

KORSZERŐ ÜVEGSZERKEZETEK ÉPÍTÉSZETI, ANYAGTANI, TARTÓSZERKEZETI ISMERETEI MÉRNÖKÖKNEK (2021)

Dr. NEHME Salem

egyetemi docens

Salem.nehme@emk.bme.hu

Definíció

American Society for Testing and Materials (ASTM) ismert definíciója szerint: az üveg szervetlen anyag, mely olvasztás útján keletkezett és lehűléskor kristályosodás nélkül dermedt meg.

- ◆ Az üveg nem kristályos, amorf, rideg anyag, jól alakítható magas hőmérsékleten, nagy átlátszósággal és csekély elektromos vezetéssel rendelkezik.

Definíció

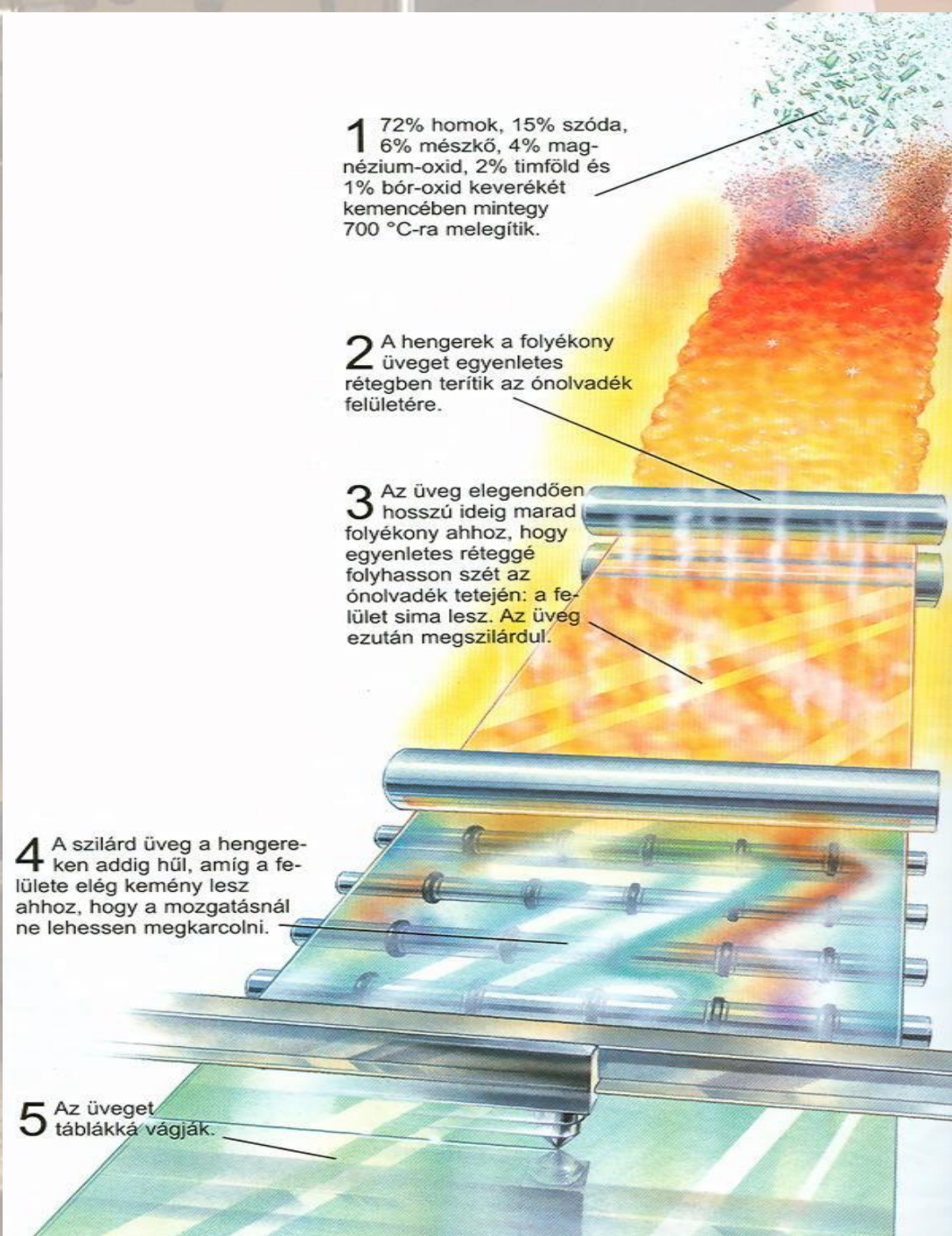
Náray-Szabó István szerint (Építőanyag, XIX. évfolyam, 1967. 7. szám, 243–244.)

"Az üveg nem periódusosan elhelyezkedő atomokból vagy ionokból álló hálózat, melynek részecskéit erős, az egész hálózaton három dimenzióban átvonuló kémiai kötések tartják össze."

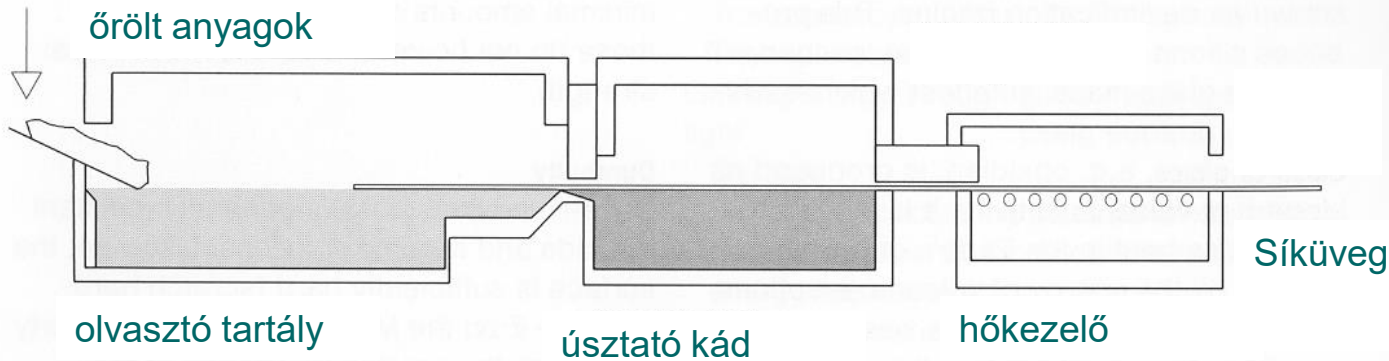
Síküveg gyártás:

Húzás: az üvegszalagot az olvadékból hengerpárok között húzzák függőlegesen felfelé, 2-8 mm vastag síküveg készíthető a módszerrel.

Hengerlés: folyamatos öntéssel, vastagabb síküvegeket állítanak elő. A huzalbetétes táblákat, amelyek nagy teherbírású biztonsági üvegek, szintén ezzel a módszerrel készítik.



Float és edzett üveg gyártása

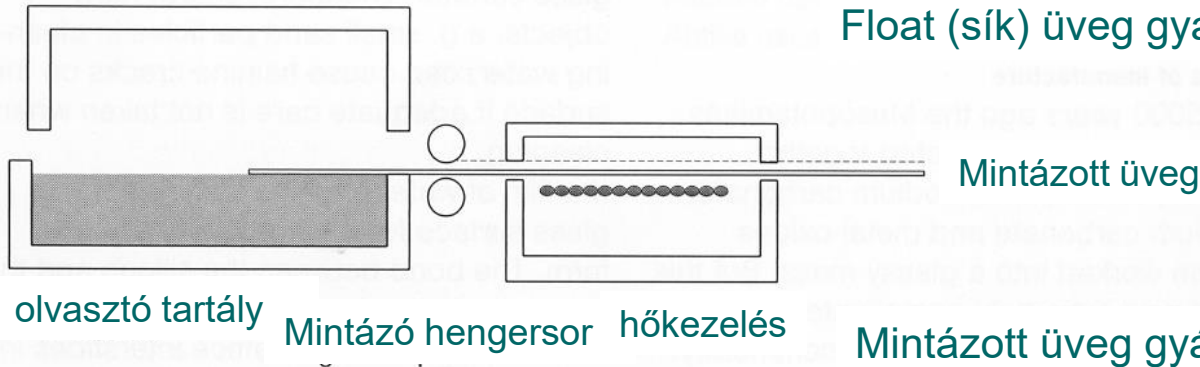


Tiszta homok 1700 °C-on olvad

Szódával (Na_2CO_3) 850 °C

Üveg-alapanyagokat 1100 °C-ra hevítik

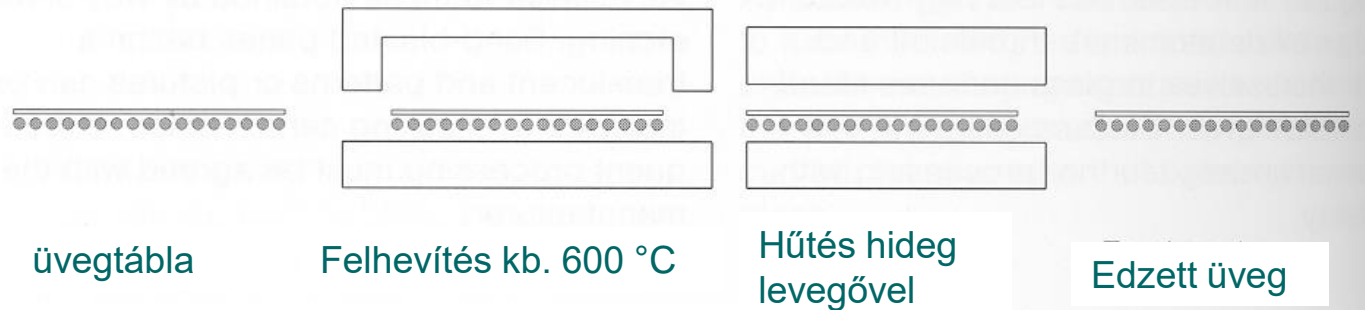
Float (sík) üveg gyártása



Derítés

Lágyulási hőmérséklet-tartomány

Átalakulási pont 450-700 °C



Edzett üveg gyártása

Üvegek fő alkotói	Jele	Szerepe	Arány	Olvasztásához felhasznált anyagok
Kvarc (az üveg legfőbb alapanyaga)	SiO ₂	Az üveg legfőbb anyaga	A üvegnél 72% E üvegnél 55%	Tiszta kvarchomok (vas-oxid tartalom < 0,2 m%)
Bór-trioxid	B ₂ O ₃	Csökkenti a viszkozitást, Gátolja a kristályosodást, Javítja a korrózióállóságot	E üvegnél 10%	Bórsav, borax
Kálium-oxid (folyosító)	K ₂ O	Szebbé tesz az üveg felületét Javítja a préselhetőséget	1% - 8%	K ₂ CO ₃ , KNO ₃
Nátrium-oxid (folyosító)	Na ₂ O	Csökkenti az olvadási hőmérsékletet, Csökkenti a viszkozitást, Rontja a mechanikai tulajdonságokat	A üvegnél 15% E üvegnél 1%	Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ + koks, NaNO ₃
Égetett mész (stabilizátor)	CaO	Csökkenti a viszkozitást, javítja a mechanikai tulajdonságokat	A üvegnél 7-18% E üvegnél 15%	Dolomit, mészkő, márvány
Magnézium-oxid (stabilizátor)	MgO	Gátolja az üveg kristályosodását	mind két típusnál 4%	Dolomit
Cirkónium oxid	ZrO ₂	Javítja a mésszel szembeni korrózióállóságot		
Timföld Alumínium-oxid	Al ₂ O ₃	Javítja a mechanikai tulajdonságokat, Csökkenti a kristályosodási képességet	A üvegnél 1-2% E üvegnél 15 %	Földpát, Al(OH) ₃

Gyártási segédanyagai

- ◆ **Tisztulást segítő:** a gázbuborékokat távolítják el az olvadékból.
- ◆ **Olvasztást gyorsítók (folyósítók):** az alapanyagok feloldódását segítik, leszállítják az olvadáspontot.
- ◆ **Szintelenítők:** a nem kívánatos színező és szennyező anyagok hatását szüntetik meg. Az alapanyagok leggyakrabban vasoxidot tartalmaznak. Amennyiben a mennyisége meghaladhatja a 0,1%-ot, a szintelenítők hatása nem érvényesül, az üveg zöldes árnyalatú lesz.
- ◆ **Színezők:** megkülönböztetünk molekuláris és kolloidális színezőket. Molekuláris színezők: az üveg alapanyagaival együtt megolvadnak és beépülnek az üveg szerkezetébe. Nyersanyagai vas-, mangán-, kobalt-, nikkel-, króm-, réz-, szelén- és urán vegyületek. Kolloidális színezők: az alapanyagokkal megolvadnak, de megszilárdulás után még nem színeznek. Hatásuk csak akkor érvényesül, ha az üveget újra felmelegítik. Ekkor a színtestecskék finom eloszlásban kiválnak. Így készül pl. az arany és a rézrubin üveg. Nyersanyagai: arany, ezüst, réz.
- ◆ **Tejesítők (opálosítók):** az üveget fehérré teszik. Nyersanyagai a fluor- és a foszforvegyületek. A színes opálüveg színező anyagot is tartalmaz.

Az üvegek színezése, bevonatolása

- ◆ Anyagában színezett (fémoxidok)
- ◆ Fémes (felületre gőzölt) bevonatok
- ◆ Fóliás
- ◆ Színes lamináló gyanták
- ◆ Homokfúvás
- ◆ Savmaratással
- ◆ Homokfúvás+savmaratás
- ◆ Porcelán(keramikus)bevonatok

Kvarcüveget:

Tiszta szilícium-dioxidból (SiO_2) állítanak elő. Kitűnően viseli a hőmérséklet-változást vegyszerállósága jó. Készítenek belőle pl. **laboratóriumi eszközöket**, stb.

Nátronüveg (közönséges vagy normál ablaküveg):

Alapanyaga a kvarc (SiO_2), a szóda (NaCO_3) és a mészkő (CaO). Nagy mennyiségben készítenek belőle pl. **poharakat, palackokat, ablaküveget, konzerves üveget** stb.

Káliüveg (kristályüveg vagy csehüveg):

Alapanyaga a kvarc (SiO_2), a kálium-karbonát (K_2CO_3) és a mészkő (CaO). Hőálló. Készítenek belőle laboratóriumi üvegeszközöket, dísztárgyakat, értékesebb háztartási eszközöket (pl. poharakat stb.)

Hőállóüveg:

Alapanyaga a kvarc (SiO_2) a bór- és az alumínium-oxid (B_2O_3 , Al_2O_3). Hőtágulása kicsi. Laboratóriumi eszközöket, háztartási üvegárut, világítástechnikai cikkekét készítenek belőle.

Ólomüveg:

Nagy tisztaságban előállított üvegfajta. Könnyen csiszolható. Poharakat, dísztárgyakat, tálakat, tálcaikat és optikai lencsákat stb. Az üvegben levő ólom leárnyékolja a röntgensugárzást, nagy törésmutatóval és diszperzióval bír.

Tej- és opálüveg:

Gyártásánál homályosító anyagokat adagolnak az üvegolvadékhoz. Így az üveg matt, nem átlátszó, bizonyos mértékig hőálló lesz. Fehér változata a tejüveg.

Vízüveg:

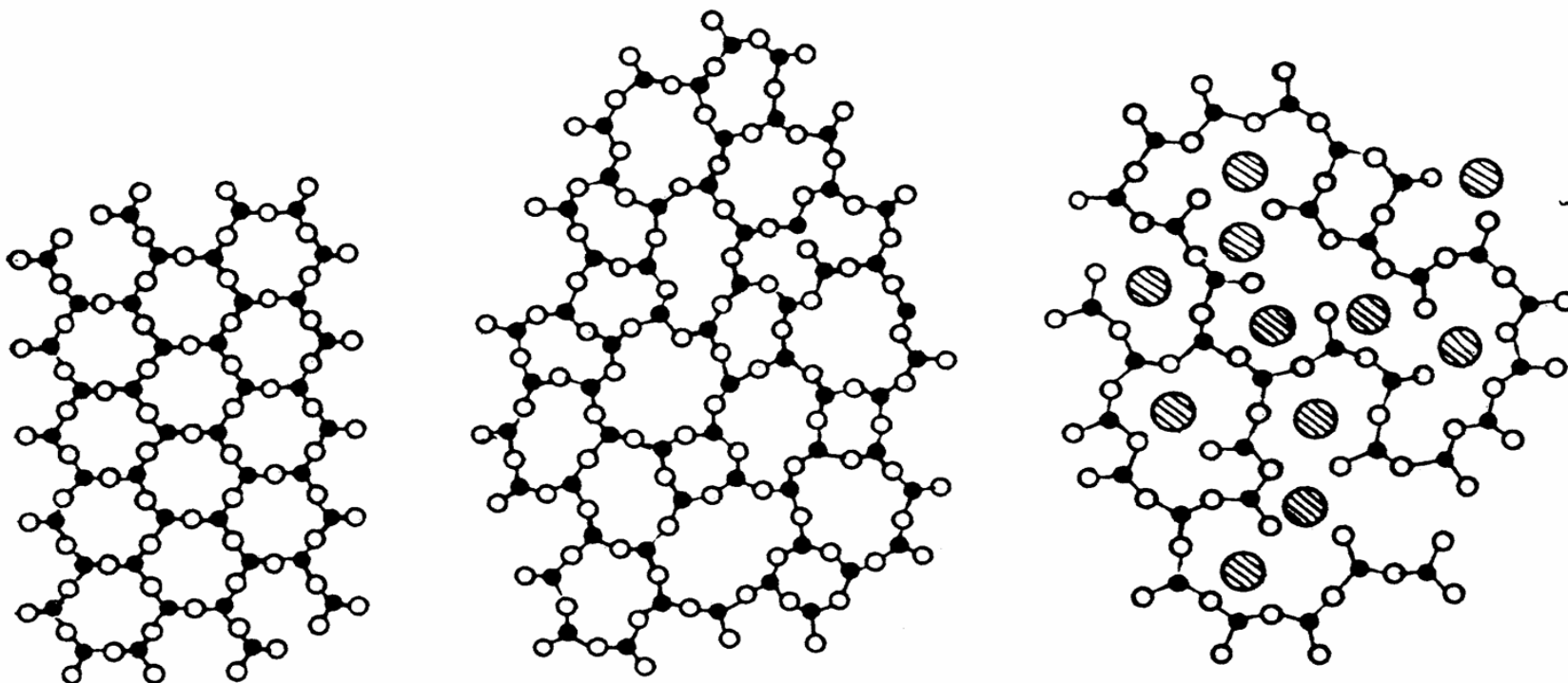
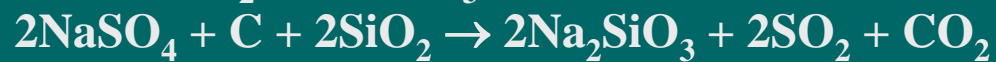
Kétalkotós, a szilícium-dioxid mellett csak szódát tartalmazó üvegfajta. Hideg vízben oldódik. Örlemény vagy vizes oldat formájában kerül forgalomba. Felhasználják faszerkezetek lángmentesítésére, habarcsokba, cementbe, festékekbe adalékanyagként, öntőformák kötőanyagaként

