



Švietimo ir kultūros GD

Mokymosi visą gyvenimą programa

Leonardo Da Vinci paprogramė

e-vadovas

SAUGUS STIKLAS

2010 m.

Leonardo Da Vinci programos mobilumo projektas Nr.LLP-LdV-PLM-2009-LT-0200.

Projekto pradžia: 2010.07.01, projekto pabaiga: 2010.12.31.

Projekto vykdytojas UAB „Idelis“, Pelesos g.3, LT-02115 Vilnius, Lietuva.

Projektas administruojamas LR Švietimo mainų paramos fondo.

Šis projektas finansuojamas remiant Europos Komisijai. Šis leidinys atspindi tik autoriaus požiūrį, todėl Komisija negali būti laikoma atsakinga už bet kokį jame pateikiamos informacijos naudojimą.

TURINYS

ĮVADAS.....	3
SAUGAUS STIKLO RŪŠYS (GRŪDINTAS, LAMINUOTAS, GRŪDINTAS- LAMINUOTAS) IR KOKYBĖS STANDARTAI.....	4
SAUGAUS STIKLO GAMYBOS TECHNOLOGIJŲ YPATUMAI	
1. Grūdinto stiklo gamybos technologija:.....	7
1.1. plokščio grūdinto stiklo gamybos ypatumai bei įrengimai.....	7
1.2. lenkto grūdinto stiklo gamybos ypatumai bei įrengimai.....	10
2. Laminuoto stiklo gamybos technologija.....	11
2.1. laminuoto stiklo gamybos technoliniai ypatumai.....	11
2.2. įrengimai gaminti laminuotą stiklą serijinei bei vienetinei gamybai.....	11
2.3. lenkto stiklo laminavimo ypatumai.....	12
3. Laminuoto –grūdinto stiklo gamybos technologija.....	12
3.1. laminuoto – grūdinto stiklo gamybos svarba.....	12
3.2. laminuoto – grūdinto stiklo subtilybės.....	13
SAUGAUS STIKLO PANAUDOJIMAS.....	14
IŠVADOS.....	19

IVADAS

Šiuolaikinė architektūra bei interjeras nebeįsivaizduojamas be stiklo panaudojimo. Stiklas – moderni statybinė medžiaga, kuri gali būti skaidri, spalvota, šilumą bei garsą izoliuojanti. Ji greitai montuojama. Tačiau stiklas turi savybę dūžti. Dabartinės technologijos leidžia gaminti saugų stiklą, kuris trūkęs dėl aplinkos poveikio, nepažeistų šalia esančių žmonių.

ES statistikos duomenimis, kasmet 5720 darbo bei buitinių nelaimių dėl stiklo dūžio įvyksta Europos Sąjungoje. Socialinė atsakomybė kurti žmogui saugią aplinką yra viena iš valstybės bei pažangių komercinių įmonių prioritetinių kryptų. Todėl stiklo gamybos, statybos įmonės siekia gaminti bei populiarinti saugaus stiklo naudojimą balduose, statyboje, interjere.

Kas yra saugus stiklas? Tai stiklas, kuris yra papildomai apdorotas, kad sumažinti žmogaus sužeidimo stiklo šuke riziką. Bandant saugų stiklą sudaužyti, jis subyra į mažus gabalėlius be aštrių kampų, kurie galėtų sužeisti žmogų. Saugaus stiklo standartai buvo pradėti kurti 1970 metais. Žinomos tokios saugaus stiklo rūšys: grūdintas stiklas, laminuotas stiklas bei grūdintas laminuotas. Šiame vadove yra pristatomos saugaus stiklo rūšys, jų kokybės standartai, gamybos technologijų ypatumai, saugaus stiklo panaudojimo sritys.

Šio vadovo tikslas – glaustai apibendrinti saugaus stiklo rūšis, jų savybes, jų gamybos bei kokybės reikalavimus, panaudojimo sritis. Vadovas „Saugus stiklas“ gali būti plačiai naudojamas studentų, vadybininkų, dirbančių stiklo gamybos bei prekybos įmonėse, architektų bei dizainerių.



SAUGAUS STIKLO RŪŠYS (GRŪDINTAS, LAMINUOTAS, GRŪDINTAS-LAMINUOTAS) IR KOKYBĖS STANDARTAI

Saugiu vadinamas toks stiklas, kurį sudaužius nesusidaro aštriabriaunių skeveldrų arba jos laikosi prilipusios prie skaidrios organinės plėvelės. Kitaip tariant, **saugus stiklas** yra toks stiklas, kurį sudaužius nesusidaro aštrios skeveldros, į kurias galima įsipjauti ar kitaip susižeisti. Saugaus stiklo rūšys yra šios:

- grūdintas,
- laminuotas,
- grūdintas-laminuotas stiklas.

Grūdintu stiklu vadinamas įvairios cheminės sudėties, spalvos, formos ir matmenų stiklas, specialiai termiškai apdorotas mechaniniam stiprumui ir terminiam atsparumui padidinti. Stiklas termiškai apdorojamas taip: įkaitinamas truputį aukščiau minkštėjimo temperatūros ir staigiai vienodai atvėsinamas. Tokiame stikle vienodai pasiskirsto gana dideli vidiniai įtempimai. Išoriniuose sluoksniuose atsiranda didelės gniuždymo, vidiniuose (ploname sluoksnyje) – tempimo jėgos. Stiklo stiprumas gniuždant 10 kartų didesnis už stiprumą tempiant, todėl grūdintas stiklas labai stiprus. Toks 6 mm storio stiklas nedūžta, metant ant jo iš 1,2 m aukščio 0,8 kg masės metalinį rutulį. Veikiamas didesnės jėgos, sutrupa korio formos iki 100 mm² ploto skeveldromis be aštrių kampų. Grūdinant padidėja stiklo terminis atsparumas: jis nesutrūksta, staiga pasikeitus temperatūrai net iki 270 laipsnių. Grūdinto stiklo stiprumas lenkiant ne mažesnis kaip 125 MPa (1250 kgf/cm²), t.y. 5-7 kartus didesnis negu paprasto stiklo.

Grūdinto stiklo apibrėžimą ir aprašymą, taip pat atitikties įvertinimą ir bandymų metodus nustato standartas. Lietuvoje galioja Lietuvos Standartizacijos Departamento prie Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos patvirtinti standartai:

LST EN 12150-1:2002 – Statybinis stiklas. Termiškai grūdintas saugus kalcio natrio silikatinis stiklas. 1 dalis. Apibrėžimai ir aprašymas;

LST EN 12150-2:2005 – Statybinis stiklas. Termiškai grūdintas saugus kalcio natrio silikatinis stiklas. 2 dalis. Atitikties įvertinimas. Gaminio standartas. Po grūdinimo vizualiai stiklas nesiskiria, tačiau bandant, jo grūdinimo kokybę apibrėžia jo subyrėjimas į smulkius neaštrius gabaliukus, kaip parodyta 1 paveiksle.



1 pav. Grūdinto stiklo dūžio testas.

