomponensű, a vulkanizálódás akkor történik meg, ha a két komponens érintkezik egymással.

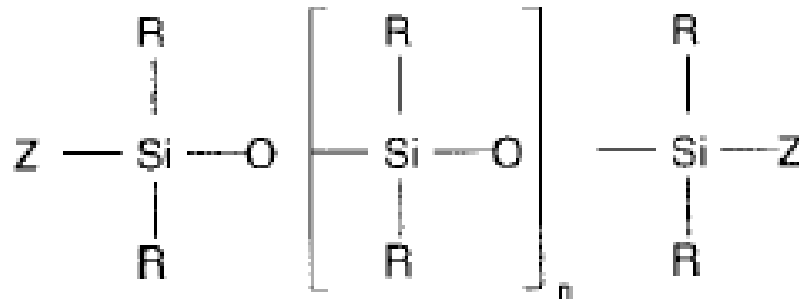
RTV2 szilikonok

- Ezeknek a szilikonoknak a keményedése szobahőmérsékleten történik, nincsenek fűtési költségek.
- Hosszabb a vulkanizálódási idejük (mert szobahőmérsékleten történik a kikeményedés).
- Közepes-, és kisméretű termékeknél használatos.
- Szükség esetén a vulkanizálódási idő beállítható, lehetővé téve a rugalmas termékgyártást. (Ciklusidő)



Az RTV2 szilikonok kémiaiája

- Az RTV-2 szilikon alkotóelemei: szilikon polimer, térhálósító, katalizátor, inhibitor, töltőanyagok, lágyító, színező pigmentek.
- A szilikon polimerek általános felépítése:



,ahol R a metil csoport (CH₃-), Z a reaktív csoport: hidroxil (OH-), vinil (CH₂=CH-), n a sziloxán-egységek száma; lánc hosszúság (200-2000).

RTV2 szilikonok típusai

- Polikondenzációs szilikonok
- Poliaddíciós szilikonok

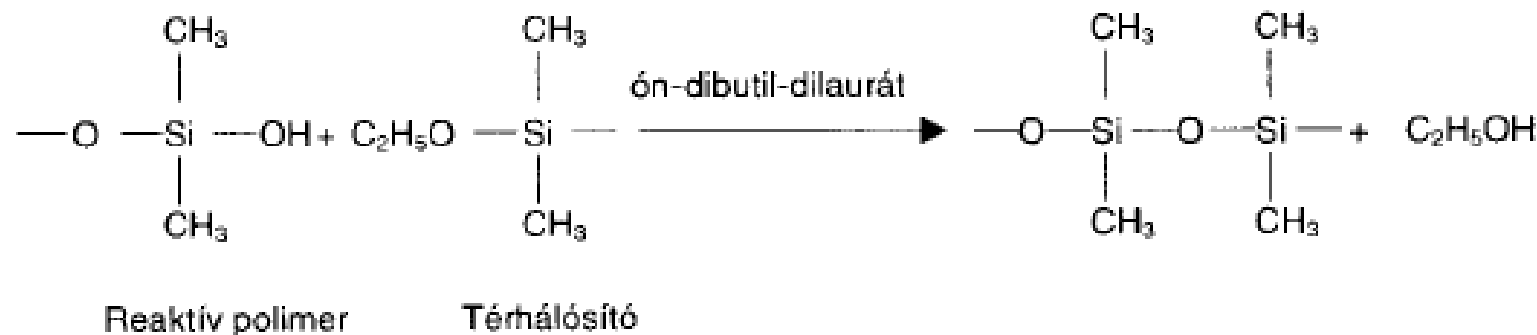


RTV2 kondenzációs szilikon gumi

- ÓN-katalizátor jelenlétében térhálósodó kétkomponensű rendszer keveréke szobahőmérsékleten vulkanizálódik és a reakció során melléktermékként illékony alkohol keletkezik (etanol, propanol). Az így létrejövő tömegveszteség kémiai zsugorodást okoz a tér minden irányában.
- Anaerob körülmények között, 90 °C felett reverzió alakul ki, azaz a már kitérhálósodott gumi újra elfolyósodik.
- Vulkanizációs problémákat csak a nem kellő mértékű környezeti nedvességtartalom és bizonyos plasztilin fajták okozhatnak.

Kondenzációs RTV2 szilikon kaucsuk felépítése

- Polimer: hidroxil funkciós
- Térhálósító: epoxi-, illetve propoxi funkciós
- Katalizátor: 4 vegyértékű szerves ónvegyület
- Kokatalizátor: vízgőz (nedvesség)
- Reakció fajtája: kondenzációs



RTV2 poliaddíciós szilikon gumi

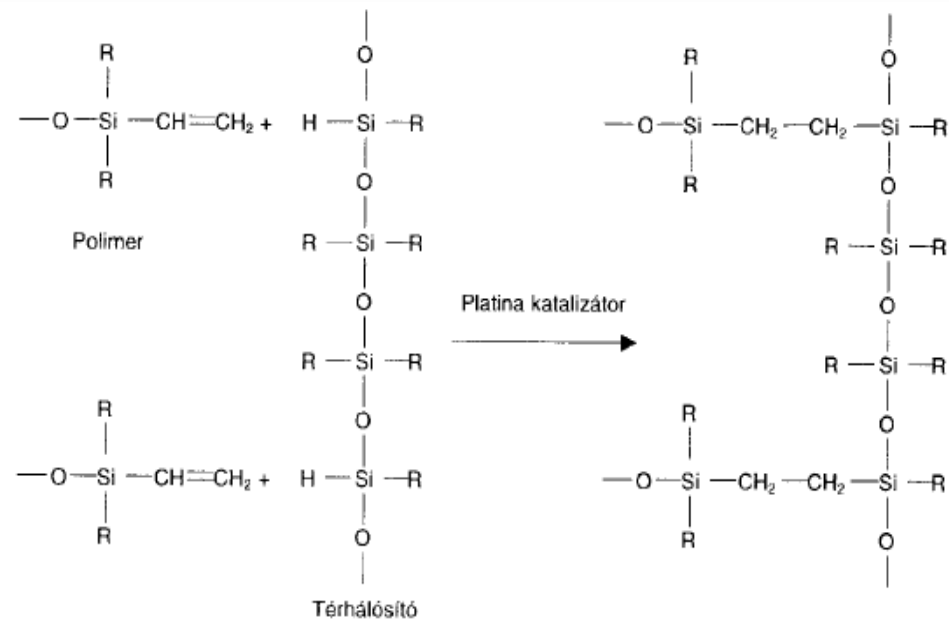
- PLATINA-katalizátor segítségével térhálósodó kétkomponensű rendszer keveréke szobahőmérsékleten vulkanizálódik, de a reakció során melléktermék nem keletkezik, így a tömegveszteség hiányában kémiai zsugorodás nem jön létre.
- Anaerob körülmények között 90 °C felett sem alakul ki reverzió.
- Érzékenyek a vulkanizációs problémákra, ezért különös szakértelmet és gondosságot igényel a velük történő munka. (Például katalizátor mérgek.)



Addíciós RTV2 szilikon kaucsuk felépítése

- Polimer: vinil funkciós
- Térhálósító: SiH funkciós
- Katalizátor: szerves platina komplex

- Kokatalizátor: -
- Reakció fajtája: addíciós



Az addíciós és a kondenzációs szilikonok összehasonlítása

Tulajdonságok	Kondenzációs	Addíciós
Keverési arány	100:5	100:100 (100:10)
Kilogrammos ára	Olcsóbb	Drágább
Sűrűsége	Nagyobb	Kisebb – 10%-os árcsökkenés
Repedés	Jobban reped, szakad	Repedésellenálló képessége jobb
Érzékenység, inhibíció	Vízre érzékeny a polimerizáció során (pl.: gipsz)	Kénre érzékeny polimerizáció során (pl.: gumi, latex kesztyű)
Zsugorodás	0,2-2%	<0,1%
Hőállóság	max. 100 °C	max. 300 °C
Polimerizációs sebesség	Hővel nem gyorsítható	Hővel gyorsítható
Nem vákuumozható	Buborék marad a rendszerben	Vákuumozható
Beragadás	Epoxi hajlamos beleragadni	Nem hajlamos a beleragadásra
Poliészter gyanta öntése	Sztiroltartalma duzzasztja – deformáció következik be	Sztirol nem bántja
Festhetőség	Rosszul festhető	Jobban festhető
Ártalmasság	Mérgező	Nem mérgező (gyerekjáték készítése)
Ára		20%-kal drágább

Poliaddíciós szilikon típusok alkalmazása

- Szerszámkészítés (Mould making)
- Ékszerkészítés (Jewellery)
- Fülészet (Otology)
- Podiátria (Podiatry)
- Tamponnyomás (Pad printing)
- Prototípusgyártás (Rapid prototyping)
- Speciális hatás, lenyomat készítés emberi testről (Special effect, body casting)
- Kozmetika (Cosmetics)

Szerszámkészítés

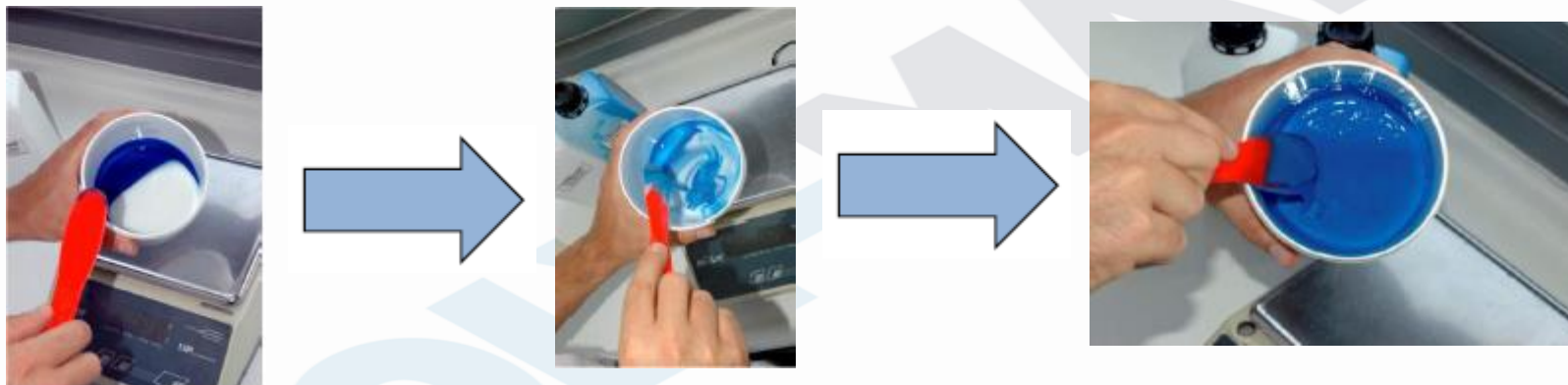
A szerszámkészítés egy reprodukciós eljárás, amelynek a segítségével kiváló minőségű másolatokat készíthetünk a legbonyolultabb részletek visszaadásával. A másolási pontosság 2 μm .

Elérhető Shore A keménység
13 és 50 között.

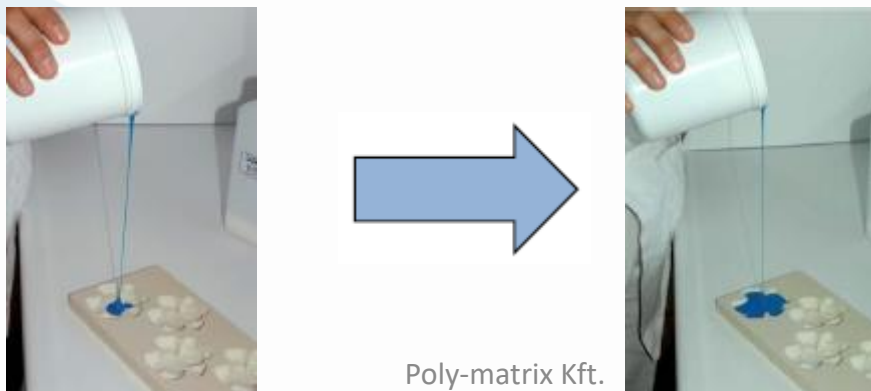


Öntőszerszám készítése szilikonból I.

- Keverjük össze a két komponenst lendületesen, amíg a keverék színe homogénné válik.



- Miután összekevertük - legalább 30 cm magasságból - vékony sugárban öntsük az előkészített formába.



Poly-matrix Kft.

Öntőszerszám Készítése Szilikonból II.



Másolat és eredeti



Poly-matrix Kft.

Szobor másolása szilikon alkalmazásával



Amun és Mut

Az eredeti szobor a Louvre múzeumában található.

A képen az erről készített kicsinyített másolat látható


Grand Palais

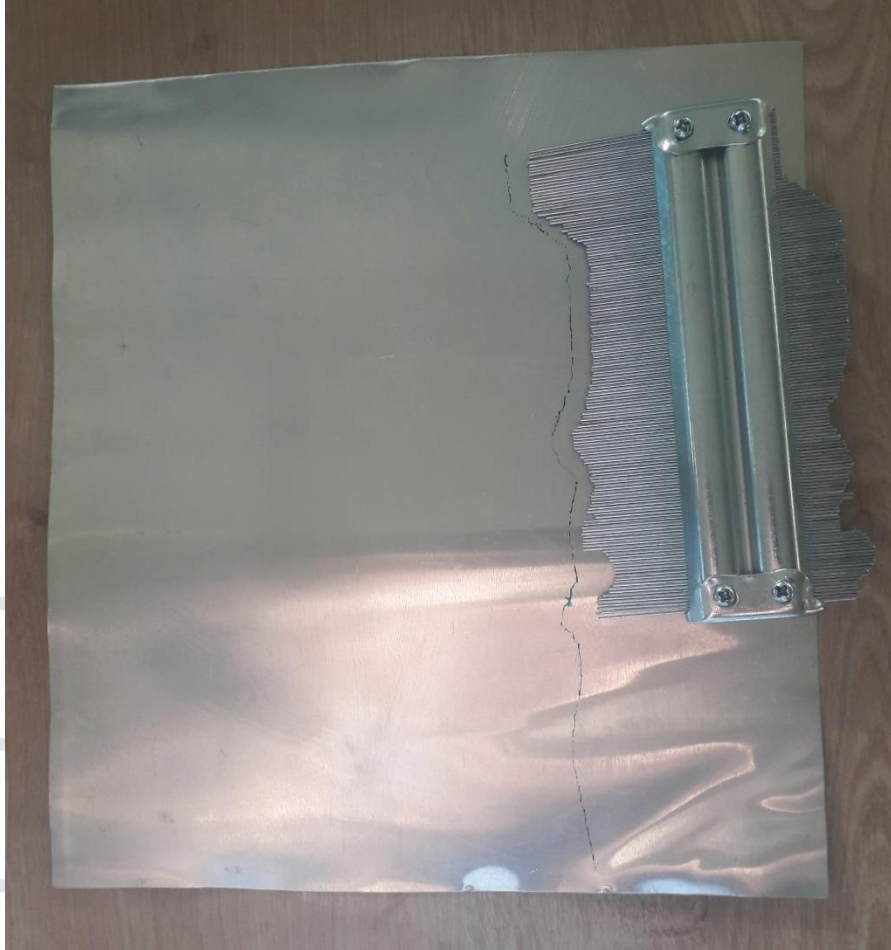
A szilikon szerszám



Az elválasztó lemez elkészítésének eszközei



Az elválasztó lemez elkészítése



2023. 06. 01.



Poly-matrix Kft.

39

Az A1 megtámasztó rendszer elkészítése



2023. 06. 01.



Poly-matrix Kft.



40

A szerszámbontás lépései



2023. 06. 01.



Poly-matrix Kft.

Az eredeti és a másolat





Különleges sakktábla készítése



Sakktábla készítése

A tábla mattított üvegből készült, amelyen az átlátszó négyzeteket, a betűket és a számokat víztiszta epoxi gyantával alakítottuk ki.

Az egyes bábúkat víztiszta gyantából öntöttük ki szilikon formában. A különböző bábúkat transzparens színezékekkel színezett gyantából készítettük. Ezek a színezékek lehetőséget nyújtanak a teljesen egyedi kialakításra.

A szilikon öntéséhez előkészítve



Az egyes bábúkat technikai gyurmával ragasztottuk a műanyag poharak aljára.

Gyantaöntés



A bábúk eltávolítása után különböző módon színezett gyantával töltöttük fel a szilikon formákat.

Az alkalmazáshoz javasolt szilikonok:

Feinchimica F 128

Feinchimica PA 330

Vákuuminjektálás



A termék



Poly-matrix Kft.

Poliuretánok

A poliuretánok mindkét komponense (poliol és izocianát) érzékeny a vízre. Még a levegő nedvességtartalmától is óvni kell!

Léteznek tömör és habosodó, valamint kemény és rugalmas változatban.

Az utóbbiak rendkívül kopásállóak.

Szerszámkészítés poliuretánból



3.

Erősítőanyagok



Erősítőanyagok

- Egy üveg-, szén-, vagy aramid szálerősítésű kompozitrendszernek igen előnyös tulajdonságai vannak egy hagyományos fémszerkezettel szemben.
- Az erősítő vázanyagokkal szembeni fő követelmény a jó szakító-, és ütőhajlító szilárdság, a kis nedvességfelvétel, a hő-, és vegyszerállóság stb. Az erősített műanyag viselkedése szempontjából lényeges szerepet játszik a vázanyag és a műanyag közötti adhéziós erő típusa (fizikai és fajlagos adhézió) és nagysága
- A konkrét tulajdonságok az adott szál és polimer kombinációjától függnnek, ahol szilárdsági tulajdonságokat a szál hordozza, míg a mátrixnak csak közvetítő szerepe van. Így a szálak tulajdonságai határozzák meg alapvetően egy kompozitrendszer végső mechanikai paramétereit, de alkalmasságuk, illetve alkalmazhatóságuk csak a mátrixszal való együttes tárgyalásuk során állapítható meg
- Egy szál tulajdonságainak maximális kihasználása annak típusától, alakjától, orientációjától, a feldolgozás módjától és az alkalmazott mátrix tulajdonságaitól függ

Erősítő anyagok típusai

Üveg



Szén

Aramid



Mechanikai szilárdsági paraméter és változása a szövet példáján bemutatva

Egy hagy

A szövet
szárirány

Amennyi
– szárirá
vonatkoz

tonos

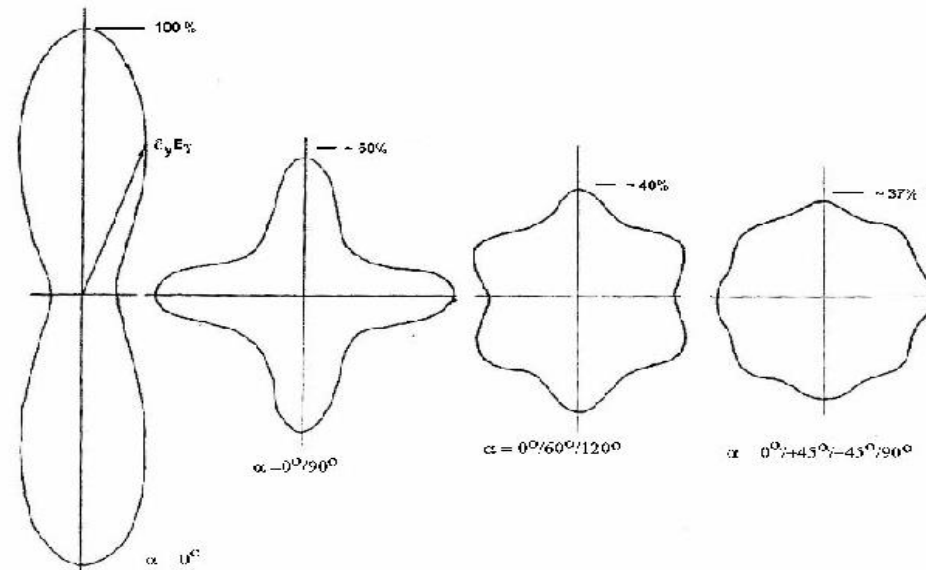
végző
sége

Az erősítőanyag orientációja I.

A gyantába lévő szál meghatározza a teherviselő irányt, ami alatt az erősítőanyag legnagyobb szakítószilárdságával rendelkező iránya értendő

„Anizotrópikus” (egyirányú szálerősítés) szerkezeti rendszer esetében a legnagyobb terhelhetőség a szál irányában található

„Izotrópikus” rendszer esetében a terhelhetőség a sík minden irányában megegyező



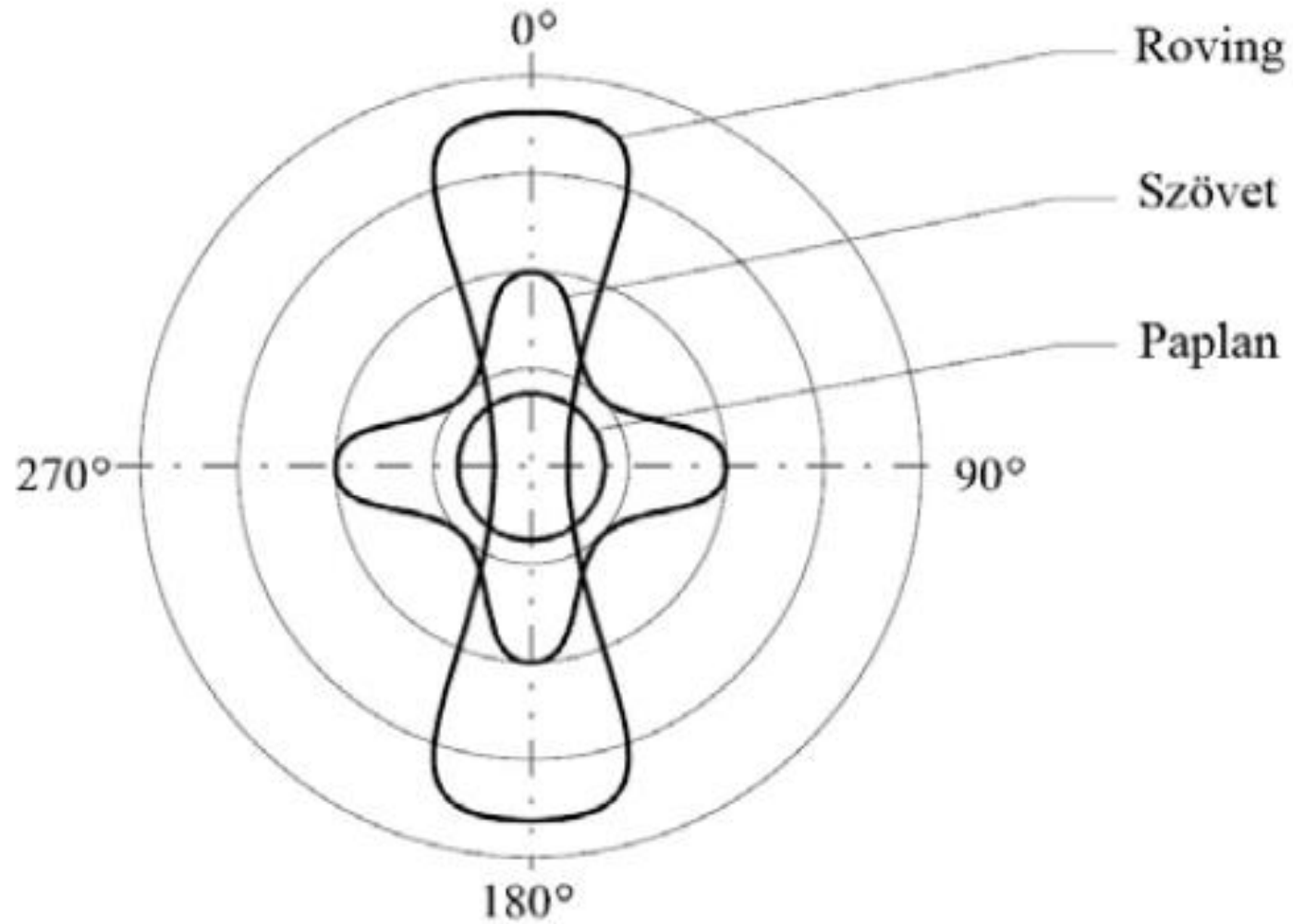
„Anizotrópikus”

„Kvázi izotrópikus”

„Izotrópikus”

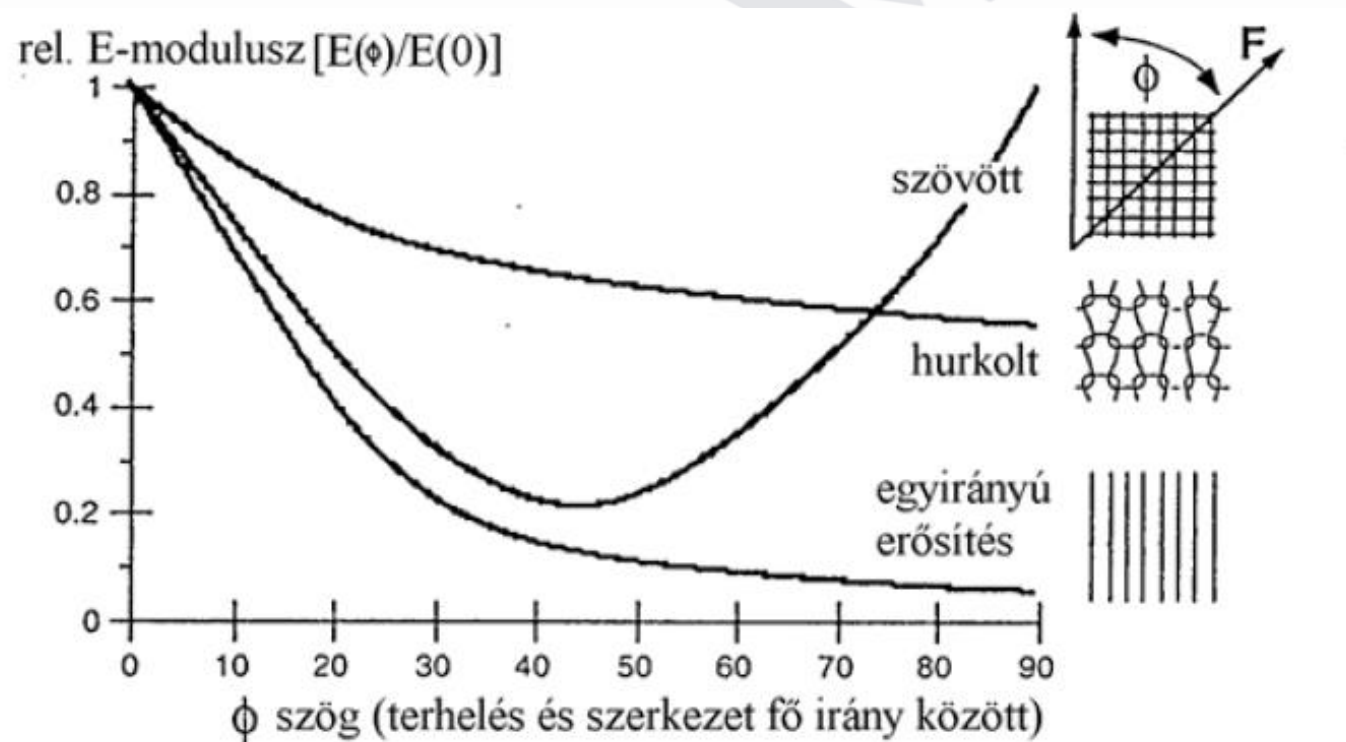
Poly-matrix Kft.