Építőanyagként használt üvegfajták, felhasználási területük és alkotói

Üvegfajta		Fő alkotói	Felhasználási területe
Jele	Alkálikus üveg		
A üveg	Alkálikus üveg	SiO ₂ + Na ₂ O és/vagy K ₂ O + CaO és/vagy MgO	Húzott, hengerelt és sajtolt síküveg, üvegszál bitumenes fedéllemezhez
E üveg	Semleges üveg Boroszilikát üveg	SiO ₂ + CaO és/vagy MgO + B ₂ O ₃	Finomüvegszál erősített műanyagokhoz, hőszigetelő anyagokhoz
	Kvarcüveg	SiO ₂	Külömlleges feladatokhoz
	Cirkonüveg	SiO ₂ + ZrO ₂	Finomüvegszál szálerősített betonhoz

Az üveg fajtája	Felhasználási területe
Öblösüveg	Háztartási üvegárúk, díszműárúk, lakásvilágítási cikkek, palackok, ballonok
Síküveg	Nyílászárók üvegei, kétrétegű hőszigetelt üvegek, tükrök, optikai üvegek
Üveggyapot	Hő- és hangszigetelés anyagai
Üvegszál	Védőruházathoz, műanyaggal összedolgozva csónakok, kerékpárok váza, tartályok, kádak
Cső- és botüveg	Ipari üvegcsövek, fénycsövek, laboratóriumi eszközök, hőmérők

SZILIKÁT képződés, 600-800 °C:



a)

● Si ○ O ● Na

b)

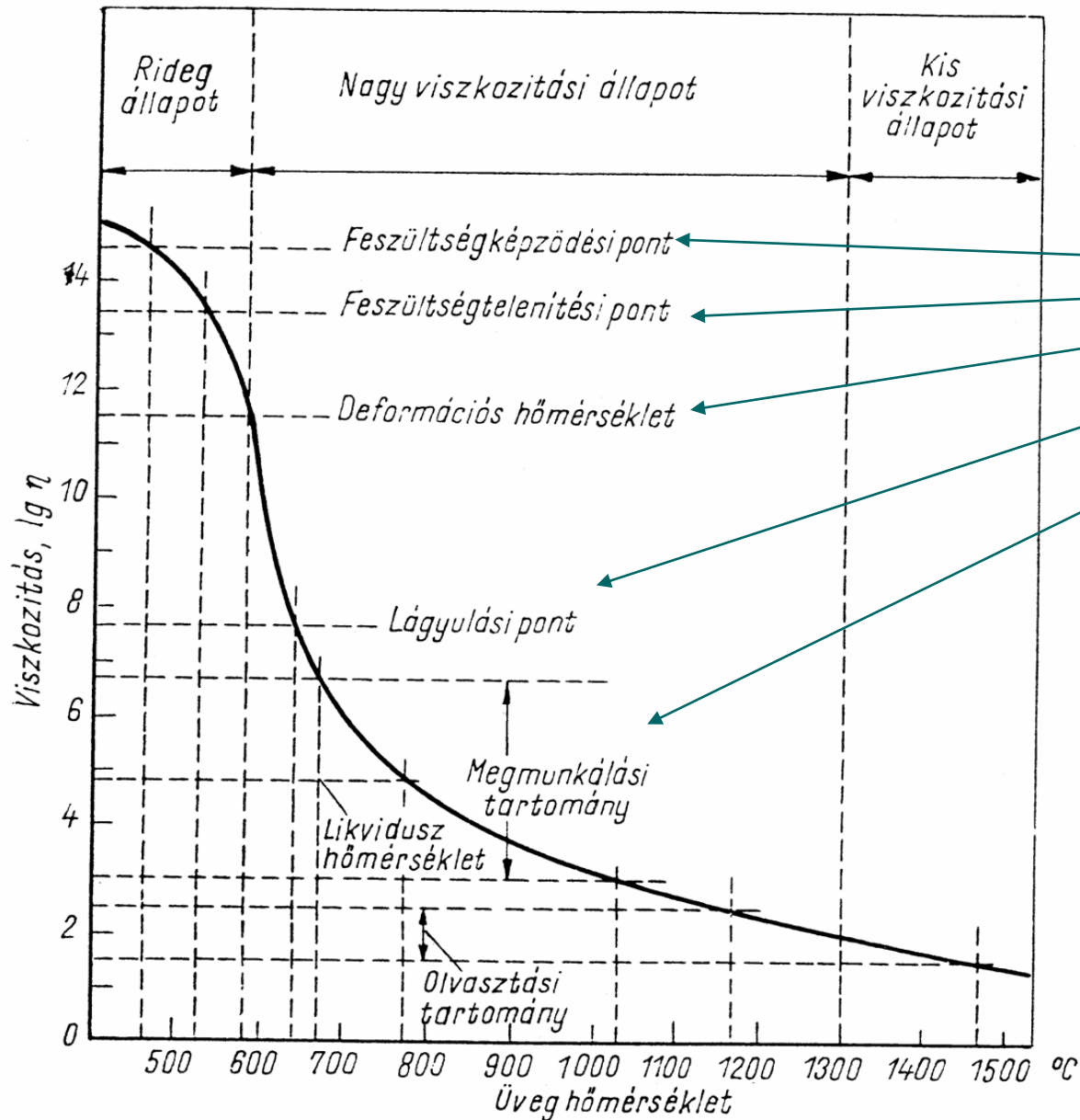
c)

a) kristályos kvarc;

b) kvarcüveg;

c) nátronüveg

Az üveg viszkozitása



viszkozitás:

450 – 500 $^{\circ}\text{C}$

500 – 550 $^{\circ}\text{C}$

550 – 600 $^{\circ}\text{C}$

675 – 725 $^{\circ}\text{C}$

650 – 1100 $^{\circ}\text{C}$



Vágott él



Él letörés, nem csiszolt

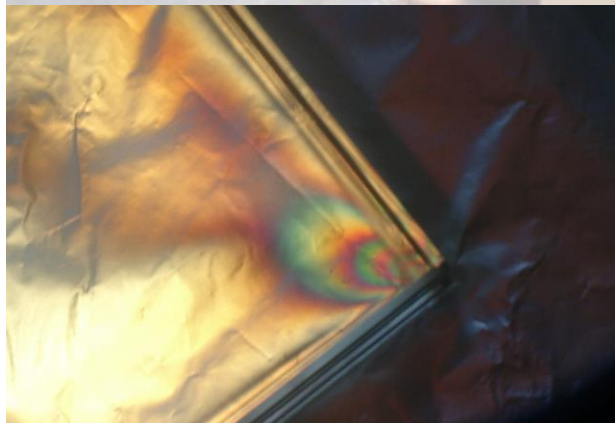


Él letörés, csiszolt



Polírozás
Élmegmunkálás

Többrétegű üveg gyártása

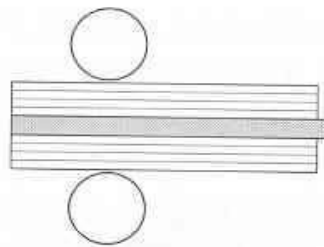


Gyantás
rétegelés

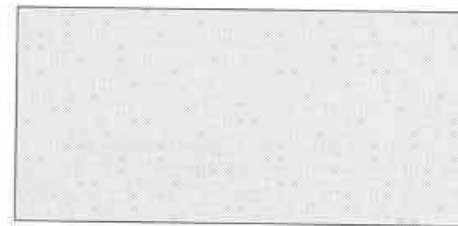


Rétegelés (PVB fóliával)

Fóliával laminált üveg készítése



Nyomás, prézelés



Autoklávolás (hő+nyomás)



Laminált üveg

Tervezési paraméterek

Float üvegek

$v = 4,5,6,8,10,12,15,19,24$ mm

Táblaméret: 3210×6000 mm (Jumbo)

Edzett üvegek

Magyarországon: 2800×6000 (4 m felett 2004-től)

Járható üvegfelület, ragasztott edzett

Átlagosan $v = 30-37$ mm, felépítés: min. 3 réteg, szélesség: kb. 1 m

Pl.: 1×1 m, 3×10 mm üvegtábla súlya: 75 kg

- az adatok tájékoztató jellegűek , minden teherhordó üvegtábla statikailag méretezendő

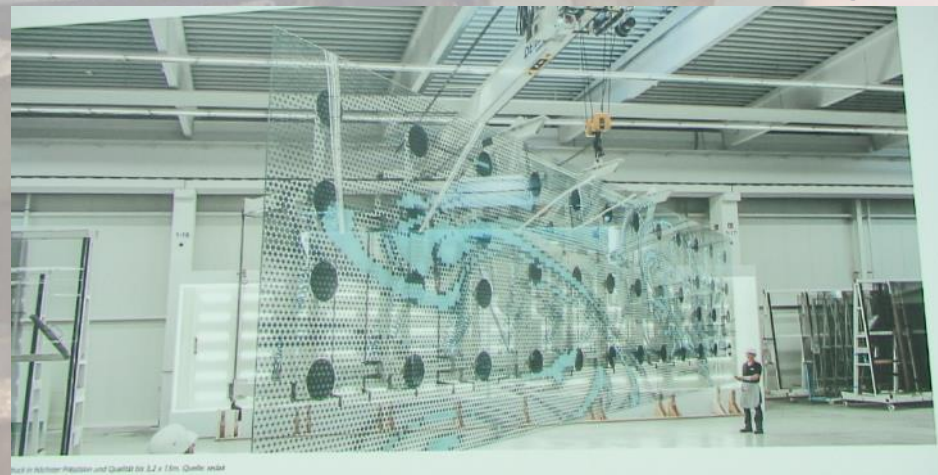


Jumbo méretet is meghaladó *különlegesen nagyméretű üvegek*

15 m ×
3,2 m



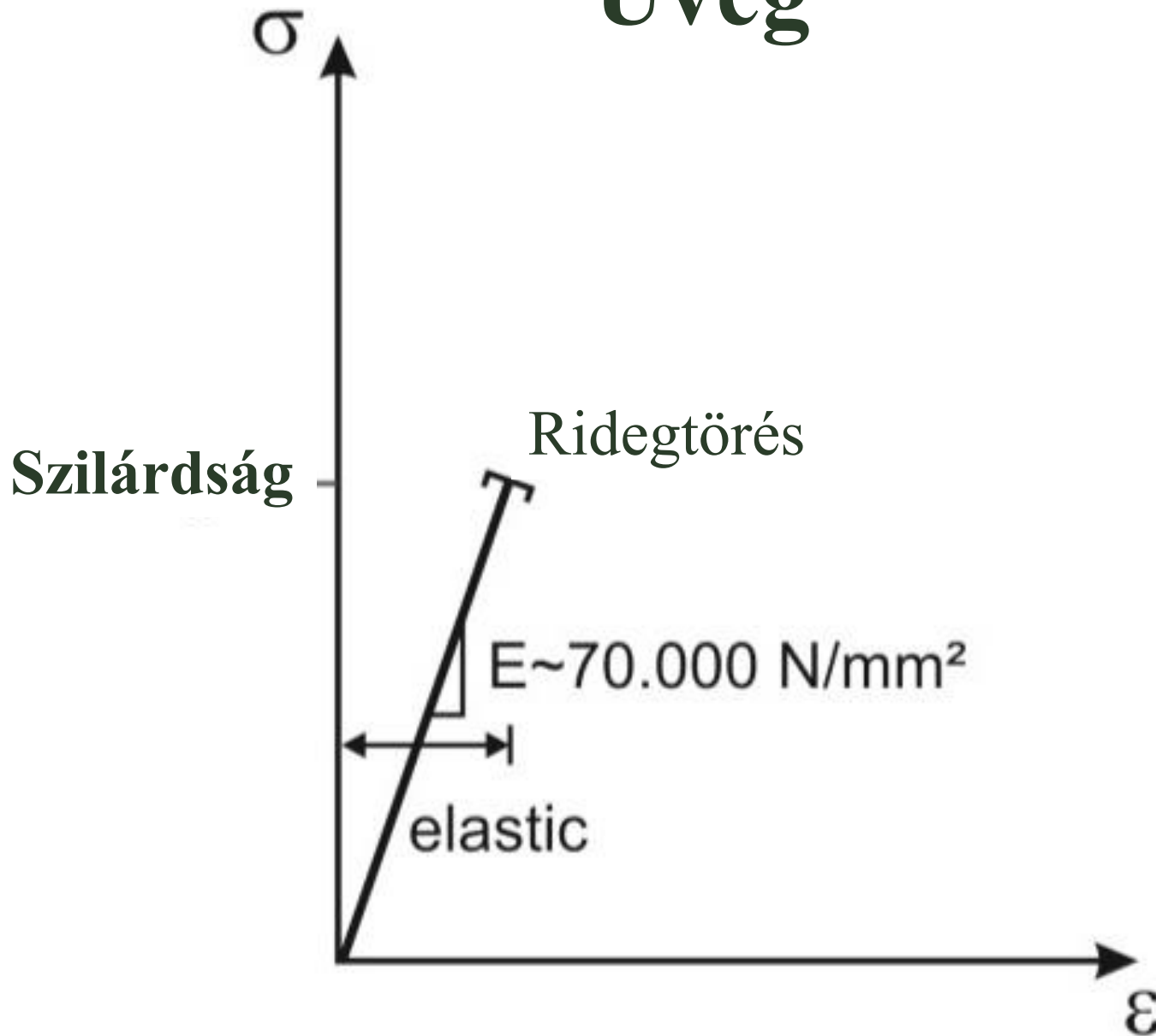
SEDAK GmbH & Co. KG (Németország)



A üveg legfontosabb fizikai és mechanikai tulajdonságai

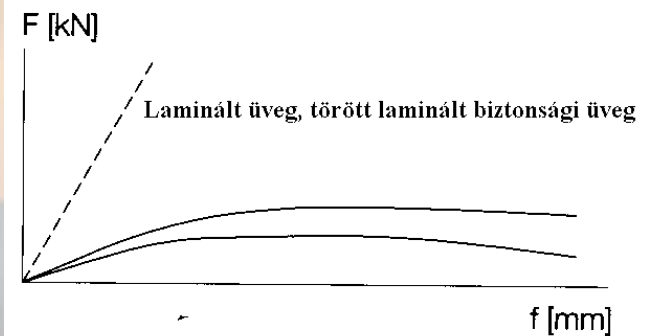
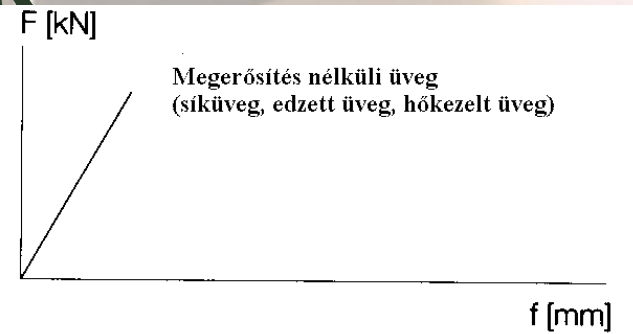
Üveg fizikai tulajdonságai		
Rugalmassági modulus (E)		70000 N/mm ²
Nyírási modulus (G)		30000 N/mm ²
Poisson tényező		0,22-0,25
Kúszási tényező		0,5-1 %
Hőtágulási együttható (α)		$88 \times 10^{-7} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Hővezetési tényező		1 W/mK
Lágyulási hőmérséklet		560-600 °C
Sűrűség		2,5 g/cm ³
az ólomüvegé		6,3 g/cm ³
Nano-szilárdság*		11000 N/mm ²
Nyomószilárdság		700-900 N/mm ²
Húzószilárdság		33-81 N/mm ²
Névleges hajlító-húzószilárdság		
Normál síküveg $f_{ck, float}$		40 N/mm ²
Hőkezelt üveg $f_{ck, hk}$		70 N/mm ²
Edzett üveg $f_{ck, edzett}$		120 N/mm ²
Fajhő	Kvarcüveg (c)	0,75 J/gK
	Ablaküveg (c)	0,84 J/gK

Üveg



Edzett és hőkezelt üvegek

- ◆ Edzett üveg (a)
- ◆ Hőkezelt üveg (b)
- ◆ Kémiaailag kezelt üveg (c)



Maradó teherbírás





INCREDIBLE !!!

