

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

TEHNOLOGIJA IZDELAVE STEKLENE FASADNE OBLOGE ZA OBJEKT X NA PRIMERU PODJETJA REFLEX

Kandidat: Denis Lang

Študent izrednega študija

Številka indeksa: 11190060140

Program: Gradbeništvo

Mentor: g. Bojan Dapčević, dipl. ing. grad. (UN)

Mentor v podjetju: g. Boštjan Kous, dipl. org. (VS)

Maribor, april 2014

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Denis Lang, št. indeksa 11190060140, sem avtor diplomskega dela z naslovom Tehnologija izdelave steklene fasadne obloge za objekt X na primeru podjetja Reflex,

ki sem ga napisal pod mentorstvom g. Bojana Dapčeviča, dipl. ing. grad. (UN).

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oziroma misli kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 16/2007, v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, april 2014

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. Bojanu Dapčeviću, dipl. ing. grad. (UN), za pomoč in vodenje pri nastajanju diplomske naloge.

Za nasvete in podporo pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem g. Boštjanu Kousu in podjetju Reflex d.o.o. ter vsem, ki so mi kakorkoli nudili pomoč.

Zahvaljujem se lektorici Nini Mencigar, prof. slov. in univ. dipl. ped.

Iskrena zahvala moji družini ter bližnjim, ker ste mi omogočili študij in nudili pomoč tekom študija.

Vsem skupaj še enkrat hvala!

POVZETEK

V diplomskem delu sem predstavil tehnologijo izdelave steklene fasadne obloge za objekt X, na primeru podjetja Reflex d.o.o., ki je inovativno slovensko podjetje za predelavo in oplemenitenje ploščatega stekla, ki že tretje desetletje izpopolnjuje ponudbo svojih steklarskih izdelkov in storitev.

V prvem delu diplomskega dela sem na kratko predstavil podjetje Reflex d.o.o., kjer sem opravljal delo na podlagi napotnice pooblaščne organizacije, tj. študentskega servisa, in sicer skoraj skozi celotno obdobje šolanja na Višji strokovni šoli Academia. V drugem delu diplomskega dela sem predstavil steklo, njegovo proizvodnjo, fizikalne in druge lastnosti ter predstavil lom stekla.

Ker so steklene fasadne obloge vrsta varnostnega stekla, sem v naslednjem poglavju diplomskega dela predstavil varnostno steklo RX SAFE, ki se deli na kaljeno varnostno steklo RX SAFE ESG po EN 12150 in delno kaljeno varnostno steklo RX SAFE TVG. V tem poglavju je opisana obdelava stekla (brušenje, izvrtine, izrezi, tiskanje), predstavljeni so kakovostni kriteriji kaljenega stekla, področja uporabe in proizvodni program.

V praktičnem delu diplomskega dela pa sem opisal celoten potek izdelave steklene fasadne obloge za objekt X na primeru delovnega naloga, ki sem ga dobil v podjetju Reflex. Pri izdelavi sem sodeloval tudi sam. V proces izdelave steklene fasadne obloge so vključene različne tehnološke operacije, ki si sledijo v točno določenem zaporedju. Proces se začne z izdelavo tehnološke dokumentacije, nato pa sledijo obdelovalni postopki v proizvodnji: razrez stekla, brušenje robov, tiskanje in na koncu še toplotna obdelava.

Ključne besede: tehnologija izdelave steklene fasadne obloge, steklo, varnostno steklo, tehnološka dokumentacija

ZUSAMMENFASSUNG

Manufacturing technology of glass cladding for building X in the case of Reflex company

In der Diplomarbeit will ich Ihnen zur Herstellung von Glas Fassadenplatten für das Objekt X, in der Unternehmen Reflex d.o.o präsentiert. Reflex d.o.o ist ein innovatives slowenisches Unternehmen zur Bearbeitung und Veredlung von Plattenglas, das schon das dritte Jahrzehnt Glasprodukte und Dienstleistungen in diesem Bereich anbietet.