Az erősítőanyag orientációja II.

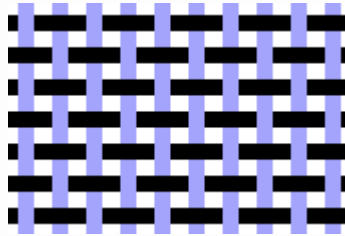


Az erősítőanyag orientációja III.

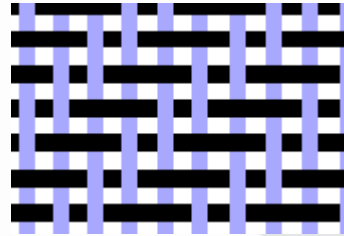
Egy „unidirekcionális”, egy vászonkötésű üvegszövet és egy hurkolt kelme relatív „E”-rugalmassági modulusa és relatív szakítószilárdsága a terhelés és a szerkezet fő irányával bezárt szög függvényében



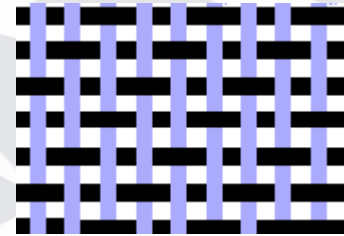
Szövésmodok



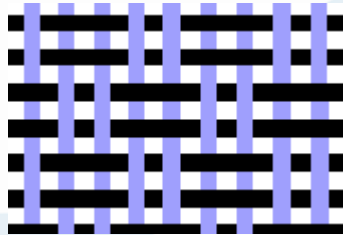
Vászonskötés



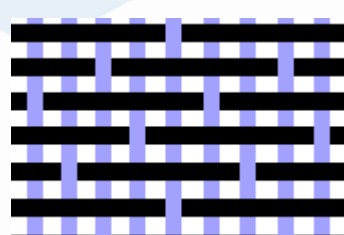
2/2 sávoly



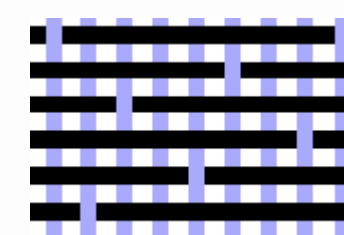
2/1 sávoly



2/2 Baskett



5-H szatén



8-H szatén

Axiális szövetek

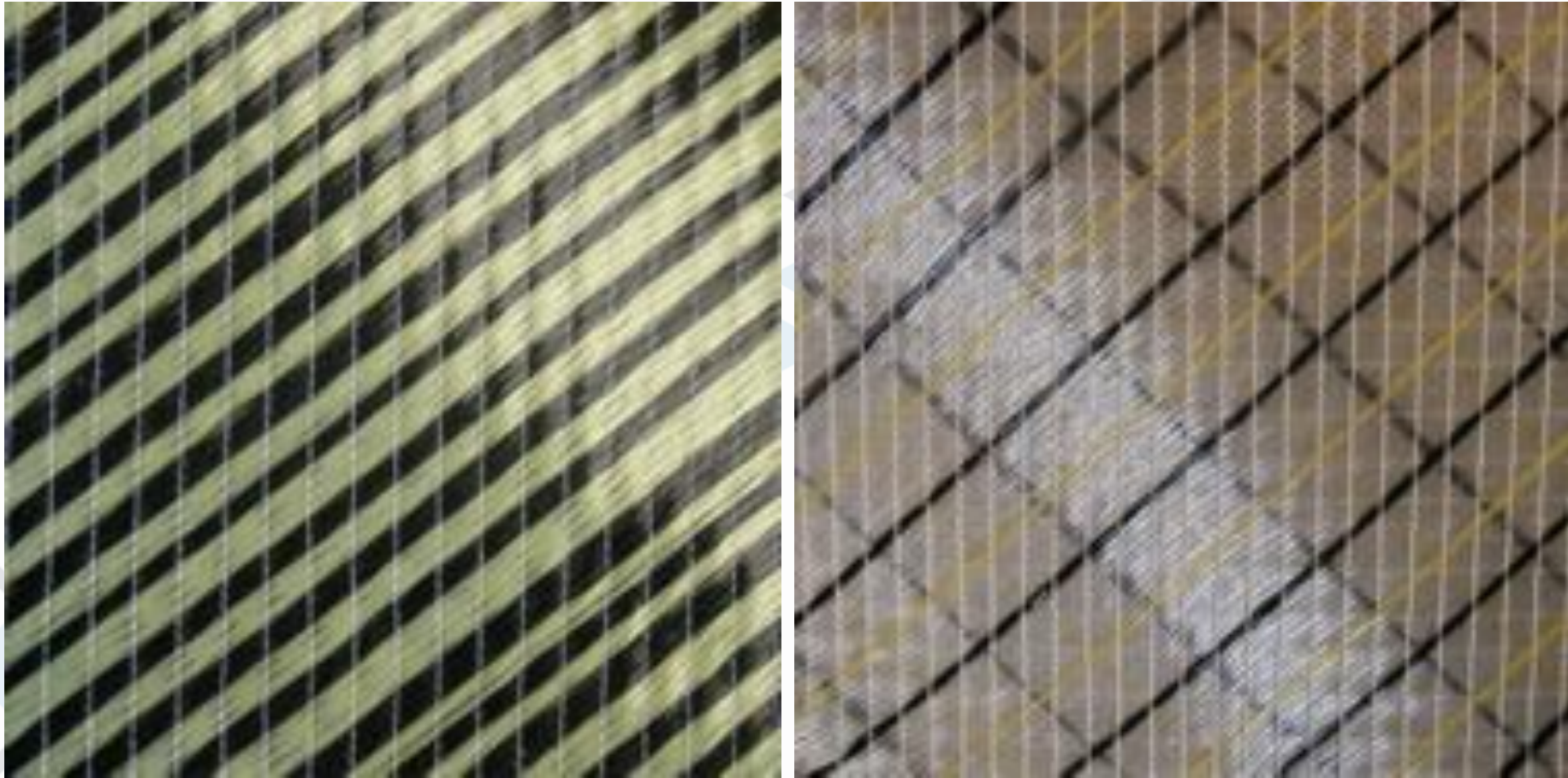


Az axiális szövetekben a szálakat csak egymásra fektetik. A szövet szálait ragasztós fonallal, vagy tűzéssel kötik egymáshoz.

Unidirekcionális (egyirányú) szövetek



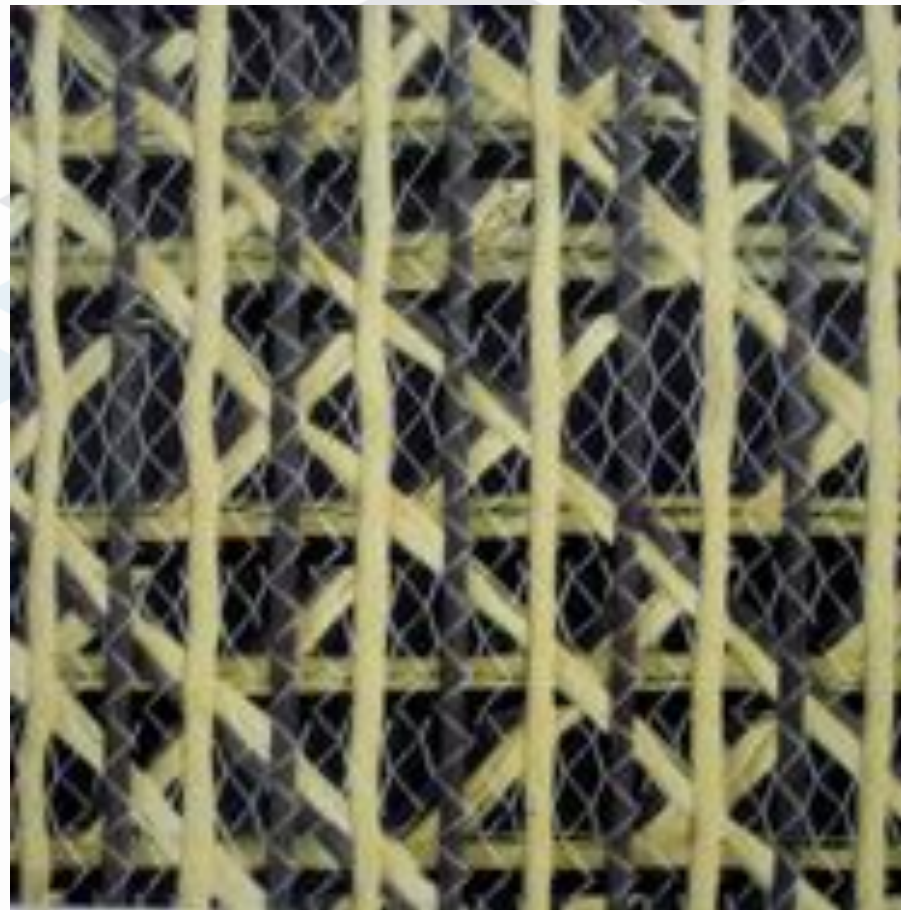
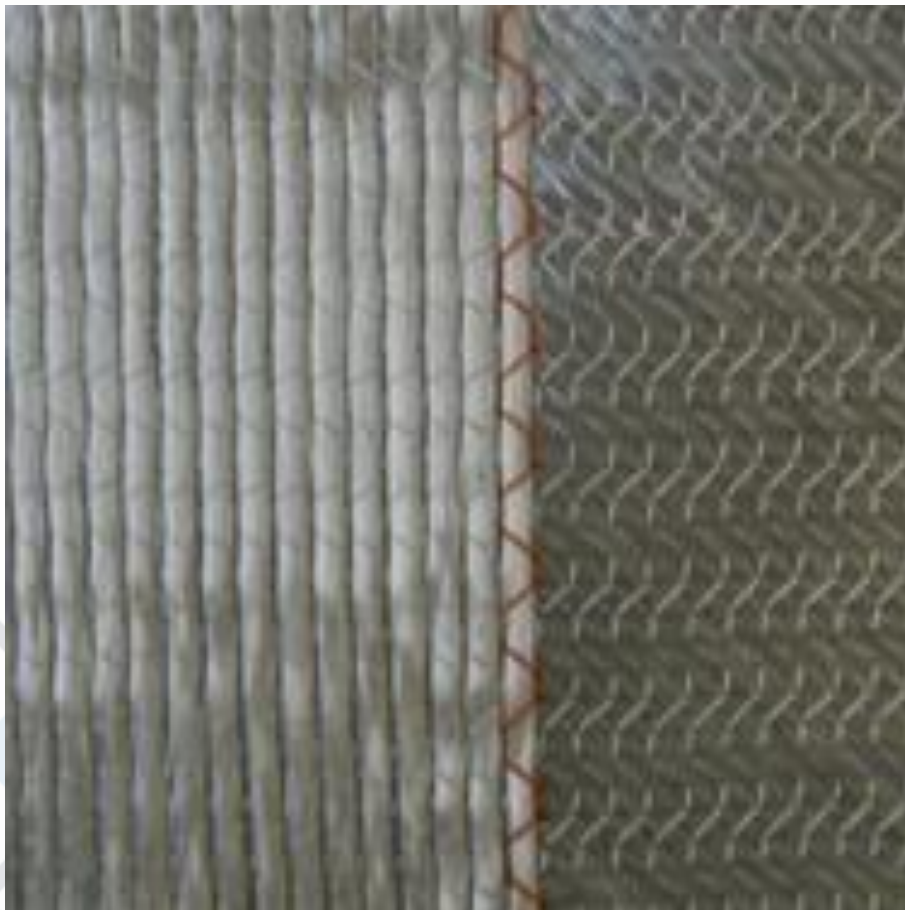
Biaxiális szövetek



Triaxiális szövetek



Quadraxiális szövetek



Végtelenszálas üvegpaplan

Előnyei:

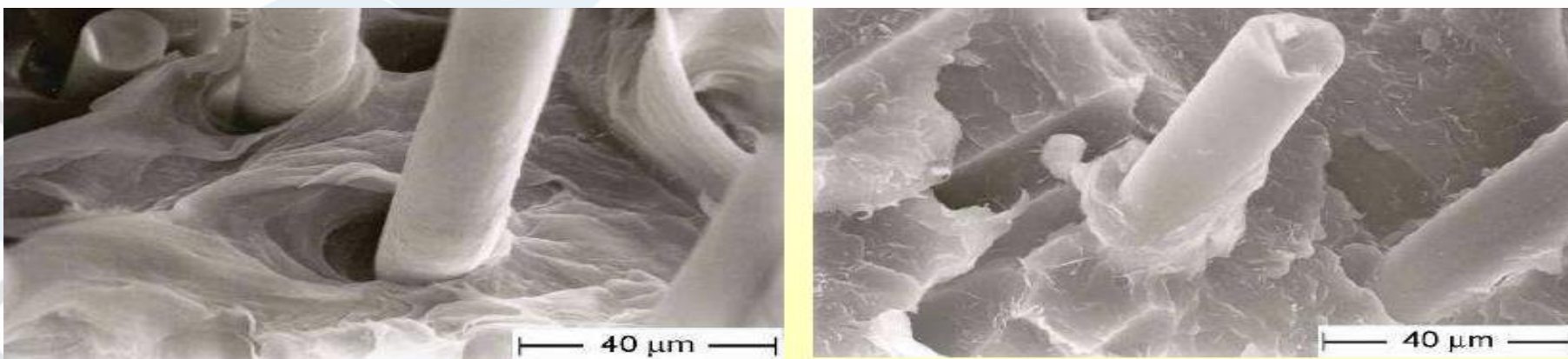
Ugyanúgy vezeti a gyantát, mint az axiális szövetek.

Erősebb lesz a laminát, mint a vágottszálas paplannal.



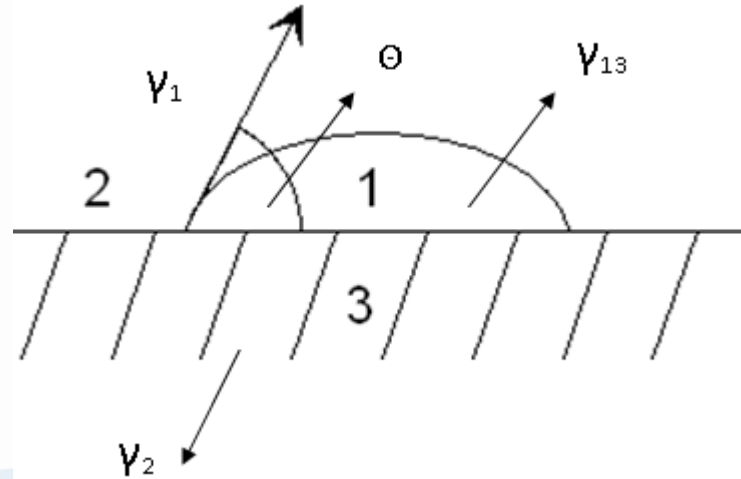
Mátrix nedvesítő képessége I.

A kompozitrendszerekben található vázanyag–mátrixanyag kombinációnak fontos kritériumai a gyanta nedvesítő képessége és a vázanyag nedvesíthetősége. Ennek fizikai-kémiai alapja a felületi feszültség jelensége.



Mátrix nedvesítő képessége II.

A gyanta molekuláira a felületet körülvevő erősítőanyag molekulái is vonzóerőt fejthetnek ki, – ez a jelenség az adhézió – az ebből származó erőt, pedig adhéziós erőnek nevezzük.

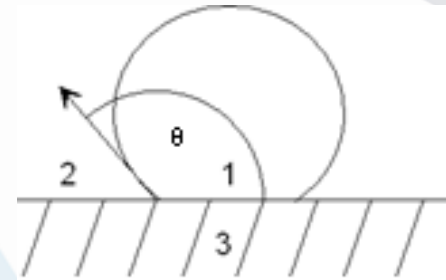


Amennyiben az ilyen fajta erőknek a gyanta molekuláira kifejtett hatása elhanyagolható (pl. levegő, 2) – a kohéziós erőkhöz képest, – abban az esetben a felületi gyantarészecskék a kohéziós erők hatására a gyanta belseje felé igyekeznek elmozdulni, vagyis a felület valóban csökkenni igyekszik. Abban az esetben, viszont ha az adhéziós erő nem elhanyagolható mértékű, – tehát a gyanta az erősítőanyag felületével (3) érintkezik – akkor a gyantacsepp kis-, vagy nagymértékben terül szét azon. Ennek mértéke az adhéziós erő nagyságától függ. A szétterülés nagyságától függően megkülönböztethető részleges nedvesítés, nedvesítés vagy részleges nem nedvesítés.

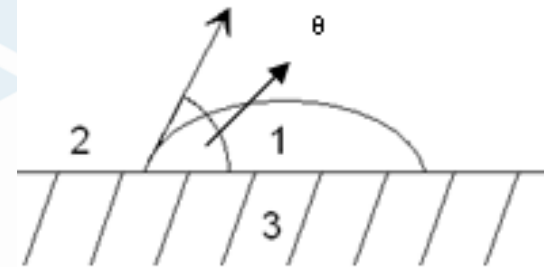
Mátrix nedvesítő képessége III.

A nedvesítés mértékét a nedvesítési peremszög (θ) jellemezi. Ha a peremszög sokkal kisebb, mint 90° , akkor részleges nedvesítésről, ha sokkal nagyobb, akkor részleges nem nedvesítésről beszélünk

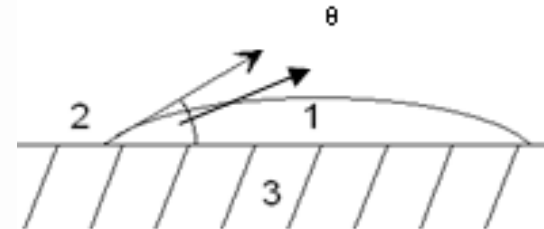
Az erősítőanyag/gyanta tökéletes összeépülése, biztosítja a megfelelő mechanikai tulajdonságok kialakítását.



Részleges nem nedvesítés



Nedvesítés



Részleges nedvesítés

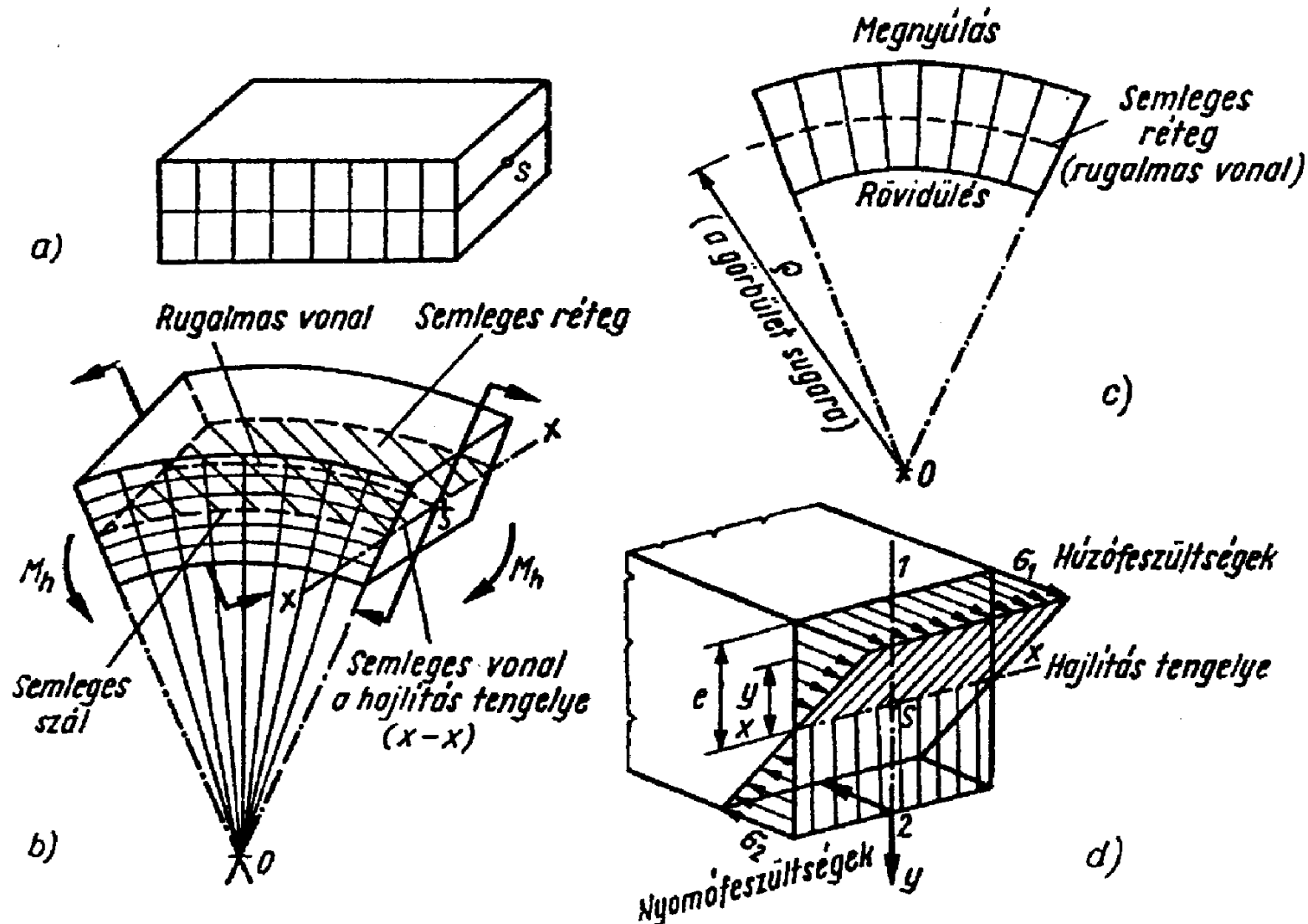


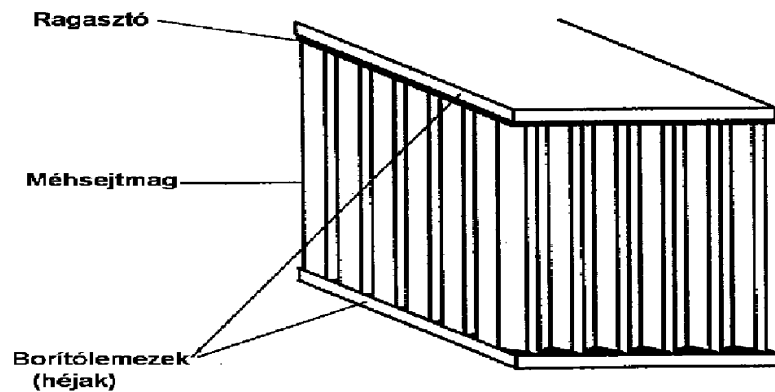
4.