XLAB 80 Kg/m

SGP 40 Kg/m

SGP 40 Kg/m

FARALONE
LINEA

FARALONE
XLAB 80 Kg/m

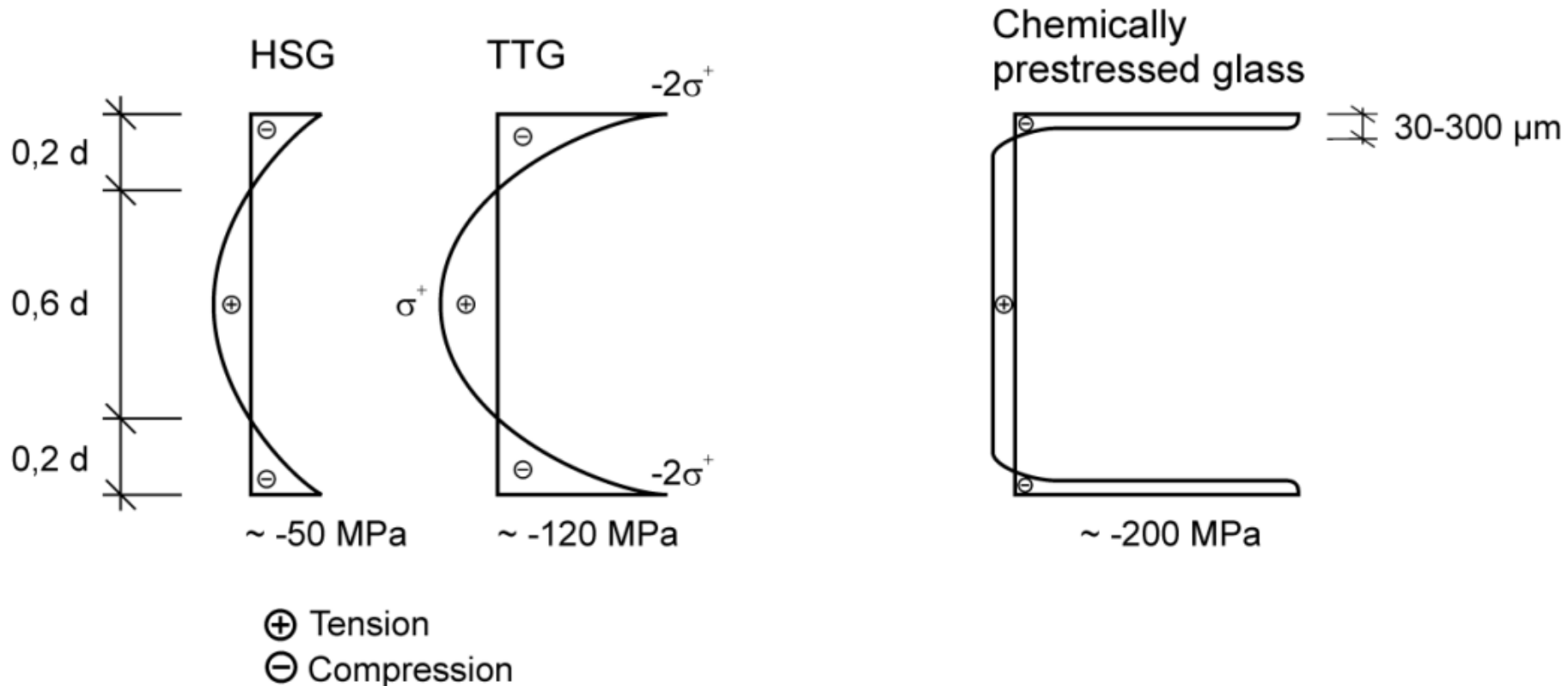
FARALONE

FARALONE

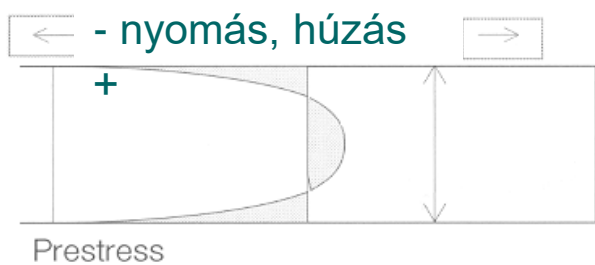
FARALONE

FESZÜLTSG ELOSZLÁS:

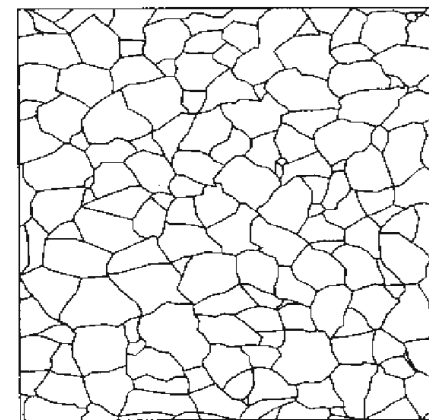
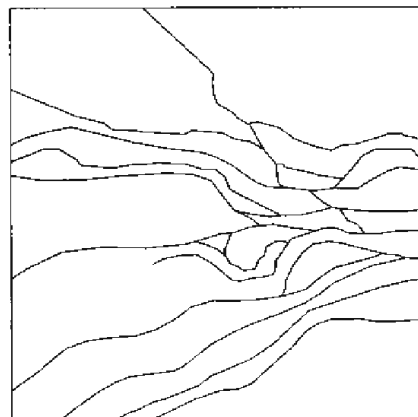
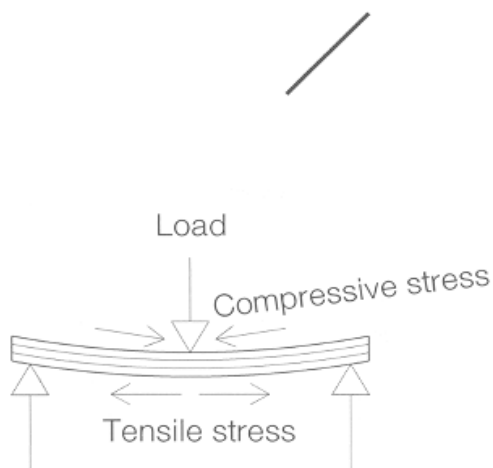
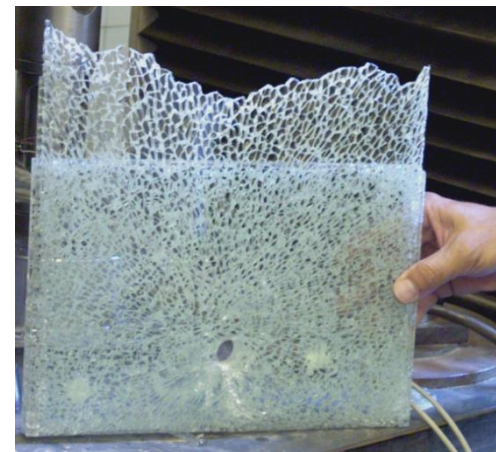
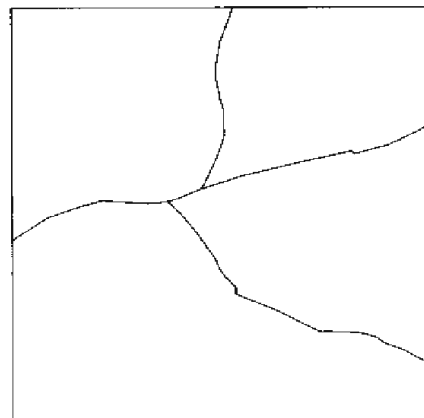
HSG: hőkezelt (TVG)
TTG: edzett üveg (ESG)
Kémiaailag kezelt



Edzett üveg jellemzői



2.1.23 Stress distribution in toughened safety glass

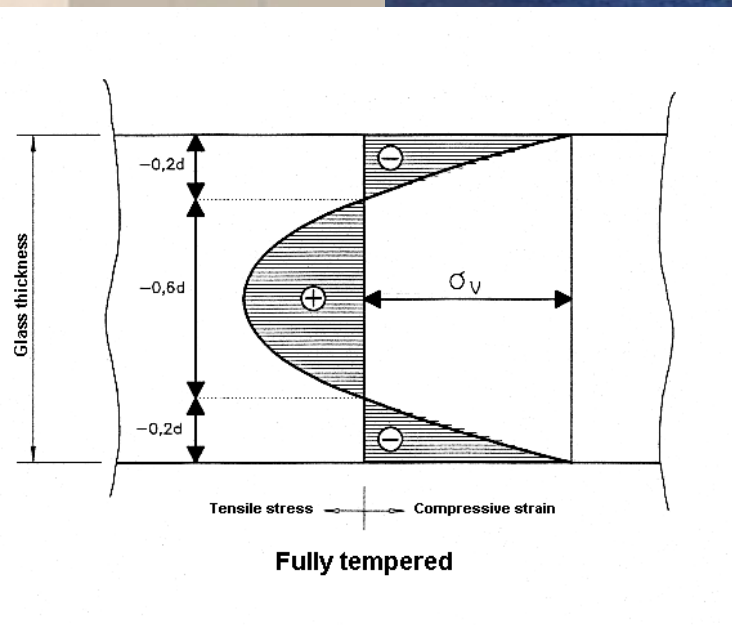


Support for
glass pane

2.1.24 Stress distribution in the glass surface upon loading

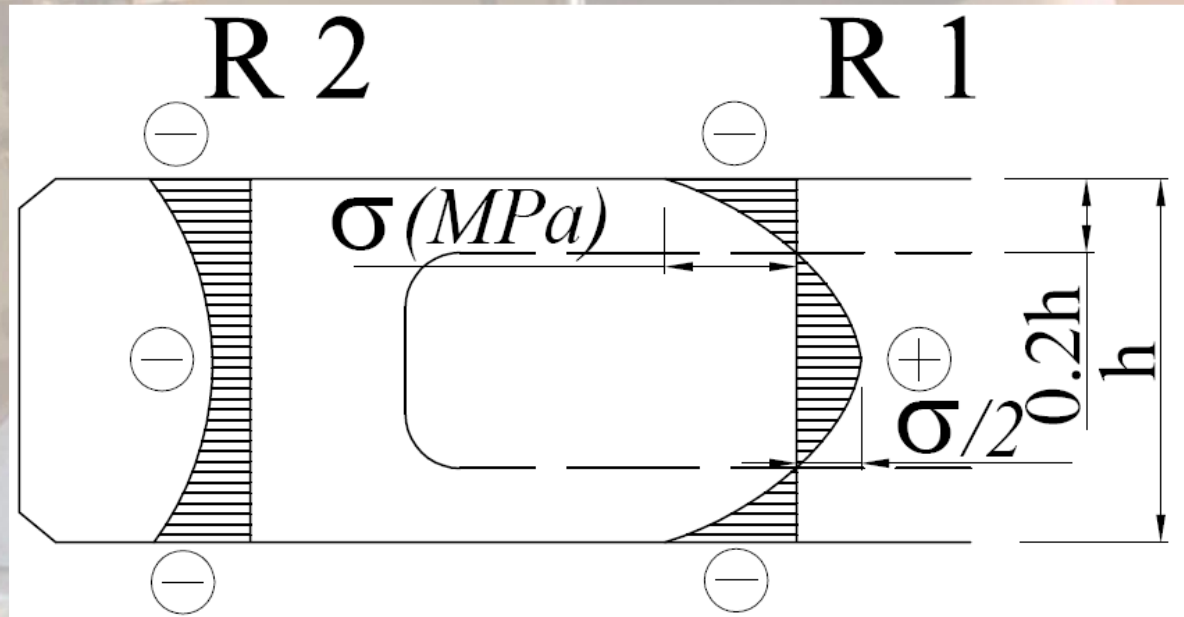
Törésképek,

a) Normál üvegek, b) hőkezelt üvegek, c) edzett üvegek

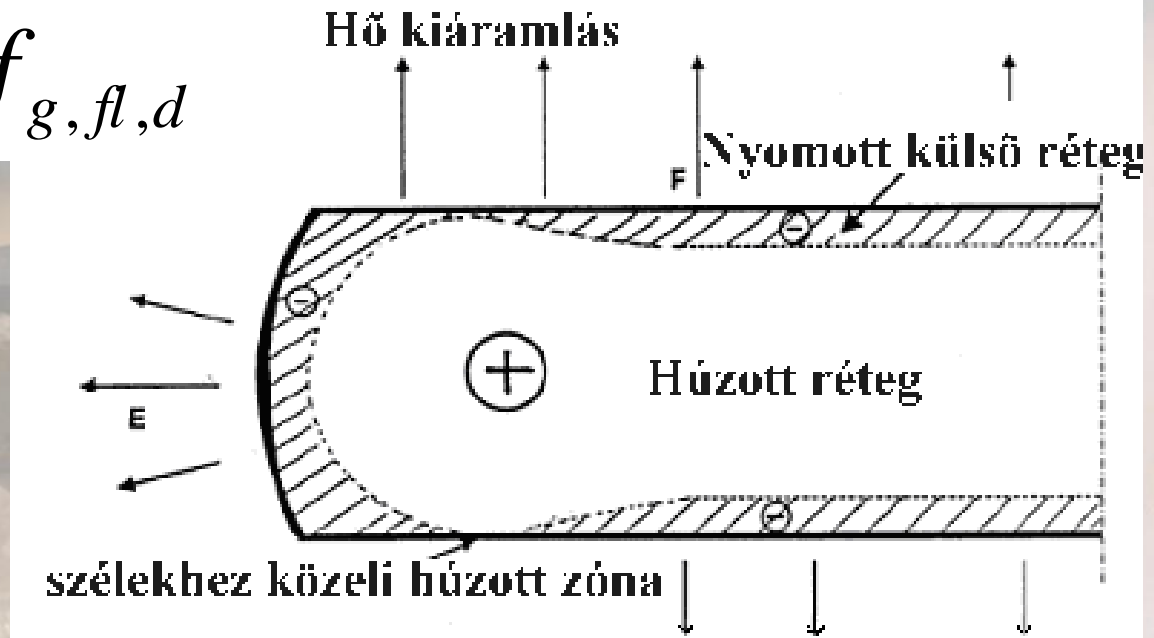


Jelenség bemutatása



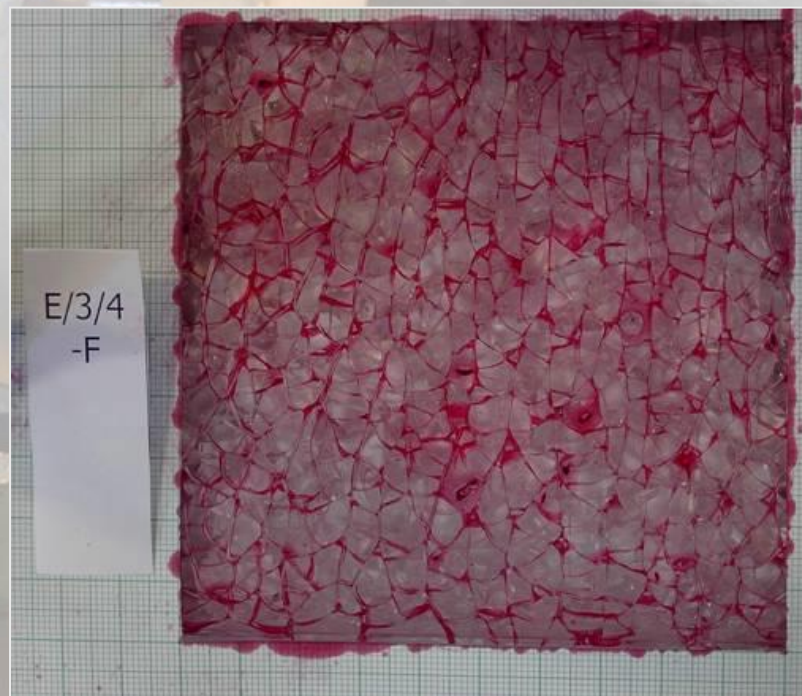


$$f_{edge,g,fl,d} = 0.8 \cdot f_{g,fl,d}$$

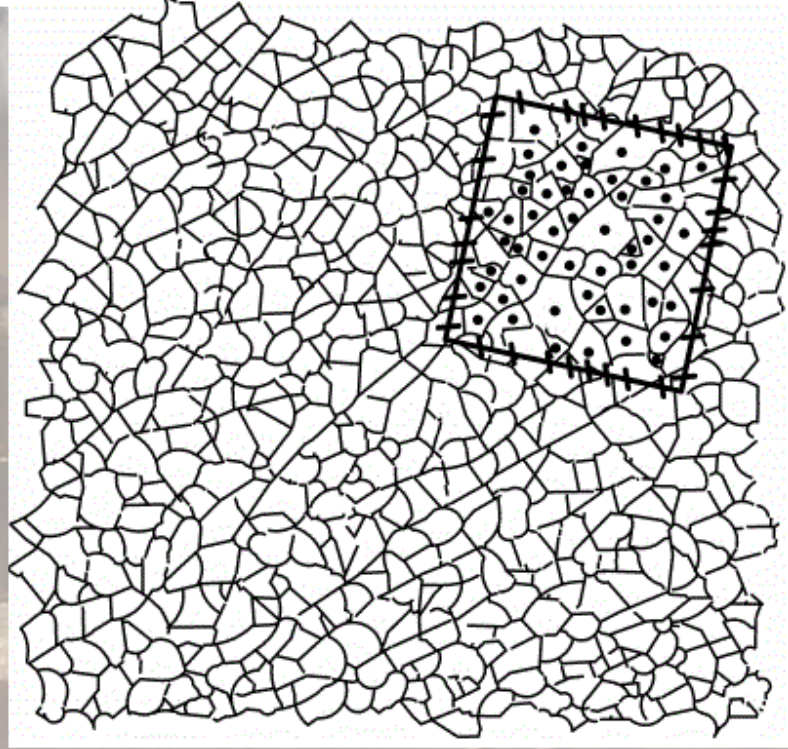
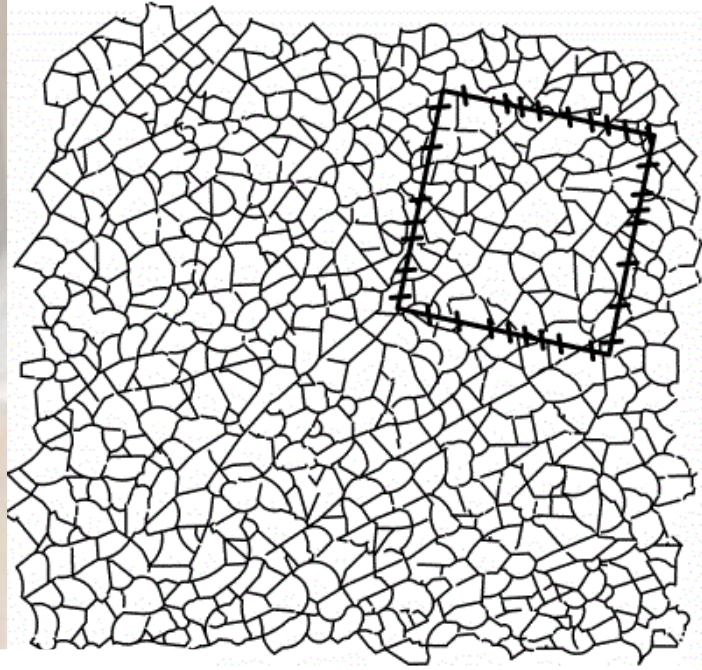
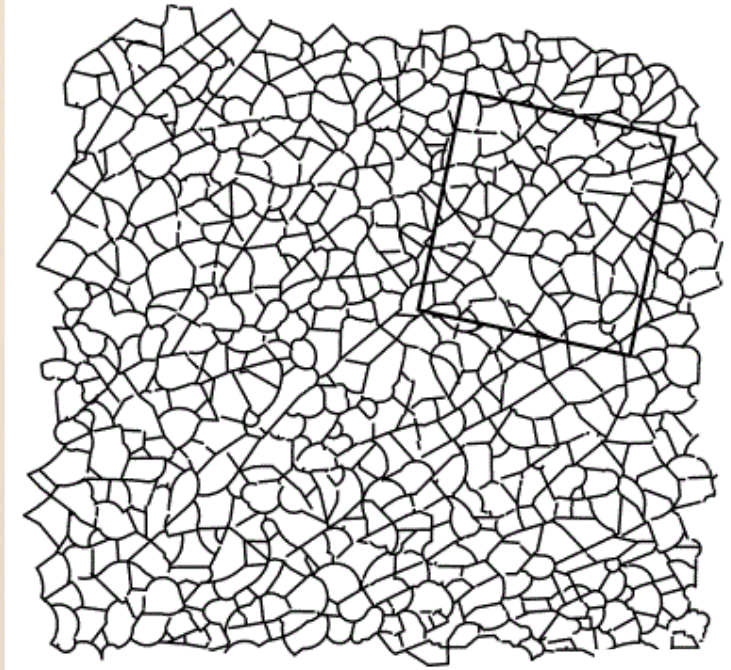