Abu šie pagrindiniai standartai, naudojami plokščiam grūdintam stiklui aprašyti ir įvertinti, yra perimti iš Europos standartizacijos komiteto (CEN/TC 129), t.y Europos standartą EN 12150-1:2000 Lietuvos standartizacijos departamentas (LST TK 60) patvirtinimo būdu perėmė kaip Lietuvos standartą LST EN 12150-1:2002, kuris galioja nuo 2002 m. rugsėjo 15 d., o Europos standartą EN 12150-2:2004 Lietuvos standartizacijos departamentas patvirtinimo

būdu perėmė kaip Lietuvos standartą LST EN 12150-2:2005, kuris galioja nuo 2005 m. vasario 12 d..

Dar vienas standartas **LST EN 12600:2003** – Statybinis stiklas. Bandymas švytuokle. Lakštinio stiklo smūginio bandymo metodas ir klasifikavimas, perimtas iš Europos standartizacijos komiteto pagal Europos standartą EN 12600:2002 E, apibrėžia svambalo smūgio bandymo metodą viengubiems plokščiems stiklo lakštams naudojimui pastatuose. Bandymas yra numatytas, kad klasifikuoti plokščio stiklo produktus į tris principines klases pagal smūgio atlikimą ir dužimo pabūdį.

Baldams naudojamų stiklų savybes ir jų bandymo metodus apibrėžia Lietuvos standartas **LST EN 14072:2003** – Baldams naudojami stiklai. Bandymo metodai, patvirtinimo būdu perimant iš Europos standartizacijos komiteto Europos standartą EN 14072:2003 ir įsigaliojusį nuo 2004 m. vasario 2 d..

Laminuotas stiklas (dar kitaip vadinamas tripleksas) gaminamas sujungiant du ir daugiau plokščio stiklo lakštų organine plėvele (EVA arba PVB - polivinilbutiralis). Tarp kaitinamų ir aukšto slėgio veikiamų stiklo lakštų esanti plėvelė išsilydo ir suklijuoja stiklus. Tokia stiklo konstrukcija užtikrina saugų jos atsparumą įvairiems mechaniniams pažeidimams. Stiklas net ir sudaužytas nesubyra – šukės laikosi prilipę prie plėvelės. Tokiu būdu užtikrinama apsauga nuo galimo susižalojimo.

Laminuotas stiklas savo savybėmis taip pat yra universaliausias stiklas. Jis gali būti skirtas apsaugai nuo UV spindulių, nes refleksinis stiklas saulės šviesoje labai keičia stiklo paketo atspindėjimo, sugėrimo ir pralaidumo ypatybes. Taip pat laminuotas stiklas gali apsaugoti muziejuose sukauptas vertybes, banko patalpas nuo ginkluoto užpuolimo ar kitą brangų turtą ir užtikrinti tose patalpose dirbančių žmonių saugumą. Ypatinga laminuoto stiklo struktūra skaidrią stiklinę pertvarą daro neperšaujamą pistoletu ar net Kalašnikovo automatu.

Naudojant laminuotą stiklą, galima sukurti įvairių spalvinių interjero derinių, piešinių, esančių viduje tarp stiklo lakštų. Be to, spalvotus bei raštuotus stiklus galima derinti su metalu, medžiu ir kitomis medžiagomis. Visą pastato egzistavimo laikotarpį laminuotas stiklas išlieka tokios pačios spalvos ir toks pats atsparus. Jam nereikalinga jokia speciali priežiūra.

Specialus garsą izoliuojantis laminuotas stiklas, nedidindamas stiklo storio, gali smarkiai sumažinti triukšmą: 6 mm laminuoto stiklo garso izoliacija prilygsta 12 mm vientiso stiklo garso izoliacijai (6 mm laminuoto stiklo garso izoliacija – 35 dB, 1 dB mažesnė negu 12 mm vientiso stiklo garso izoliacija).

Tamsintas laminuotas stiklas gali sumažinti saulės skleidžiamos šilumos kiekį, taip sumažindamas patalpos vėdinimo sąnaudas ir akinamą spindesį.

Stiklinės konstrukcijos – estetiškos, patogios ir praktiškos, bet nėra garantijos, kad stiklas nesuduš nuo mechaninio poveikio. Kasmet didelė dalis žmonių susižaloja susidūrimo su stiklu metu, nemaža dalis nukentėjusių yra vaikai. Sumažinti nelaimingų atsitikimų tikimybę stiklinant pastatus – svarbus veiksnys. Stiklui sudužus susidaro šukių aštriais kraštais, jos dažniausiai tampa nelaimingų atsitikimų priežastimi ir gali sukelti itin skausmingų padarinių – pasitaiko netgi mirties atvejų.

Kol kas Lietuvoje nėra jokių specialių saugumo reikalavimų, apibrėžiančių, kokio tipo stiklas gali būti naudojamas tam tikrose vietose, nesukeldamas rizikos galimybės žmonėms. Tokioms vietoms kaip įėjimo durys, laiptinės ar dušų kabinos privalo būti naudojamas laminuotas stiklas, dūžio atveju nesukeliantis rizikos susižaloti.

Visi stiklo trūkumai pašalinami laminuojant. Tyčinio ar atsitiktinio smūgio atveju laminuotas stiklas gali suskilinėti, bet stiklo šukės tvirtai laikosi prie plėvelės ir neiškrenta iš rėmų. Taigi nelaimingų atsitikimų rizika labai sumažėja.

Saugus stiklinimas yra reglamentuojamas ES direktyvos 89/654/EEB (Europos Sąjungos Tarybos direktyva „Dėl minimalių darbovietei taikomų saugos ir sveikatos reikalavimų“).

Direktyva pabrėžia, kad visose vietose, kur yra žmogaus ir stiklo konstrukcijos susidūrimo rizika, stiklas turi būti saugus.

Pagal EN standarto reikalavimus, laminuotų stiklų atsparumas klasifikuojamas į atsparius smūgiams ranka (EN 356) ir atsparius šūviams (EN 1063). Pagal atsparumo klasės reikalavimus, stiklas turi atlaikyti plaktuko ir kirvio smūgius, šūvius ir netgi sprogimą. Iš grūdintų stiklų pagamintas laminuotas stiklas laikomas pačiu saugiausiu.

Laminuotą stiklą aprašo ir atitikties įvertinimą nustato Lietuvos standartizacijos departamento patvirtinti standartai:

LST EN ISO 12543-1:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 1 dalis. Sudėtinių dalių apibrėžimai ir aprašymas;

LST EN ISO 12543-2:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 2 dalis. Saugus laminuotasis stiklas;

LST EN ISO 12543-2:2002/A1:2005 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 2 dalis. Saugus laminuotasis stiklas;

LST EN ISO 12543-3:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 3 dalis. Laminuotasis stiklas;

LST EN ISO 12543-4:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 4 dalis. Ilgaamžiškumo bandymo metodai;

LST EN ISO 12543-5:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 5 dalis. Matmenys ir kraštų apdirbimas;

LST EN ISO 12543-6:2002 – Laminuotasis stiklas ir saugus laminuotasis stiklas. 6 dalis. Išvaizda.

Grūdintas – laminuotas stiklas – tai kombinacija dviejų saugių stiklo rūšių. Jis naudojamas retai, tik tais atvejais, jeigu reikalinga padvigubinta vietos apsauga nuo vėjo gūsių, smūgių, svorio. Paprastai toks stiklas naudojamas lubų ar stogo konstrukcijose. Naudojimo tikslas – dėl mechaninio poveikio sutrūkus grūdintam stiklui išlaikyti smulkias stiklo dalelytes prilipusias prie plėvelės ir tokiu būdu apsaugoti žmones nuo nelaimingų atsitikimų.