Maganyagok

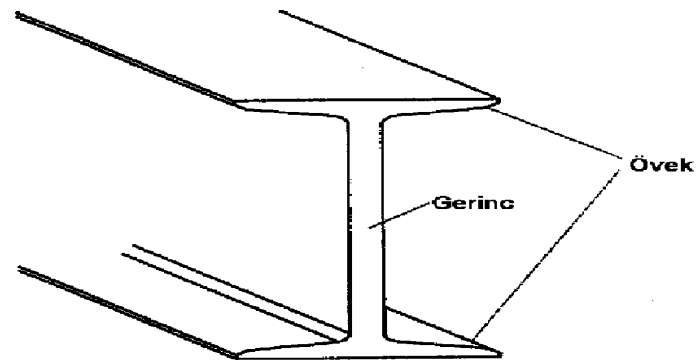


Alakváltozás hajlító igénybevétel hatására

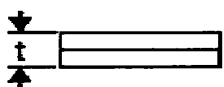
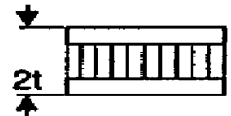
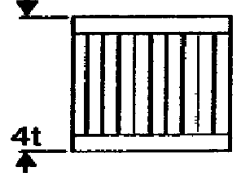




**Szendvicspanelek
elvi felépítése**



I gerenda

	Tömör laminát	Szendvicsmag vastagság: 1t	Szendvicsmag vastagság: 3t
			
Merevség	1.0	7.0	37.0
Hajlítószilárdság	1.0	3.5	9.2
Súly	1.0	1.03	1.06

Habanyagok

Polisztirol hab (poliészter és vinilészter gyantákhoz nem használható)

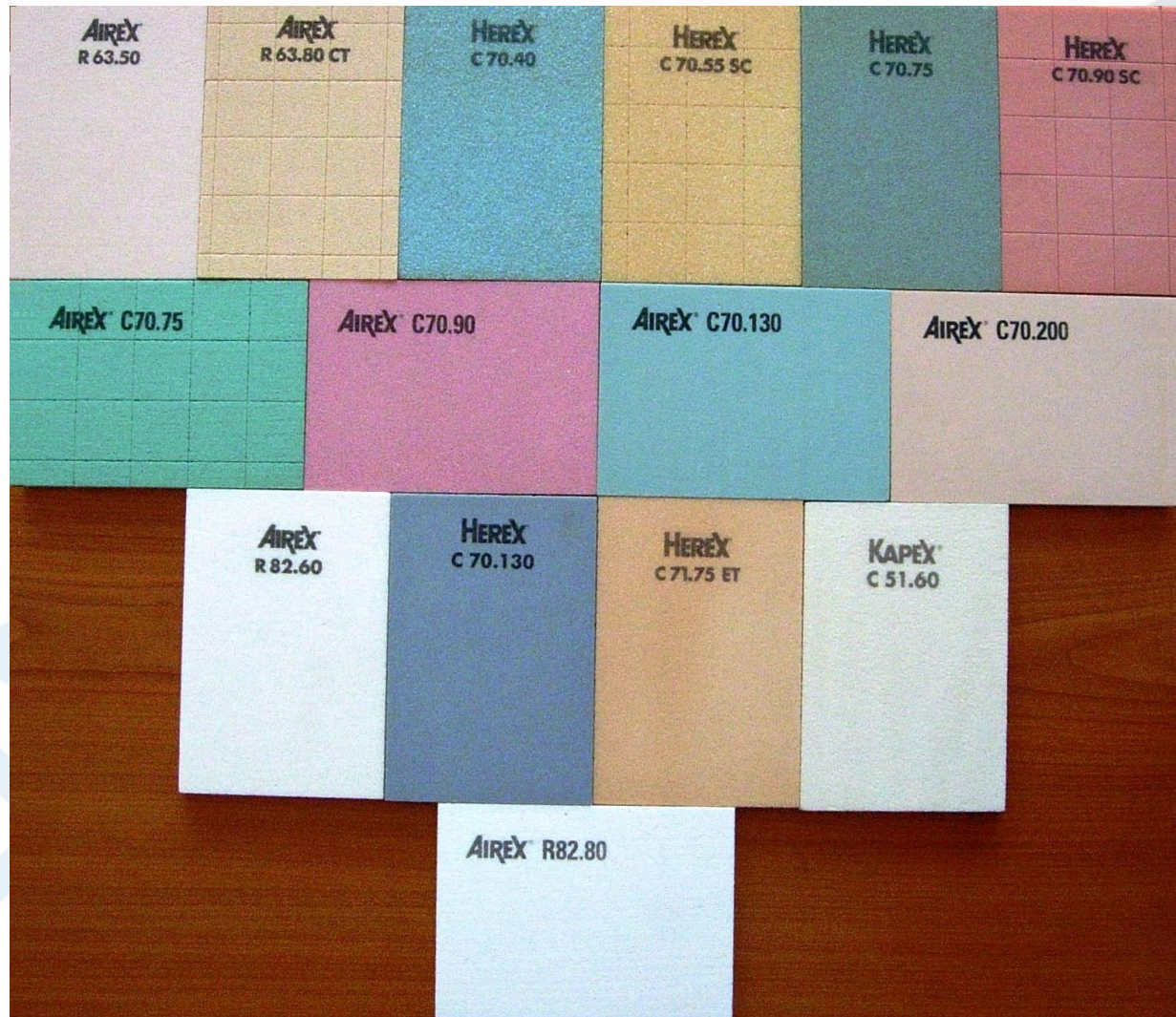
Poliuretán hab

PVC hab

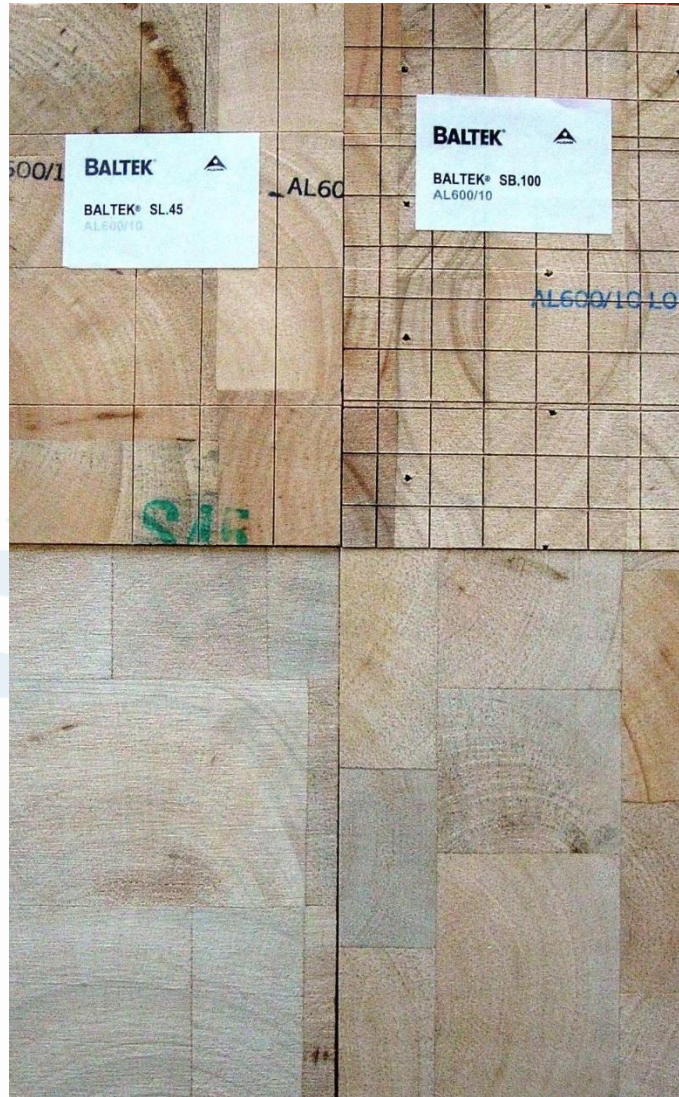
Poliimid-éter hab

Polietilén-tereftalát hab

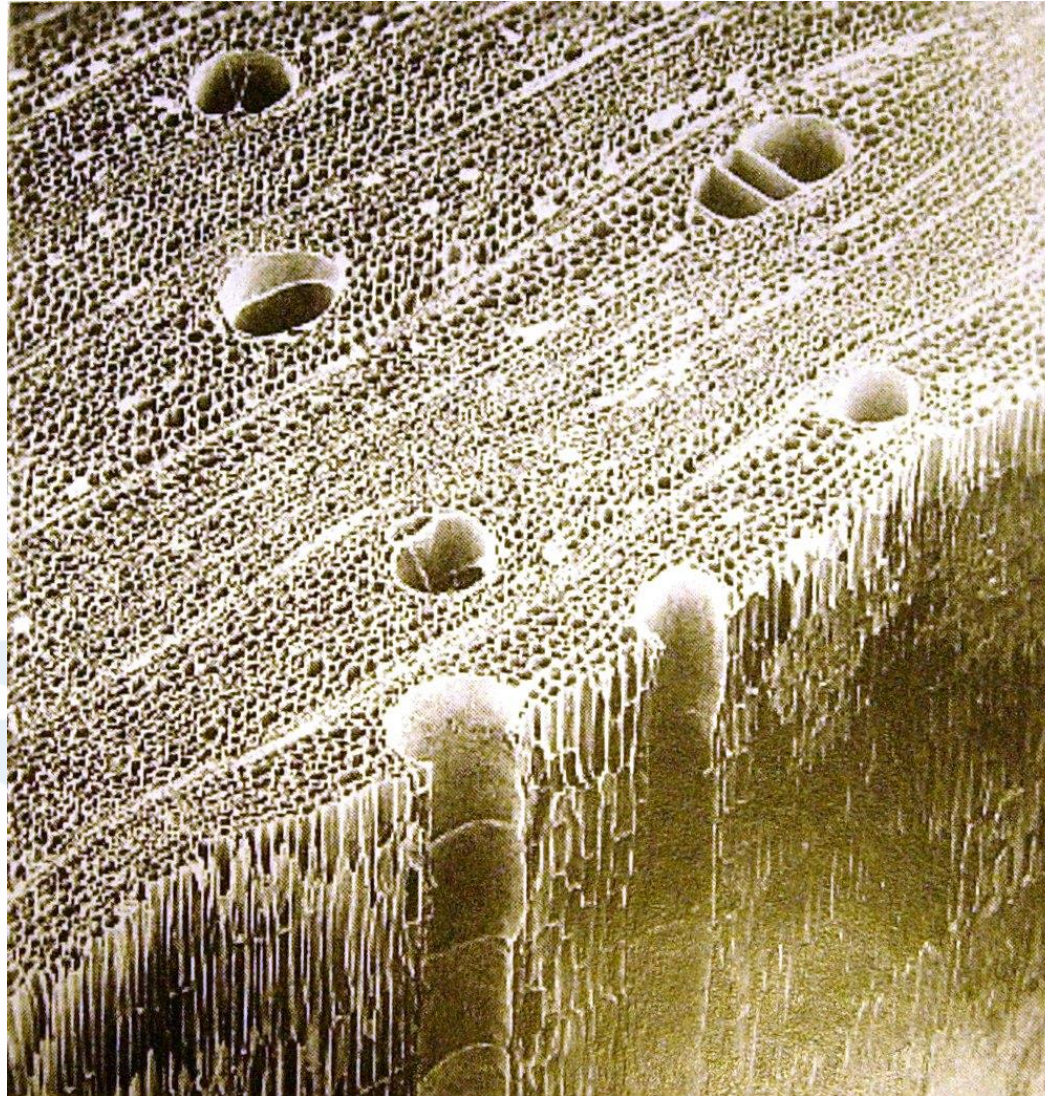
Habminták



Balsafa

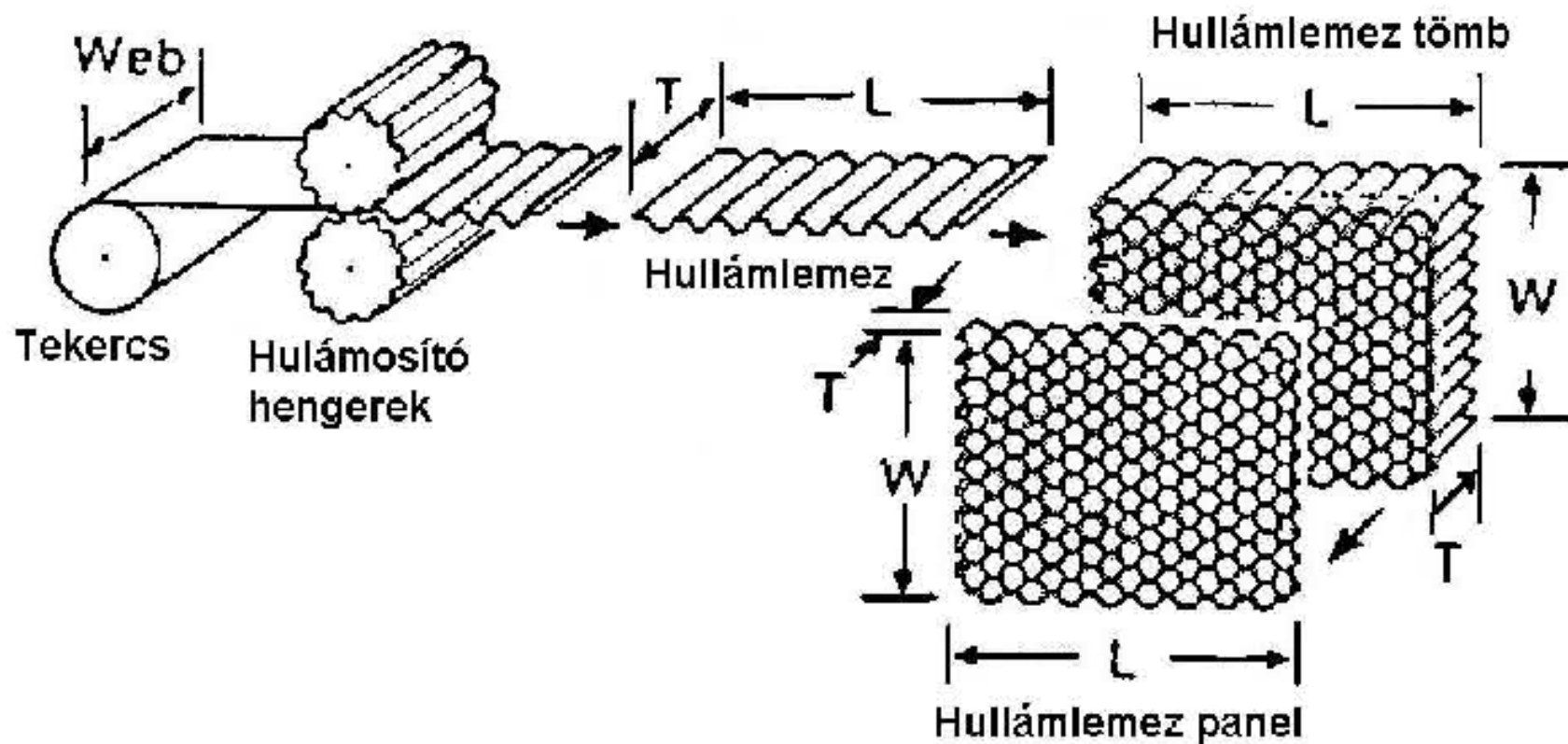


A balsafa szerkezete

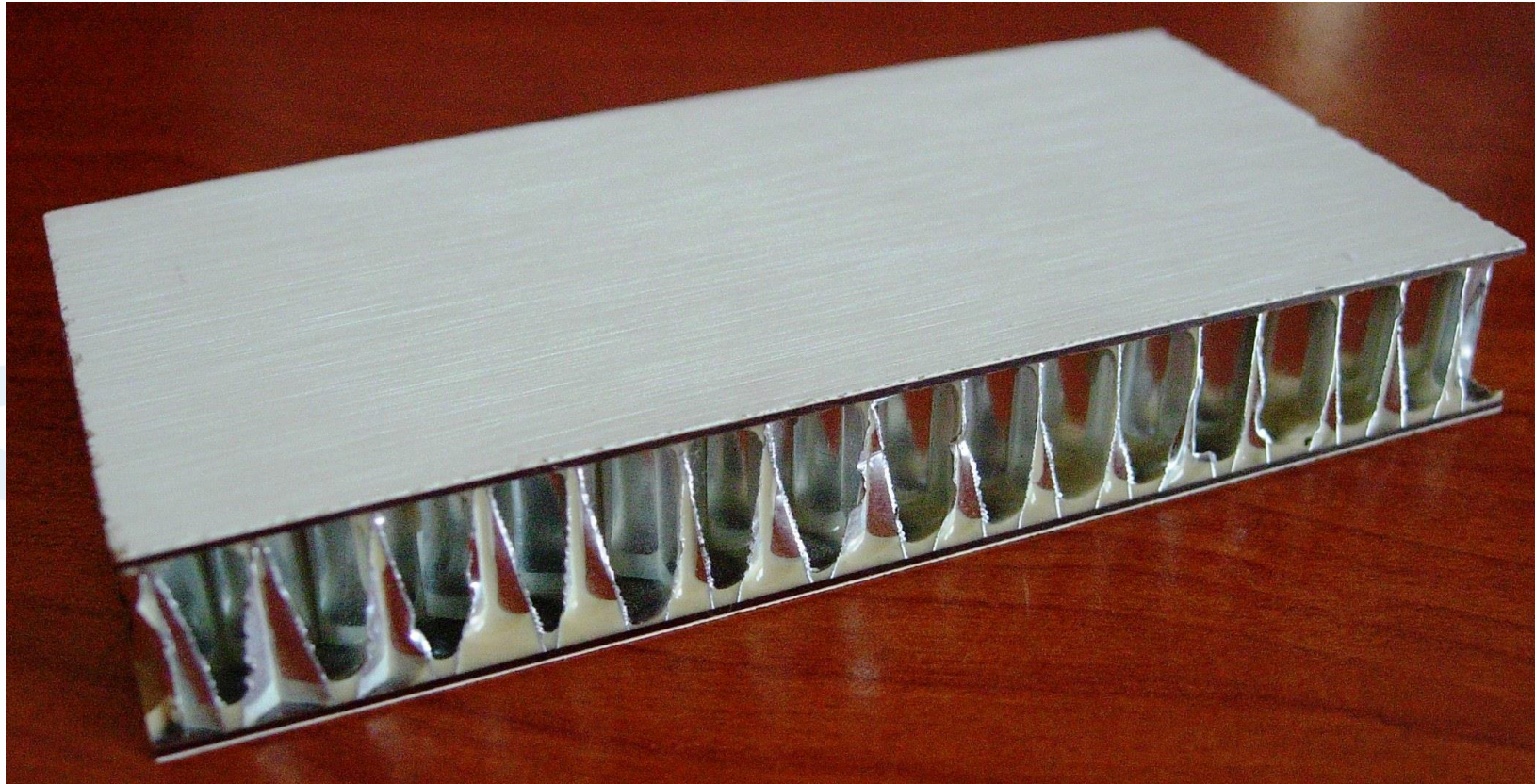
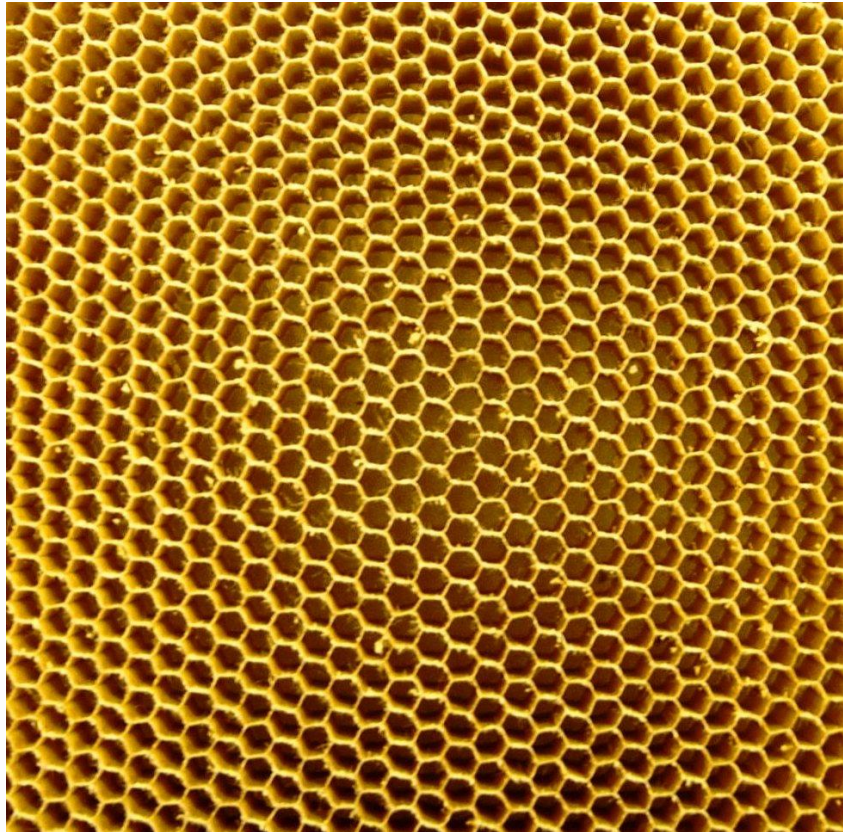


Méhsejtek

A lehetséges anyagai: papír, alumínium, kevlár stb.



Aramid méhsejt és alumínium méhsejt panel



A méhsejt maganyagok merevítő hatása

	Weight	Flexural stiffness	Flexural strength
	1	1	1
	~ 1	~ 12	~ 6
	~ 1	~ 48	~ 12

Poly-matrix Kft.



5. **Anyagok összehasonlítása I.**

Poliészter:

Olcsó

Könnyen kezelhető (gyökös mechanizmusú láncreakció)

Nem érzékeny a keverési arányokra

Egyes típusai vízben oldódnak

A leggyengébb kompozitok mátrixanyaga

Korlátozottan tárolható

Egészségre ártalmas (a vérképző szerveket károsítja)

Bűdös, a termék akár évekig bocsát ki sztiolt

Anyagok összehasonlítása II.

Vinilészter:

Közepesen drága

Könnyen kezelhető (gyökös mechanizmusú láncreakció)

Nem érzékeny a keverési arányokra

Egyes típusai kifejezetten vegyszerálló

Jó minőségű kompozitok mátrixanyaga

Korlátozottan tárolható

Egészségre ártalmas (a vérképző szerveket károsítja)

Bűdös, a termék akár évekig bocsát ki sztiolt

Anyagok összehasonlítása III.

Epoxi:

Az alapgyanták kivételével drága

Pontosan kell összemérni a komponenseket (poliaddíciós reakció)

Érzékeny a keverési arányokra

Egyes típusai repülőgépipari illetve DNV tanúsítvánnyal rendelkeznek

Jó minőségű kompozitok mátrixanyaga

Fénytől védve, hűvös helyen hosszú ideig tárolható

Egészségre ártalmatlan (a vízi élőlényekre veszélyes)

Térhálós állapotban nem veszélyes

A kézi laminálás és a vákuumos eljárások összehasonlítása



A legalapvetőbb eljárások

Kézi laminálás

Kézi laminálás után a fölösleges gyanta kiszívása

A gyanta beinjektálása a szárazon összerakott erősítő anyagba

Gyantafilm rétegzése az erősítő szövetek közé

Prepreg (előre impregnált erősítő anyag) alkalmazása

Kézi laminálás



Poly-matrix Kft.

Kézi laminálás

Előnyei:

Kevés eszközt és felszerelést igényel.

Nincsenek eldobandó segédanyagok.

Egyszerű betanított munka.

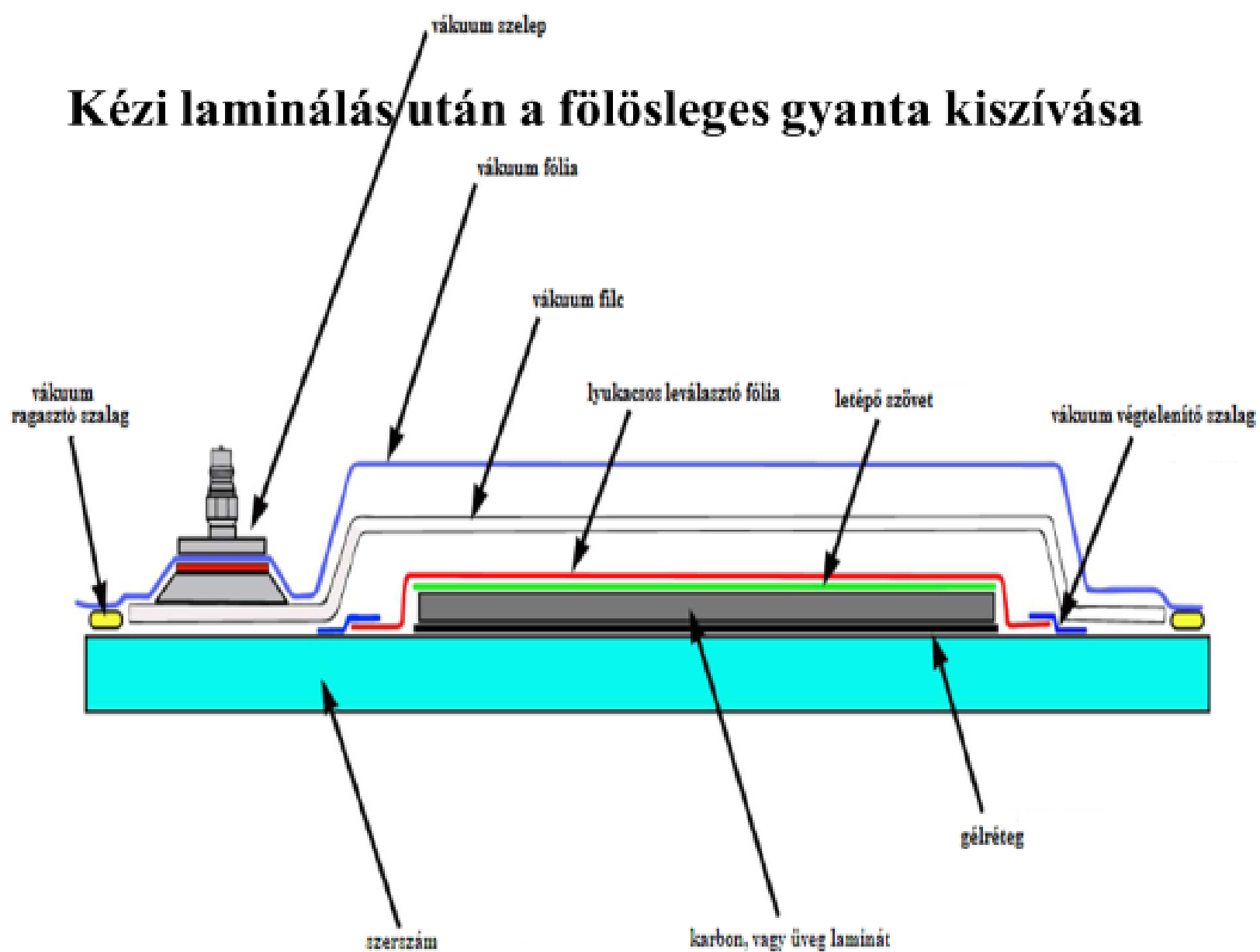
Hátrányai:

Nem biztosítható az egyenletesen jó minőség.

Fajlagosan nagy a gyantafelhasználás.

Rossz az üzem levegője.

Kézi laminálás után a fölösleges gyanta kiszívása



A gyanta beinjektálása a szárazon összerakott erősítő anyagba

Előnyei:

Egyenletes a falvastagság.

Biztosított az egyenletesen jó minőség, majdnem olyan jó, mint a prepreges eljárások.

Könnyebb a termék.

Jól ellenőrizhető a telítés folyamata.

Kiküszöbölhető az emberi hibák.

Minimális a gyanta párolgása.

Sok élőmunkát takarít meg.

Hátrányai:

Sok az eldobandó segédanyag.

Gondos tervezést igényel.

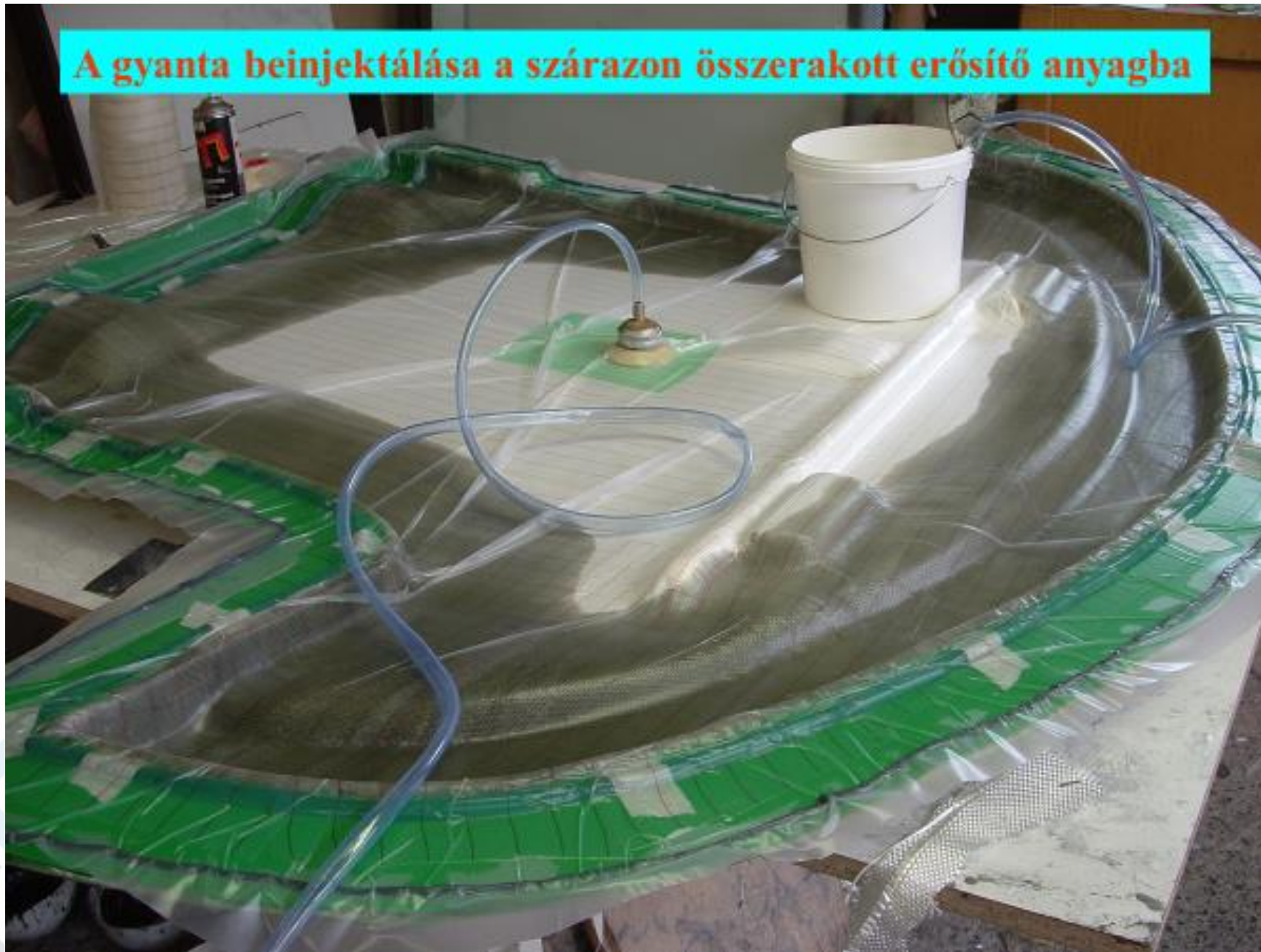
Bonyolult geometriájú termékekhez sok gyantabevezető kell.