In dem ersten Teil meiner Diplomarbeit habe ich kurz das Unternehmen Reflex d.o.o vorgestellt, wo ich als Student des Bauwissens den größten Teil des Studiums in der Fachhochschule Academia gearbeitet habe. In dem zweiten Teil habe ich das Glas, ihre Herstellung, die Physischen und andere Eigenschaften vorgestellt, hinzugefügt habe ich auch einiges über dem Glasbruch.

Glas Fassadenplatten fällt unter das Sicherheitsglas, daher habe ich in dem nächsten Kapitel der Diplomarbeit das Sicherheitsglas RX SAFE vorgestellt., das sich unter das gehärtete Sicherheitsglas RX SAFE ESG nach EN 12150 und teilweise gehärtete Sicherheitsglas RX SAFE TVG teilt. Im diesem Kapitel der Diplomarbeit habe ich die Verarbeitung von Glas (die Schleifung, bohren von Löcher, Ausschnitten und Drücken) beschreiben. Ich habe auch das Qualitätskriterium für das gehärtete Sicherheitsglas, Anwendungsbereich und Produktionsprogramm erwähnt.

In dem Praktischen Teil der Diplomarbeit habe ich den gesamten Verlauf der Verarbeitung von Glas Fassadenplatten für das Objekt X in den Fall der Arbeitsaufgabe, dass ich in dem Unternehmen Reflex bekommen habe, auch selbst mitgewirkt habe. In den Herstellungsverfahren von Glas Fassadenplatten sind verschiedene tehnologische Operationen inbegriffen, die sich in den exakten Sequenzen folgen. Es fängt mit Herstellung der Technologischen Dokumentationen an, dann folgt die Verarbeitung in der Produktion: Glasschneiden, Kantenschleifung, Drücken und zum Schluss noch Wärmenbehandlungen.

Stichwörter: Technologische Herstellung von Glas Fassadenplatten, Glas, Sicherheitsglas, Technologische Dokumentation.

KAZALO VSEBINE

TEHNOLOGIJA IZDELAVE STEKLENE FASADNE OBLOGE ZA OBJEKT X NA PRIMERU PODJETJA REFLEX	2
IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA.....	10
ZAHVALA.....	11
POVZETEK	12
ZUSAMMENFASSUNG	13
KAZALO VSEBINE	15
KAZALO SLIK.....	18
KAZALO TABEL	20
1 UVOD.....	10
1.1 Opredelitev obravnavane zasnove	10
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela.....	10
1.3 Predpostavke in omejitve	11
1.4 Predvidene metode raziskovanja	11
2 PREDSTAVITEV PODJETJA REFLEX D.O.O.....	12
2.1 Zgodovina	12
2.2 Sestava podjetja REFLEX	13
3 STEKLO	16
3.1 Pregled razvoja tehnologij	17
3.2 Proizvodnja »float« stekla.....	18
3.3 Fizikalne lastnosti ploščatega stekla	20
3.3.1 Splošne lastnosti	20
3.3.2 Upogibna trdnost	21
3.3.3 Druge toplotne lastnosti.....	22

3.4	Lom stekla.....	23
3.4.1	Iskanje vzrokov za nastanek loma stekla.....	25
3.5	Površinske poškodbe na steklu	25
3.5.1	Mehanski vplivi	25
3.5.2	Termični vplivi	26
3.5.3	Kemijski vplivi	26
3.6	Zakoni, pravilniki, standardi in smernice o steklu.....	27
4	VARNOSTNO STEKLO RX SAFE.....	29
4.1	Kaljeno varnostno steklo ESG po EN 12150.....	30
4.1.1	Obdelava kaljenega stekla	37
4.1.2	Kakovostni kriteriji kaljenega stekla	41
4.1.3	Proizvodni program in maksimalne dimenzije.....	47
4.2	Delno kaljeno steklo RX SAFE TVG.....	47
4.2.1	Lastnosti	49
4.2.2	Področja uporabe	50
4.2.3	Kakovostne zahteve za TVG	50
4.2.4	Proizvodni program in maksimalne dimenzije.....	53
4.3	Kaljeno emajlirano steklo	54
4.4	Kaljeno steklo s sitotiskom	56
5	Tehnološki postopek izdelave steklene fasadne obloge za objekt X (na primeru podjetja Reflex d.o.o.).....	59
5.1	Tehnološka dokumentacija izdelka.....	59
5.2	Postopek izdelave steklene fasadne obloge za objekt X.....	61
5.2.1	Priprava dela	61
5.2.2	Razrez stekla.....	67
5.2.3	Brušenje robov.....	69