SAUGAUS STIKLO GAMYBOS TECHNOLOGIJŲ YPATUMAI

1. Grūdinto stiklo gamybos technologija

Vienas būtinas dalykas, ką reikia žinoti prieš grūdinant stiklą, tai yra tai, kad stiklas prieš grūdinant turi būti apdirbtas, t.y. nušlifuoti arba nubukinti jo kraštai, kitaip stiklas grūdinimo krosnyje sutrūks. Taigi būtina tokia stiklo apdirbimo seka:

- 1) raižymas;
- 2) šlifavimas (kai apdirbama visa stiklo briauna) arba bukinimas (kai apdirbamos tik briaunos nuosklembos);
- 3) grėžimas arba frezavimas, jei stikle reikalingos kiaurymės ar išėmos;
- 4) plovimas;
- 5) ištisinis dažymas arba tam tikro piešinio užnešimas šilkografijos būdu, jei reikalinga.

Kitas svarbus veiksnys prieš grūdinimą t.y. stiklo plovimas, nes blogai nuplovus stiklą ant jo paviršiaus lieka nešvarumų arba dėmių, kurie grūdinimo metu prideda prie stiklo ir juos nuvalyti po to yra neįmanoma nepažeidus stiklo paviršiaus.

Kaip jau minėta anksčiau, grūdinimo metu stiklas yra įkaitinamas apytiksliai iki 600 °C ir po to staigiai apipučiamas stipria oro srove. Tokio proceso metu stikle yra sukuriama dideli vidiniai įtempimai, t.y. išoriniuose sluoksniuose atsiranda didelės gniuždymo, vidiniuose (ploname sluoksnyje) – tempimo jėgos. Dėl to stiklas tampa žymiai atsparesnis mechaniniam ir terminiam poveikiui, o sudužęs subyra į smulkius gabaliukus, kurių kraštai yra neaštrūs ir nesužeidžia aplink esančių.

Pagal gaminių formą grūdintas stiklas yra skirstomas į:

- 1) plokščią grūdintą stiklą;
- 2) lenktą grūdintą stiklą.

1.1 Plokščio grūdinto stiklo gamybos ypatumai bei įrengimai

Plokščiam grūdintui stiklui gaminti naudojamos krosnys taip pat gali būti dviejų tipų:

- 1) nuolatinio veikimo;
- 2) periodinio veikimo.

Nuolatinio veikimo grūdinimo krosnyse gamybos procesas vyksta nenutrūkstamu režimu, t.y. tokios krosnys yra sustabdomos kai reikalinga atlikti krosnies profilaktiką arba remontą. Dažniausiai tokio tipo grūdinimo krosnyse yra grūdinama masinė produkcija, t.y. kai yra dideli kiekiai vienodų matmenų ir vienodo storio stiklo gaminių.

Periodinio veikimo krosnyse lengviau pereiti nuo vieno grūdinimo režimo prie kito, todėl čia būdinga gaminių įvairovė.

Pats grūdinimo įrengimas yra sudarytas iš sekančių sekcijų:

- 1) užkrovimo konvejeris;
- 2) kaitinimo krosnis;
- 3) grūdinimo sekcija (dar kitaip vadinamas čileris);
- 4) kai kuriose krosnyse atskirai yra montuojama vėsinimo sekcija, tačiau daugumoje atvejų atvėsinimas vyksta grūdinimo sekcijoje;
- 5) nukrovimo konvejeris.

Stiklo grūdinimo procesas vyksta sekančiai: paruošti stiklo gaminiai yra išdėliojami ant užkrovimo konvejerio ir, parinkus atitinkamą režimą bei paleidus programą, transportuojami į kaitinimo krosnį. Čia elektrinių kaitinimo elementų ir (arba) karšto oro srovės pagalba stiklas įkaitinamas iki reikiamos temperatūros ir transportuojamas į grūdinimo sekciją, kur staigiai yra apipučiamas iš patalpos (žiema) arba iš lauko (vasara) tiekiamo oro srove. Atvėsintas iki patalpos temperatūros stiklas transportuojamas ant nukrovimo konvejerio ir sudedamas ant

piramidžių ar kitų sandėkiavimo įtaisų. Tiek kaitinimo krosnyje, tiek grūdinimo sekcijoje esantis stiklas visada yra osciliuojamas tam, kad nesiderformuotų, t.y. neišlinktų kraštinės, neišdubtų, nesusidarytų banguotumas ir kiti defektai.

Svarbiausius grūdinimo proceso parametrus nusako grūdinimo režimas. Grūdinimo režimą nustato grūdinimo įrengimo operatorius. Pagal grūdinamo stiklo tipą, matmenis, storį, kiaurymių išsidėstymą ar jų nebuvimą jis parenka kaitinimo temperatūrą, stiklo išlaikymo kaitinimo krosnyje laiką, apipūtimo intensyvumą grūdinimo sekcijoje.

Labai svarbus grūdinimo proceso parametras yra stiklo įkaitinimas. Norint gauti kokybiškai užgrūdintą stiklą, būtina tolygiai įkaitinti stiklo gaminį. Įkaitinus nevienodai, stiklas deformuojasi, o sudaužius tokį gaminį po grūdinimo jis subyra į nevienodas stiklo šukes. Kaitinimo sekcijoje kaitinimas gali būti dviejų tipų:

- radiacija – kai šiluma perduodama spinduliavimo būdu;
- konvekcija – kai šiluma perduodama nešėjo, šiuo atveju įkaitinto oro pagalba.

Šiomis dienomis, kai kasdien atsiranda vis naujų stiklo rūšių, kai kuriais atvejais įkaitinti stiklą yra nepaprastai sunku, pvz.: stiklas su minkšta danga (Low-E), kuris apsaugo nuo saulės spindulių, yra padengtas specialia danga, kuri atspindi spindulius. Dėl to norint tokį stiklą įkaitinti, pasitelkiama ne tik radiacija, bet ir konvekcija, kai statmenai stiklo paviršiui yra pučiamas karštas oras. Stiklas su minkšta danga yra klasifikuojamas pagal Low-E koeficientą. Kuo koeficientas mažesnis, tuo tokį stiklą yra sunkiau užgrūdinti. Šiai dienai pats mažiausias sutinkamas Low-E koeficientas yra $e=0,02$.

Kitas svarbus stiklo grūdinimo parametras yra apipūtimo intensyvumas grūdinimo sekcijoje. Grūdinamas stiklas apipučiamas skirtingu intensyvumu priklausomai nuo stiklo storio, kadangi kuo plonesnis stiklas, tuo daugiau oro reikia paduoti. Taip yra todėl, kad kuo plonesnis stiklas, tuo jis greičiau atvėsta, o **grūdinimo esmė ir yra ta, kad norinti sukurti vidinius įtempimus reikia spėti apipūsti stiklą greičiau nei jis spėja natūraliai atvėsti**. Dėl to labai plonam stiklui, pradedant nuo 3 mm ir mažiau, naudojami netgi suspausto oro kompresoriai, kadangi įprastų ventiliatorių galingumo nepakanka reikiamam stiklo srautui patiekti.