Speciális gyantát igényel.

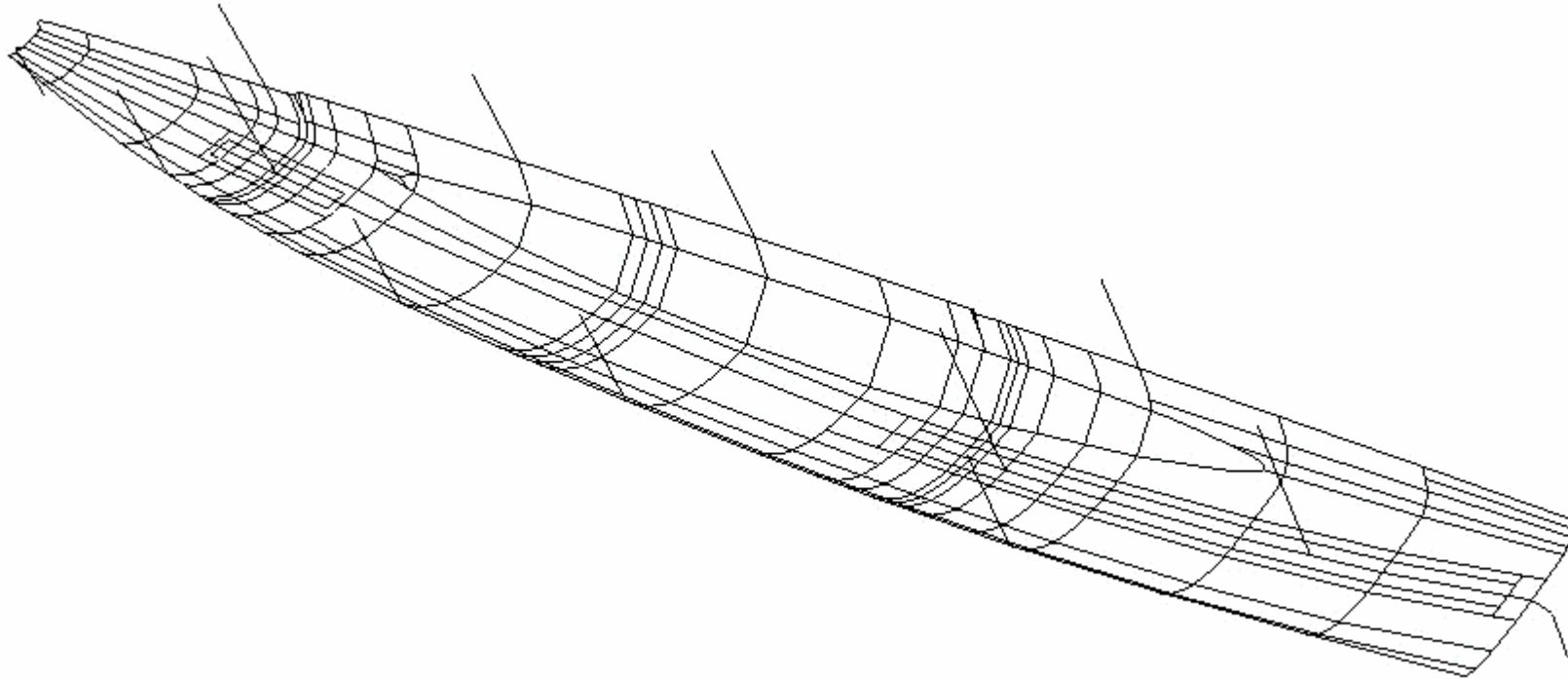
Ha nagy a rétegvastagság, akkor nagy lehet a hőfejlődés és ez nagyobb zsugorodást okozhat.

Kis daraboknál csak akkor kevesebb a munka, ha egyéb járulékos költségeket is vállalunk, pl.: szilikonzsák, kétoldalas szerszám.

A gyanta beinjektálása a szárazon összerakott erősítő anyagba



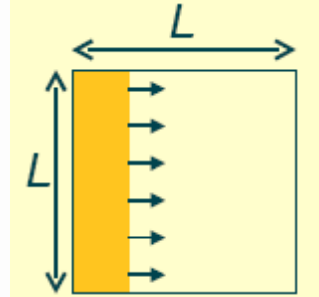
Gyantainfúzió számítógépes modellezése



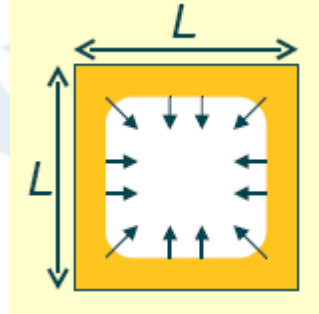
(Szerző: Arjen Koorewaar)

Alap eljárások

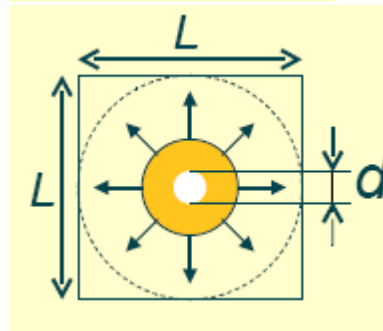
Oldal injektálás



Perifériális injektálás



Pontszerű injektálás



További eljárások

VRTM – Vacuum Resin Transfer Molding

VARTM – Vacuum Assisted Resin Transfer Molding

LIGHT RTM – a szerszám egyik oldala flexibilis.

DIAB INFUSION – mag infúzió. Divinycell, szendvics hab, infúzióhoz marva és fúrva. Jellemzően olyan, mint az Airex.

RIFT – Resin Infusion under Flexible Tooling; infúzió autoklávban nyomás alatt. (Bombardier szabadalom)

CVI – Controlled Vacuum Infusion. Infúzió és szimulációs technológia. Szokás összekötni a **VBB**-vel. (Virtual Boat Building) A CAD programban megtervezett hajó optimális beömlési pontjainak és vákuumhelyeinek meghatározása az alkalmazott vázanyagok és gyanta fizikai tulajdonságai alapján számítógéppel.

KEVI – Infúzió, üveg és kevlár epoxival. (Kevlar Epoxy Vacuum Infusion)

EVI – Epoxi Vacuum Infused. (Prinz Yacht)

VIP – Vacuum Infusion Process

VIM – Vacuum Infusion Molding

CCBM – Closed Cavity Bag Molding

Az injektálás tizenhat parancsolata

1. Mindent gondosan, jól készítsünk elő!
2. Körültekintően válasszuk ki a gyantát és a vázanyagot!
3. Gondosan egyensúlyozzuk ki a szendvicsszerkezetet!
4. Használat előtt ellenőrizzük a gyantát és a vázanyagot!
5. Teszteljük az impregnálás sebességét!
6. Kerüljük a túl sok gyantát!
7. Kevés ragasztót használjunk a száraz vázanyag rögzítéséhez!
8. Ellenőrizzük a vákuumot! Harminc perc alatt 100 mBar-nál kevesebbet romolhat.
9. A teljes kikötésig tartsuk fenn a vákuumot!
10. Ne lépjünk a száraz laminátra (mert piszkos lesz, és csúszik is)!
11. Lassan impregnáljunk!
12. Ne injektáljunk alacsony hőmérsékleten!
13. Amíg vannak száraz területek, addig folytassuk az injektálást!
14. Ne melegítsük túl, és ne hagyjuk túlmelegedni, mert leválik a ragasztócsík!
15. Ne használjunk vágott szálaspaplant!
16. Ne járjunk a térhálósodó anyagon!

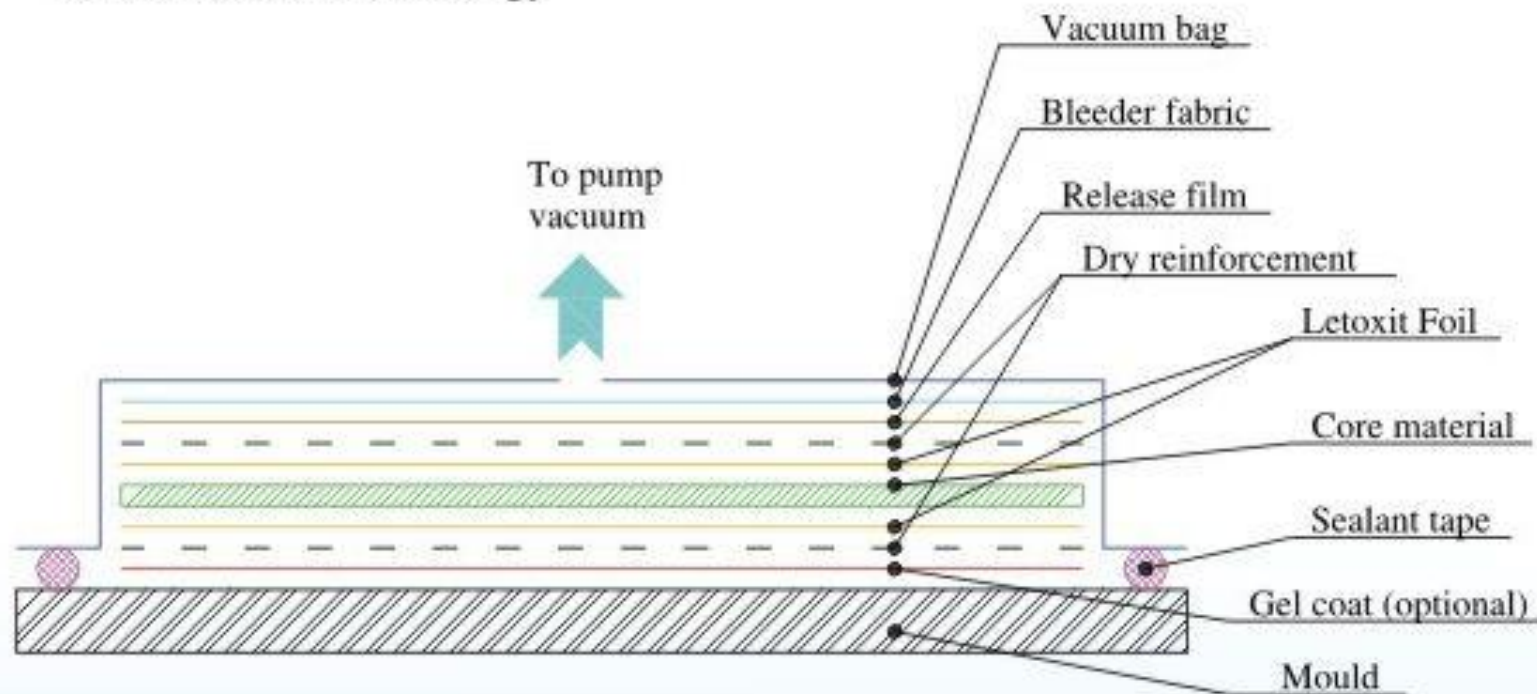
Új fejlesztések - LF Technology

Gyantafilm rétegzése az erősítő szövetek közé



A Letoxi fólia alkalmazása

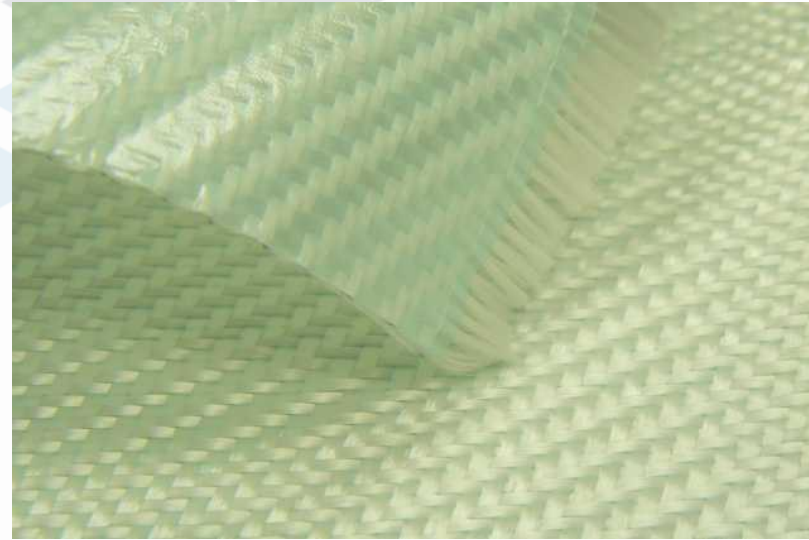
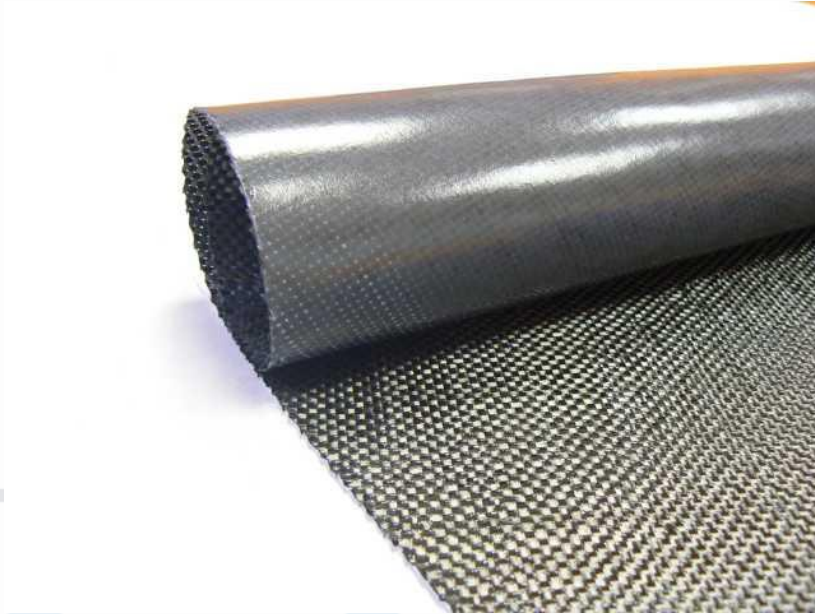
Scheme of LF Technology



Az elkészült termék



Szemipreg alkalmazása



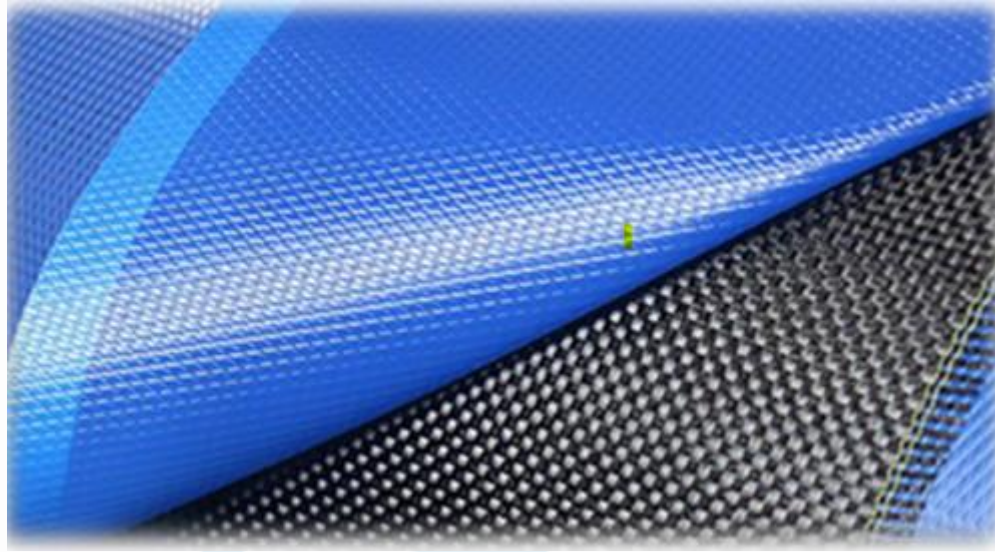
A szemipreg alkalmazásai



Prepreg (előre impregnált erősítő anyag) alkalmazása



Mi a prepreg?



Előtérhálósított gyantával impregnált erősítő anyag
-18 fokon egy évig tárolható

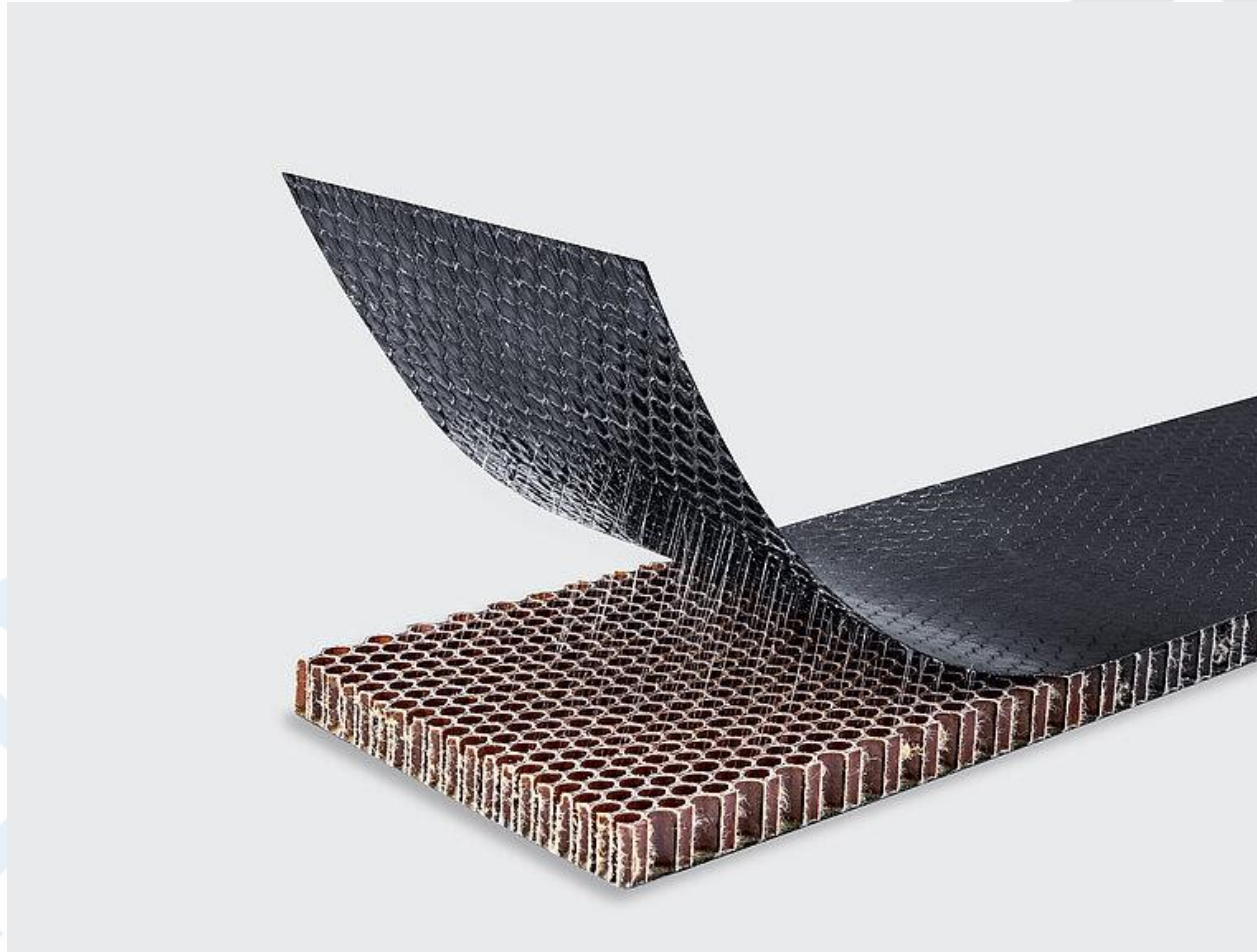
Előnye az, hogy a gyanta/erősítő anyag arány jól meghatározott és rendkívül tiszta körülmények között lehet vele dolgozni

Hátránya az, hogy energiaigényes eljárás

Prepreg szövet



Ragasztós felületű prepreg méhsejt feldolgozásához



A prepreg feldolgozása

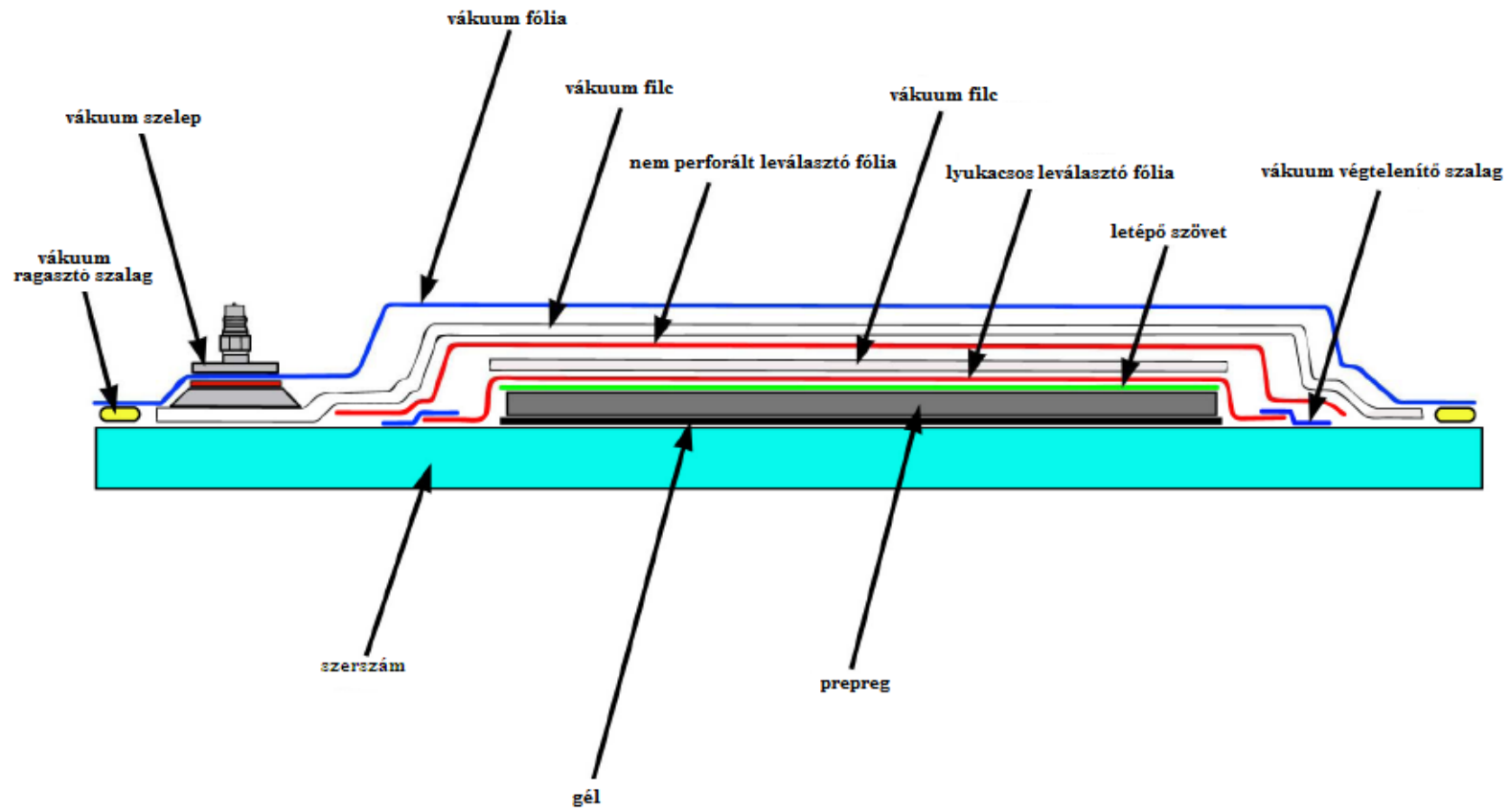
A gyártó szerszámba kasírozott prepregről eltávolítjuk a hordozó fóliát, majd a folyamat ismétlésével felépítjük a teljes rétegrendet.

A rétegek tetejére lyukacsos leválasztó fóliát, erre vákuumfilcet, majd vákuumfóliát teszünk.