Töréskép vizsgálatok

◆ MSZ EN 12150-1:2015+A1:2019



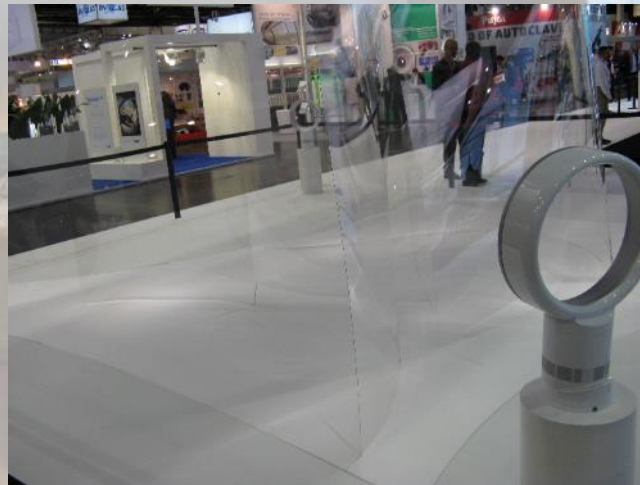
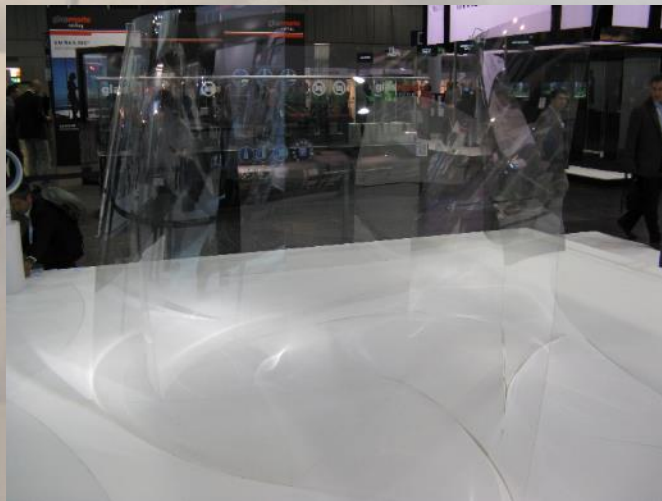
Üveg típus	Üveg vastagsága, mm	50×50 mm kerületén min. szilánk db száma	50×50 mm területén lévő min. szilánk db száma (MSZ EN 14428)
Minden fajta üveg	2	15	Nem alkalmazható
Minden fajta üveg	3	15	40
Minden fajta üveg	4 és 12 között	40	40
Minden fajta üveg	15 és 25 között	30	30



Vékony üvegek: Kémiailag erősített alumínium szilikát üvegek

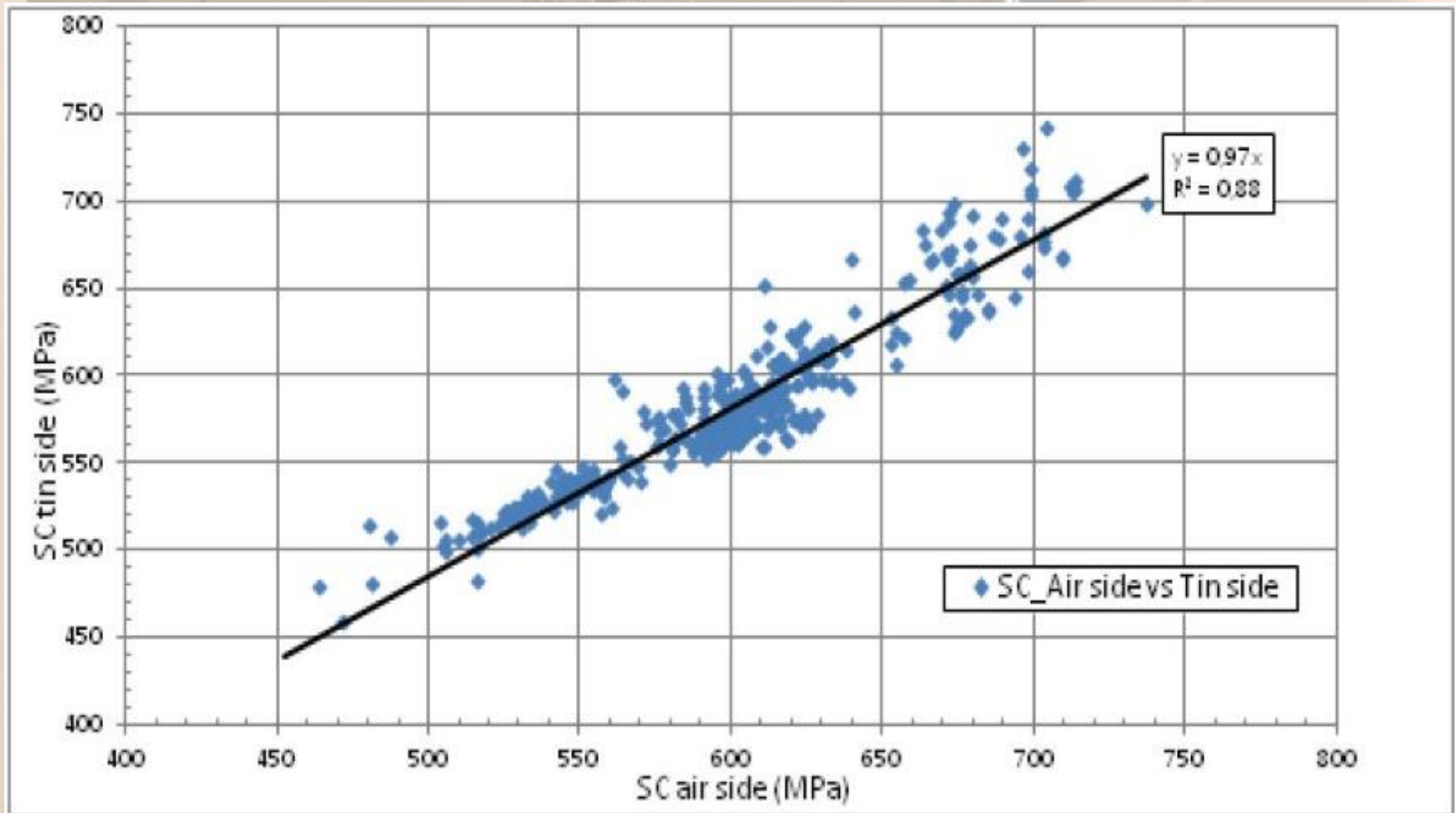


SCHOTT kémiaailag edzett alumínium-szilikát üvege Xensation®
Cover néven



- AGC vékonyüveg termékei (vegyszeri eljárás): AGC Dragontrail™ X és Leoflex™

Kémiai edzés



Felületi feszültségek (SC) összehasonlítása a levegővel érintkező (air side) és ónfürdős (tin side) üveg oldalon.

GPD 2015: Mognato, E. - Schiavonato, M. - Pittoni, M.: *Chemically Strengthened Glass*



*Vékony laminált üvegek alkalmazása: mozgatható, összecusukható tető,
Gorilla Glass, Corning Incorporated, USA
(egy réteg vastagsága 0.7 mm; a laminált üveg: 5 kg/m²)*

Üveg szilárdsága

- ◆ Elméleti szilárdsága az SiO_4 tetraédernek: 10.000 MPa
- ◆ Az üveg elméleti húzószilárdsága: 7.000 MPa
- ◆ Float üveg 5%-os karakterisztikus húzó szilárdsága: 45 MPa

Üveg típus	Karakterisztikus húzó-hajító szilárdság f_k , (MPa)	Tervezési szilárdság (hajlító)		Tényező $K = \frac{f_{ui}}{f_{uv}}$
		Rövid idejű terhekre f_{ui} (MPa)	Tartós terhekre f_{uv} (MPa)	
ESG	120	50	50	1
HSG (TVG)	70	35	20	1,75
FLOAT	45	20	10	2

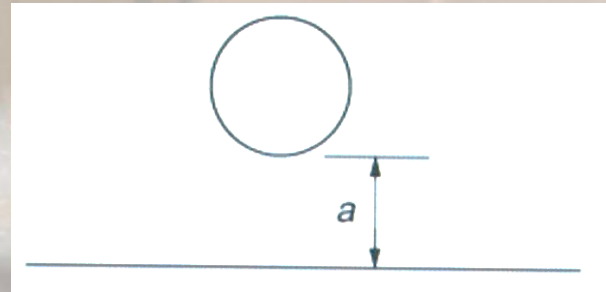
Az üveg tervezési szilárdságai

Többféle európai szabvány és 60° feletti hajlásszöget figyelembe véve foglaljuk össze. ()-ben a 60° alatti értékek

Üvegfajta	ÖNORM B3721 N/mm ²	EN Fejfeletti üvegezésnél (vízszintes) N/mm ²	EN Függőleges üvegezésnél N/mm ²	DIN 1249 1. és 10. rész N/mm ²
Ablaküveg (float üveg)	30 (12)	12	18	30
Öntött üveg (ornamensüveg, dróttal erősített ornamensüveg, csiszolt üveg)	20 (8)	8	10	
Húzott oldalán bevonatos 1 rétegű edzett üveg	50 (20)	50	50	50
1 rétegű edzett üveg		30	30	
Többrétegű üveg ablaküvegből	30/rétegszám	15		
Többrétegű üveg ablaküvegből		25		
Többrétegű üveg edzett üvegből	50/rétegszám			
Hőkezelt üveg				40

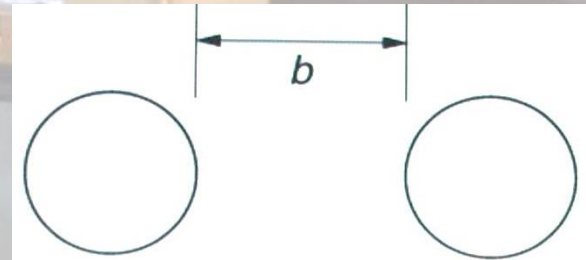
Furatlyukak elhelyezésének szabályai MSZ EN 12150-1:2000 szerint

minimális távolsága az üveg élétől:



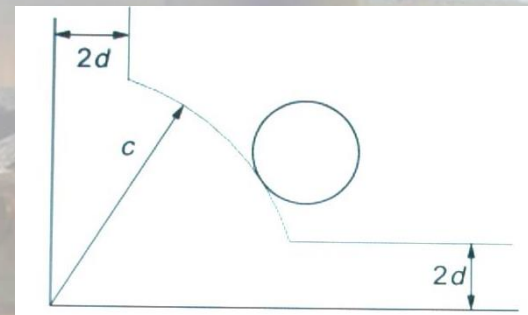
$$a \geq 2d$$

furatlyukak minimális távolsága egymástól:



$$b > 2d$$

furatlyukak minimális távolsága a sarkoktól:

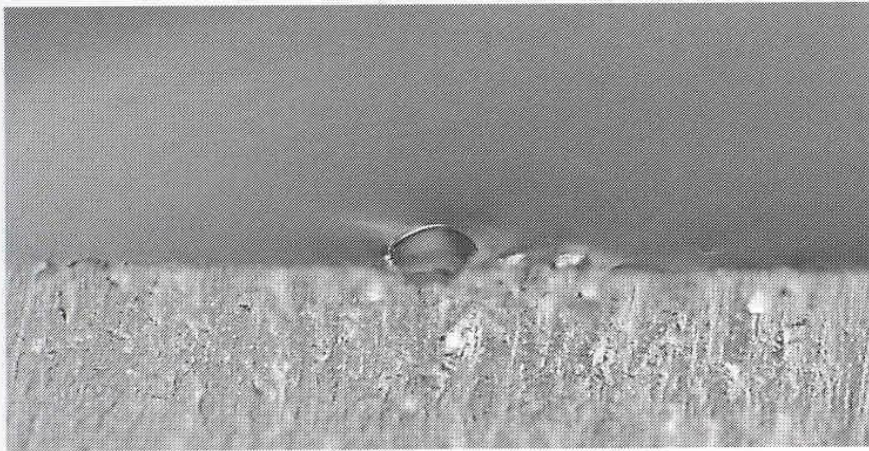


$$c \geq 6d$$

furatlyuk mérettűrése $20 < d \leq 100$ m esetén: ± 2 mm (MSZ EN 12150-1:2000)

Megjegyzés: a korábbi TRPV és TRAV német irányelv az MSZ EN 12150-1:2000 szabványhoz képest szigorúbban rendelkezik.

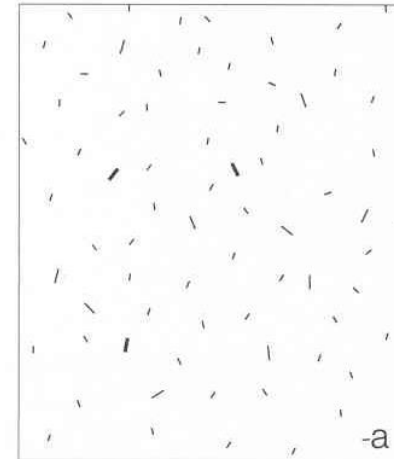
Szilárdság-Tartósság



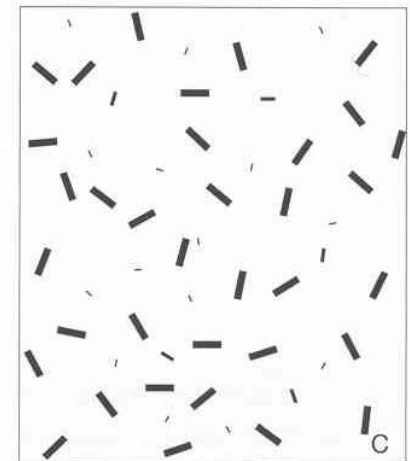
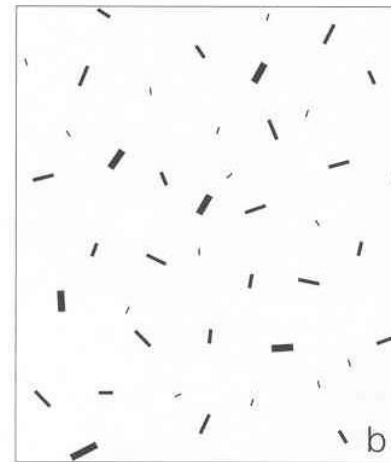
Polírozott él mikroszkopikus hibája,
repedése



Griffith-féle repedések, az üvegfelület
kilúgozódása, kültérben

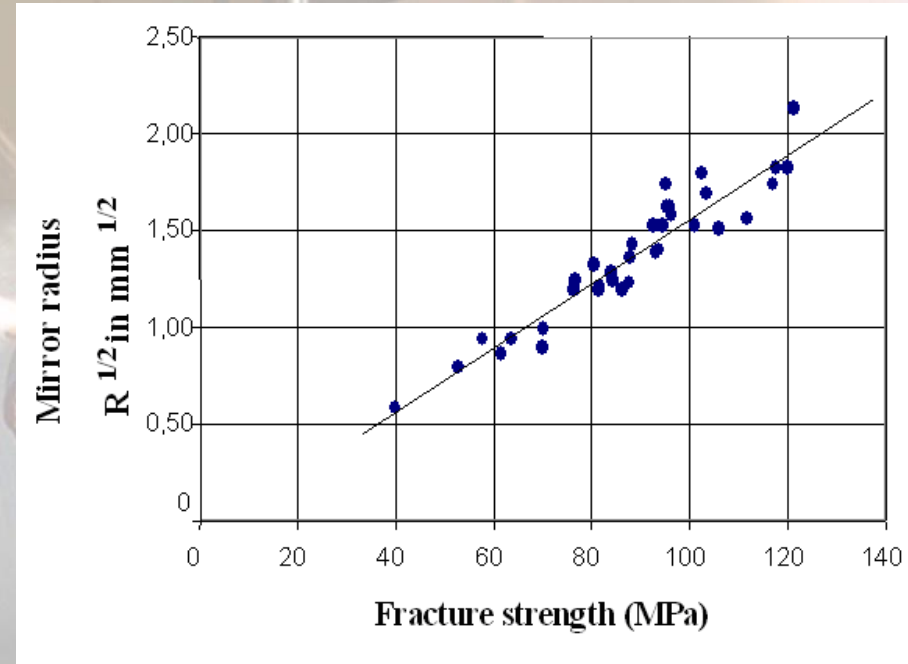


- < 0,01 mm, 45 MPa
- 0,01 mm, 40 MPa
- 0,02 mm, 35 MPa
- 0,05 mm, 30 MPa
- 0,10 mm, 25 MPa
- > 0,10 mm, 20 MPa



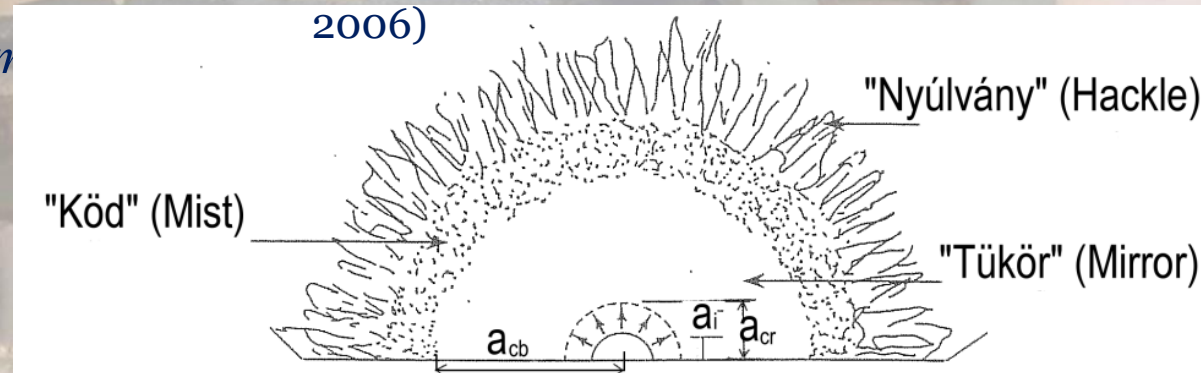
Distribution of surface damage for a) new glass,
b) weathered glass, c) glass with inherent damage.