Apipūtimo intensyvumas priklauso nuo tiekiamo oro srovės greičio, jo slėgio ir tūtos atstumo nuo stiklo. Oras stiklo apipūtimui grūdinimo sekcijoje yra tiekiamas ventiliatoriais, kurie naudojami dviejų tipų:

1) kintamos srovės, kai ventiliatorius visada sukasi pastoviu greičiu, tuo būdu tiekdamas vienodą oro srautą. Šiuo atveju oras yra kaupiamas tam tikrose talpyklose ir iš ten reguliuojamų sklendžių pagalba paduodamas grūdinamo stiklo paviršiui apipūsti;

2) nuolatinės srovės, kai ventiliatorius sukasi skirtingu greičiu priklausomai nuo reikalingo patiekti oro srauto. Šiuo atveju sunaudojama mažiau elektros energijos.

Esant nuolatinės srovės ventiliatoriui būnant prie krosnies labai lengva yra suprasti, kokio storio stiklas yra grūdinamas. Jeigu ventiliatorius dirba palyginti tyliai, galima suprasti, kad yra grūdinamas storas stiklas, pvz.: 10 mm ir storesnis, kadangi toks stiklas aušta palyginti lėtai ir tokiam stiklui apipūsti nereikia patiekti daug oro. Kaip jau minėjau, kuo stiklas yra plonesnis, tuo jį užgrūdinti yra sunkiau, kadangi toks stiklas greitai vėsta ir reikia patiekti didelį oro srautą, kad spėti kokybiškai jį užgrūdinti. Dėl šios priežasties grūdinant 4 mm stiklą nuolatinės srovės ventiliatorius dirba taip intensyviai, kad jo keliamas triukšmas yra pakankamai stiprus.

Renkantis grūdinimo krosnį iš gamintojo, reikia, nuspręsti, kokius maksimalius ir kokius minimalius gaminius bus norima, o tuo pačiu ir galima grūdinti būsimam grūdinimo įrengime. Standartiškai gaminamos ir dažniausiai sutinkamos yra sekančių darbinių stiklo matmenų grūdinimo krosnys:

- 1200 x 2400 mm;
- 1500 x 3000 mm;
- 2000 x 4000 mm;

- 2400 x 4800 mm;
- 2600 x 5400 mm;
- 2800 x 6000 mm.

Maksimalus stiklo matmuo svarbus tuo, kad jį pasirinkus krosnis bus pagaminta atitinkamai ir didesnio stiklo nei nustatyta į ją nebus galima patalpinti, taigi krosnies nebus galima nei išplėsti, nei sumažinti.

Minimalūs grūdinamo stiklo matmenys svarbūs dėl to, kad stiklas viso grūdinimo proceso metu yra transportuojamas velenų pagalba. Tarp velenų yra tam tikras atstumas, taigi minimalūs grūdinamo stiklo matmenys yra parenkami taip, kad stiklas neiškristų tarp jų, pvz.: jei atstumas tarp velenų yra 200 mm, tai minimalūs stiklo matmenys į ilgį bus 250 mm.

Kalbant apie velenus svarbu pasakyti, kad visame grūdinimo įrengime jie yra padengti karščiui atsparia medžiaga arba iš jos pagaminti. Įėjimo ir užkrovimo konvejeriye bei grūdinimo sekcijoje velenai dažniausiai būna padengti karščiui atsparia virve (dar vadinama Kevlaro virve), o pačioje kaitinimo krosnyje, kur yra aukšta temperatūra, naudojami kvarciniai velenai.

Dar vienas svarbus kriterijus renkantis grūdinimo krosnį yra tai, kad reikia nuspręsti, ar jums bus reikalinga grūdinti stiklą su minkšta danga. Kaip minėta anksčiau, tokį stiklą yra sunkiau užgrūdinti nei įprastą, nes toks stiklas sunkiau absorbuoja šilumą. Tam, kad užgrūdinti stiklą su minkšta danga, daugumoje šiandieninių gamintojų naudoja įvairius konvekcijos variantus: vieni ima karštą orą iš krosnies apačios ir pučia į jos viršų, kiti į krosnį paduoda suspaustą orą, kuris praeidamas pro kaitinimo elementus įkaista ir taip perduoda šilumą stiklui, treči sukuria turbulencines sroves krosnies viduje ventiliatorių pagalba.

Kai reikia grūdinti baldinį arba interjero stiklą, dažniausiai naudojamos mažesnių matmenų grūdinimo krosnys, nes baldiniai ar interjero stiklai nėra didelių matmenų. Tokiom krosnim nebūtinai ir gebėjimas grūdinti stiklą su minkšta danga.

Stiklas su minkšta danga ir didelių matmenų stiklai yra naudojami architektūroje, todėl tokiam stiklui grūdinti naudojamos didesnės krosnys. Užgrūdintas stiklas su minkšta danga po to yra montuojamas į stiklo paketą, nes vienas toks stiklas negali būti naudojamas, kadangi minkšta danga sąlytyje su atmosferos oru koroduoja, o taip pat ją lengva pažeisti mechaniškai. Stiklo paketai su grūdiniais stiklais dažniausiai naudojami fasaduose tam, kad padidinti jų atsparumą terminiam ar mechaniniam poveikiui, tuo pačiu apsaugant aplinkinius galimo sudužimo atveju.

Dažniausiai pasitaikantys grūdinto stiklo defektai yra sekantys:

- 1) kreivumas;
- 2) banguotumas;
- 3) anizotropija.

Kad išvengtų visų šių defektų, svarbu tinkamai pasirinkti grūdinimo įrengimą bei grūdinimo režimą. Stiklo kraštinės kreivumas ar išgaubtumas dažniausiai atsiranda dėl nevienodo stiklo įkaitinimo visame jo perimetre. Banguotumas susidaro dėl per didelio stiklo įkaitinimo arba neteisingai parinkto osciliavimo režimo. Anizotropija – tai paprasčiau tariant kai stiklo paviršiuje po grūdinimo matomos tam tikros dėmės. Su šiuo defektu kovoti yra sunkiausia. Anizotropija susidaro apipučiant stiklą grūdinimo sekcijoje, t.y. pučiant į karšto stiklo paviršių šaltą orą stikle susidaro tam tikri pakitimai, kurie matomi ir stiklo paviršiuje anizotropijos išdava. Kad to išvengtų, naujausiuose įrengimuose stengiamasi nepūsti oro į vieną tašką, bet oro srautą išsklaidyti. Tai pasiekama tolygiai judinant apipūtimo antgalius.

1.2. Lenkto grūdinto stiklo gamybos ypatumai bei įrengimai

Lenkto grūdinto stiklo gamybos technologija yra sudėtingesnė nei plokščio, nes šiuo atveju reikia ne tik išlenkti stiklą, bet ir jį užgrūdinti. Tai padaryti yra sunkiau, kadangi lenkiant stiklą reikia nenukrypti nuo užsiduoto diametro ar šablono, o tuo pačiu ir spėti apipūsti stiklą oro srautu jam dar nespėjus atvėsti.