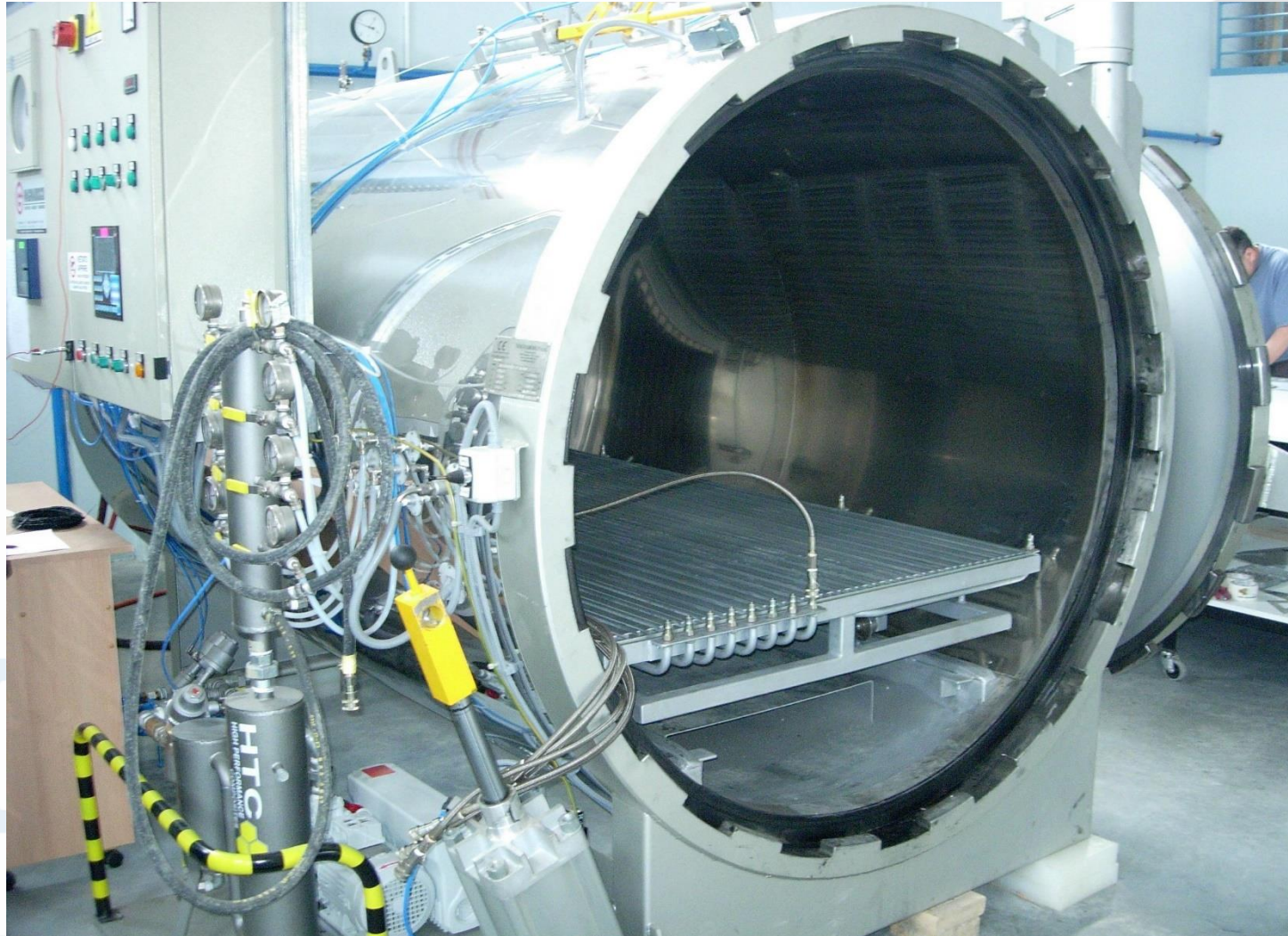
A levákuumozott rendszert autoklávba helyezzük.



Példa a pregreg feldolgozására



Hőkezeléshez és prepreg feldolgozáshoz használható autokláv 10 bar nyomásig



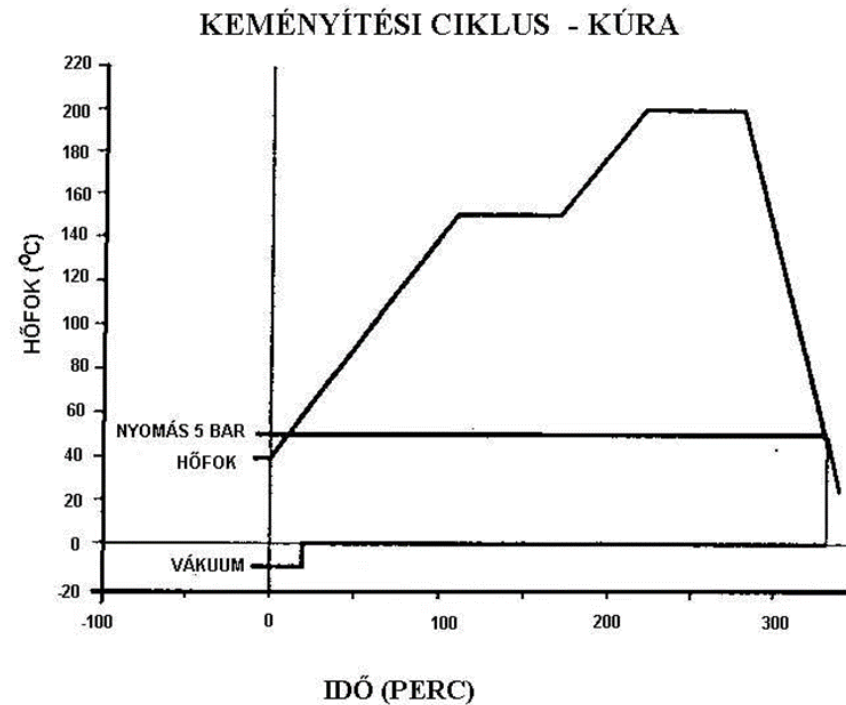
Az autokláv belső tere



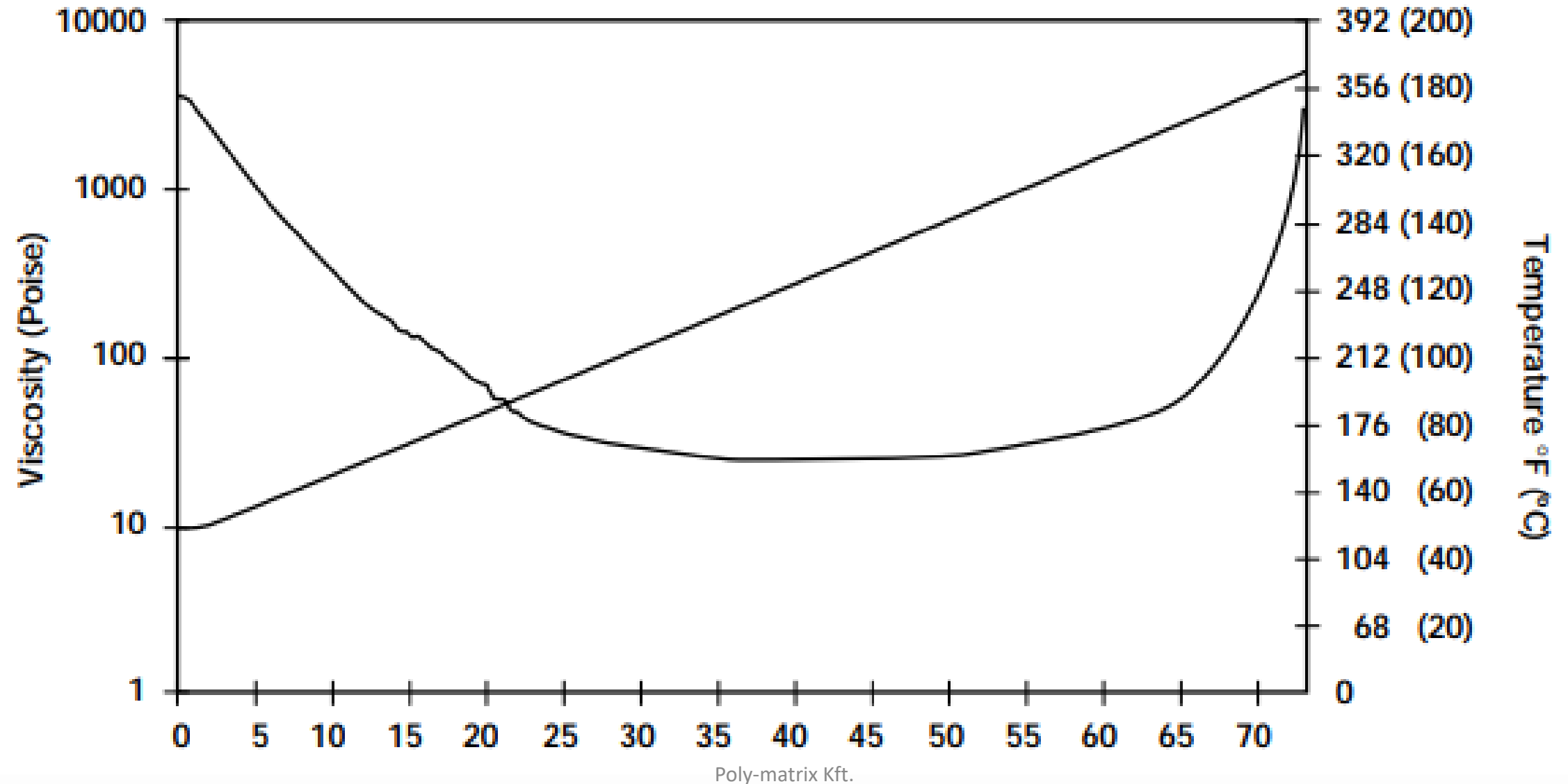
Az autokláv belső tere a vákuumrendszerrel



A hőmérséklet és a nyomás összefüggése



A viszkozitás változása a hőmérséklet függvényében





6. A ragasztás elmélete és gyakorlata

Ragasztás (adhézió) során kölcsönhatás alakul ki két különböző anyag molekulái között.

A ragasztók ilyen kapcsolatot hoznak létre a velük érintkeztetett szubsztráttal.

A **kohézió** kémiai és fizikai kölcsönhatást jelent két különböző anyag molekulái között.

Fémes Rögzítés

Szegecselés:

Koncentrált tartószerép
Hosszú munkafolyamat



Hegesztés:

Rozsdamentes acél - hegesztési probléma
Alumínium - deformálódik



Csavározás:

Koncentrált tartószerép
Repedések kialakulása különböző anyagok használata során



Rögzítés Ragasztóanyagokkal I.

Előnyei:

Súlycsökkentés

Tervezési szabadság

Nincs korrózió

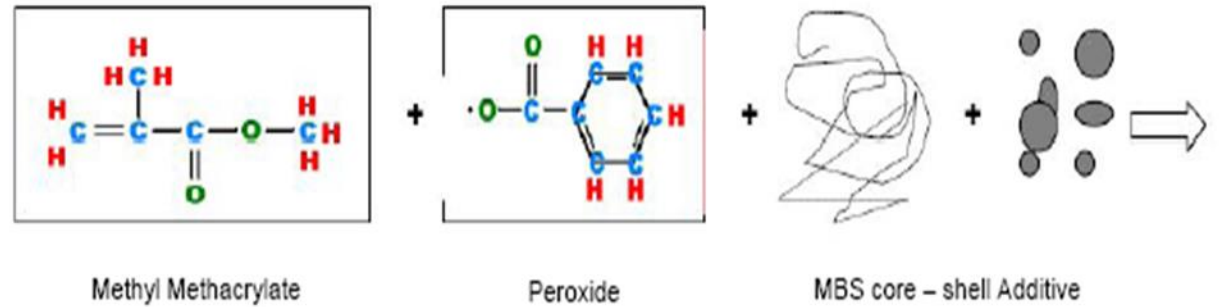
Esztétikusabb kialakítás

Csökkentett zaj

Nem roncsoljuk a szubsztrátot

Eloszlatott terhelés

Különböző anyagokkal kombinálható



Rögzítés Ragasztóanyagokkal II.

Rossz tapadás okai

Ragasztó:

- Magas viszkozitás
- Nagy felületi energia

Szubsztrát:

- Kicsi felületi energia

Kiváló tapadás okai

Ragasztó:

- Alacsony viszkozitás
- Kicsi felületi energia

Szubsztrát:

- Nagy felületi energia

Felületi Energia

Anyag	Felületi energia [mN/m]
Vas	2550
Titán	2050
Vörösréz	1850
Arany	1550
Ezüst	1250
Víz	73
PA	57
Epoxi	47
PVC	40
PMMA	44
PE	31
PP	29

Nehéz ragasztani:

- POM / PTFE / PP / PE / PA

Könnyű ragasztani:

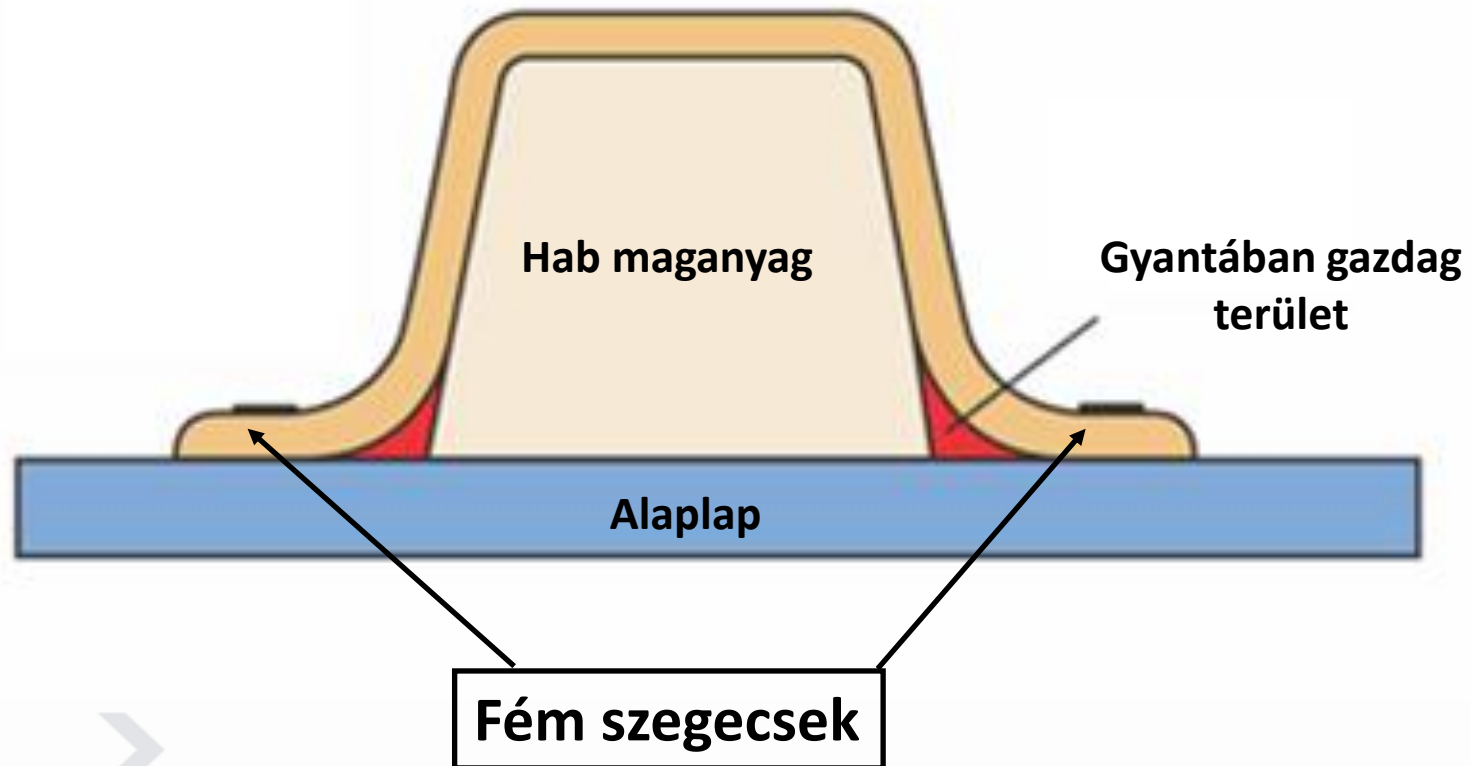
- PMMA / PC / ABS / BPT / PPS /
PPO / PS / PSU / ASA / PET / PVC

A ragasztóválasztás szempontjai

1. Szubsztrát típusa
2. Használati hőmérséklet
3. Térhálósodási sebesség, feldolgozási hőmérséklet
4. Mechanikai igénybevétel
5. Érintkező közeg fajtája
6. Fizikai megjelenése
7. Felület előkészítés

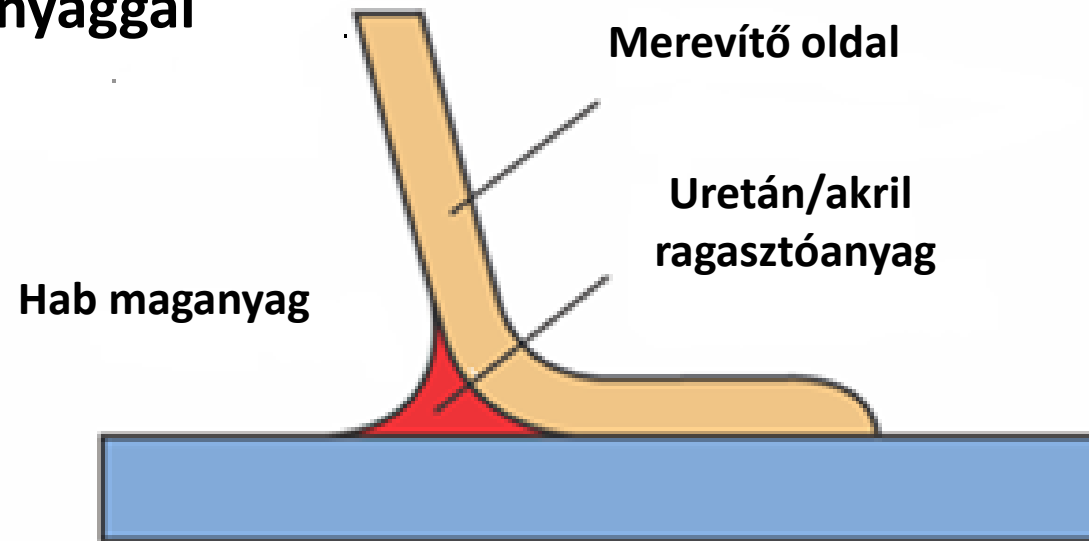
Hagyományos eljárás

Tipikus merevítés

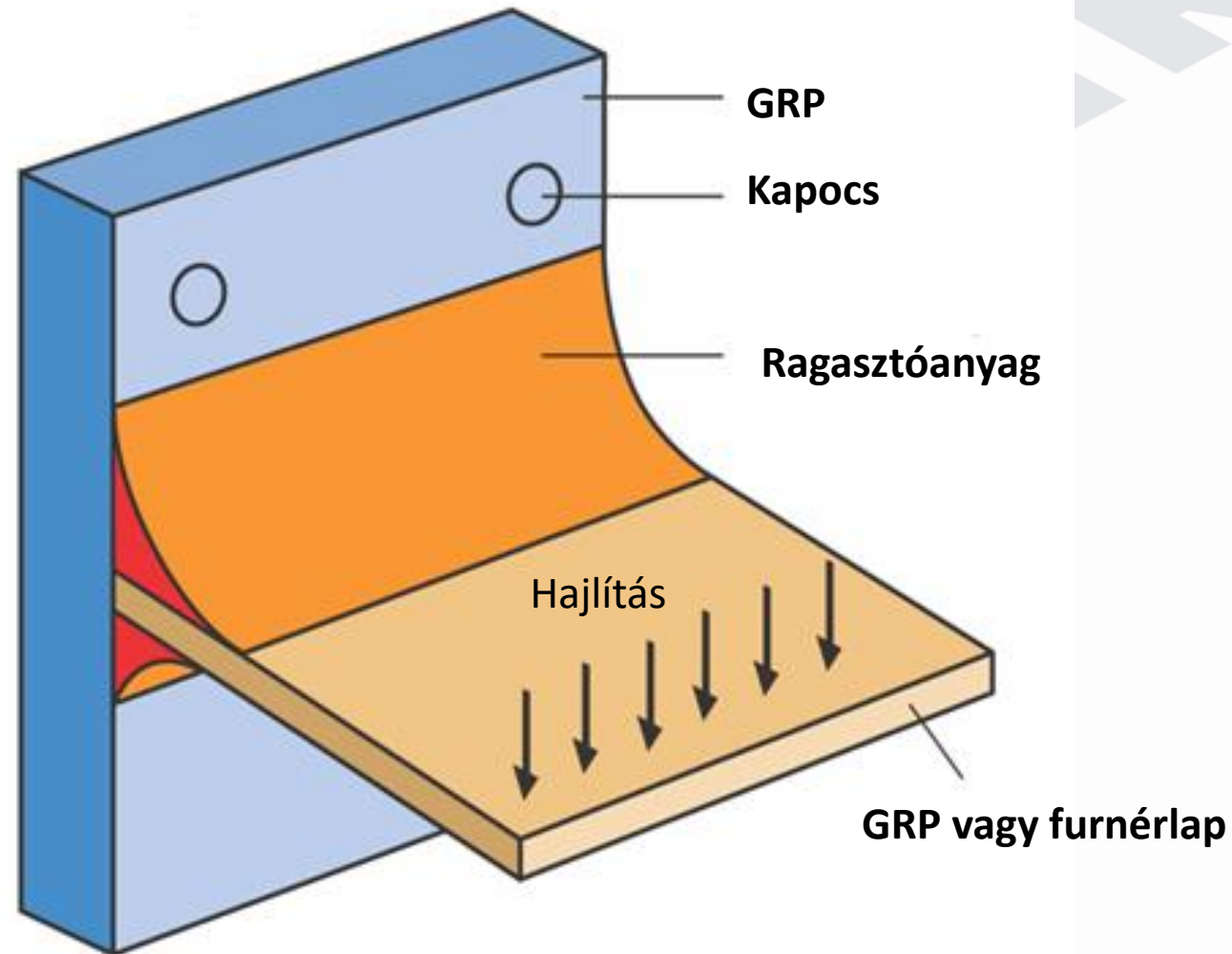


Merevítés ragasztott bordával

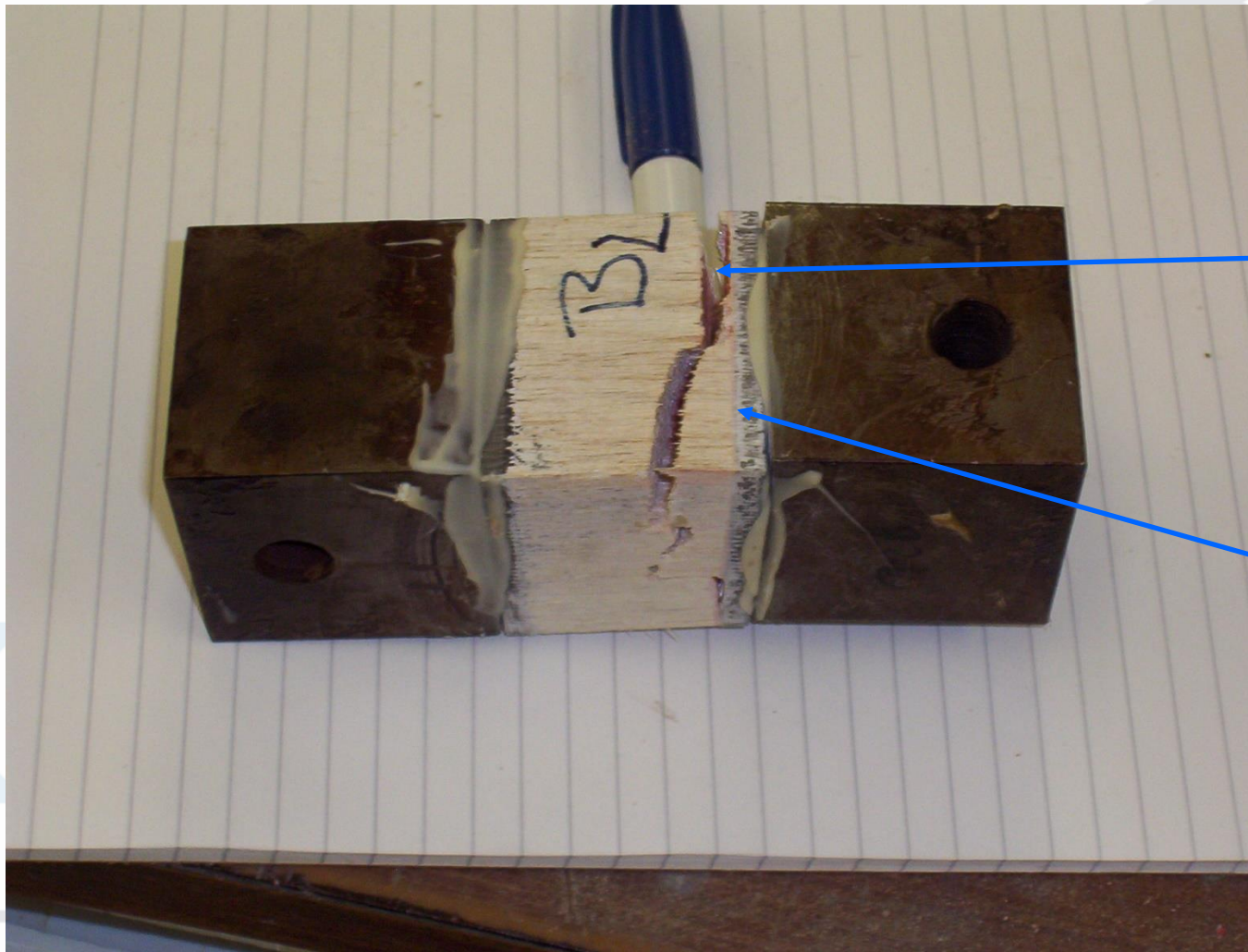
**Merevítés uretán/akril
ragasztóanyaggal**



Lehajlás vizsgálata (90°-os)



Letépőszilárdság vizsgálata szakítógéppel



Balsa
sérülése

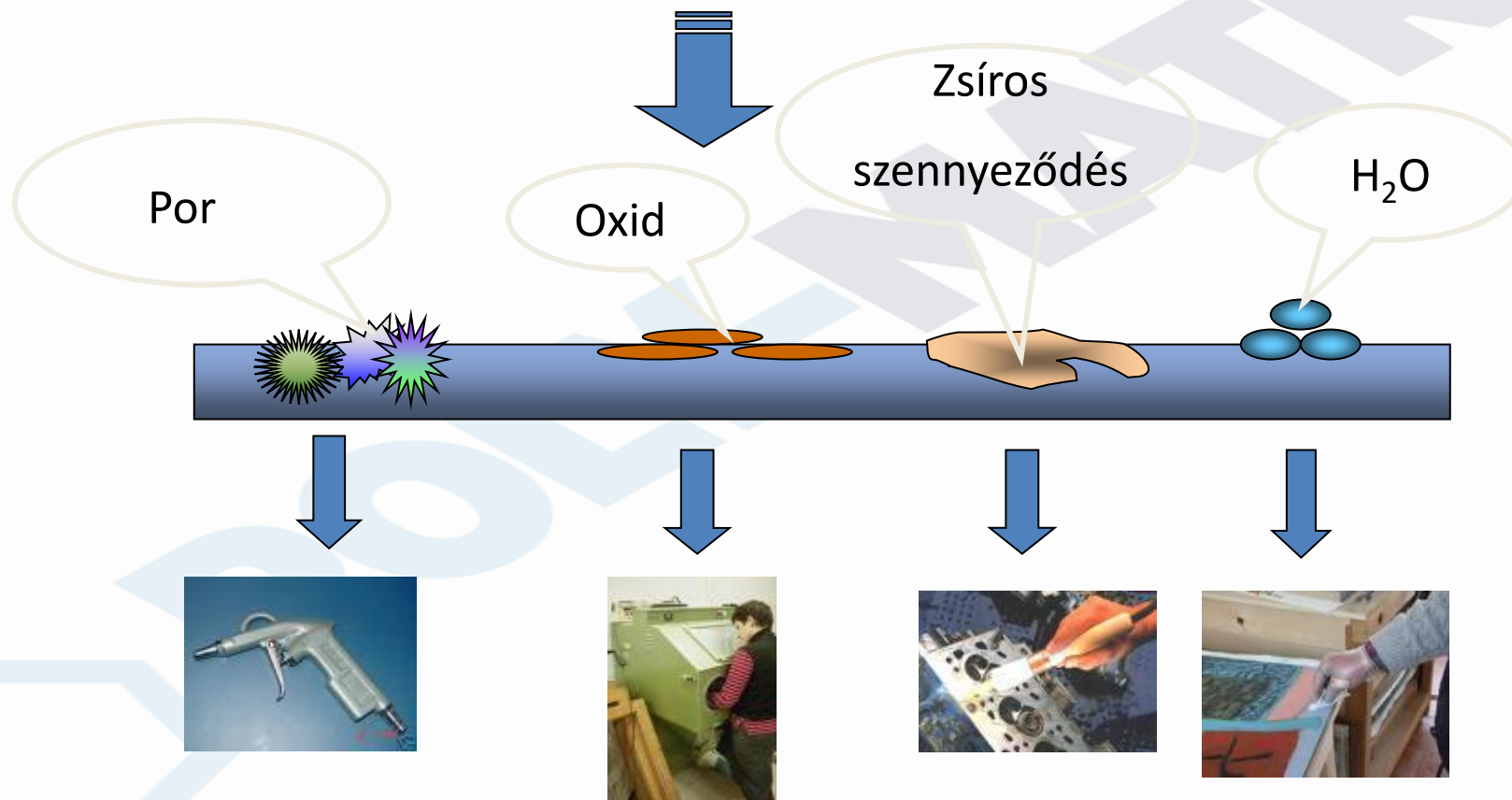
Ragasztó

Befogópofák



Felület előkészítése I.