Mikroszkópos megfigyelések

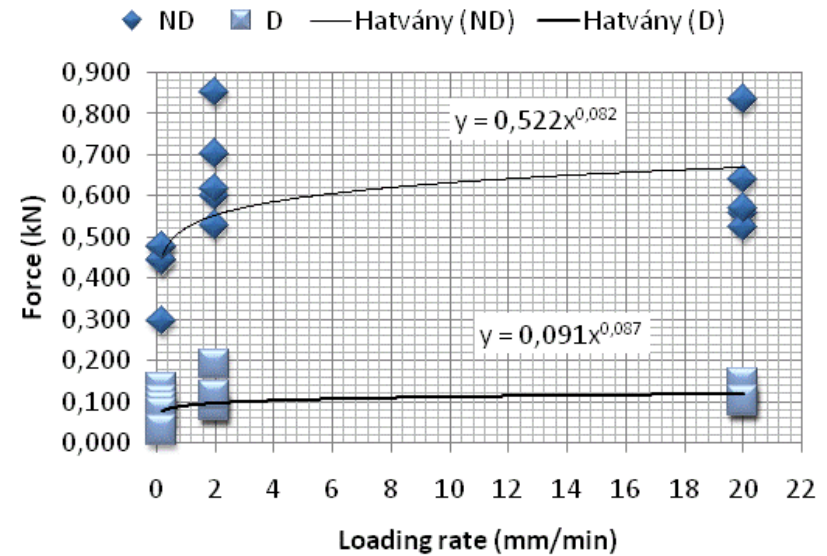
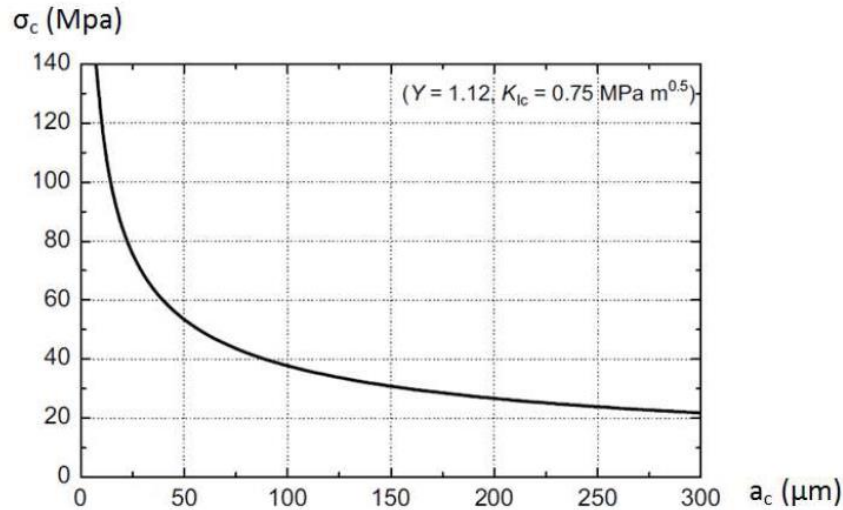


(Weissman R., TF, WW, Erlangen-Nürnberg, 2006)

Mikroszkópikus repedés tartományok
 a_i kezdeti repedés,
 a_{cr} kritikus repedés,
 a_{cb} repedés tükör
 fotó: K. Pankhardt, 2011)

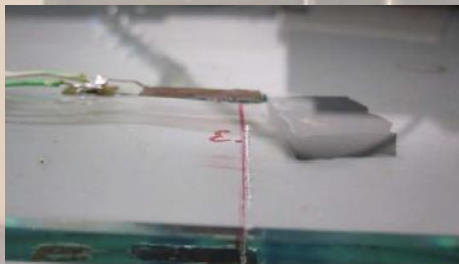
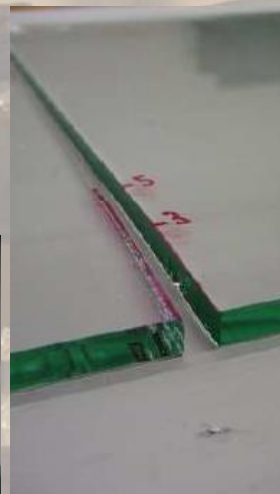
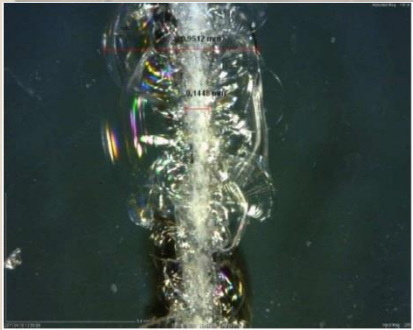
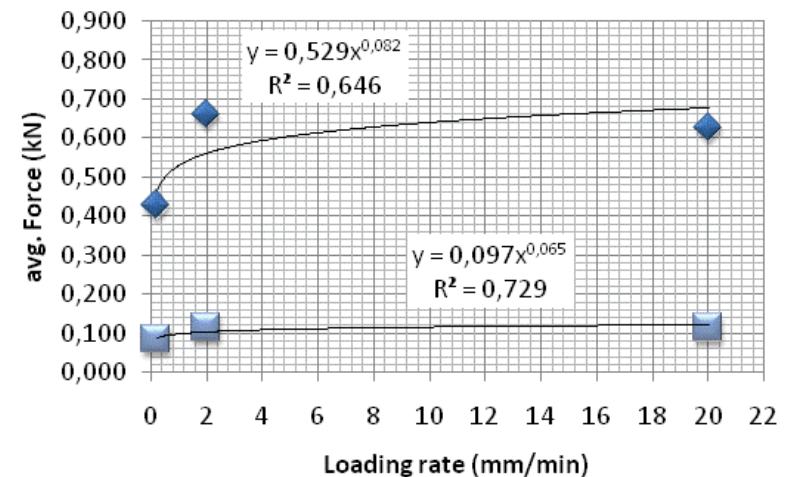


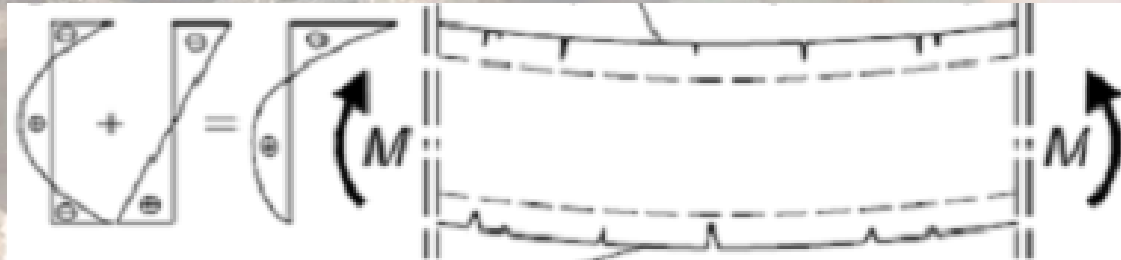
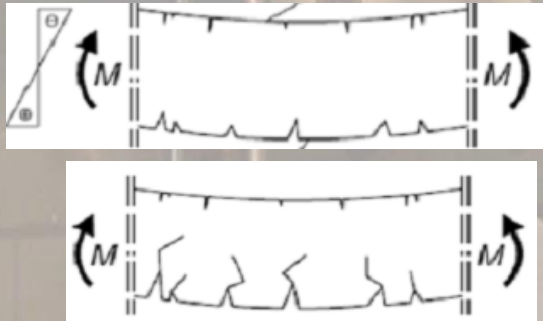
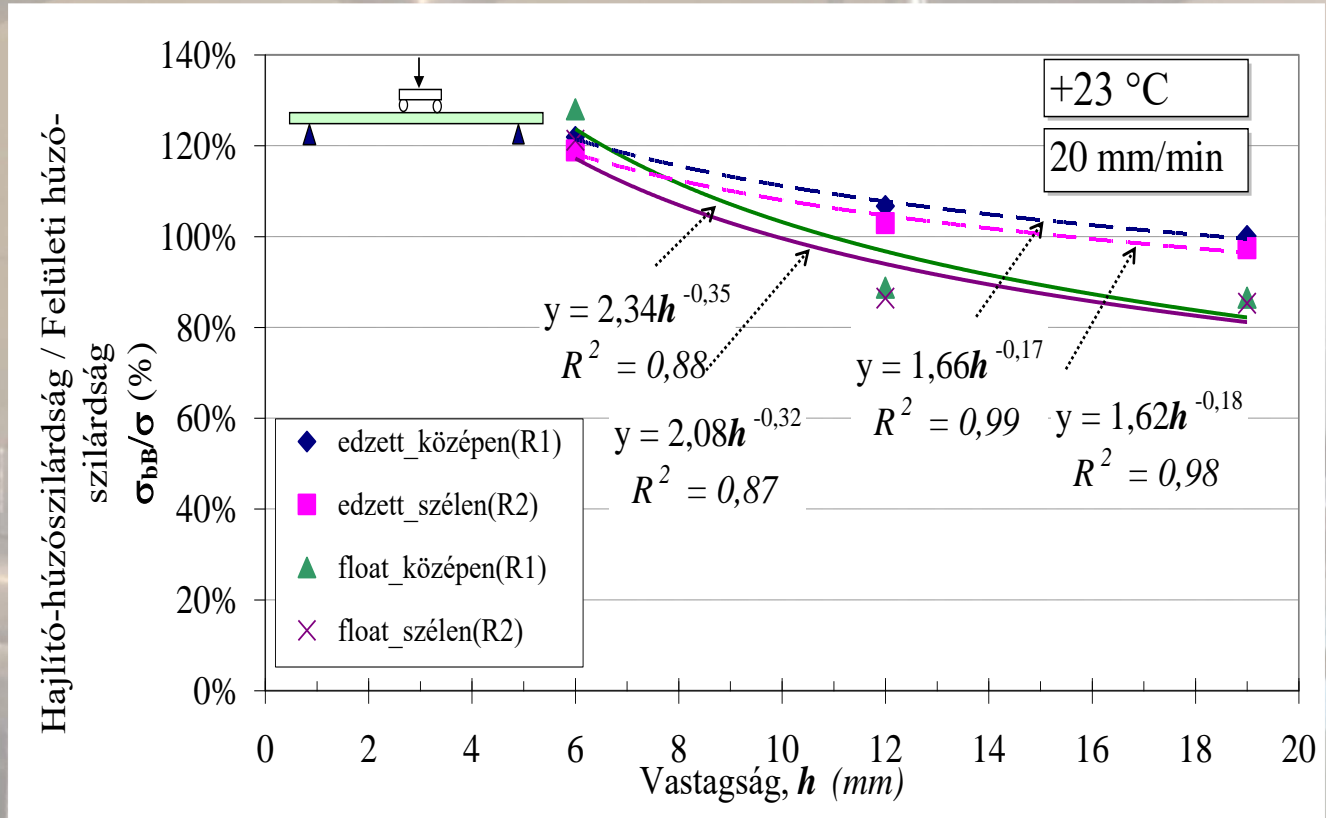
Kísérlet: Előre definiált kritikus hibával ellátott float üvegek hajlítása



20	2	0.2	20	2	0.2
0.626	0.612	0.442	0.113	0.103	0.095

◆ ND ■ D —Hatvány (ND) —Hatvány (D)





Hajlító-húzószilárdság és felületi húzószilárdság %-os aránya az üvegvastagság függvényében

Laminált üvegek teherbírása

A laminált üvegek szerkezeti teherbírását két határon belül értelmezhetjük.

- ◆ Az ún. *alsó (rétegelési) határ* megmutatja, hogy a laminált üveg rétegei között mikor nincsen kapcsolat (nem együttműködnek az üveg rétegek),
- ◆ ill. a *felső (monolitikus) határ* megmutatja mikor tekinthetők mereven kapcsoltnak az üveg rétegek.

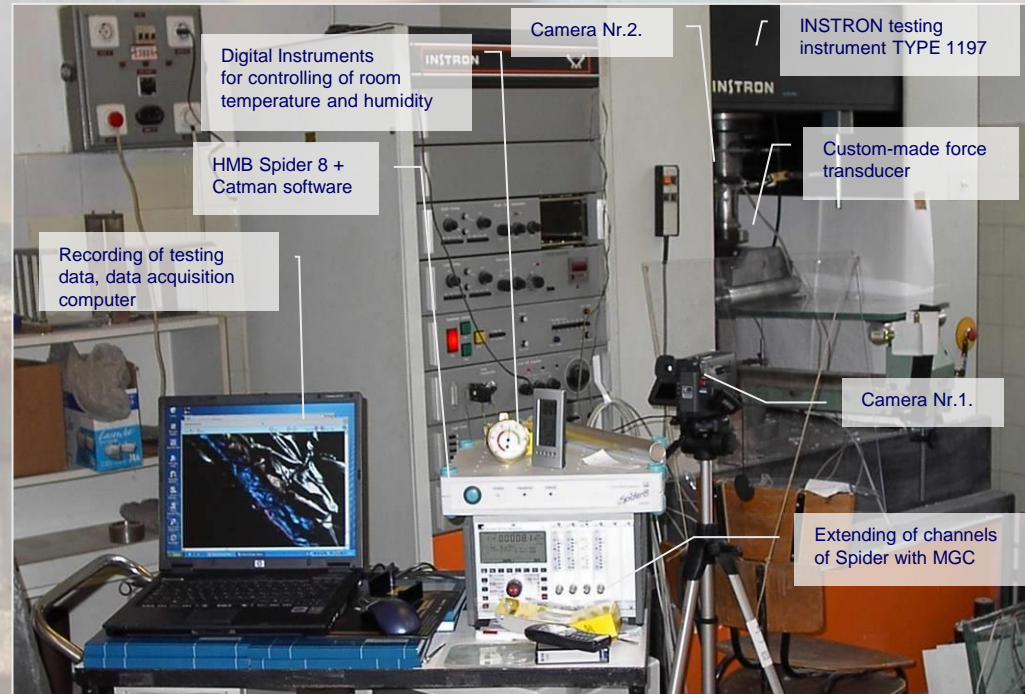
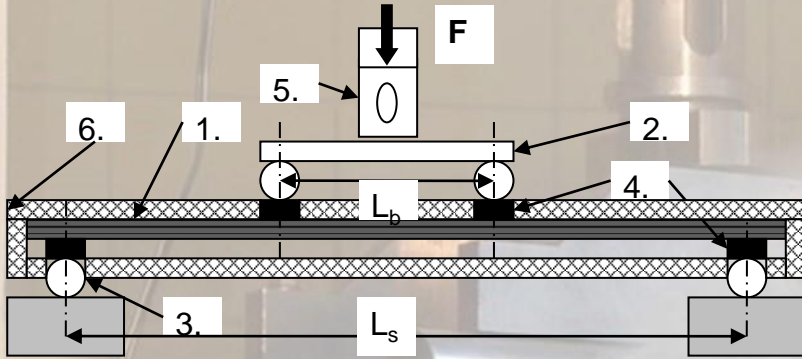
Az üvegben lévő feszültség függ:

- ◆ az üveg alakjától
- ◆ az erő fajtájától (koncentrált, megoszló), nagyságától, időtartamától, terhelési sebességétől
- ◆ a megtámasztás típusától
- ◆ megfogók számától, helyzetétől
- ◆ a furatlyuk méretétől, fajtájától, minőségétől
- ◆ a teherátadó anyag tulajdonságaitól.