5.2.4	Izdelava v oddelku sitotiska	70
5.2.5	Toplotna obdelava	71
5.2.6	Terminski plan izdelave.....	73
5.2.7	Finančni plan izdelave	74
5.2.8	Montaža	76
5.2.9	Končni videz.....	77
6	Zaključek	78
7	UPORABLJENA Literatura in viri	81
7.1	Literatura.....	81
7.2	Viri	81
7.3	Spletni viri.....	81

KAZALO SLIK

Slika 1: Poslovalnice podjetja Reflex d.o.o.....	13
Slika 2: Zemljevid poslovalnic	15
Slika 3: Brušenje in poliranje stekla	18
Slika 4: Shematski prikaz proizvodnje stekla po "float" postopku	19
Slika 5: Prikaz vplivov na zasteklitev.....	24
Slika 6: Shematski prikaz toplotne obdelave stekla	31
Slika 7: Prikaz napetosti v kaljenem steklu	32
Slika 8: Struktura loma kaljenega stekla	33
Slika 9: Molekula nikljevega sulfida	33
Slika 10: Grafični prikaz »Heat Soak Test-a«	35
Slika 11: Grobo brušen rob.....	37
Slika 12: Fino brušen rob	37
Slika 13: Poliran rob	38
Slika 14: Posnet rob.....	38
Slika 15: Skrajšani rez	38
Slika 16: Skica izvrtine.....	39
Slika 17: Izvrtina s poglobitvijo	40
Slika 18: Celotna in lokalna izkrivljenost.....	43
Slika 19: Odtis na steklu RX ESG-H.....	46
Slika 20: Slika loma po EN 1863	48
Slika 21: Paleta standardnih barv	55
Slika 22: Standardni vzorci.....	58
Slika 23: Prva stran delovnega naloga v mojem primeru.....	60
Slika 24: Načrt izvedbe pravokotnika ST30.....	62
Slika 25: Skica paralelograma	62
Slika 26: Načrt izvedbe paralelograma ST50	63
Slika 27: Skica trapeza	64

Slika 28: Načrt izvedbe trapeza ST3	65
Slika 29: Skica štirikotnika s poševnino desno navzdol.....	65
Slika 30: Načrt izvedbe štirikotnika s poševnino desno navzdol ST24.....	67
Slika 31: Rezalna miza Lisec, v ozadju nakladalka Lisec	68
Slika 32: Horizontalni brusilni stroj Buseti F12.....	69
Slika 33: Lisec WSL.....	70
Slika 34: Tiskarski stroj INO jumboprint AA-360.....	71
Slika 35: Kalilna peč TCME	72
Slika 36: Terminski plan izdelave	74
Slika 37: Slika med montažo od znotraj.....	76
Slika 38: Slika med montažo od zunaj	76
Slika 39: Končni videz objekta X.....	77

KAZALO TABEL

Tabela 1: Mehanske lastnosti stekla	20
Tabela 2: Minimalne vrednosti transmisije za navpični vpadni kot.....	21
Tabela 3: Upogibna trdnost različnih stekel	21
Tabela 4: Toplotne lastnosti	22
Tabela 5: Dimenzijske tolerance za izvrtine po EN 12150	39
Tabela 6: Tolerance lege izvrtin	40
Tabela 7: Tabela toleranc 1	41
Tabela 8: Tabela toleranc 2	42
Tabela 9: Vrednosti za izkrivljenost.....	44
Tabela 10: Število in dimenzije drobcev	45
Tabela 11: Mehanska trdnost, skladno z EN 1288-3/EN 12150-1	45
Tabela 12: Maksimalne dimenzije proizvodnega programa za ESG in ESG-H.....	47
Tabela 13: Mehanska trdnost po EN 1863-1/EN 1288-3	48
Tabela 14: Lastnosti za Float, TVG in ESG steklo	49
Tabela 15: Področja uporabe za »float«, TVG in ESG steklo.....	50
Tabela 16: Omejitve celotne in lokalne izkrivljenosti za TVG.....	51
Tabela 17: Tolerance debeline, skladne z EN 1863-1	51
Tabela 18: Tolerance širine in dolžine, skladne z EN 1863-1.....	52
Tabela 19: Maksimalne dimenzije proizvodnega programa za TVG.....	53
Tabela 20: Dimenzije pravokotnikov	61
Tabela 21: Dimenzije paralelogramov	63
Tabela 22: Dimenzije trapezov.....	64
Tabela 23: Dimenzije štirikotnikov s poševninami	66
Tabela 24: Finančni plan izdelave	75