A felületkezelés legfőbb indokai



Felület előkészítése II.

A felületelőkészítés lépései:

- => Távolítsuk el az előzőek alapján a szennyeződések.
- ⇒ A felület végső megtisztítását érdemes oldószerrel elvégezni.
- ⇒ A szükséges esetekben alkalmazzunk Primer-t.
- ⇒ Várjuk meg az oldószer eltávozását, ragasztás előtt.
- ⇒ Alakítsuk ki a megfelelő kötést, mielőtt bármilyen (pl.: oxidréteg) felületi bevonó réteg, szennyeződés kialakulna.

Felület előkészítése - fémek



Felület előkészítése – műanyagok

Csiszolás (csiszolóvászonnal)

Primer alkalmazása (szilán és/vagy valamilyen nagy reaktivitású komponenst tartalmazó oldószer)

Lánggal való felületelőkészítés

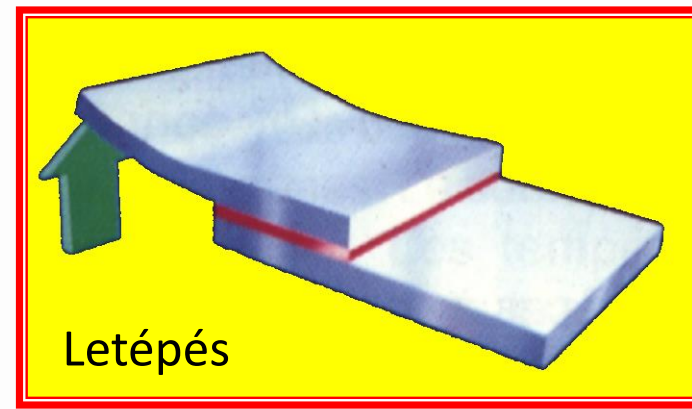
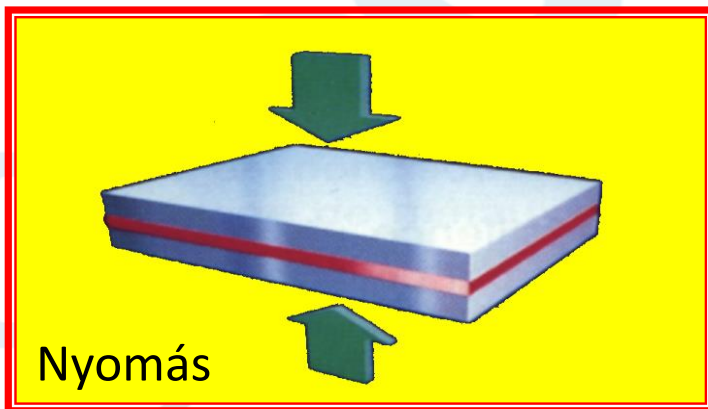
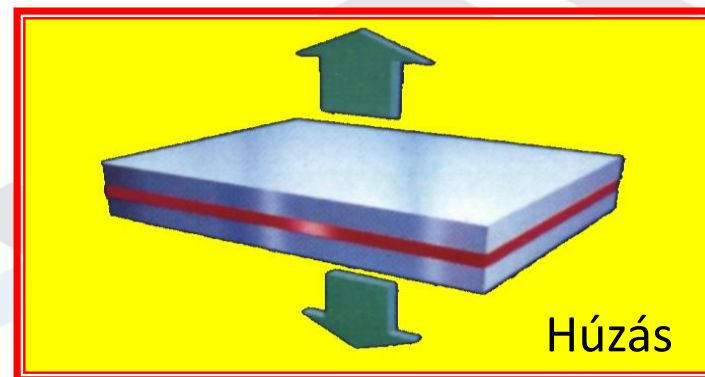
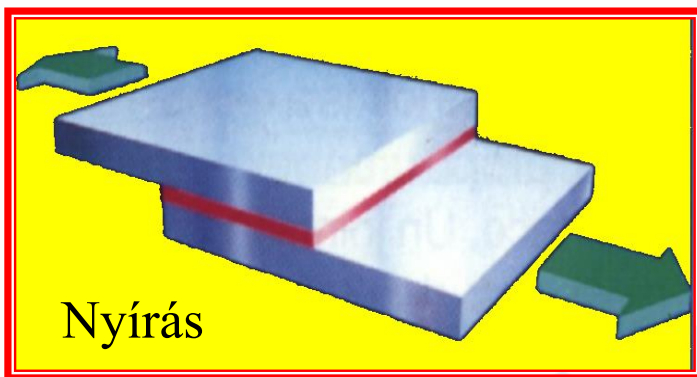
Koronakisülés

Plazmakisülés

U.V. bombázás

Lézeres előkészítés

A ragasztás erősségének vizsgálata





7. **A ragasztó és a lamináló gyanta közötti különbség**

A ragasztók mindig sokkal nagyobb viszkozitású anyagok, mint a lamináló gyanták.

Tapintásuk ragadós.

A lamináló gyanták egyszerűbb esetekben ragasztóként is használhatók. Például a fához való tapadásuk erősebb, mint a fa saját szilárdsága. (Kivétel a tölgyfa és a szelíd gesztenye.)

Adalékanyagok a lamináló gyanta ragasztóvá alakításához

Mixfill 29: Csiszolható felületek kialakításához kifejlesztett töltőanyag. Mikroballonnal kombinált speciális közepes szemcseméretű töltőanyag, amely kiválóan alkalmas csiszolható felületek kialakításához. Az ajánlott keverési arány betartásával mindig reprodukálható konzisztenciájú kittet állíthatunk elő. Maximálisan 3 cm mély hibák kialakításához javasolt (spatulával).

A befejező réteget célszerű egy finomabb szemcsés töltőanyaggal előállított kittel elkészíteni, mint például a Mixfill 10, a **Whitecell** vagy a **fenol** mikroballon.

Mixfill 10: Csiszolható felületek kialakításához kifejlesztett töltőanyag.

Finomabb szemcseméretű, mint a Mixfill 30, könnyen csiszolható.

Használjuk poliuretán vagy epoxi alapozó előtt. Pora nem ragad, és nem tömíti el a csiszolópapírt.



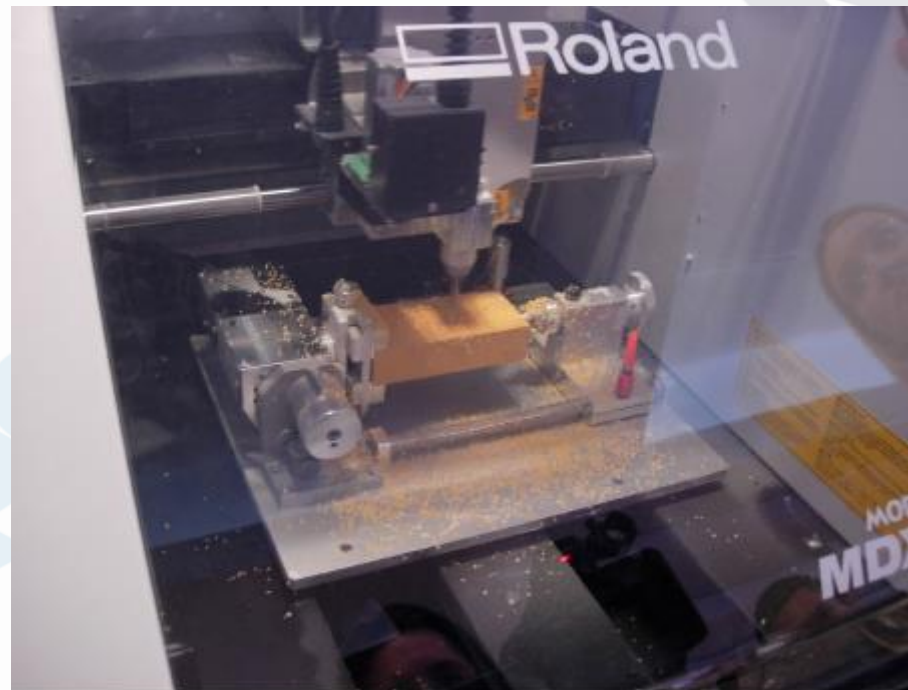
8. Korszerű építési technológiák a sablon készítésétől a végtermékig

Első lépésként egy ősmintát kell elkészítenünk.

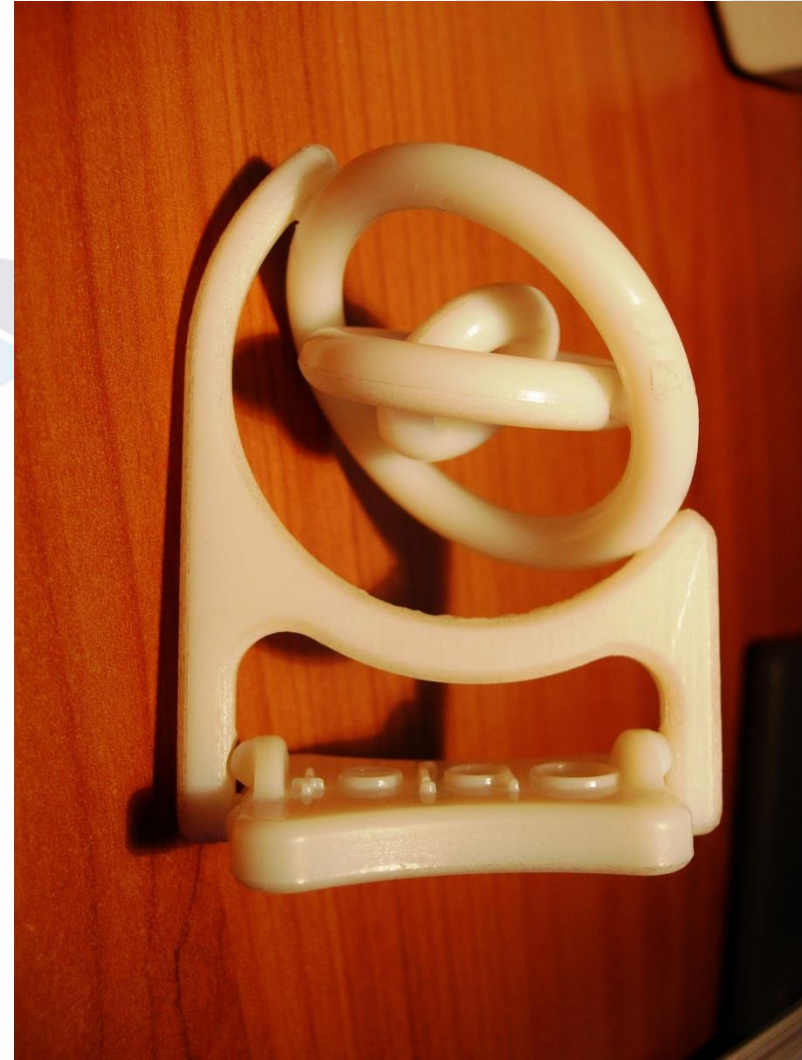
Az ősminta pontosan úgy néz ki, mint a későbbi termék, de más az anyaga.

Az ősminta készülhet kézzel valamilyen olcsó anyagból, CNC-vel műfából vagy gyantaöntvényből, 3 D nyomtatással, stb.

Marás CNC-vel műfából



Rapid prototyping 3D nyomtatással



Poly-matrix Kft.

Technikai gyurma (kénmentes formázó viasz)



Poly-matrix Kft.

Ősminta elkészítése I.

Az alapanyag kiválasztásának szempontjai:

- Olcsó legyen
- Megfelelő gyanta használata
- Eredeti szerszám megvédése

- Ősminta PS habból készül és a terméket poliészterből szeretné elkészíteni.
- A hab megvédéséhez vékony üvegszövettel megerősített epoxi gyantát kell használni.

- Ha egy eredeti termék képezi ősmintánkat.
- Ebben az esetben a megvédéshez un. „spraylat” alkalmazható, melyet 100 μm vastagságban kell felhordani a (babakrémmel vékonyan átkent) felületre.

Ősminta elkészítése II.

Felület kialakítása:

A lehető legtökéletesebbre dolgozza ki a felületet.

Okai:

Ilyen lesz majd a termék felülete is.

Vékony alumínium lemezből (vagy vastag fóliából cca. 0,5 mm) készítse el a "vágóéleket". Ezek alkotják majd az ősminta széléit.

Vágóélek nélkül a szerszám nem lesz teljes méretű és a termék kiszedése is nehezebb.

Rögzítse a vágóéleket pl. hőre lágyuló ragasztóval.

Szép felület kialakításának lépései az ősmintán

Poliészter ősminta esetén:

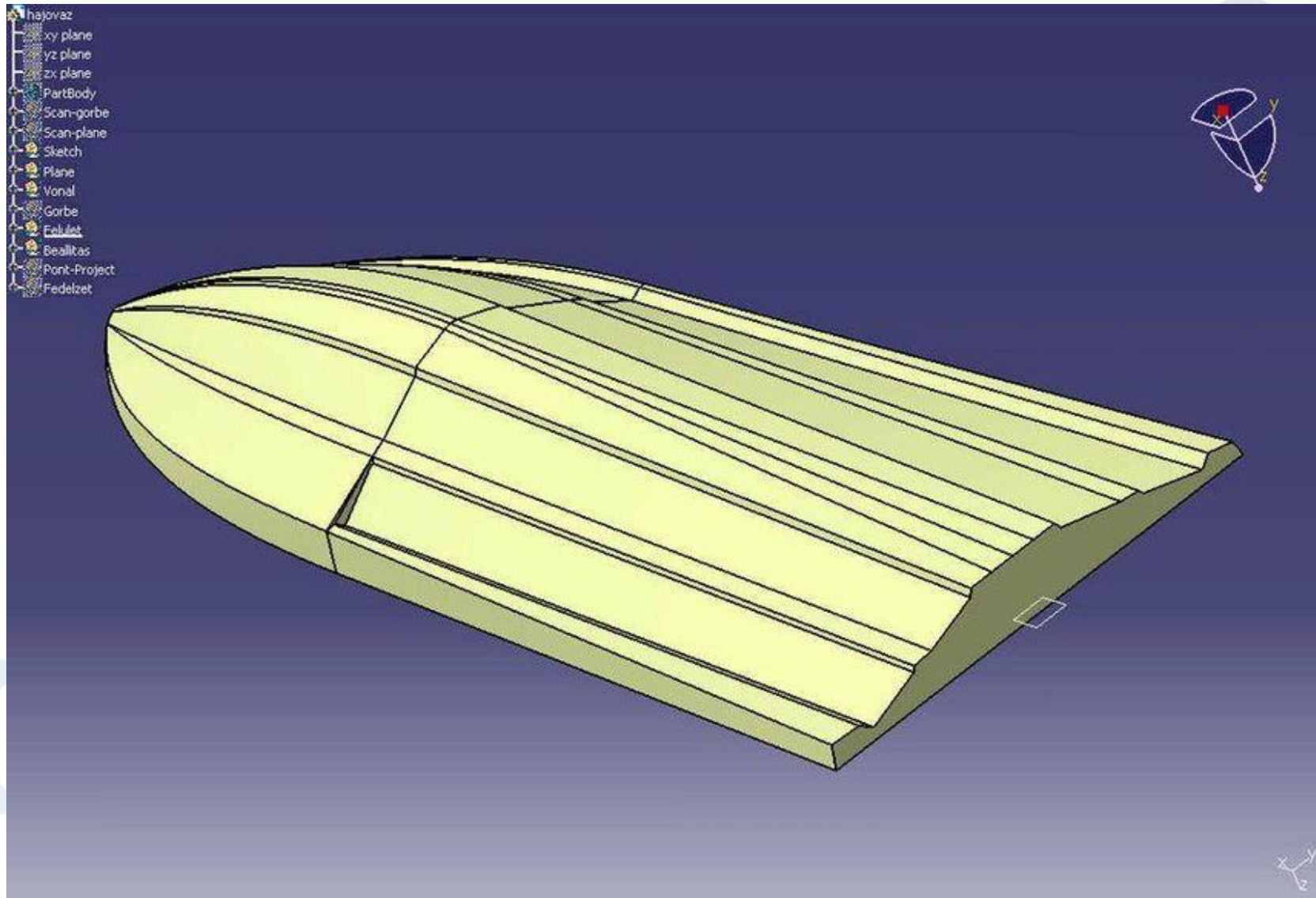
1. Autóskitt vagy poliészter szórókitt + MEKP, esetleg poliészter gyanta (Synolite 2503-U-1) + üveg mikroballon + benzoil peroxid (100:X:2).
2. Kétkomponensű festék felhordása.
3. Csiszolás.
4. Polírozás (2000-es csiszolópapír után kétféle polírozó paszta; vagy 3000-es csiszolópapír után kétféle polírozó paszta alkalmazása).
5. A 2-5. lépéseket ismételjük a megfelelő felület kialakításáig.

Epoxy ősminta esetén:

1. Autós kitt

A további lépések a fentiekkel megegyeznek!

Tervezés CAD programmal



Kittelés, csiszolás



A Szerszámkészítés lépései

1. Az ősminta fényezése.
2. Formaleválasztózás.
3. Szerszámgél felhordása.
4. Üvegszállal erősített szerszámgyanta felhordása.
5. Szerszámbontás.





A fedélzet ősmintája



A kész hajóhéj

FSR hajósablón készítése



Felhasznált anyag: formaleválasztó

Szerszámgél felhordása



Csatoló réteg a gél és a szerszámgyanta között



Felhasznált anyag: alumínium por + üvegszál + lamináló gyanta
Rétegvastagság: ~3 mm

Gyúrható epoxi paszta



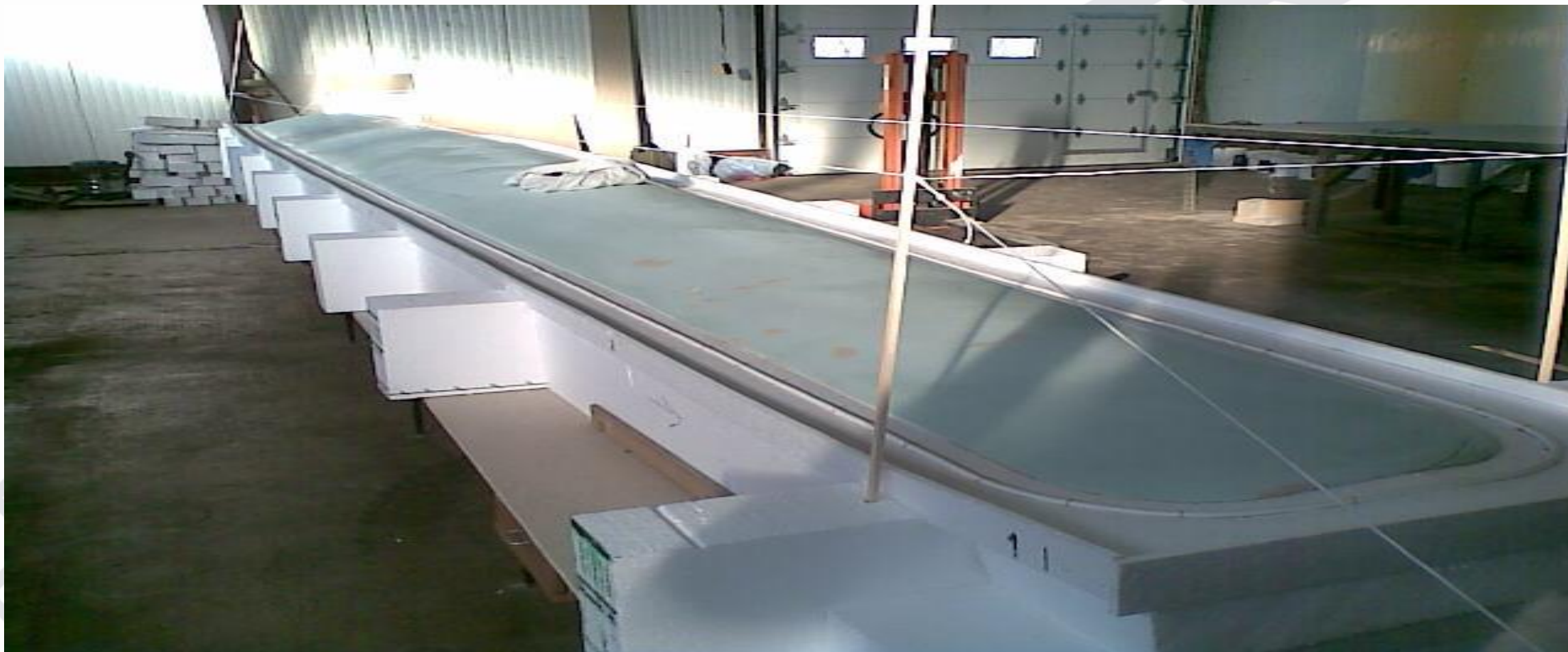
A felhordott és „lesimított” epoxi paszta



A kész szerszám



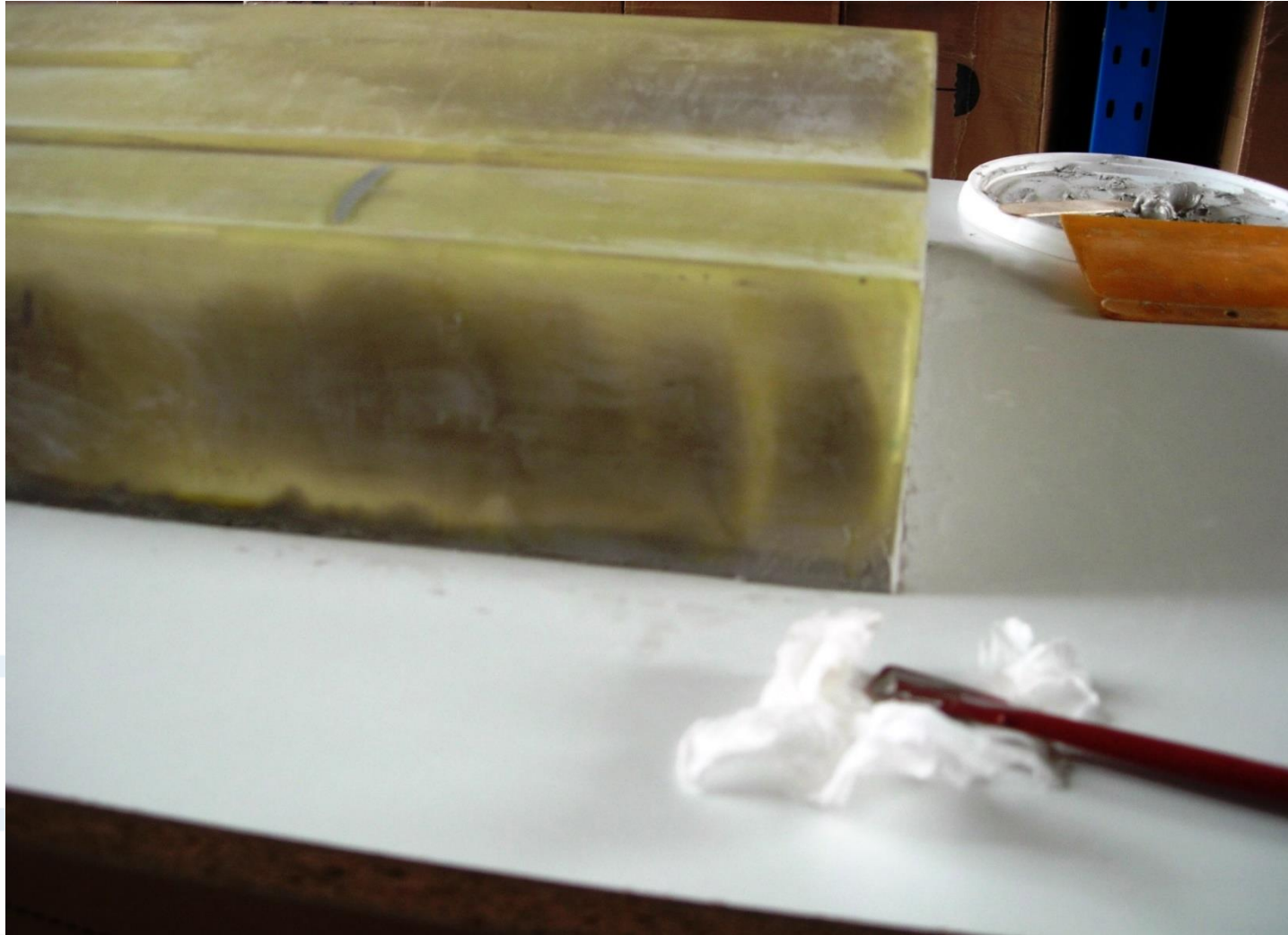
Nagyobb termékek ...