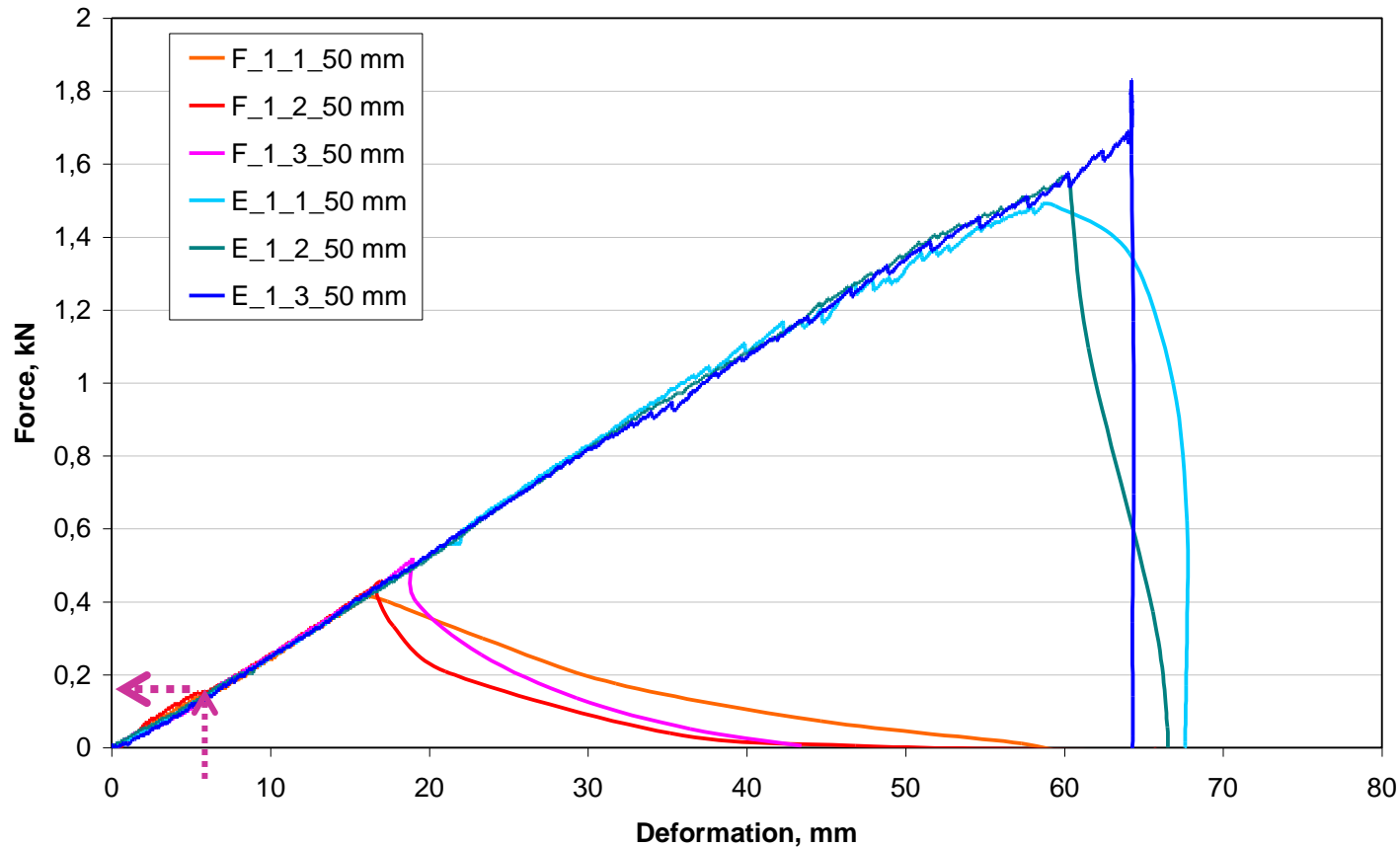
Üveg teherbíróvá tétele



„Harmadpontos” terhelés MSZ EN 1288-3:2000



EDZÉS HATÁSA



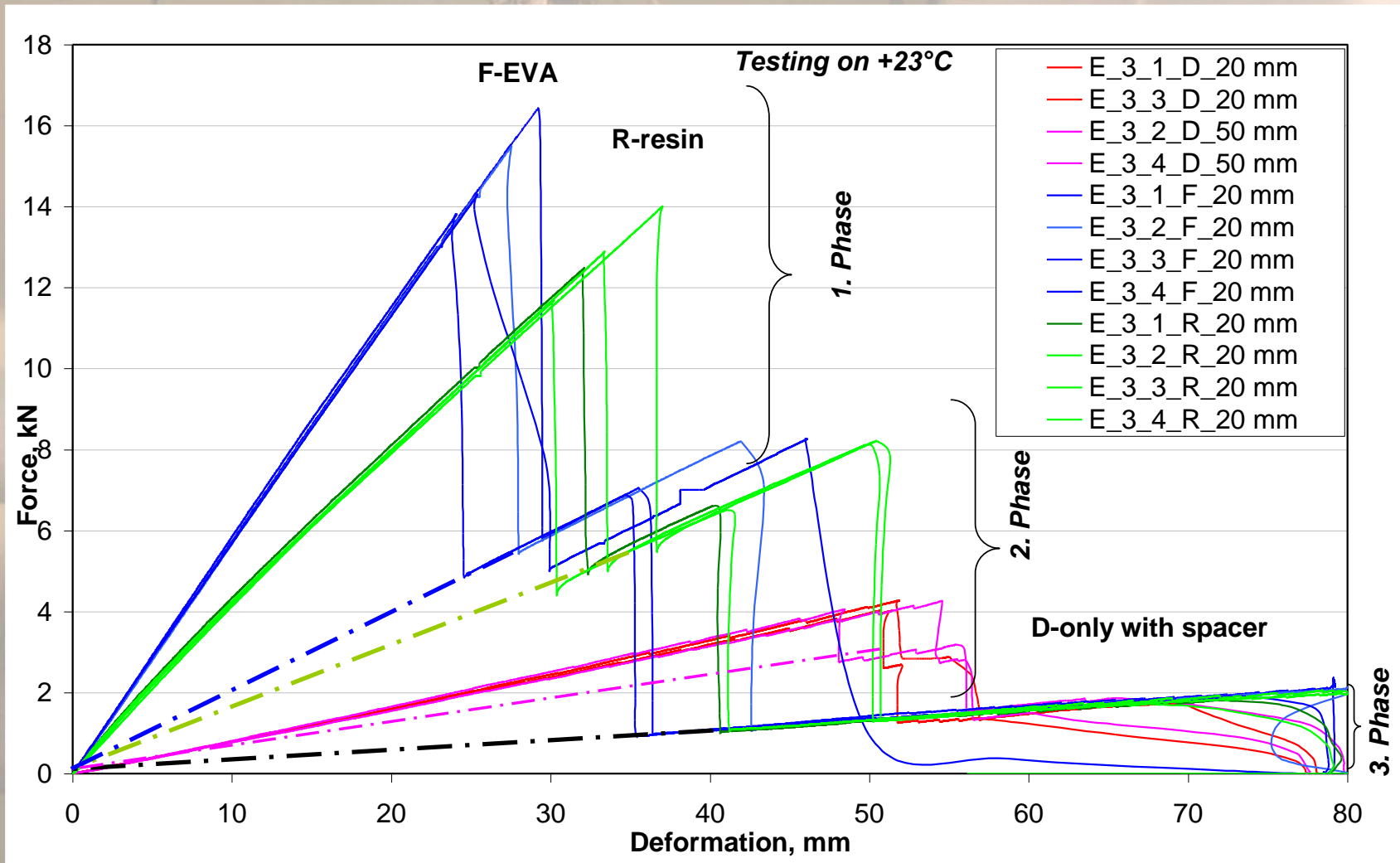
3.5× nagyobb
teherbírású az
edzett üveg

$$y_{\text{allowed, ASTM}} = L_s / 175 = 1000 / 175 = 5.714 \text{ mm}$$

$$y_{\text{allowed, EN}} = L_s / 200 = 1000 / 200 = 5.00 \text{ mm}$$

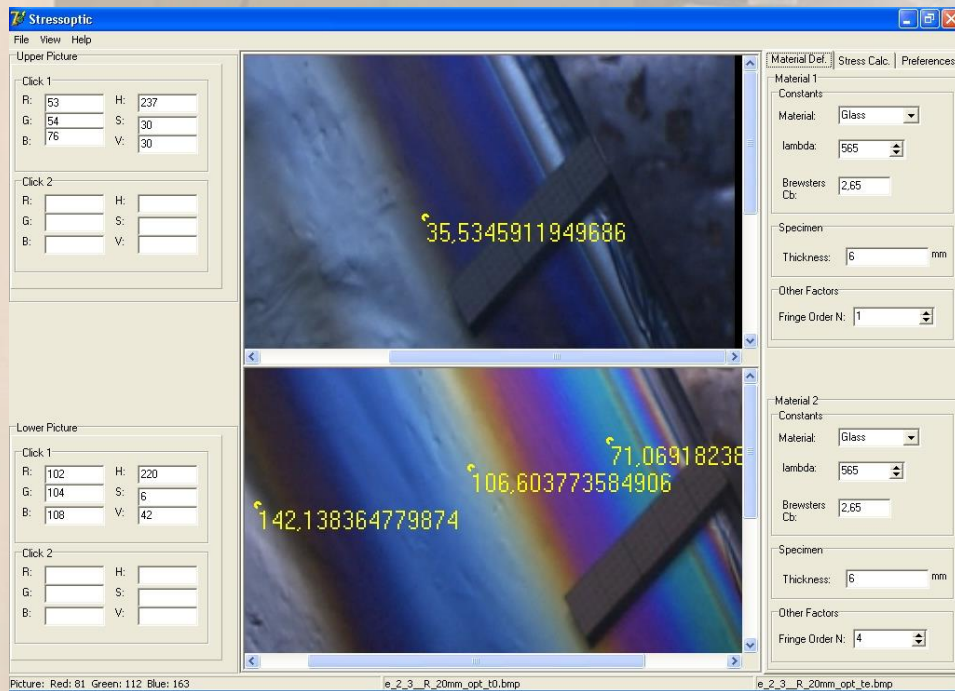
E – edzett üveg; F- hagyományos float; 1, 2, 3 – számozás

Laminálás hatása

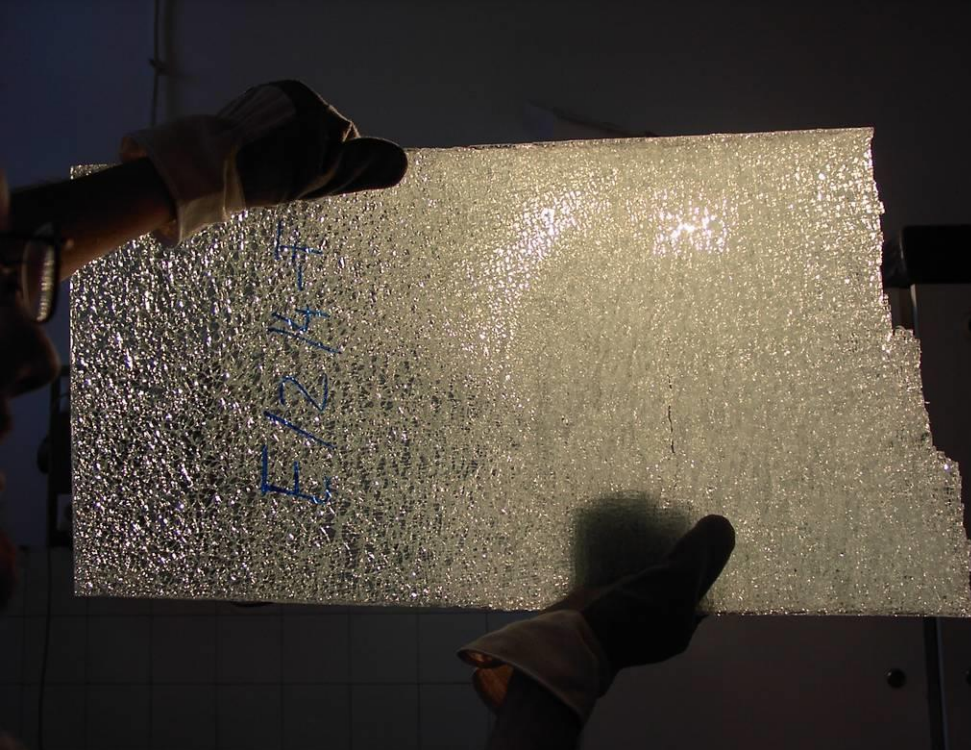


+23 C ° -on végett vizsgálatok, E- edzett üveg; első számjel: -rétegszám, második számjel próbatest; F- EVA fóliás laminált; R-gyantás laminált; D-távartós

Feszültség analízis fotóoptikai módszerrel,



- ◆ Feszültségek mérése (terhelés közben)
 - nyúlásmérővel
 - Optikai módszerekkel (software Stressoptic fejlesztésével Dinamikus fotóoptikai vizsgálatok)



Edzett és

hagyományos float üveg vizsgálata

Rákosy Üveg Kft. termékei

BME Építőanyagok és MG. Tsz.-en

Dr. Pankhardt Kinga - Dr. Salem G. Nehme

TÖRÉSKÉPEK



Edzett és laminált üveg vizsgálata

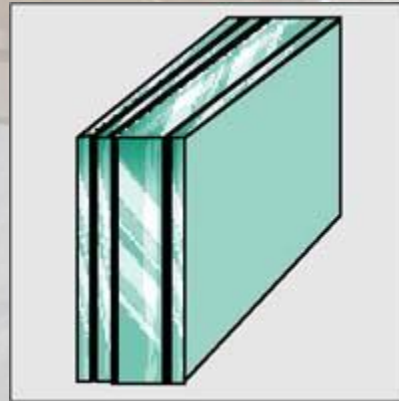
Rákosy Üveg Kft. termékei

BME Építőanyagok és MG. Tsz-en

Dr. Pankhardt Kinga - Dr. Salem G. Nehme



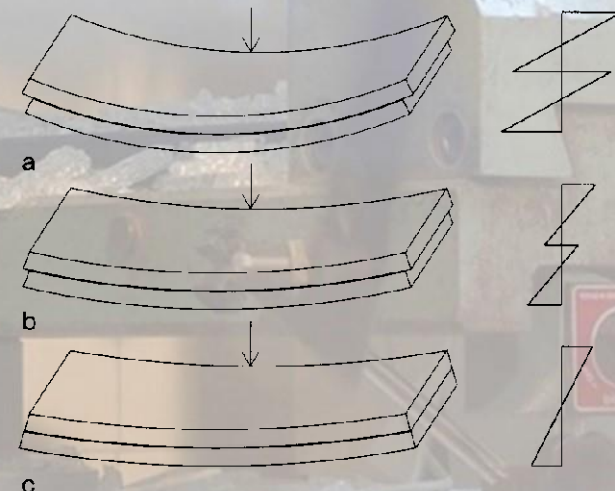
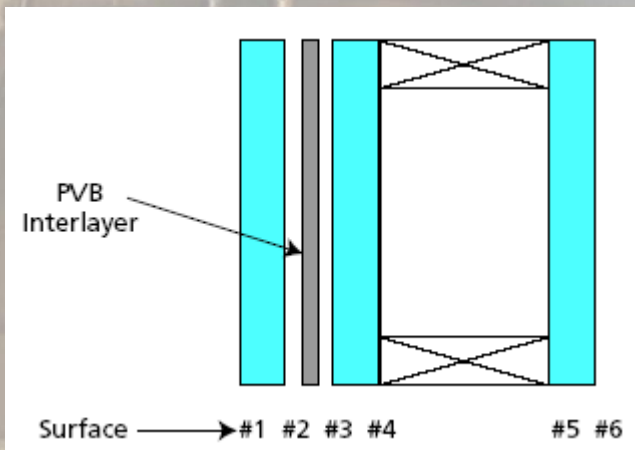
Laminált, többrétegű üvegek



Ragasztóanyag:

-gyanta

- fólia

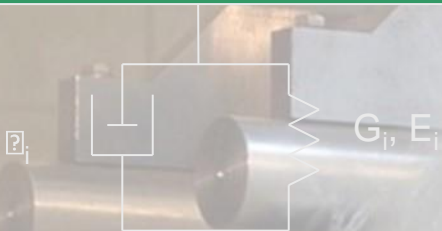


Modellezések, laminált üvegek

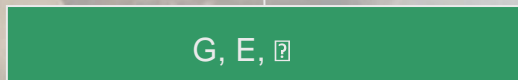
◆ Kelvin-Voigt Modell



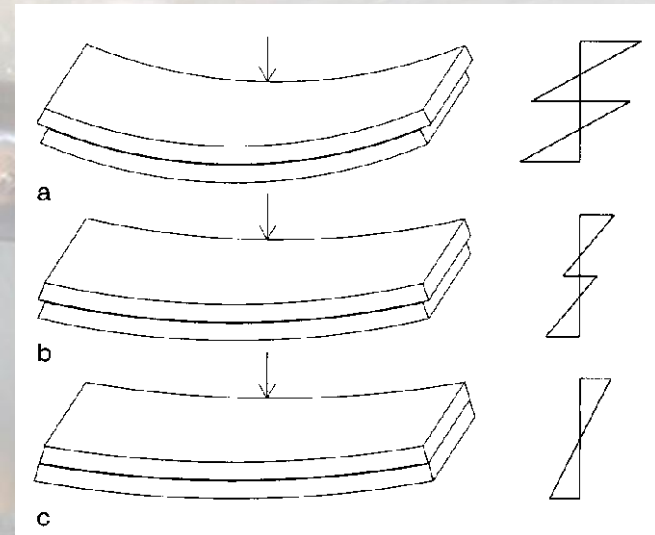
üveg (h_1)



Lamináló anyag



üveg (h_2)



Szélső értékei:

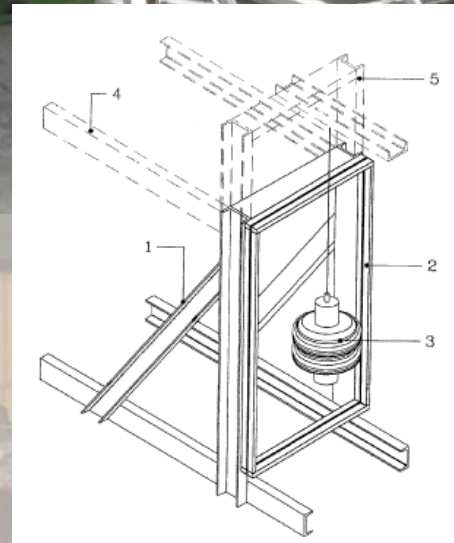
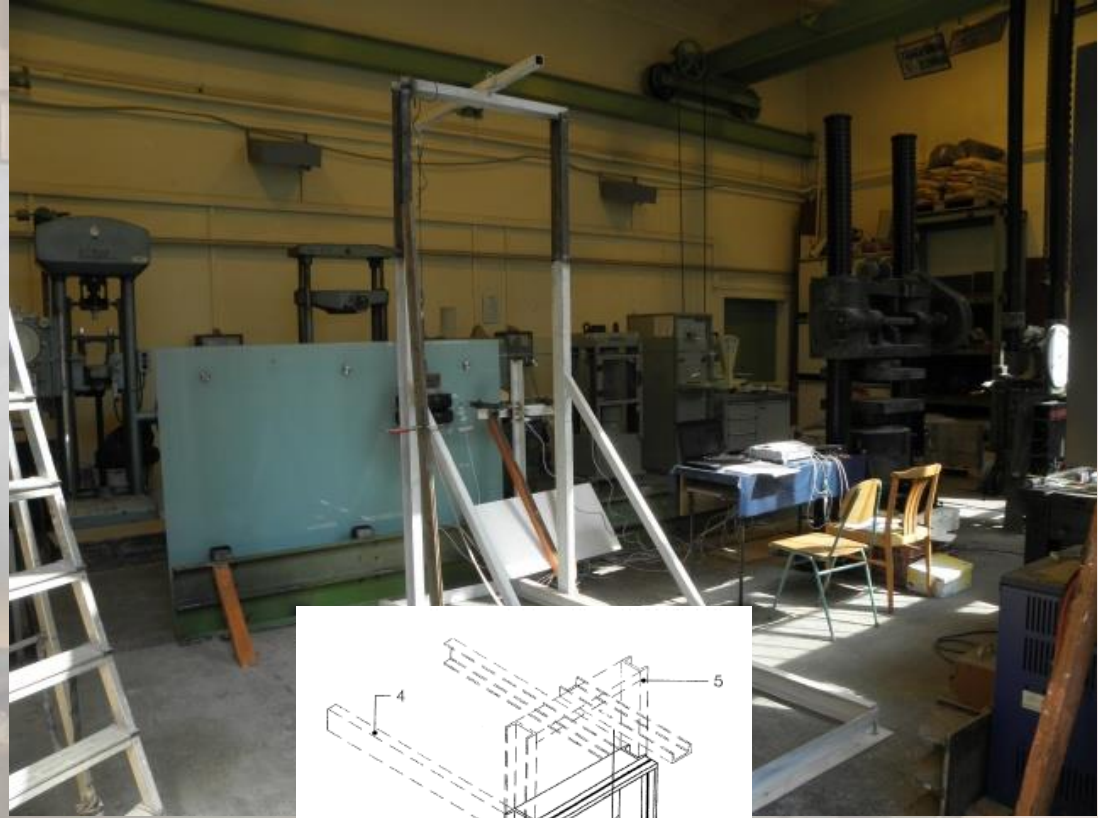
-A) nincs tapadás:

$$h_{eff} = \sqrt[3]{h_1^3 + h_2^3 + \dots}$$

-C) teljes (merev) kötés:

$$h_{eff} = h_1 + h_2 + \dots$$

EN 12600 – Pendulum test (Lengőtestes vizsgálat)