1 UVOD

1.1 Opredelitev obravnavane zasnove

V diplomskem delu se osredotočam na predstavitev tehnologije izdelave steklenih fasadnih oblog.

V uvodu predstavljam podjetje Reflex d.o.o., v katerem sem v času študija opravljal delo na podlagi napotnice pooblaščne organizacije, tj. študentskega servisa. Ker sem delal v različnih oddelkih podjetja, sem se srečal z vsemi deli procesa izdelave steklenih fasadnih oblog in tako spoznal celoten proces od samega začetka pa do končnega izdelka fasadne obloge. Spoznal sem vsa dela, ki so potrebna za zadovoljitev naročnika. Nadalje predstavljam konstrukcijski material, tj. steklo, proizvodnjo stekla in njegove fizikalne lastnosti. Nato podrobneje predstavljam varnostno steklo in dela, ki so povezana z njim – tiskanje in kaljenje. V nadaljevanju je predstavljen celoten proces izdelave steklenih fasadnih oblog po posameznih oddelkih v podjetju, na koncu pa še zakoni, pravilniki, standardi in smernice o steklu.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomskega dela je proučiti tehnološki proces izdelave steklenih fasadnih oblog na primeru podjetja Reflex d.o.o. po posameznih oddelkih. Prav tako je namen nadgraditi svoje znanje o steklu s proučevanjem strokovne literature.

Cilji diplomskega dela so:

- predstaviti podjetje Reflex d.o.o.,
- opredeliti steklo, njegove lastnosti, opis proizvodnje stekla in možnosti obdelovanja oz. oplemenitenja,
- predstaviti celoten proces izdelave steklenih fasadnih oblog po posameznih fazah.

Trditev diplomskega dela: V moderni arhitekturi postaja steklo vedno bolj dominanten gradbeni material.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavke pri proučevanju zadeve so:

- razpoložljivost tuje in domače literature,
- razpoložljivost in točnost podatkov v podjetju.

1.4 Predvidene metode raziskovanja

Predvidene metode raziskovanje v diplomskem delu so proučevanje strokovne literature in sodelovanje pri delu v vseh oddelkih podjetja (rezalnica, brusilnica, sitotisk, kalilnica).

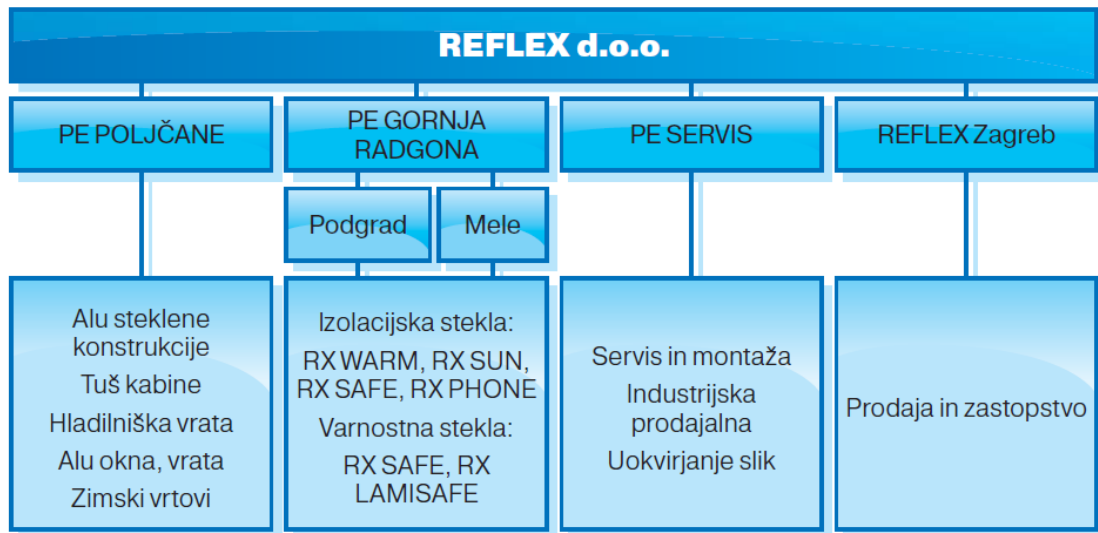
2 PREDSTAVITEV PODJETJA REFLEX D.O.O.