Ősminta kittelése „Mixfill 30-al” töltött gyantával



Élek és sarkok javítása „Mixfill 30”-al töltött gyantával



Végső formára csiszolás



Teljes felület átvonása „Mixfill 10”-el töltött gyantával



Finomra csiszolt felület



Poly-matrix Kft.

„Katana” rádió távirányítású modellrepülőgép



2R Kft, Barna Róbert

Poly-matrix Kft.

Függőleges vezérsík elkészítése



2R Kft, Barna Róbert

Poly-matrix Kft.

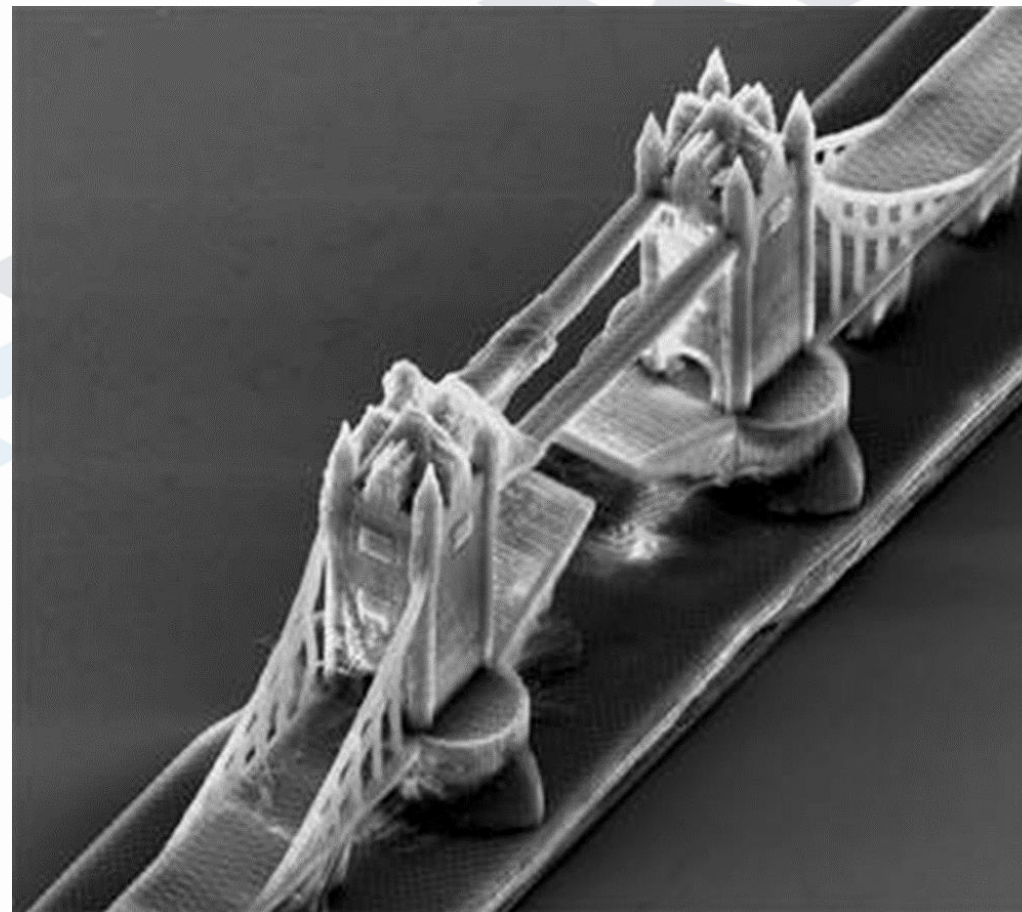
Az elkészült függőleges vezérsík



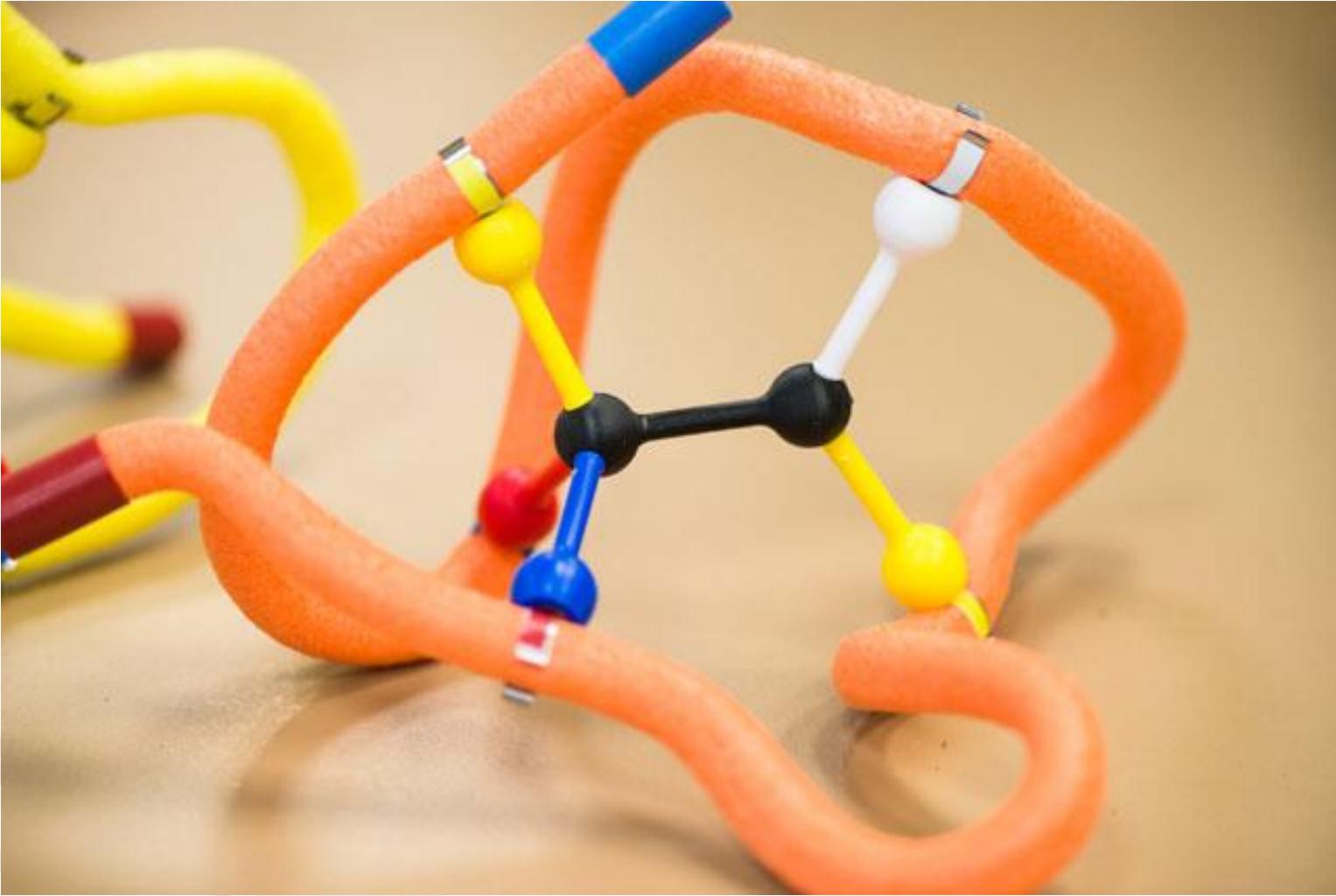
2R Kft, Barna Róbert

Poly-matrix Kft.

3D nyomtatás anyagai és eljárásai



A HÁROMDIMENZIÓS (3D) NYOMTATÁS LEHETŐSÉGEI



Illeszkedő alkatrészek

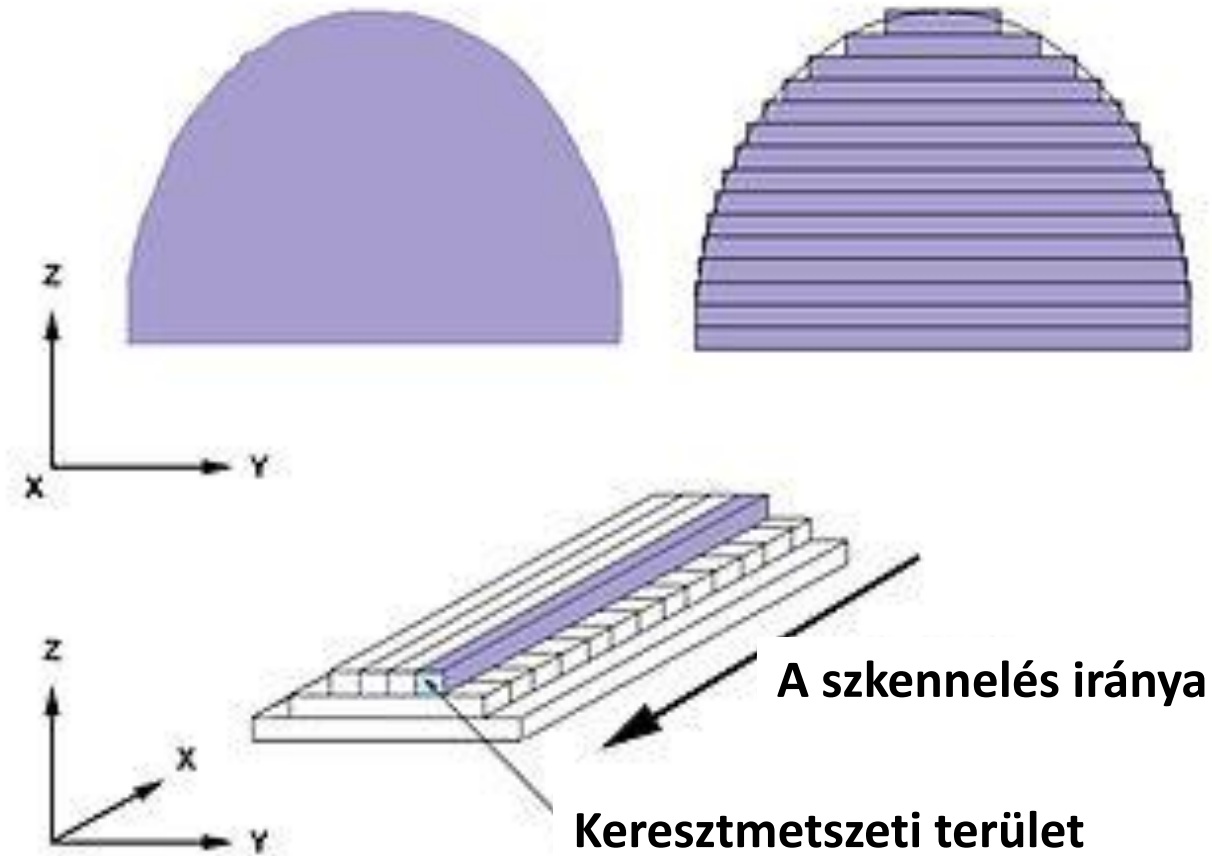


Nyomtatott ruhaköltemény

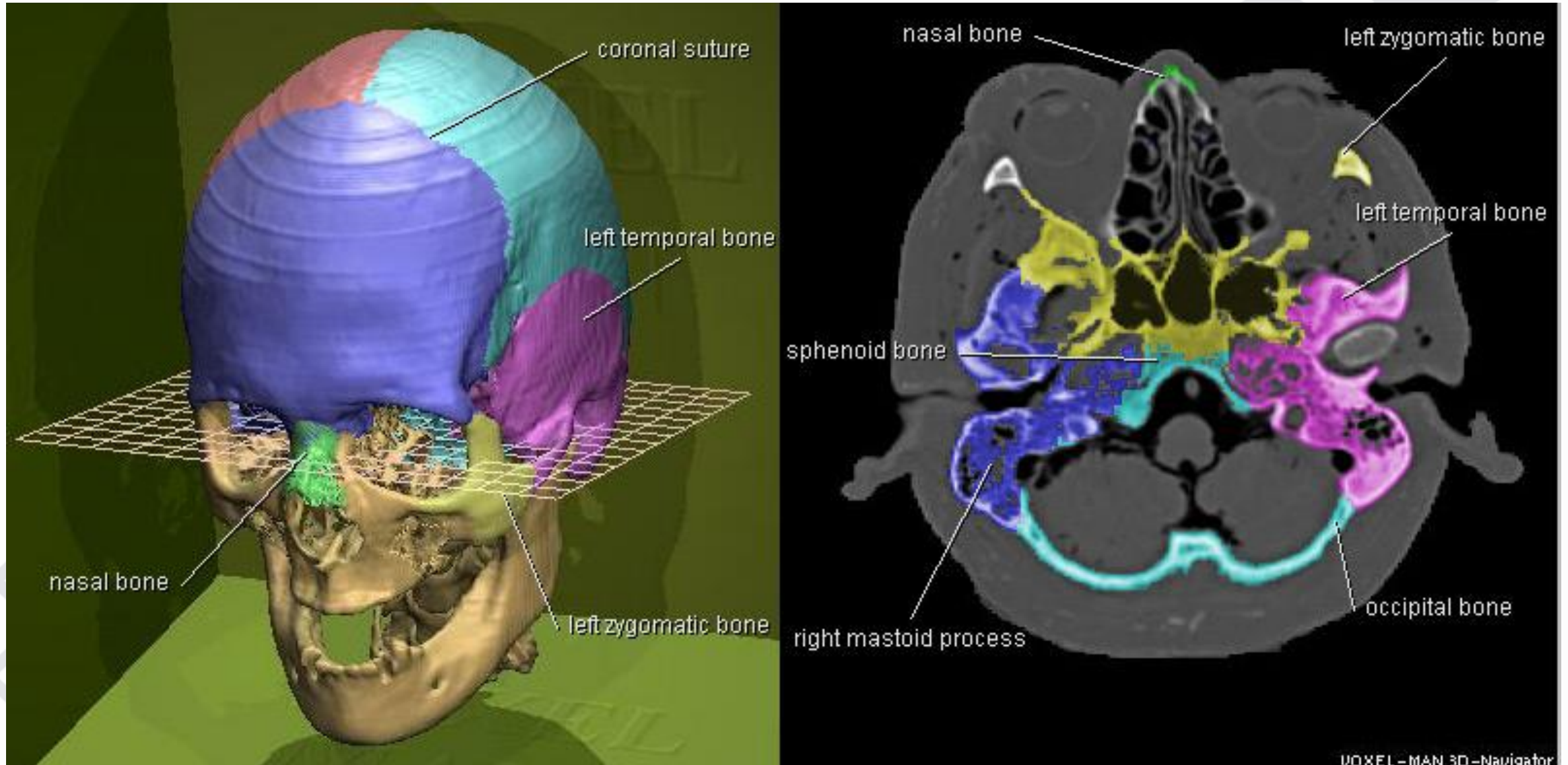
A 3D NYOMTATÁS LEHETŐSÉGEI: Hollywood



A 3D SZKENNELÉS ELVE



A TÁRGY SZÁMÍTÓGÉPES SZELETETELÉSE

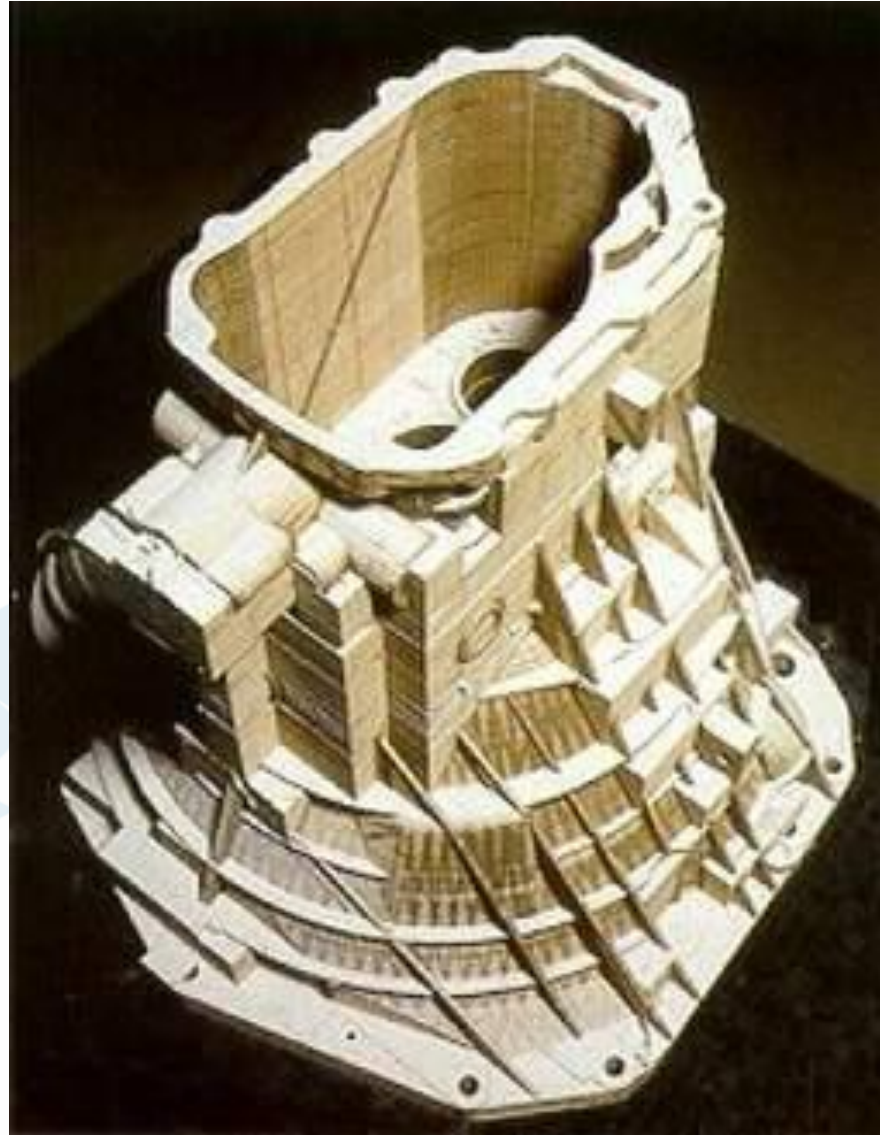


NYOMTATÁS RÉTEGENKÉNT

Nyomtatáskor a gép beolvassa a modell adatait és sorban egymásra illeszkedő rétegeket képez folyadékból, porból vagy ömledékből, ilyenformán fokozatosan felépíti a modellt a metszetekből. Ezeket a rétegeket, melyek alakra és vastagságra megegyeznek a virtuális modell metszeteivel, egymáshoz köti vagy automatikusan egymáshoz tapadnak. Ennek a módszernek legnagyobb előnye, hogy majdnem minden formát vagy geometriai testet elő tud állítani. A nyomtató felbontását a rétegek vastagsága és a réteg síkjában mikrométerben (μm) adják meg. A szokásos rétegvastagság körülbelül $100\ \mu\text{m}$ ($0,1\ \text{mm}$), de vannak olyan nyomtatók, melyek $16\ \mu\text{m}$ vastag rétegeket képeznek. A réteg síkjában a felbontás a lézernyomtatókéhoz hasonló. A részecskék (3D "pontok") átmérője mintegy $50\text{-}100\ \mu\text{m}$ ($0,05\text{-}0,1\ \text{mm}$)

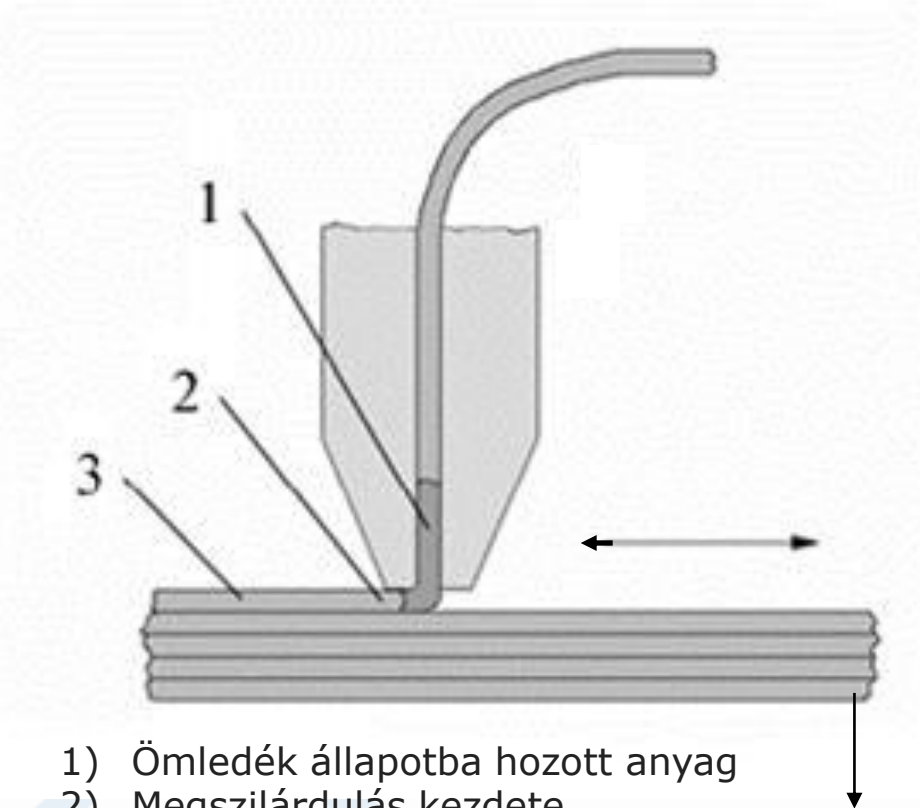
A mai technológiákkal egy modell kinyomtatása néhány perctől néhány óráig tart az alkalmazott módszer, valamint a test méretétől és bonyolultságától függően. A hagyományos gyártási eljárások (például a fröccsöntés) polimer alkatrészek tömeggyártása esetén általában olcsóbbak, de kis darabszám esetén az additív gyártás a gyorsabb, a rugalmasabb és az olcsóbb. A 3D nyomtatók lehetővé teszik termékfejlesztő csoportok számára, hogy asztali méretű nyomtatókkal tudjanak alkatrészeket és koncepcionális modelleket készíteni.

FELRAKÓ ELJÁRÁSOK

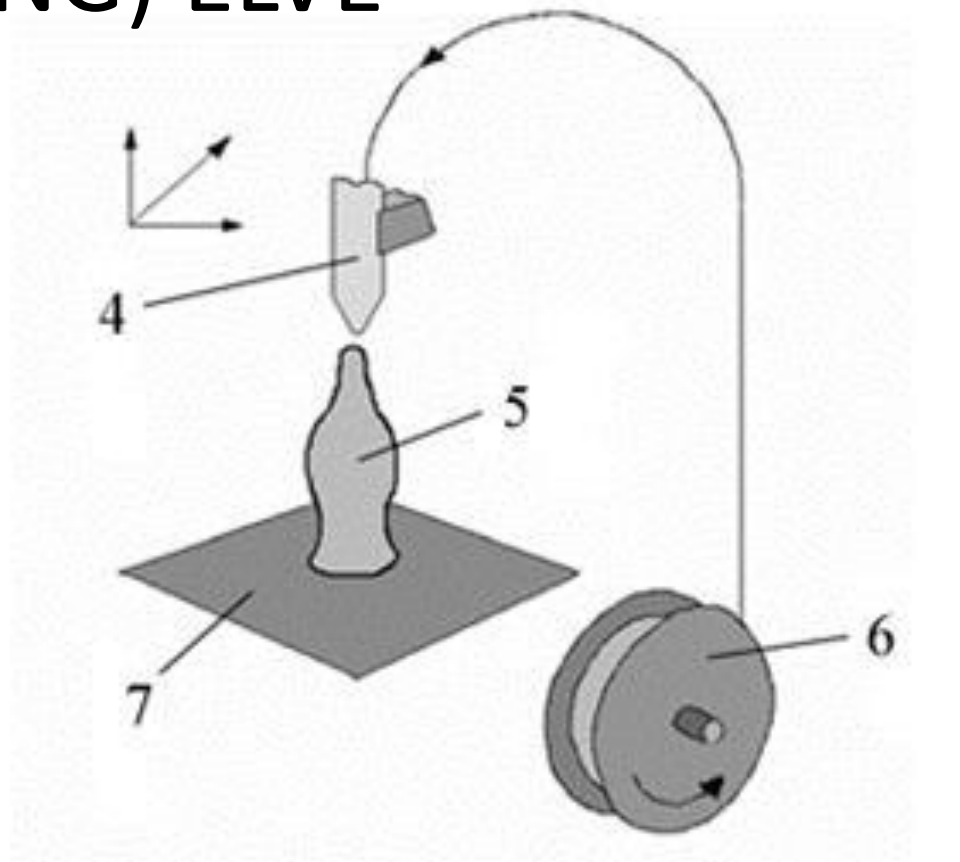


Poly-matrix Kft.