Pagal tai, kur lenktas grūdintas stiklas bus naudojamas, dažniausiai jis yra skirstomas sekančiais:

- 1) automobilinis stiklas;
- 2) baldinis arba industrinis stiklas;
- 3) architektūrinis stiklas.

Lenktam grūdintam stiklui gaminti pagrinde yra naudojamos dvi technologijos:

- 1) stiklo lenkimas ir grūdinimas ant rėmo (formos);
- 2) stiklo lenkimas ir grūdinimas ant besitransformuojančių velenų.

Pirmu atveju dažniausiai yra gaminamas automobilinis lenktas grūdintas stiklas ir baldinis arba industrinis stiklas. Priklausomai nuo reikiamos išgauti stiklo formos sudėtingumo stiklas yra lenkiamas tik gravitacijos metodu arba dar ir preso pagalba, t.y. jeigu reikia išlenkti stiklą tik viena ašimi cilindro forma, užtenka gravitacijos jėgos, kai įkaitęs stiklas išsilenkia nuo savo svorio jėgos, o pvz., jeigu reikia išlenkti stiklą tiek išilgai, tiek skersai, tada naudojamas presas.

Stiklo lenkimas ir grūdinimas ant rėmo vyksta sekančiais:

apdirbtas stiklas dedamas ant rėmo-matricos, kuris pagamintas pagal reikiamo išgauti stiklo gaminio formą, ir įtaisyta ant užkrovimo/nukrovimo konvejerio. Rėmas-matrica kartu su stiklu transportuojamas per lenkimo/grūdinimo sekciją ir preso sekciją į kaitinimo sekciją. Čia stiklas įkaitinamas iki reikiamos temperatūros ir rėmas-matrica kartu su stiklu grįžta į preso sekciją, kur iš viršaus nusileidžia presforma-puansonas, kuris suteikia stiklui reikiamą formą. Po to rėmas-matrica su stiklu transportuojamas į grūdinimo sekciją, kur tam tikrą laiką juda laipsnišku žingsniu pirmyn-atgal, o stiklas tolygiai apipučiamas ir atšaldomas. Tada rėmas-matrica transportuojamas į užkrovimo/nukrovimo konvejerį, kur stiklas nuimamas. Tokią lenkimo-grūdinimo liniją galima išplėsti, pridėdant lenkimo-grūdinimo sekciją su presu arba be jo iš kitos kaitinimo sekcijos pusės, taip padvigubinant našumą.

Stiklo lenkimas ir grūdinimas ant rėmo pranašus tuo, kad šiuo atveju stiklą galima išlenkti įvairiomis formomis, t.y. ne tik standartinę cilindro forma, bet ir „S“, „V“ arba „J“ tipo forma. Tokie stiklai naudojami buitinės technikos, baldų, interjero ir prekybinės įrangos gamyboje.

Architektūriniam stiklui gaminti dažniausiai naudojama kita lenkto grūdinto stiklo gamybos technologija, t.y. **stiklo lenkimas ir grūdinimas ant besitransformuojančių velenų**. Šiuo atveju stiklas lenkiamas nenaudojant šablono. Tokia technologija leidžia lenkti stiklą tik cilindro forma, tačiau šiuo atveju lenkimo spindulys reguliuojasi kompiuteriu, t.y. lenkimas vyksta greitai, tiksliai ir patikimai, taip išvengiant „žmogiškumo“ faktoriaus.

Stiklo lenkimas ir grūdinimas ant besitransformuojančių velenų vyksta sekančiais:

stiklas padedamas ant pakrovimo konvejerio, iš kur yra transportuojamas į kaitinimo sekciją. Čia elektrinių kaitinimo elementų ir priverstinės konvekcijos pagalba stiklas įkaitinamas iki reikiamos temperatūros. Stiklo gaminytis kaitinimo metu osciliuojamas ant keramikinių velenų. Kai stiklas pasiekia reikiamą temperatūrą, jis yra transportuojamas į lenkimo ir grūdinimo sekciją. Gali būti dviejų tipų lenkimo-grūdinimo sekcijos:

- 1) kai velenai išsidėstę išilgai grūdinamo stiklo lapo;
- 2) kai velenai išsidėstę skersai grūdinamo stiklo lapo.

Kai tiktai stiklas pilnai išeina iš kaitinimo sekcijos, lenkimo-grūdinimo sekcijos velenai automatiškai išsilenkia reikiamu spinduliu, kuris užduodamas kompiuterio pagalba. To pasekoje, kadangi stiklas yra minkštas, jis įgauna velenų sudarytą lenkimo formą. Lenkimo metu stiklas yra osciliuojamas ratukų arba velenų pagalba priklausomai nuo įrengimo tipo. Po to, kai stiklas įgauna reikiamą formą, pradedamas stiklo grūdinimas, t.y. paduodamas oras viso grūdinimo proceso ir atvėsinimo metu. Po grūdinimo viršutiniai oro padavimo antgaliai

atitraukiami į viršų, ir stiklas transportuojamas ant nukrovimo konvejerio. Tuo metu lenkimo-grūdinimo konvejeris išsitiesina ir pradamas naujas darbinis ciklas.

Kaip žinia, architektūrinis stiklas daugiausia yra naudojamas fasaduose. Tuo būdu vienas stiklas sutinkamas retai. Paprastai fasaduose montuojami stiklo paketai. Gaminant stiklo paketą iš lenkto stiklo, išorinis stiklas yra didesnių matmenų ir spindulio negu vidinis stiklas. Dėl to kiekvieną stiklą reikia išlenkti individualiai. Dėl šios priežasties besitransformuojančių velenų principas yra žymiai patogesnis už rėminį principą, kadangi nereikia kiekvienam stiklo matmeniui ir formai gaminti atskiros formos, o užtenka nustatyti reikiamą lenkimo spindulį kompiuterio pagalba ir įrengimas išsistato automatiškai. Taip sutaupoma laiko ir išvengiama papildomų sąnaudų formai gaminti, gaunamas didesnis tikslumas ir produktyvumas. Vienintelis minusas šiuo atveju yra tai, kad negalima pagaminti įvairių formų lenkto grūdinto stiklo, o tik cilindro, tačiau architektūriniame stikle daugiausia ir naudojamas yra cilindro formos lenktas grūdintas stiklas, kuris kartais, norint išgauti kitas formas, kombinuojamas su plokščiu grūdintu stiklu.

2. Laminuoto stiklo gamybos technologija

Laminuotas stiklas (dar kitaip vadinamas tripleksas) gaminamas sujungiant du ir daugiau plokščio stiklo lakštų organine plėvele (EVA arba PVB - polivinilbutiralis). Tarp kaitinamų ir aukšto slėgio veikiamų stiklo lakštų esanti plėvelė išsilydo ir suklijuoja stiklus. Tokia stiklo konstrukcija užtikrina saugų jos atsparumą įvairiems mechaniniams pažeidimams. Stiklas net ir sudaužytas nesubyra – šukės laikosi prilipę prie plėvelės. Tokiu būdu užtikrinama apsauga nuo galimo susižalojimo.

2.1 Laminuoto stiklo gamybos technologiniai ypatumai

Priklausomai nuo laminuojamo stiklo paskirties ir produkcijos apimties skiriamos dvi pagrindinės laminuoto stiklo gamybos technologijos:

- 1) vakuuminis laminavimas;
- 2) autoklavinis laminavimas.