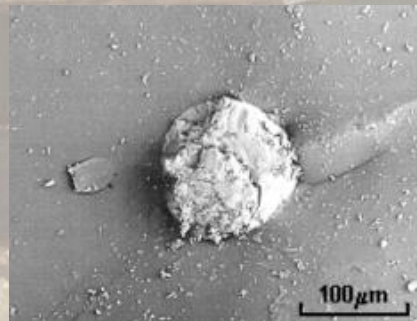
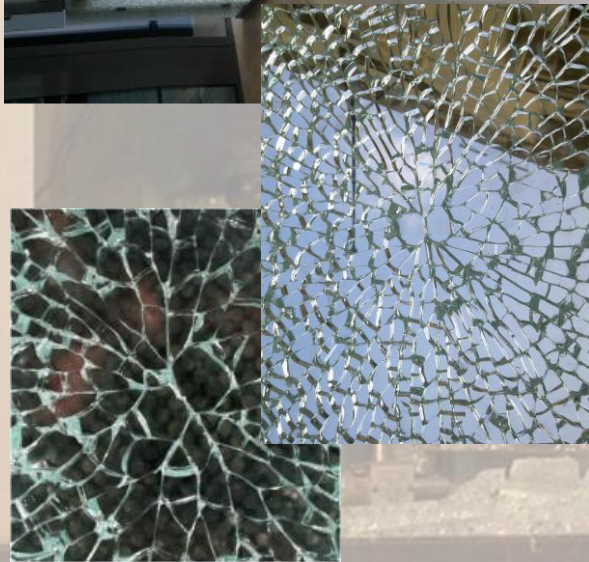
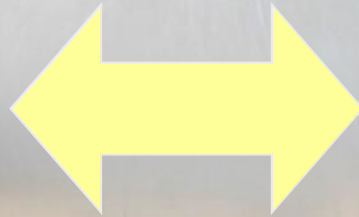
Üveghibák – üveg korrózió

- ◆ *Nikkel-szulfidos* zárványok
- ◆ Hőmérséklet változás okozta törés
- ◆ Hő-feszültség
- ◆ Illesztések, dilatációs hézag
- ◆ Szerkezeti elemek korróziója
- ◆ Kémiai korrózió
- ◆ Anyagok összeférhetetlensége

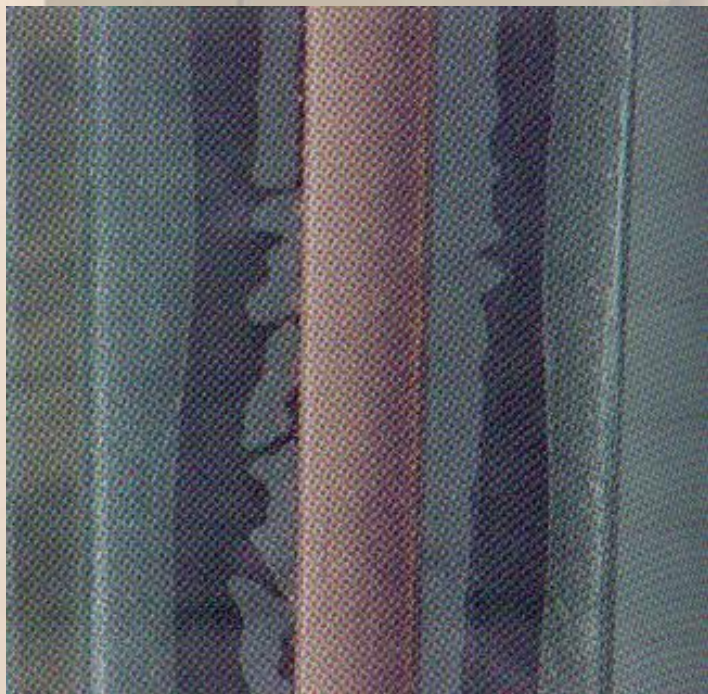
Nikkel-szulfidos zárványok, az üveg anyaghibája

Megoldás:

heat-soak teszt



Anyagok összeférhetetlensége



PVB-szilikon találkozásánál
sárgás elszíneződés



Megoldás:

**Műszaki
útmutatók szem
előtt tartása**

**Összeférhetőségi
próba**

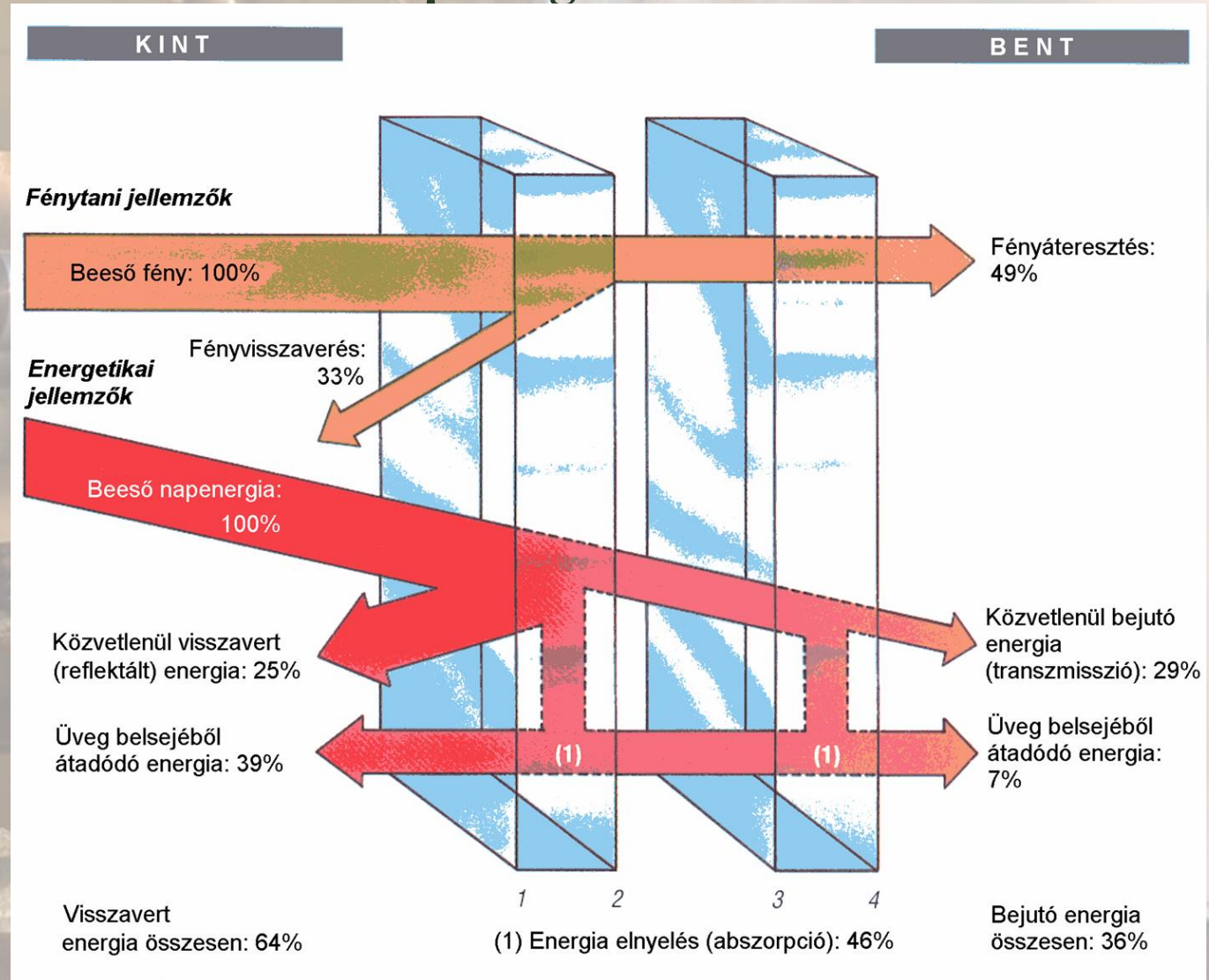
KÖVETELMÉNYEK

- ◆ Energetikai kívánalmak
- ◆ Fokozott terhelések, erőhatások
- ◆ Tűzvédelmi követelmények
- ◆ Optikai tulajdonságok
- ◆ Újrahasznosíthatóság, környezetvédelem

A fényátbocsátás mértéke: síküvegre: 80-90%; öntött üvegre: 80%; mintás üvegre: 10-80% .

A csiszolás, maratás és a vastagság növekedése csökkenti az üveg áteresztőképességét.

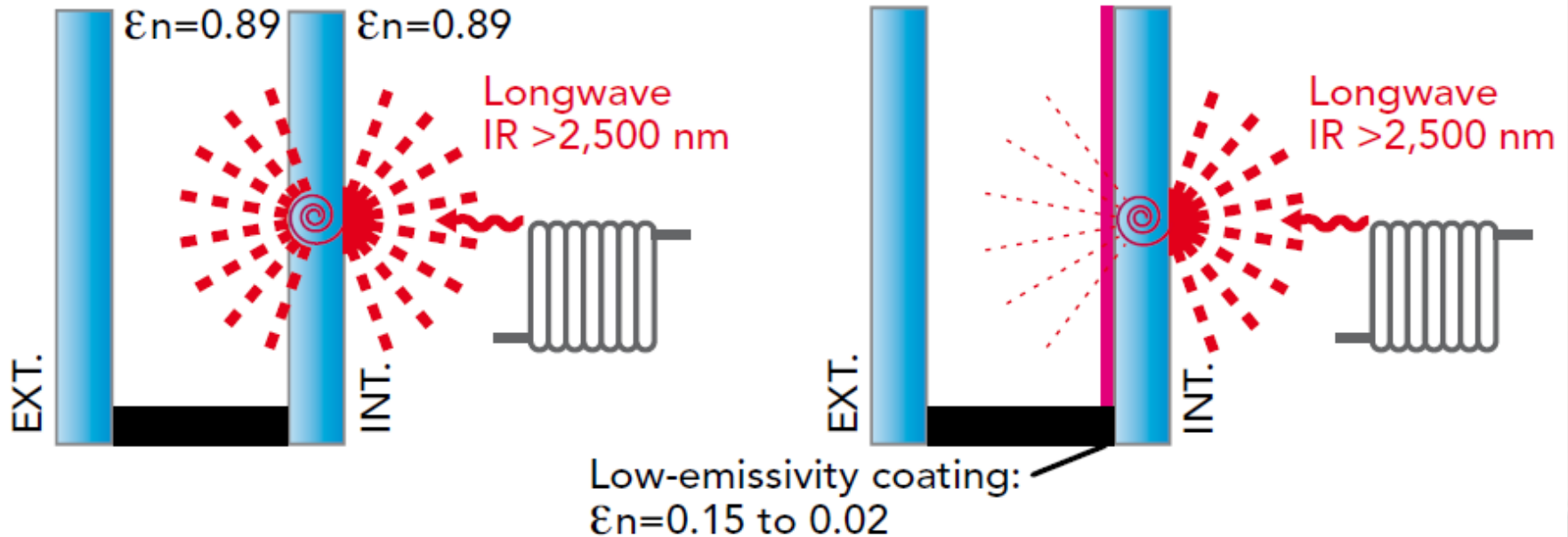
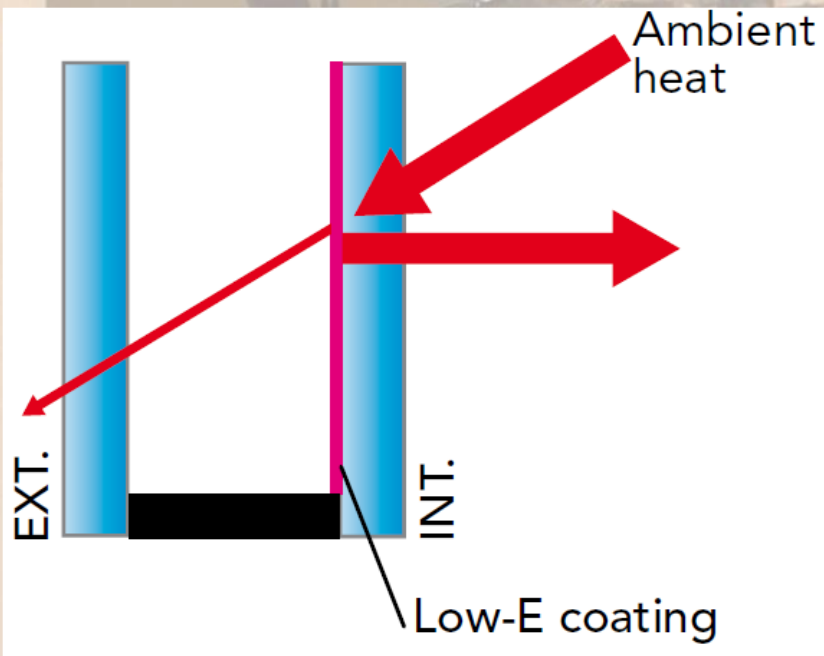
Az üveg hőtechnikai jellemzői



Hővédő üveg

2-3 rétegű üvegszerkezetű.

A kétrétegű fokozottan hőszigetelő üvegnél egy normál float üveg és egy lágyfémbevonatos Low-E üvegből készül.



Üvegszerkezetek hőátbocsátási tényezőjét befolyásoló tényezők

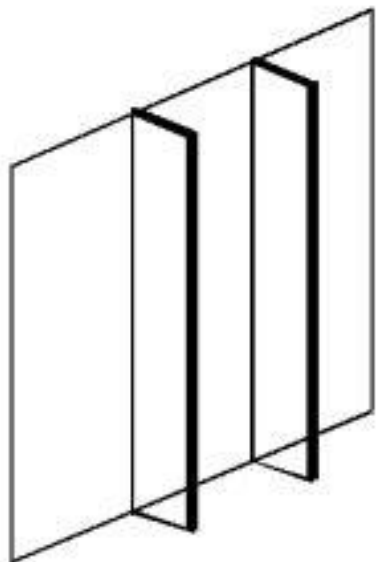
- ◆ Hőszigetelő üvegezés felépítése:
 - Távtartó/légrés szélessége
 - Légrést kitöltő anyag (levegő/gáz/egyéb)
 - Üvegezés 2-3 ill. több rétegű
- ◆ Keretszerkezet anyaga
- ◆ Fóliázott felület az üvegezési rétegrenden belül
- ◆ Fólia optikai tulajdonságai (reflexió)
- ◆ Üveg összetevői (pl. színes üvegek)

Fokozott terhelések, erőhatások

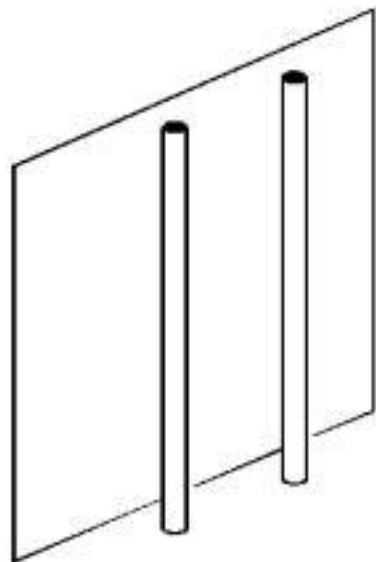


- Ütésállóság
- Golyóálló üvegezés

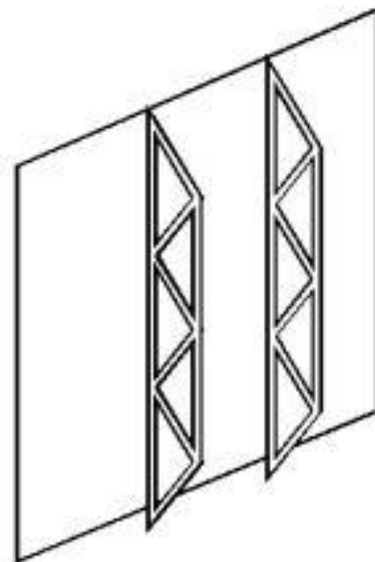
2003 Glascon Stuttgart, Germany



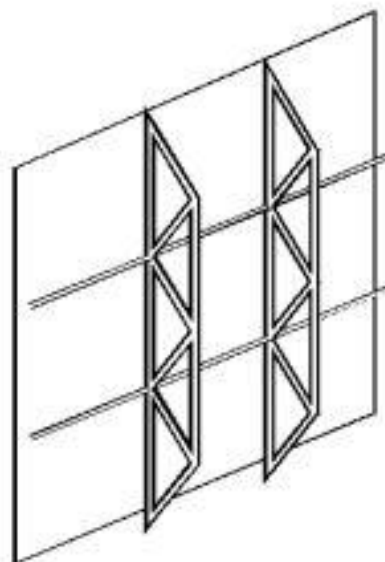
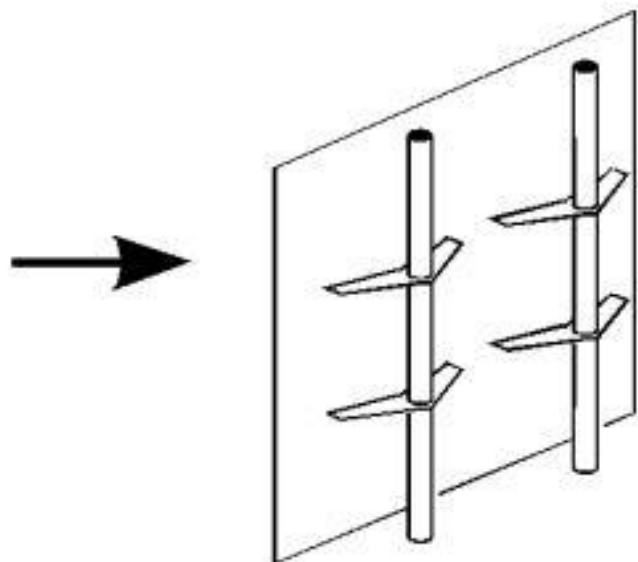
bordák (akár
üvegből)



oszlopok



rácstartók



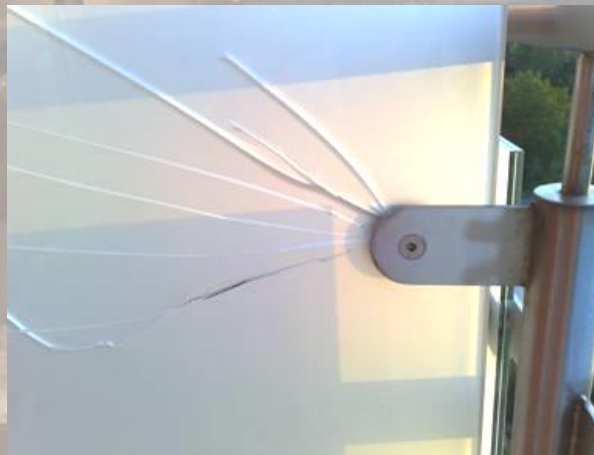
Tovább lépés: vízszintes síkú tartók alkalmazása,
ill. ezek kombinálása a függőleges síkúakkal