2.1 Zgodovina

V nadaljevanju podajam zgodovino podjetja Reflex d.o.o.:

- 1979: ustanovljena steklarska obrtna delavnica v Podgradu pri Gornji Radgoni,
- 1984: začetek proizvodnje izolacijskih stekel,
- 1993: prehod iz obrtne delavnice v podjetje Reflex d.o.o.,
- 1994: začetek proizvodnje kaljenega varnostnega stekla, prva kalilna peč,
- 1999: nova poslovna enota v Murski Soboti,
- 2003: nova poslovna enota v Poljčanah, razširitev dejavnosti na proizvodnjo izdelkov iz aluminija,
- 2004: 25 let delovanja in nova poslovna enota v Meleh pri Gornji Radgoni,
- 2007: druga kalilna peč, nova rezalnica (dve rezalni liniji in avtomatsko skladišče), nova izolacijska linija,
- 2008: začetek proizvodnje lepljenega varnostnega stekla, prva linija za lepljeno steklo.

2.2 Sestava podjetja REFLEX



Slika 1: Poslovalnice podjetja Reflex d.o.o.

Vir: Hajdinjak, 2009, 18

Reflex d.o.o. je inovativno slovensko podjetje za predelavo in oplemenitenje ploščatega stekla, ki že tri desetletja izpopolnjuje ponudbo svojih steklarskih izdelkov in storitev z:

- raznovrstnim izolacijskim steklom:

- toplotno zaščitno,
- sončno zaščitno,
- zvočno zaščitno,
- požarno zaščitno,
- varnostno ter

- s kaljenim steklom različnih velikosti in debelin, ki je lahko:

- emajlirano,
- s sitotiskom,
- barvno.

Z lepljenim steklom, izdelanim po VSG tehnologiji, in drugimi vrstami stekla lahko uresničimo domala vsako zamisel, ki obogati bivanjske in delovne prostore z novimi vidiki svetlobe. Številne občudovanja vredne stavbe dokazujejo usmerjenost podjetja v vrhunsko in celovito izvedbo steklenih fasadnih oblog in drugih arhitekturno zahtevnih objektov.

Pri uresničevanju novih izzivov, ki jih prinaša uporaba stekla v gradbeništvu in arhitekturi, so dosledno zavezani odličnosti. Refleksovi izdelki in storitve zagotavljajo uporabnikom prijetno bivanje v prostorih svetlobe.

Z združitvijo znanja in izkušenj, ki izhajajo iz dela s steklom in iz dela z aluminijastimi profili, pa so se razvile še naslednje dejavnosti:

- projektiranje, proizvodnja in montaža aluminijastih fasadnih konstrukcij, aluminijastih oken in vrat ter zimskih vrtov,
- proizvodnja kabin za prhanje in hladilniških vrat.

Razvojna naravnost, inovativnost, izkušnost, odgovorno ravnanje z energijo in okoljem so vrednote vsakega od 350. strokovnjakov, mojstrov in delavcev podjetja Reflex d.o.o. Stavijo na vrhunsko kakovost, učinkovitost, odgovornost in sodelovanje z naročniki njihovih izdelkov in storitev.