Kai reikalingi nedideli laminuoto stiklo kiekiai arba gaminamas dekoratyvinis stiklas, dažniausiai naudojamos vakuuminio laminavimo krosnys. Tokios krosnys lengviau valdomos, jas lengviau aptarnauti ir pereiti nuo vienos rūšies produkcijos prie kitos.

Vakuuminio laminavimo gamybos procesas susideda iš sekančių etapų:

1) paruošiamas „sumuštinis“ iš dviejų stiklų, tarp kurių paklojama laminavimo plėvelė (EVA arba PVB). EVA plėvelė naudojama vidaus darbams (pertvaroms, sieninėms spintoms), o PVB daugiau skirta stiklinimui, kur yra sąlytis su lauku (fasadams), kadangi ji yra atspari drėgmei bei ultravioletiniams spinduliams. Paruoštas sumuštinis yra dedamas į silikoninį maišą, prie kurio prijungtas vakuuminis siurblys. Maišą užsandarinus, stalčius su maišu ir jame esančiu stiklu patalpinamas į laminavimo krosnelę, kur vakuuminio siurblio pagalba yra išsiurbiamas oras, esantis tarp stiklų, o pakėlus temperatūrą iki 120 °C (EVA plėvelei) arba 130 °C (PVB plėvelei) stiklas prilimpa prie plėvelės ir taip gaunamas laminuotas stiklas.

2.2 Įrengimai gaminti laminuotą stiklą serijinei bei vienetinei gamybai

Serijinei gamybai naudojamos laminavimo linijos su autoklavu. Šiuo metodu linijose yra paruošiamas jau supresuotas „sumuštinis“, o stiklas galutinai suspaudžiamas bei išskaidrinamas autoklave. Linijose galimas nepertraukiamas laminavimo procesas, kuomet gaunamas didelis produktyvumas. Pagrindė sutinkami stiklo išmatavimai:

- 2600 mm x 3600 mm, max. našumas 600-800 m²/ 8h;
- 2600 mm x 4800 mm, max. našumas 1000-1600 m²/ 8h.

Vienetinei gamybai naudojami vakuuminio laminavimo įrengimai. Tokie įrengimai gali būti vienkameriniai arba daugiakameriniai. Plačiausiai paplitusi vienkamerinio laminavimo krosnis leidžia laminuoti sekančių matmenų stiklą:

- 1500 x 3000 mm.

Daugiakamerinio laminavimo krosnis gali būti 2, 4, 8 kamerų. Šiuo atveju dažniausiai laminuojamas didesnių matmenų stiklas, pvz.:

- 1800 x 3100 mm.

2.3 Lenkto stiklo laminavimo ypatumai

Lenkti ir laminuoti stiklai dažniausiai naudojami priekiniams automobilių stiklams. Taip yra todėl, kad avarijos atveju būtent į priekinius stiklus dažniausiai atsimuša vairuotojas arba šalia jo esantis keleivis. Kad smūgio metu žmogus nenukentėtų arba sudužusio stiklo šukės nesužalotų automobilyje esančių žmonių, priekiniai stiklai yra laminuojami. Lenkto stiklo laminavimo procesas susideda iš sekančių etapų:

- 1) stiklo apdirbimas;
- 2) šilkografija (jei reikalinga);
- 3) stiklo lenkimas;
- 4) laminavimas.

Apdirbtas ir jei reikalinga, su šilkografijos būdu užneštu piešiniu, stiklas patenka į tunelinę lenkimo krosnį. Čia stiklai dedami ant rėmo ir sukūrus temperatūrinį režimą išsilenkia dėl gravitacijos, t.y. nuo savo svorio. Kadangi laminuotam stiklui reikalingi 2 stiklai, jie lenkiami uždedant vieną ant kito. Taip abu stiklai įgauna geresnį pasikartojimą ir laminuojant labiau priglunda vienas prie kito. Kad lenkimo metu stiklai nesuliptų, prieš tai tarp jų yra pabarstoma specialių miltelių. Po lenkimo stiklai patenka ant PVB plėvelės uždėjimo konvejerio ir transportuojami horizontaliai. Kad išvalyti po lenkimo likusius miltelius tarp stiklų, viršutinis stiklas yra pakeliamas 90⁰ kampu. Po to paklojama PVB plėvelė ir viršutinis stiklas sugražinamas į horizontalią padėtį. Stiklas pastatomas ir nuleidžiamas čiuptukų pagalba. Paruoštas „sumuštinis“ patenka į pirminio vakuavimo ir presavimo kabiną. Čia kaitinant ir sudarant vakuumą išsiurbiamas tarp stiklų esantis oras ir gaunamas pirminis stiklų sukibimas su PVB plėvele. Galutinai stiklai sukimba su plėvele ir išskaidrėja (ištraukiamas oras) autoklave, kur sudaromas 12-13 Bar slėgis ir temperatūra pasiekia 135-145 °C. Parametrai nustatomi ir procesas valdomas pagrindiniu kontrolės pultu.

3. Laminuoto-grūdinto stiklo gamybos technologija

Laminuotas-grūdintas stiklas gaminamas sulaminuojant du ar daugiau grūdinto stiklo lakštų. Šiuo atveju gamybos technologija nesiskiria nuo prieš tai aprašytų grūdinimo ir laminavimo procesų, tik čia abi technologijos panaudojamos viename gaminyje, t.y. pirma užgrūdinami reikalingi stiklo lakštai, o po to jie sulaminuojami. Taip gaunamas laminuotas-grūdintas stiklas, kuris savo savybėmis yra pranašesnis už kiekvieną iš jų atskirai, kadangi šiuo atveju gaunamas gaminytis, galima sakyti, yra dvigubai saugus.

3.1 Laminuoto-grūdinto stiklo gamybos svarba

Laminuotas-grūdintas stiklas svarbus tuo, kad jį galima naudoti ten, kur reikalingas ypatingas saugumas, pvz.: daugiaaukščiuose pastatuose arba kitaip vadinamuose dangoraižiuose. Čia sumontavus stiklą ir jį išdaužus, jei tai ir būtų grūdintas stiklas, galite įsivaizduoti, kokią jėgą įgautų kad ir mažos stiklo dalelės, krisdamos iš 30 ar 40-to aukšto ar dar aukščiau. Dėl šios priežasties naudojama laminuoto-grūdinto stiklo konstrukcija, kuri, jei ir būtų sudaužyta, nenukristų ant apačioje esančių praeivių galvų, kadangi stiklo dalelės būtų prilipę prie plėvelės ir tokiu būdu stiklas neiškristų iš rėmo bei nesužalotų žmonių.

3.2 Laminuoto-grūdinto stiklo subtilybės

Kaip žinia, grūdinant stiklą jo atsparumas mechaniniam poveikiui padidėja kelis kartus. Tokį stiklą sulaminavus, jis tampa dar stipresnis. Dėl to laminuotas-grūdintas stiklas yra naudojamas netgi tokiose vietose, kur yra kasdienis kontaktas su išoriniu veiksniu. Turbūt visi žinome prekybos centrą „AKROPOLIS“ ir esame buvę šalia ten veikiančios čiuožimo aikštelės. Kai čiuožykloje yra žaidžiamas ledo ritulys, ritinis dažnai atsitrenkia į aplink aikštelę sumontuotas stiklo konstrukcijas. Kartais smūgis į stiklą būna toks stiprus, jog nejučia pagalvoji, kad stiklas tuoj ims ir subyrės. Tačiau stiklas nesubyra. Taip yra todėl, kad čia naudojamas storas laminuotas-grūdintas stiklas, kuris atlaiko stiprius smūgius ir taip apsaugo aplink esančius nuo galimų sužalojimų bei leidžia grožėtis žaidimu.