AZ ÖMLEDÉKRÉTEGEZÉS (FDM FUSED DEPOSITION MODELLING) ELVE



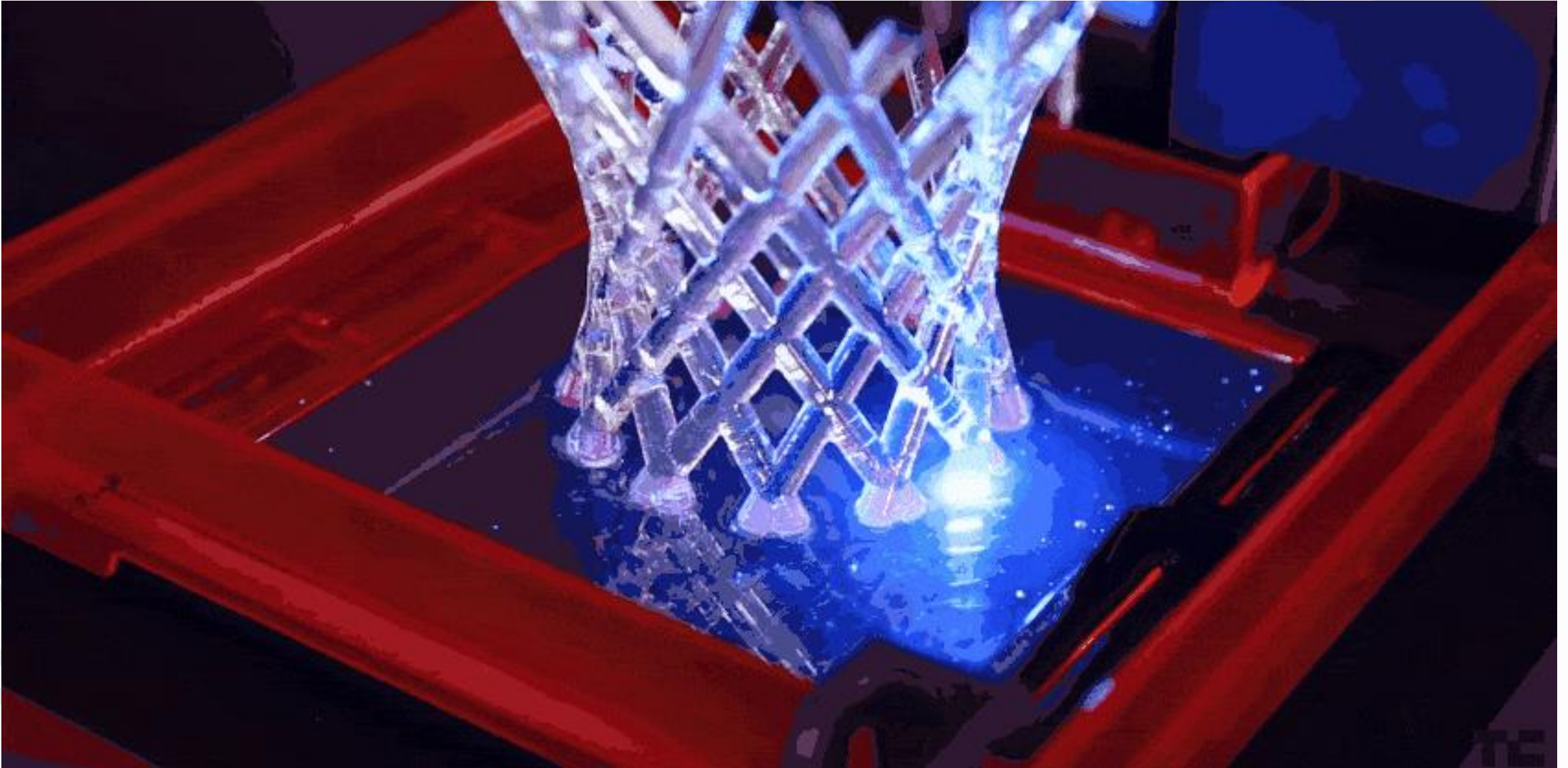
- 1) Ömledék állapotba hozott anyag
- 2) Megszilárdulás kezdete
- 3) Megszilárdult állapot
- 4) Hevített FDM fej
- 5) Modell
- 6) Anyagadagolás
- 7) Mozgó asztal



ÖMLEDÉKRÉTEGEZÉS, 3D TOLL



LÉZERNYOMTATÓ



ÖMLEDÉKRÉTEGEZÉS

i.materialise
presents

Fused Deposition Modeling

by
Stratasys

HÁZÉPÍTÉS 3D NYOMTATÓVAL

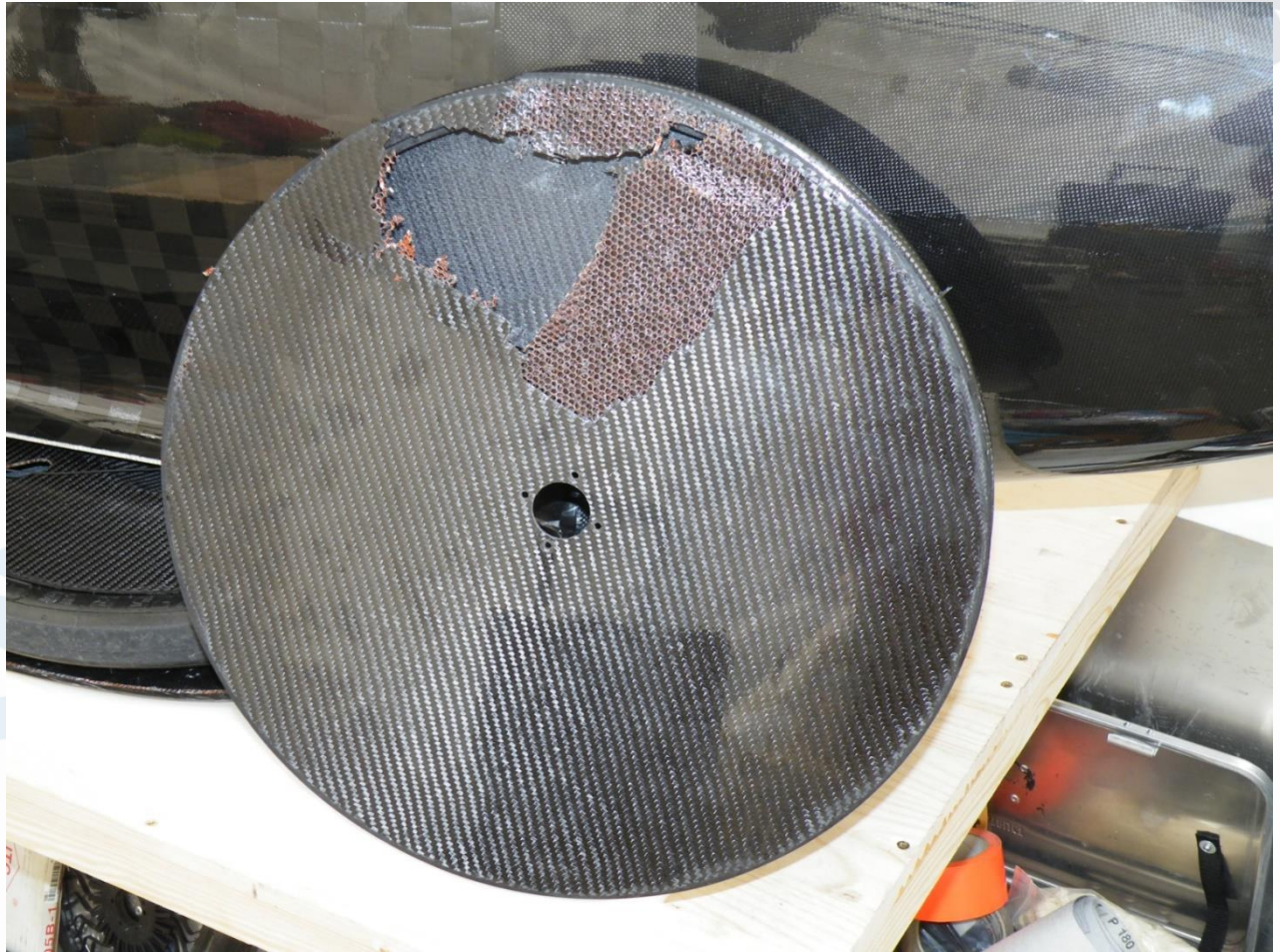




9. Javítási technológiák, trükkök



Nokia (FIN) 2013, 3082 km/l, 1. helyezés



Sérült kerék aramid méhsejt maggal
Megameter Kecskeméti Főiskola GAMF csapata

Poly-matrix Kft.

Sérült felületek javítása

Lehetséges hibák:

- Repedések
- Karcolások
- Apró lyukak
- Durva sérülések



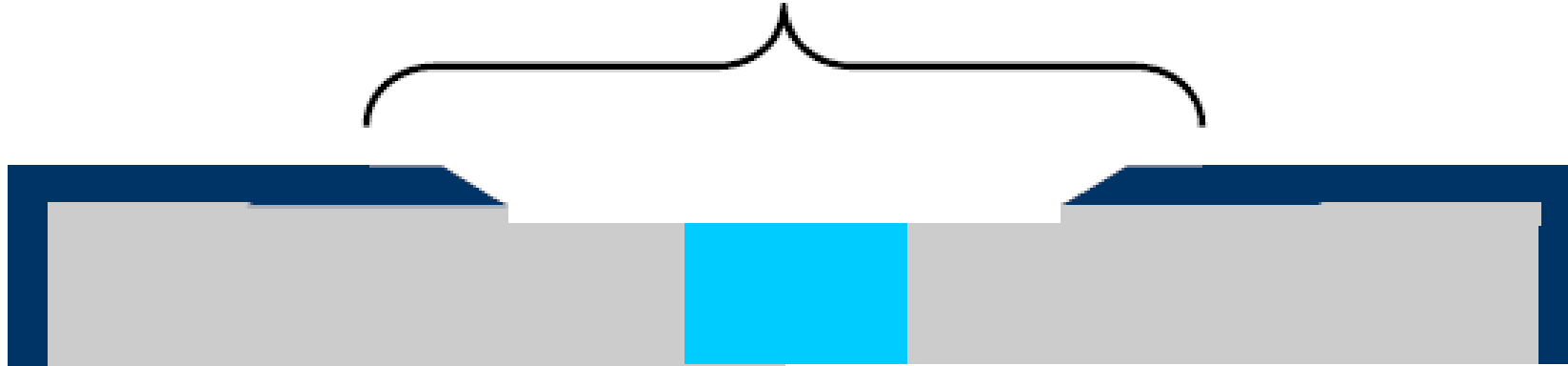
A javítás módja



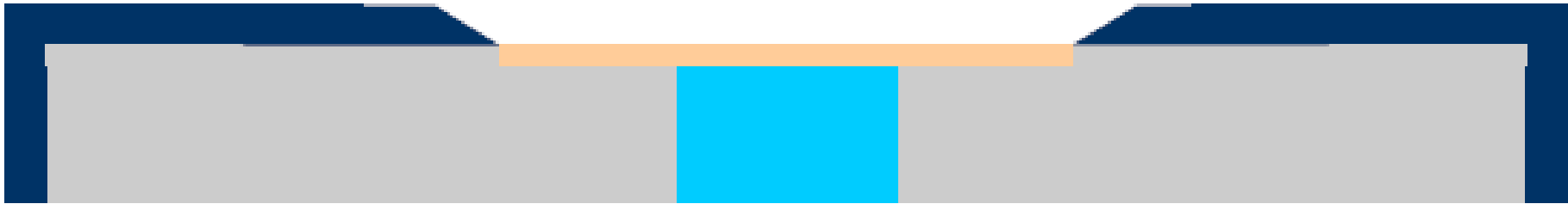
Hibahely, pl. ragasztás nyoma



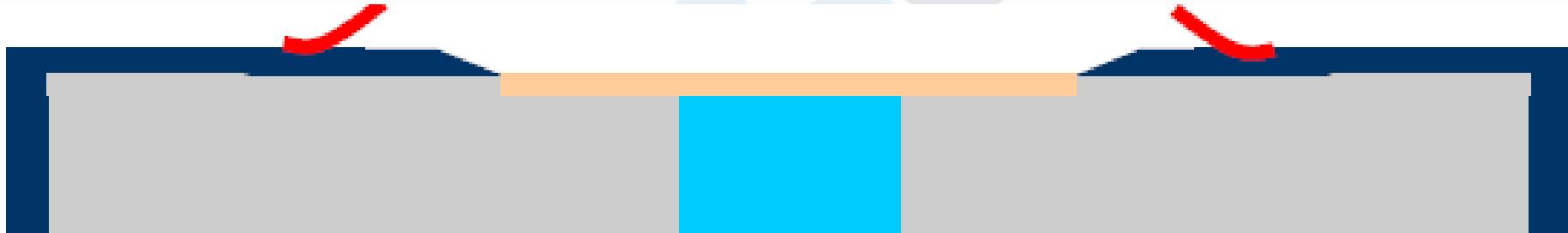
LE KELL CSISZOLNI A TELJES JAVÍTANDÓ FELÜLETET



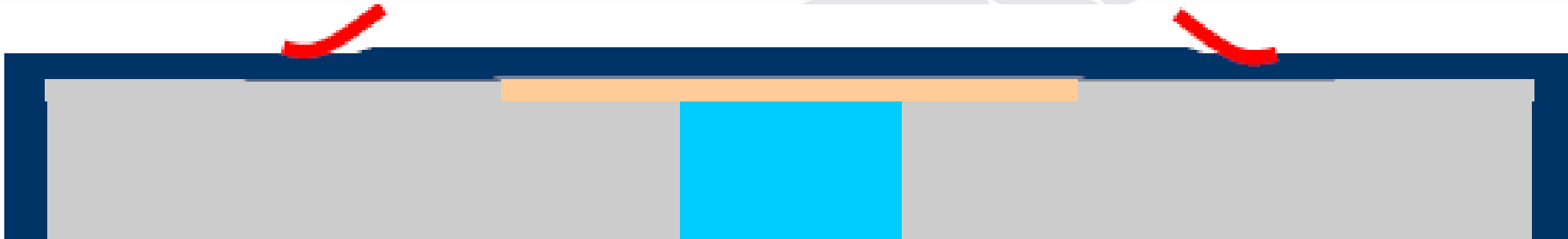
Kitteljük a felületet a záró réteg aljáig



Ragasszuk körül maszkolószalaggal és védőpapírral a javítandó területet



Szórjuk, vagy kenjük fel a javító anyagot



**A művelet befejezése után távolítsuk el
a védőpapírokat és a maszkolószalagot.**

Hagyjuk állni legalább egy napig.

A javított felület szépítése

1. Az ujjhegyünket acetonnal megnedvesítve a javított felületre nyomjuk. Ha a gél nem hagy nyomot az ujjunkon, akkor lehet kezdeni a csiszolást.
2. A javított területet három egymás melletti maszkolószalaggal körülragasztjuk.
3. Megcsiszoljuk a körülzárt területet 240-es (max. 320-as) csiszolópapírral, majd eltávolítjuk a belső szalagot.
4. Megcsiszoljuk a körülzárt területet 400-as csiszolópapírral, majd eltávolítjuk a következő szalagot.
5. Megcsiszoljuk a körülzárt területet 800-as csiszolópapírral, majd eltávolítjuk az utolsó szalagot.
6. Az utolsó csiszolás 3000-es koronggal történik, maszkolás nélkül.
7. A polírozást előbb egy durvább, utána egy finomabb polírozó szerrel végezzük.

A lehetséges hibák okai I.

Színeltérés:

1. Másik sarzsból származó anyagot használtunk.
2. Másfajta térhálósítót, esetleg töltőanyagot használtunk.
3. Alultérhálósított a javító anyag.
4. Felrakódás.
5. Túlságosan eltérő a térhálósítás hőmérséklete.



A lehetséges hibák okai II.

Fakulás (nem fényes a felület):

1. Alultérhálósított a javító anyag.
2. Túl erős csiszolás



A lehetséges hibák okai III.

Gyűrű a javított terület körül:

1. Nem volt elég alapos a csiszolás.
2. Porozitás volt az eredeti záró rétegen.
3. Alultérhálósított a javító anyag.
4. Túl jól sikerült a javítás az eredeti felszínhez képest.





10. Egészségügyi előírások, minimális feltételek



Hogyan jut be a szervezetünkbe a vegyi anyag?

- **Belégzés útján.** Minden anyag párolog. A párolgás sebessége függ az anyag molekulatömegétől és a környezeti hőmérséklettől. A víztiszta, jól folyó öntőgyanták és a térhálósítók általában kis molekulatömegűek. A gyanták szaga enyhe, nem kellemetlen. A térhálósítóknak ammónia szaga van. Ezt már határozottan büdösnek is érezhetjük. **Védelem: Ne szagolgassuk az anyagokat és lehetőleg tartózkodjunk minél rövidebb ideig a térhálósodó anyag közelében.** *A térhálósodó anyag melegszik, ezért térhálósodás közben a párolgás mértéke először nő, de ahogy halad előre a reakció, úgy egyre csökken a párologni tudó anyag mennyisége, így a szagérzet is csökken. A gyanta/gyantarendszer szagát sokan nem érzik, mert az orrcseppek használata közben roncsolódik a szaglóhám. Ez esetenként hamis biztonságérzetet ad, mert az egyéni érzékenység nem csökken.*

Hogyan jut be a szervezetünkbe a vegyi anyag?

- **Szembe fröccsenés, vagy szemmel való érintkezés útján.** A szembe fröccsenés ritka, de azért előfordulhat például géppel történő összekeverés közben. **Védelem: védőszemüveg, vagy arcvédő pajzs használata.** Ha mégis megtörténik, akkor a szemet 15 percig öblögessük desztillált vízzel (ennek híján csapvízzel) szemmosó pohár (ennek híján kis, hagyományos pálinkáspohár) használatával. **Bőrirritáció a gyanta/gyantarendszer gőzei miatt.** Ez először a szem körül jelentkezik, viszketés és körgyűrű alakú bőrpír formájában. **Védekezés zárt védőszemüveg használatával.** Ilyen például a bűvárszemüveg. A magam részéről azt tartom a legjobbnak, ha az, aki ilyen tapasztalt, inkább felhagy a gyantázással.

Hogyan jut be a szervezetünkbe a vegyi anyag?

- **Bőrre kerülés.** Mindenképpen kerülni kell. Elsősorban dolgozzunk nagyon tisztán. A véletlenül kicseppent anyagot fel kell itatni papírtörölővel, majd acetonos papírtörölővel tisztára kell törölni. **Védekezéséppen ajánlatos megfelelő védőkesztyű használata.** Az olyan kesztyűk, mint például a sebészkesztyű kissé porózusak. Ez azt jelenti, hogy a gyanta képes átszivárogni ezeken a mikropórusokon. Ez rosszabb, mintha semmi nem lenne a kezünkön. Sokan hiszik azt, hogy izzad a kezük, ezért éreznek nedvességet a kesztyű belsejében. A probléma kiküszöbölhető azzal, ha először egy vékony szövetkesztyűt húzunk fel és csak erre a gumikesztyűt. Ha a gyanta bőrfelületre került, akkor azt nem szabad oldószerrel eltávolítani, mert a feloldott gyanta könnyen a szervezetünkbe jut a bőr pórusain keresztül. Az eltávolítás helyes módja lemosás szappannal és vízzel. A legjobb megoldás az “ultraderm”-mel való tisztítás. A tisztítás minőségét ellenőrizhetjük, ha megtapintjuk a bőrfelületet. A tiszta száraz bőr kicsit sem ragadós. Általában három lemosás elegendő.

Hogyan jut be a szervezetünkbe a vegyi anyag?

- **Lenyelés.** Nehéz elképzelni, de semmi sem kizárt. A veszélyes mérgezési szint elérése nagyon nehéz, mert ehhez gyantából 1-2 kilogramm, térhálósítóból körülbelül 0,5 kilogramm elfogyasztása szükséges testsúly kilogrammonként. A legjobb **megelőzés** itt is az, ha vigyázunk a tisztaságra és betartjuk az alapvető szabályokat. Például tilos enni munka közben és a munkavégzés helyén. A gyanta nem kerülhet kapcsolatba élelmiszerrel és élelem tárolására, vagy elkészítésére szolgáló tárgyakkal és eszközökkel.

Mi az, ami TILOS?

- Munkavégzés közben, a munkatérben enni-inni
- Alkoholt fogyasztani. Poliészterekkel végzett munka esetén a munka befejezése után 12 órán belül.
- A kifolyt anyagot nem eltávolítani.
- Egyszerre több edényt nyitva hagyni.



11. Utólagos megmunkálás és hőkezelés

Az utólagos megmunkálás:

- Fúrás
- Marás
- Csiszolás
- Polírozás

Általános szabály, hogy csak teljesen térhálós anyagot szabad megmunkálni. Ilyenkor kis fogásmélységgel, alacsony fordulatszámmal és lassú előtolással dolgozunk.

Az anyag túlmelegedését akár vízhűtéssel is megelőzhetjük.

Utótérhálósítás hőkezeléssel, vagy UV-fénnyel



YOUNG MODULUSZ
UTÓÉRHÁLÓSÍTÁS NÉLKÜL

250-280 MPa

YOUNG MODULUSZ
UTÓÉRHÁLÓSÍTÁS UTÁN

3800-4000 MPa



Miért fontos a hőkezelés?

A megfelelő hőkezeléssel érhetjük el azokat a mechanikai tulajdonságokat, amelyeket az anyagtól elvárhatunk.

A hőfoklépcsők betartása nagyon fontos, mert ha az anyag közben az aktuális üvegesedési hőmérséklet fölé melegszik, akkor deformálódhat.

A hőkezelés elvégezhető egy megfelelő méretű légkeveréses kemencében is





9. A kompozit alkatrészek élettartama és teherviselő képessége



Az élettartamot csökkentő tényezők

A kompozit termékek élettartamát csökkentik az olyan külső környezeti hatások, mint például a túlzott környezeti hőmérséklet és az UV-sugárzás.

Ezen kívül a mechanikai behatások is ártanak a kompozitoknak. Ilyenek a húzás, nyomás, ütés, hajlítás. Ezek együttesen az anyag kifáradását okozzák.

A tönkremenetelt jelzi a termék sárgulása, barnulása esetleg a kifehéredése.

A kifehéredés oka az, hogy a termékben mikrorepedések jelentek meg, ahová behatolt a levegő.

Fárasztó igénybevételre tervezett repülőgép



Műszaki tulajdonságok (SR 1700)

		SR 1700 / SD 7820				
Utólagos hőkezelés		14 nap 23 °C	24 h 23 °C + 24 h 40 °C	24 h 23 °C + 24 h 60 °C	24 h 23 °C + 24 h 80 °C	24 h 23 °C + 6 h 60 °C + 45 h 120 °C
Húzó igénybevétel						
Rugalmassági modulus	N/mm ²	3550	3200	3200	3100	2620
Húzó szilárdság	N/mm ²	30	62	86	93	92
Szakító szilárdság	N/mm ²	30	62	84	93	92
Maximális nyúlás	%	0,9	2,1	3,8	5,4	6,4
Szakadási nyúlás	%	0,9	2,1	4,1	5,4	6,4
Hajlító igénybevétel						
Rugalmassági modulus	N/mm ²	3590	3630	3530	3380	3000
Hajlító szilárdság	N/mm ²	68	113	136	137	130
Maximális lehajlás	%	1,8	3,4	5,4	6,5	7,0
Törési lehajlás	%	1,8	3,4	6,9	8,0	7,5
Charpy ütő-hajlító szilárdság	KJ/m ²	2	21	25	23	15
Üvegesedési hőmérséklet						
T _g 1	°C	62	69	88	108	140
T _g 1 max	°C					140

Műszaki tulajdonságok I.

		SR 8500 / SD 8601				
Utólagos hőkezelés		14 nap 23 °C	24 h 23 °C + 24 h 40 °C	24 h 23 °C + 15 h 50 °C	24 h 23 °C + 16 h 60 °C	24 h 23 °C + 8 h 80 °C
Húzó igénybevétel						
Rugalmassági modulus	N/mm ²	3390	3350	3250	3070	2800
Húzó szilárdság	N/mm ²	42	54	77	76	69
Szakító szilárdság	N/mm ²	42	54	71	72	64
Maximális nyúlás	%	1,2	1,7	3,4	3,9	4,0
Szakadási nyúlás	%	1,2	1,7	4,0	4,7	4,8
Hajlító igénybevétel						
Rugalmassági modulus	N/mm ²	3540	3400	3300	3280	3050
Hajlító szilárdság	N/mm ²	69	102	118	120	112
Maximális lehajlás	%	1,8	3,5	4,8	5,3	5,4
Törési lehajlás	%	1,8	3,5	9,0	9,1	10,7
Nyomó szilárdság						
Összenyomhatóság	N/mm ²		104		98	91
Charpy ütő-hajlító szilárdság	KJ/m ²	9	22	47	54	65
Üvegesedési hőmérséklet						
T _g 1	°C	51	61	71	76	87
T _g 1 max	°C			83	84	87

Műszaki tulajdonságok II.

		SR 8500 / SD 8601, 15 réteg 75 g/m ² üvegszövettel erősített, sajtolt próbatest		
Utólagos hőkezelés		24 h 23 °C + 24 h 40 °C	24 h 23 °C + 16 h 60 °C	24 h 23 °C + 8 h 80 °C
Hajlító szilárdság				
Rugalmassági modulus	N/mm²	27800	28000	27600
Hajlító szilárdság	N/mm²	662	668	675
Maximális lehajlás	%	2,9	2,9	2,9
Nyírás				
Törést okozó nyíró erő	N/mm²	51	53	55
Charpy ütő-hajlító szilárdság	KJ/m²	186	183	189
Vízfelvétel				
48 óra 70 °C-os desztillált vízben	m/m %	0,19	0,17	0,15
Üvegesedési hőmérséklet				
T_g 1	°C	64	76	85
T_g 1 max	°C		84	87

Kapcsolat, technikai segítség

Molnár József
Mérnök, szaktanácsadó

Mobil: +36 70 886 0671

Email: molnar.jozsef@poly-matrix.hu

Bencsik Dániel
Mérnök, ügyvezető

Mobil: +36 70 886 0672

Email: bencsik.daniel@poly-matrix.hu

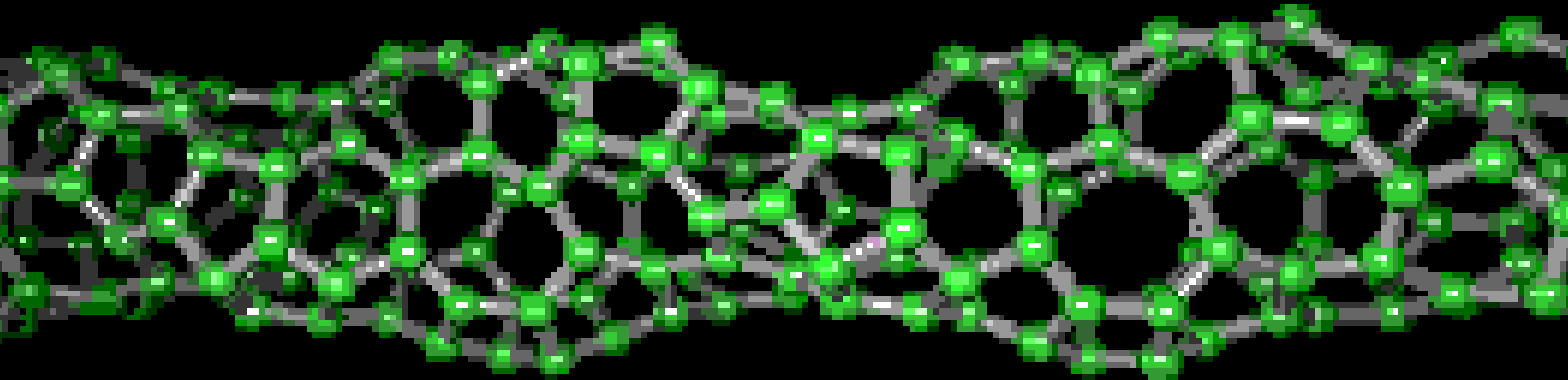
Poly-matrix Kft.

Székhely: 1183 Budapest,
Krúdy Gyula utca 21/b

Üzlet: 1184 Budapest,
Vak Bottyán utca1

Tel.: +36 70 4241327
webshop@poly-matrix.hu

KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET





POLY-MATRIX