Podjetje Reflex d.o.o ima sedež v Podgradu (Podgrad 4, 9250 Gornja Radgona) ter štiri poslovne enote. Prva se nahaja v Gornji Radgoni (Ljutomerska cesta 28f, 9250 Gornja Radgona), druga v Murski Soboti (Kopališka ulica 2, 9000 Murska Sobota), tretja v Poljčanah (Bistriška cesta 81, 2319 Poljčane) in četrti na Hrvaškem v Zagrebu (Petrovaradinska 5–5a, 10000 Zagreb).



Slika 2: Zemljevid poslovalnic

Vir: Hajdinjak, 2009, 20

3 STEKLO

Najstarejši najdeni predmeti, izdelani iz podobnega materiala kot steklo, po ocenah arheologov izvirajo iz mlajše kamene dobe, kar pomeni, da so stari približno 9.000 let.

Človek je že v davnih časih odkril, kako lahko doseže visoke temperature. Ker je imel hkrati pri roki najpomembnejše surovine (kremenčev pesek, apnenec, sodo), je popolnoma razumljivo, da je nekega dne naposled izdelal steklo.

Preteči je moralo še precej časa, preden so steklo začeli izdelovati načrtno. Na vprašanje kdaj in kje se je to zgodilo, arheologi in zgodovinarji kljub prizadevnemu raziskovanju še vedno nimajo pravega odgovora.

Po dolgotrajnih poskusih so na začetku dvajsetega stoletja končno razvili postopek strojnega izdelovanja stekla. Pionirsko delo pri razvoju postopka kontinuiranega vlečenja steklenega traku iz kadi s stekleno talino je opravil Belgijec Emile Fourcalt.

Ploščato steklo izdelujejo po »plavajočem« postopku od začetka šestdesetih let prejšnjega stoletja. Tako pridobljeno steklo, ki ga imenujemo zrcalno ali »float« steklo, ima odlične optične lastnosti. Veliko oviro v prizadevanjih za ekonomično in kakovostno izdelavo stekla so v preteklosti predstavljale njegove fizikalno-kemične lastnosti. Steklo je sicer trdna snov, vendar bi ga zaradi njegove strukture morali uvrščati med tekočine, zato steklu pravimo tudi podhlajena tekočina.

3.1 Pregled razvoja tehnologij

Izdelavo steklenih plošč s tehniko pihanja je kmalu dopolnila tehnologija kristalnega stekla, ki so jo uporabljali vse do šestdesetih let 20. stoletja. V tem primeru gre dejansko za lito steklo, ki s kasnejšim brušenjem in poliranjem dobi izredne optične lastnosti. Tako steklo se je najpogosteje uporabljalo za izdelavo ogledal, od tod tudi njegovo ime (podoben postopek še danes uporabljajo za izdelavo velikih leč za teleskope).

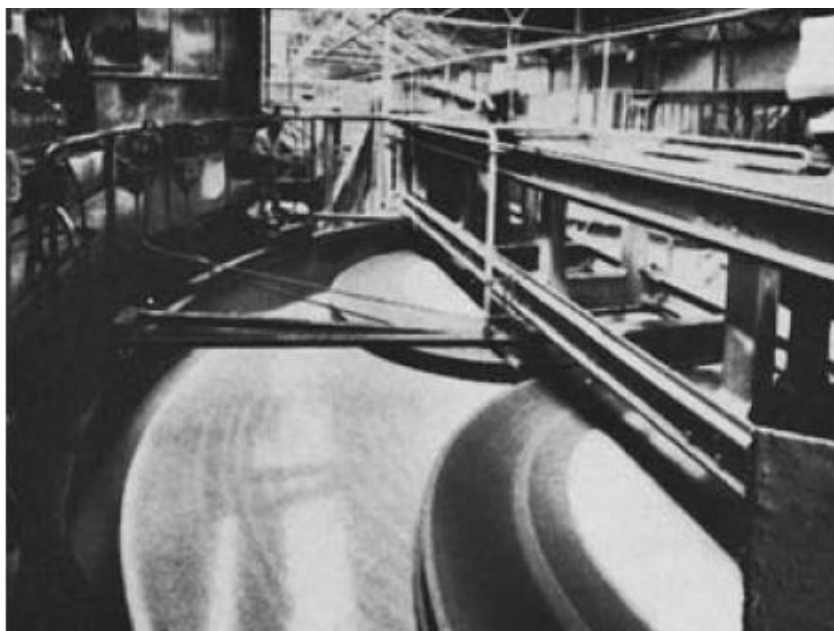
Zaradi ekonomičnosti izdelave je v tistem času prevladovalo vlečeno steklo, ki pa je imelo valovito površino in zaradi tega številne optične pomanjkljivosti. Pogled skozi takšno steklo je bil močno popačen, zato so kljub visokim stroškom vzporedno še vedno izdelovali tudi kristalno steklo.