SAUGAUS STIKLO PANAUDOJIMAS

Saugus stiklas plačiai naudojamas

- statiniuose (langai, sienos, berėmiai balkonai),
- interjere (pertvaros, virtuvės dekoratyvinė sienelė, stiklo plytelės),
- balduose (stalai, lentynėles, kedės, stalviršiai)
- buitinėje technikoje (orkaitės, šaldytuvų lentynėles, mikrobangų krosnelės)
- kitos sritys (šiltnamiai, žiemos sodai, automobilių stiklai)

Saugus stiklas ruošiamas pagal konkrečius išmatavimus konkrečiam objektui pagal architektų, dizainerių ar konstruktorių sukurtus brėžinius. Populiausi pateikiami brėžiniai išdirbti AUTOCAD kompiuterine programa, kurios bylos suderinamos su įrengimų, reikalingų stiklui paruošti programomis. Šiuolaikiniame pasaulyje nepakanka naudoti vienos rūšies medžiagas gaminiuose (statiniuose, interjere, balduose ir t.t.). Dažnai reikalaujama stiklą derinti su mediena, betonu, metalu, plastikumu ar kitomis medžiagomis. Bendru atveju statiniuose keliami reikalavimai, pavaizduoti pav. 2: tai – išvaizda, saugumas, vientisumas, ilgaamžiškumas, lengvas aptarnavimas, šilumos, garso ir drėgmės izoliacija. Saugus stiklas turi atitikti visus šiuose reikalavimus.



2 pav. Reikalavimai saugiam stiklui statiniuose

Priklausomai nuo saugaus stiklo panaudojimo paskirties naudojami skirtingi **stiklo tvirtinimo būdai**:

- Reminė sistema
- Berėmė sistema

Reminė sistema arba *linijinis fiksavimo būdas* (linearly supported glazing) yra pati seniausia ir paprasčiausia sistema. Saugus stiklas, naudojamas reminėje tvirtinimo sistemoje, apdirbamas paprasčiausiu būdu – bukinamas ir grūdinamas. Dažniausia architektūroje stiklas remuose naudojamas, pagaminus iš stiklo stiklo paketą. Čia galimi įvairūs stiklo paketo kompozicijos būdai: paprastas stiklas su grūdintu stiklu, paprastas stiklas su laminuotu stiklu, paprastas stiklas su laminuotu grūdintu stiklu. Šioje sistemoje saugumui užtikrinti bei stiklo konstrukcijos tarnavimo laikui įtakos turi stiklo bukinimo kokybė, kuri garantuoja stiklo judėjimo laisvę stiklo pakete bei grūdinto stiklo ištestavimas stiklo senėjimo kameroje.

Berėmė sistema arba *taškinis fiksavimo būdas* (point fixed glazing) yra nauja sistema. Čia nėra linijinių remų, apimančių stiklo perimetrą. Taškinis fiksavimo būdas paremtas naudojimū










specialių taškinių laikiklių. Tai didelis iššūkis projektuotojams, gamintojams ir montuotojams. Žinoma daugybė taškinių fiksavimo laikiklių (pav.3), kurie skiriasi savo diametru, tarpinės sudėtimi, laikiklio montavimo vietos stiklo atžvilgiu, užimamu plotu bei skylės stikle forma laikikliui fiksuoti.



pav. 3. Laikiklių pavyzdžiai

Laikikliai skiriasi priklausomai nuo to, ar jie jungiami stiklo briaunoje ar skyleje, išgrežiamoje bet kurioje stiklo vietoje. Laikikliai, montuojami skyleje, gali būti dviejų plokštumų arba vienos su kuginiu įleidimu. Pagal judesį laikikliai gali būti stabilūs arba lankstūs. Visi laikikliai, priklausomai nuo jų kilmės, gali atlaikyti skirtingas apkrovas. Kita vertus, tarpinės, kurios yra tiekiamos kartu su laikikliais, gali būti pagamintos iš skirtingų medžiagų, kurios traukiasi, dūlija, skilinėja priklausomai nuo išorinių veiksnių.

Dėl visų faktorių, turinčių įtakos stiklo konstrukcijos tarnavimo laikui, daugumoje statinių konstrukcijų būtina atlikti statinius skaičiavimus pagal vokiečių standartą DIN 18008 ir kamuoliuko smūgio testą. Paveiksle 4 parodyta kokie testai privalo būti atlikti skirtingiems saugiems stiklams, priklausomai nuo jų montavimo vietos. Kaip matyti, stiklui, kuris montuojamas kabant virš žmonių galvų, atliekamas plieninio kamuolio, kurio svoris 4,1 kg ir kuris krenta iš 3 m aukščio testas. Stiklas, kuriuo leidžiama vaikščioti, išbandomas plieninio cilindro, kuris sveria 40 kg su galvute M8, dūžiu. Stiklui, ant kurio leidžiama trumpam užlipti valymo darbams, atliekamas testas su maišu, pripildytu stiklo rutuliukų.

	Possible Kind of glass	Testing of residual resistance
Facade (no anti drop device) 	ESG-H LG of ESG LG of TVG	No testing necessary
Overhead glazing 	LG of TVG	Ball drop test or Hammer and center punch 
Accessible glazing 	LG of TVG 3 layers of glass, top layer ESG or TVG	Test with steel cylinder 
Accessible glazing: work / cleaning 	LG of TVG 2 layers of glass	Test with bag filled with glass pearls 
Railing 	ESG-H LG of ESG LG of TVG	Pendulum impact test 

TVG Heat strengthened glass
ESG Fully tempered glass
ESG-H Fully tempered glass with heat soak test
LG Laminated glass

pav.4. Testų reikalavimai priklausomai nuo saugaus stiklo panaudojimo paskirties pagal DIN 18008.

Saugaus stiklo, sumontuoto statinyje, dūžio tikimybė priklauso nuo:

- stiklo užgrūdinimo ar terminio sutvirtinimo kokybės
- laminavimo tipo (ar PVB plėvele, ar derių užpylimo)

- fiksavimo taško geometrijos

Šiuo metu yra naujų laminuoto stiklo gamybos būdų. Naudojama metalizuota plėvelė, stiprinanti jungtį tarp stiklų. Taip pat naudojami naujo tipo laikikliai, kurie turi vyrius. Šių naujų medžiagų naudojimas saugaus stiklo montavime užtikrina saugesnę žmonių aplinką. Skirtingų rūšių saugus stiklas turi skirtingą atsparumą smūgiams. Paveiksle 5 parodyta kaip po smūgio laminuotas stiklas lieka sutrūkęs, bet neišbyrėjęs. Toks stiklas visuomet turi būti naudojamas konstrukcijose, einančiose virš galvų. Paveiksle 6 atvaizduotas grūdintas sudaužytas stiklas, kuris fiksavimo vietoje išbyra į neaštirus gabaliukus. Toks stiklas rekomenduojamas tik sieninėse konstrukcijose.