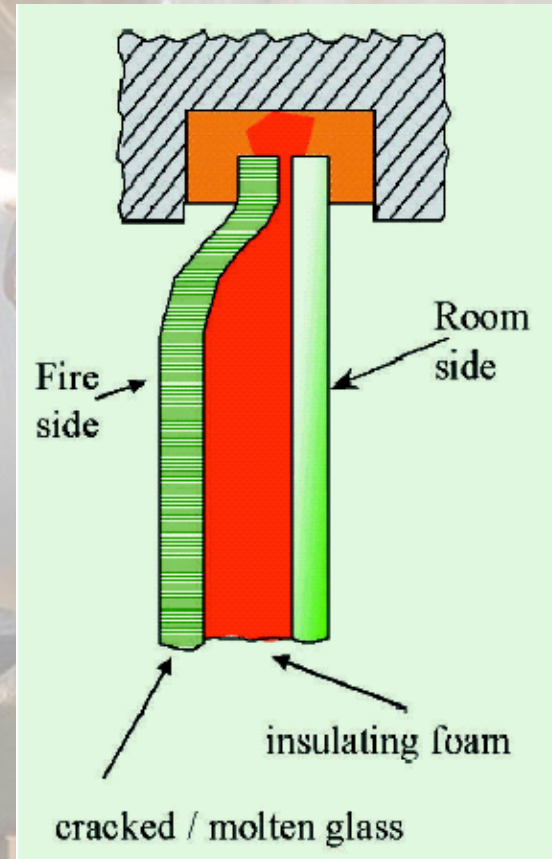
Biztonságos kialakítás

BIZTONSÁG

- teherhordó szerkezetek megfelelő kialakítása.
- Maradó teherbírás.



Tűzvédelmi követelmények



Optikai tulajdonságok



ARCHITECTS

sauerbruch hutton
architekten

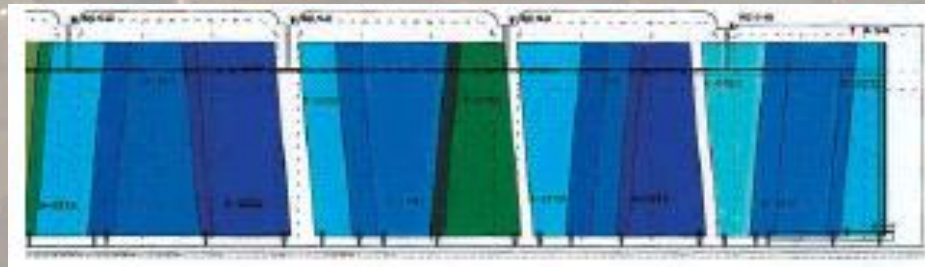
STRUCTURAL ENGINEERING

Leonard Andrä und
Partner

Függ:

az üvegtábla

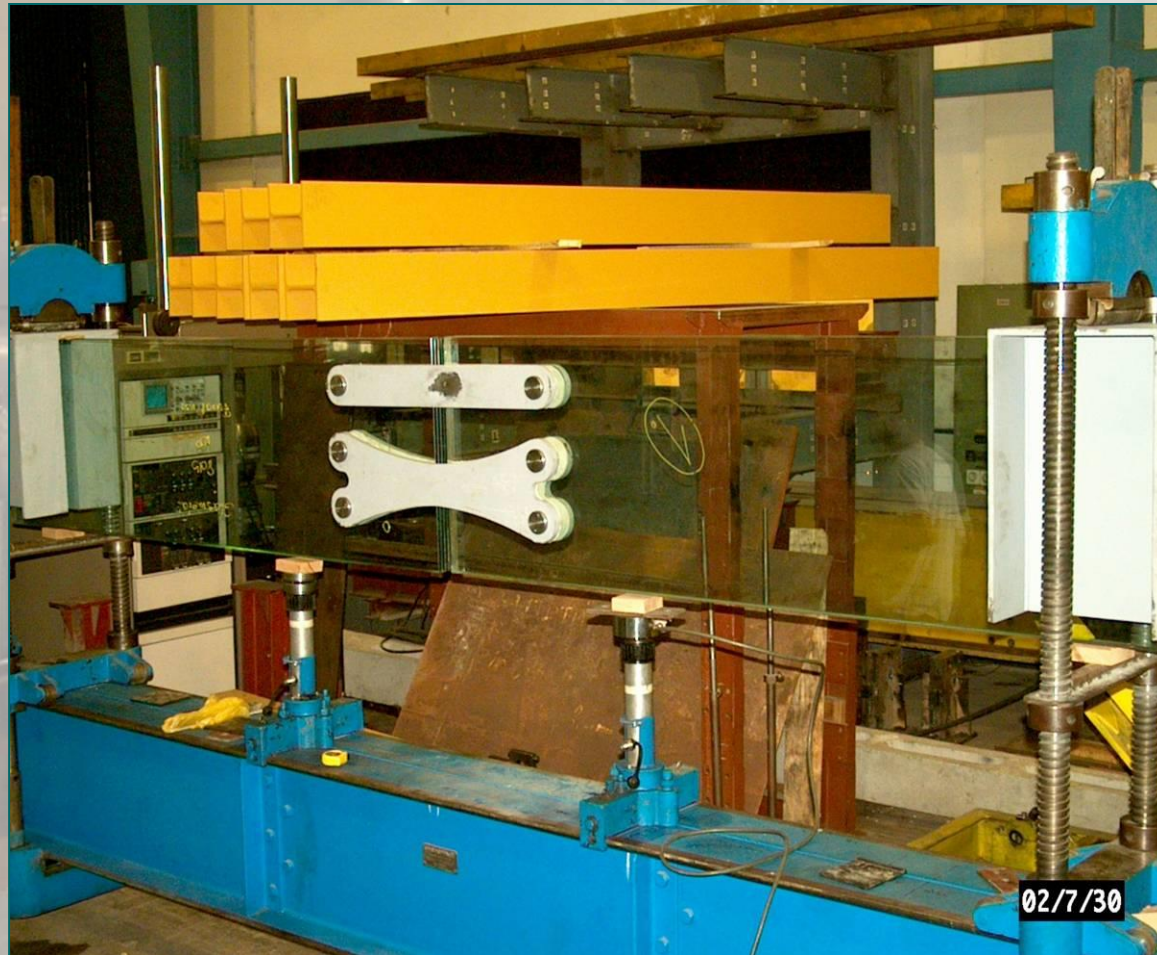
- vastagságától
- minőségétől
- a fény beesési szögétől



Teherbíró üvegek

- ◆ Üvegfüdémek
- ◆ Üveggerendák
- ◆ Üvegoszlopok
- ◆ Üveg merevítő falak
- ◆ Üveglépcsők (teljesen üvegből készült)

ÜVEG GERENDA TEHERBÍRÁSA



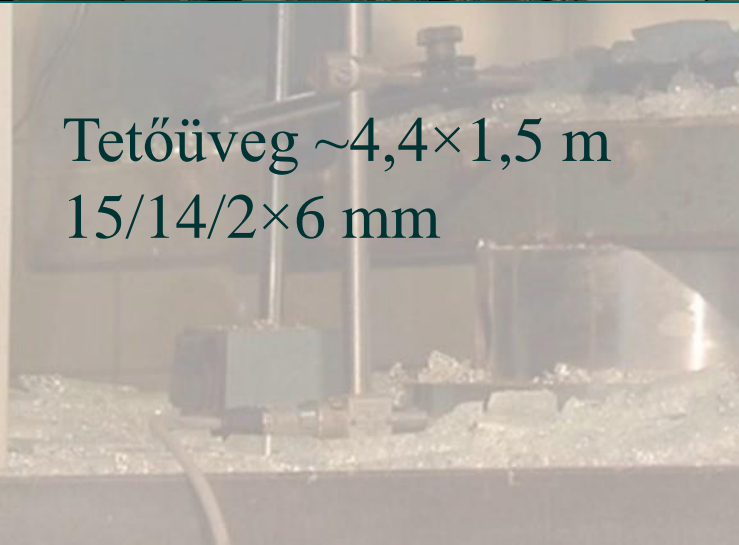
Gresham Palota,

2002

Mezzanine bálterem



Tetőüveg $\sim 4,4 \times 1,5$ m
15/14/2 \times 6 mm



Teherhordó szerkezeti rendszer

- I. Fő támasztó szerkezet
- II. Köztes támasz
- III. Mechanikus rögzítés
- IV. Az üveg



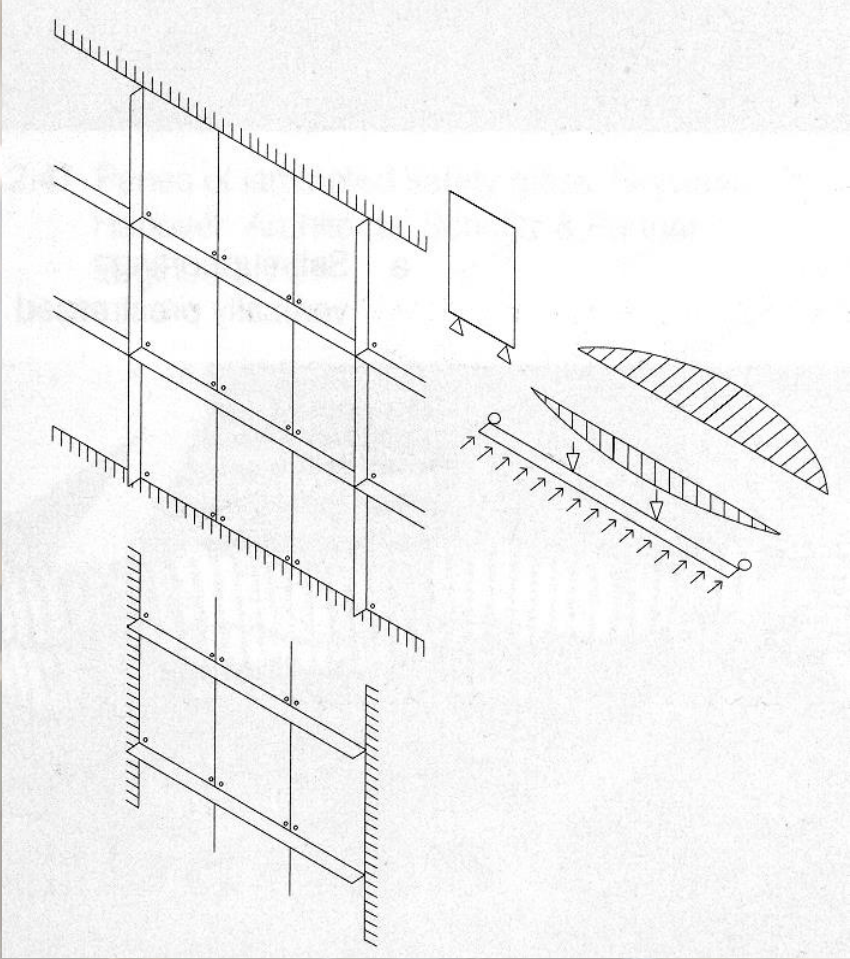
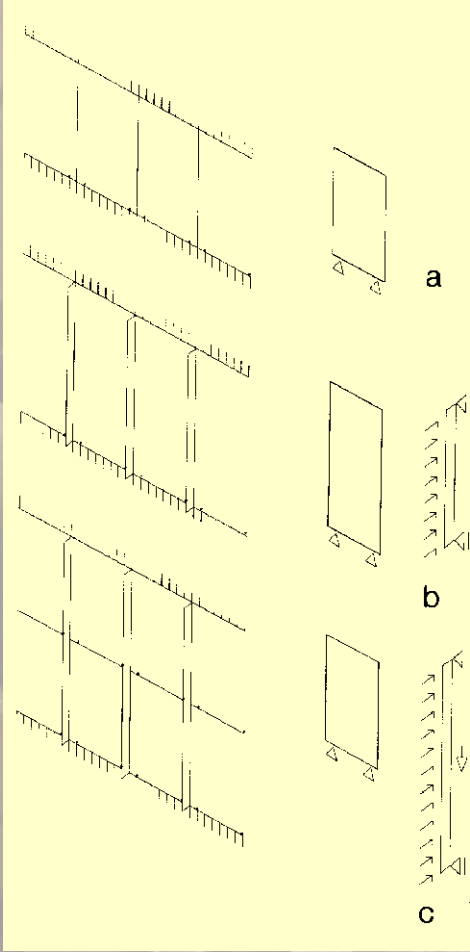
Merev támaszrendszer



Rugalmas támaszrendszer

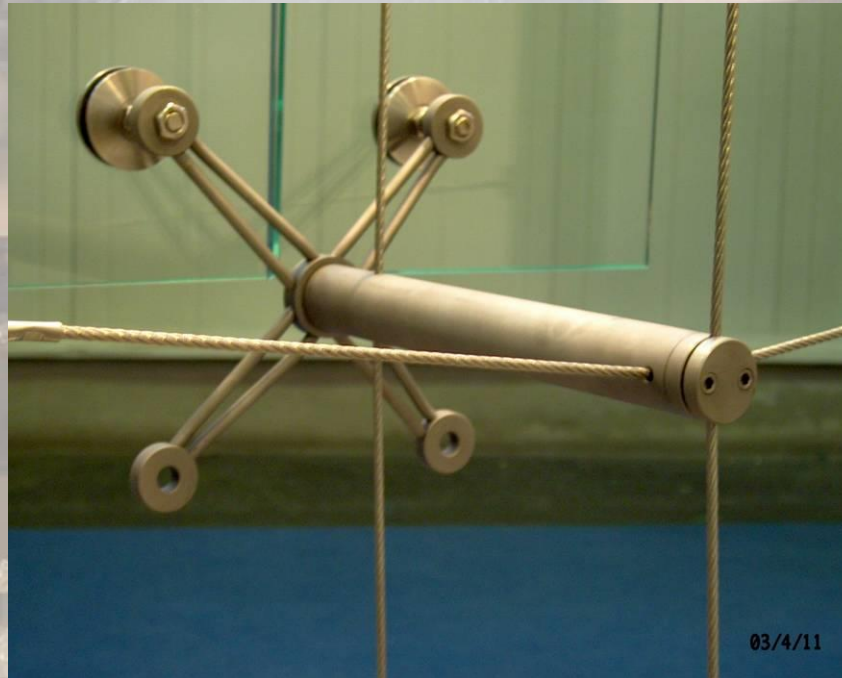
I. Fő támasztó szerkezet

- ◆ Oszlop-gerenda
- ◆ Oszlop
- ◆ Rácsos tartórendszer
- ◆ „merev” kötélrendszer
- ◆ „félmerev” kötélrendszer
- ◆ „lágý” (elmozdulást engedő) kötélrendszer



II. Köztes támasz

A köztes támasz közvetíti a terheket a mechanikus rögzítésről az elsődleges tartószerkezetre



III. Mechanikus rögzítés

A mechanikus rögzítés feladata:

- Az üveg tartása
- Az üveg önsúlyának és a rá ható oldalirányú erőknek az átadása a köztes támaszra

- ◆ Nyírt kapcsolat
- ◆ Csuklós kapcsolat
- ◆ Súrlódásos kapcsolat



Csuklós kapcsolat



Surlódásos kapcsolat



Nyírt kapcsolat

Gresham Palota,

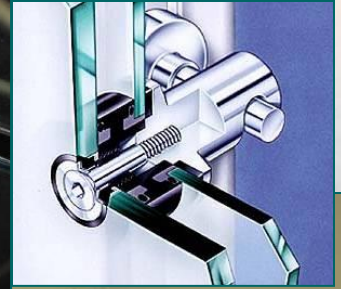
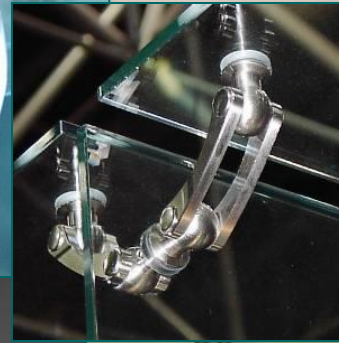
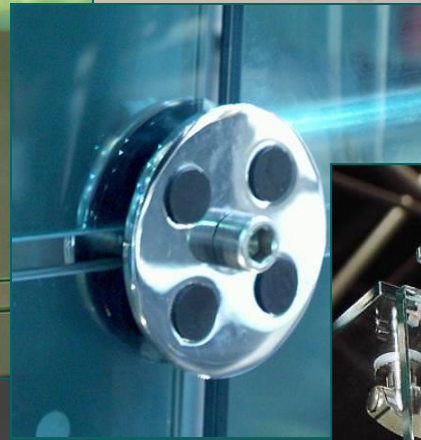
2003

tetőablak



Nagyméretű
edzett
hőszigetelő üveg:
2390×3563 mm

Pontmegfogók fajtái, rögzítésük



IV. Az üveg

A felhasznált üveg lehet:

- ◆ Egyrétegű vagy többrétegű laminált
- ◆ Hőszigetelő

Tetherhordó üvegezéshez csak edzett üveg használható

Feszültségeloszlás az edzett üvegben
felületi feszültség: 140-170 MPa
belső feszültség: felületi/2