Oba tehnološka postopka so nenehno izpopolnjevali (Pittsburgh), vendar osnovnih pomanjkljivosti, kot sta cena in kakovost, niso mogli odpraviti. To je ob čedalje večjem povpraševanju po visokokakovostnem steklu pomenilo, da bo treba poiskati nove rešitve.

Osnovno vodilo iskanja je bila zahteva po čim bolj ugodnem razmerju med ceno, kakovostjo in količino.

V začetku petdesetih let je angleško podjetje Pilkington Brothers vendarle našlo ustrezno rešitev, in sicer tehnologijo plavajočega stekla. Po nekajletnem razvoju, ki je sledil prvotni zamisli, so leta 1958 začeli z redno proizvodnjo po omenjenem postopku. Avtomatizirana proizvodnja stekla po »float« postopku omogoča proizvodnjo velikih količin ploščatega stekla, v zelo velikih formatih, z zelo kakovostnimi površinami in po relativno nizki ceni.

Angleška beseda »float« v slovenščini pomeni »plavati« in dobro opisuje osnovni princip omenjenega postopka.



Slika 3: Brušenje in poliranje stekla

Vir: Hajdinjak, 2009, 24

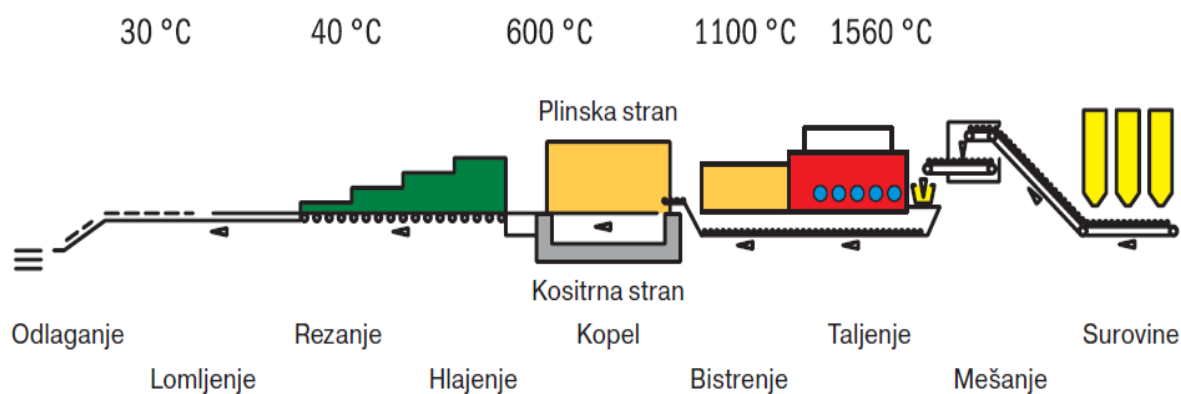
3.2 *Proizvodnja »float« stekla*

Ustrezno pripravljene surovine (čistost, granulacija) se v natančno določenih utežnih razmerjih z mešanjem pripravi za vsip v peč. Dnevno je treba zmešati (odvisno od kapacitete peči) od 300 do 850 ton surovin. Celoten proces doziranja, mešanja in vsipanja je popolnoma avtomatiziran. V prvem delu talilne peči, kjer znaša temperatura 1560 °C, se surovine stalijo. V zadnjem delu peči, kjer je temperatura 1100 °C, se steklena talina (v talilni kadi je običajno do 1900 ton taline) bistri.