Pav. 5. Dužęs laminuotas stiklas.


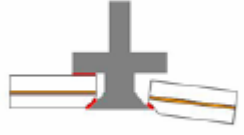
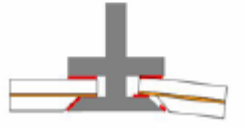


Pav.6. Dužęs grūdintas stiklas.

Projektuojant saugaus stiklo gaminius skaičiuojamas būsimas stiklo gaminio tvirtumas smūgiams, vejo gūsiams, svoriui ir kita, priklausomai nuo saugaus stiklo paskirties.

Fasaduose, pertvarose naudojamas taškinis stiklo fiksavimo būdas, kuris techniškai gali būti išpildytas įvairiai. Dizaino požiūriu taškiniai fiksavimo varžtai gali būti uždėtiniai arba įleistiniai. Vis plačiau yra naudojami įleistiniai fiksavimo varžtai, nes fasadas estetiškiau atrodo, lengvai valosi, kadangi nėra varžtų galvučių iškilimų. Pats svarbiausias skirtumas tarp uždėtinio

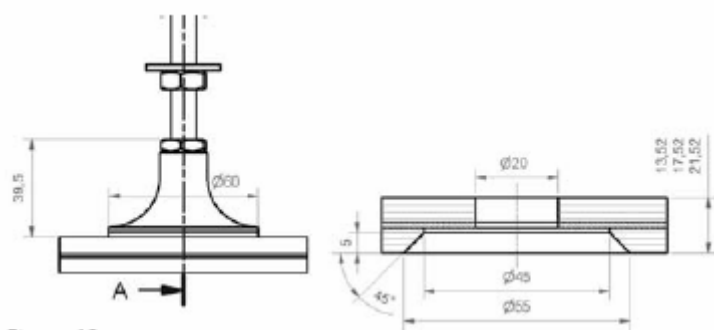
ir įleistinio varžto – tai varžto galvutės vidinės sienelės forma ir su ja susijusi stikle išgręžtos skylės geometrija (pav.7)

	Raised head fixture: Good residual resistance	Taškinis fiksavimas uždėtiniu varžtu Geras atsparumas skilimui
	Countersink-fixture poor residual resistance	Taškinis fiksavimas įleistiniu varžtu Blogas atsparumas skilimui
	Safe-countersink-fixture Good residual resistance	Saugus taškinis fiksavimas įleistiniu varžtu Geras atsparumas skilimui

Pav.7. Taškinio fiksavimo būdai.

Pagal vokiečių standartus, stiklas, kuris montuojamas 10 laipsniu kampu nuo vertikalės, jau priskiriamas prie „stiklo, einančio virš galvų“, kuriam gaminti ir montuoti naudojamos padidintos saugumo normos. Toks stiklas turi būti laminuotas grūdintas stiklas su PVB plėvele ne plonesne nei 1,52 mm storio ir tvirtintas saugiu taškiniu būdu: arba uždėtiniu varžtu arba saugiu įleistiniu varžtu.

Patikimiausias taškinis tvirtinimo būdas yra uždėtinis varžtas, kuris garantuoja, kad stiklui skilus 24h jis neištrupės. Jeigu stiklas tvirtinamas įleistiniu varžtu, tai ypač svarbu skylės geometrija. Paveiksle 8 pademonstruotas įleistinis varžtas, kur frezuojant ypač svarbu, kad skylės briaunos būtų 45°kampu ir PVB plėvelė veiktų 20 mm aplink skylę, kad užtikrintų tvirtumą skylant stiklui.



8 pav. Įleistinis varžtas.

Stiklo panaudojimas architektūroje, interjere, balduose vis populiarėja, nes sudaro skaidrumo, lengvumo įspūdį erdvėje. Stiklas vis dažniau naudojamas, kaip svoriams bei mechaniniam gniuždymui atspari medžiaga. Stiklas yra puiki statybinė medžiaga, tačiau kaip saugiai ji būtų pagaminta, visuomet yra rizika, kad stiklas duš. Patys svarbiausi dalykai, siekiant kuo ilgesnio stiklo tarnavimo, yra stiklo kaip žaliavos kokybės gerinimas, briaunų apdirbimas, tinkamas technologinis procesas saugaus stiklo gamyboje, teisingas montavimas. Dauguma stiklo tvirtinimo sistemų yra išbandytos ir patikrintos. bet daug svarbių klausimų susijusių su saugaus stiklo konstrukcijų dizainu ir montavimu dar neatsakytų.

Apibendrinant, stiklo konstrukcijų saugumo ir patikimumo kokybė gali būti pasiekta tik profesionaliu darbu bei profesionalia kokybės priežiūra bet kuriame saugaus stiklo gamybos proceso etape:

- Projektavime;
- Komandiniame darbe;
- Komponentų gamyboje: laikančioji konstrukcija, stiklas, tvirtinimo sistema;
- Gamyba ir montavimas.

Pagrindiniai kriterijai kasdieniam architektų, projektuotojų, stiklo gamybininkų, investuotojų, montuotojų – kokybiškas kiekvieno darbas, nentutrūkstama kokybės sistema visose stiklo paruošimo grandyse, aukštos kokybės žaliavos naudojimas. Visa, tai sudaro sąlygas tinkamai, saugiai ir patikimai naudoti grūdintą, lamintuotą, grūdintą-lamintuotą stiklą.

IŠVADOS

Stiklas – moderni statybinė medžiaga, kuri gali būti skaidri, spalvota, šilumą bei garsą izoliuojanti. Ji greitai montuojama. Tačiau stiklas turi savybę dūžti. Šiuolaikinės technologijos leidžia pastiprinti stiklą iki septynių kartų bei apdoroti taip, kad jis dužęs nesužalotų aplinkinių žmonių.

Tam, stiklas yra grūdinamas, laminuojamas arba grūdinamas ir laminuojamas. Stiklo apdorojimo būdas priklauso nuo jo paskirties. Saugiam stiklui gaminti naudojamos įvairios technologijos. Jos skiriasi savo techniniais sprendimais, našumu, stiklo apdorojimo kokybe. Tačiau saugaus stiklo gamyboje išlaikomi pagrindiniai principai.

Saugus stiklas turi atitikti tarptautinius standartus EN12150, DIN18008. Jeigu stiklas montuojamas aukštai pastatuose arba stoguose jis būtinai grūdinamas ir laminuojamas. Toks būdas pats saugiausias. Jeigu stiklas naudojamas interjere (pertvaros, durys, baldai), jis arba grūdinamas, arba tik laminuojamas.

Saugaus stiklo panaudojimas architektūroje, interjere, balduose vis populiarėja, nes sudaro skaidrumo, lengvumo išpūdį erdvėje. Stiklas vis dažniau naudojamas, kaip svoriams bei mechaniniam gniuždymui atspari medžiaga. Vis platesnis saugaus stiklo panaudojimas įpareigoja tampriau bendradarbiauti stiklo gamintojus, stiklo apdirbėjus, konstruktorius, dizainerius, montuotojus, tam, kad būtų kuriama saugi žmogui aplinka.