V naslednji in najpomembnejši fazi stekleno maso v obliki neskončnega traku prelijejo v kad s tekočim kositrom. Gre za izjemno pomemben fizikalni pojav, pri katerem se površina mirujoče tekočine najbolj približa idealno ravni površini. Zaradi površinske napetosti se steklo razlije po tekočem kositru in se s spodnjo površino prilagodi površini kositra. Hkrati se s plamenskim poliranjem obdela tudi zgornja stran steklenega traku. Če bi tok stekla prepustili fizikalnim zakonitostim (površinska napetost, viskoznost, gostota), bi samodejno nastalo 5,5 mm debelo steklo. Debelejše ali tanjše steklo dobimo tako, da z zobatimi kolesi, ki na robovih segajo s steklenega traku, povečamo ali zmanjšamo hitrost toka stekla.

Rezultat opisanega postopka je neskončni stekleni trak z enako planparalelnostjo, kot jo ima kristalno steklo.

V zadnji, najbolj kritični fazi stekleni trak zapusti kad s tekočo kovino in nadaljuje pot preko valjev v hladilnem kanalu. Za proizvodnjo steklenih plošč brez notranjih napetosti je treba hitrost ohlajanja skrbno nadzirati. Drugi del ohlajanja poteka na zraku. V tej fazi se steklenemu traku odrežejo robovi. Na koncu transporta, ko je temperatura steklenega traku enaka temperaturi okolice, steklo prečno razrežejo na standardne pravokotnike 600 x 321 cm.



Slika 4: Shematski prikaz proizvodnje stekla po "float" postopku

Vir: Hajdinjak, 2009, 25

Osnovne surovine za proizvodnjo stekla so (Bezjak, 1997, 99):

- kremenčev pesek,
- soda,
- apnenec,
- pepelika,
- dolomit.

3.3 Fizikalne lastnosti ploščatega stekla

3.3.1 Splošne lastnosti

Izvleček iz standarda EN 572-1 je prikazan v tabeli 1.

Lastnosti	Simbol	Enota
Gostota	ρ	2500 kg/m ³
Trdota	/	6. stopnja po Mohsu
Elastični modul	E	7 x 10 ¹⁰ Pa
Poissonovo število	μ	0,23
Koeficient toplotnega prehoda	U	5,80 W/m ² K
Specifična toplotna konstanta	c	0,72 * 10 ³ J/(kg*K)
Linearni toplotni razteznostni koeficient	α	9*10 ⁻⁶ K ⁻¹
Toplotna prevodnost	λ	1 W/(m*K)
Srednji lomni količnik za vidno svetlobo	c	1,5

Tabela 1: Mehanske lastnosti stekla

Vir: Hajdinjak, 2009, 26

V tabeli 2 so prikazane minimalne vrednosti prehoda (transmisije) svetlobe za prozorna brezbarvna stekla s planparalelnimi površinami in brez vložnega žičnega pletiva.

Debelina stekla (mm)	Transmisija svetlobe (τ min)
3	0,88
4	0,87
5	0,86
6	0,85
8	0,83
10	0,81
12	0,79
15	0,76
19	0,72
25	0,67

Tabela 2: Minimalne vrednosti transmisije za navpični vpadni kot

Vir: Hajdinjak, 2009, 26

3.3.2 Upogibna trdnost

Upogibna trdnost po definiciji pomeni, da so tiste upogibne napetosti, ki bodo s 5 % verjetnostjo povzročile lom, statistično v 95 % primerov večje od vrednosti, ki so navedene v tabeli 3.

Vrsta stekla	Upogibna trdnost (N/mm ²)
Zrcalno steklo	45
»Float« steklo	45
Lito steklo	25
Profilno steklo	45
Zrcalno steklo z žico	25
Lito steklo z žico	25
Delno kaljeno steklo	70
Kaljeno steklo	120
Lepljeno steklo	Veljajo vrednosti uporabljenih stekel.

Tabela 3: Upogibna trdnost različnih stekel

Vir: Hajdinjak, 2009, 27

3.3.3 Druge toplotne lastnosti

Od drugih lastnosti stekla naj omenimo še naslednje:

- steklo ne gori, niti ni vnetljivo;
- ima homogene in gladke površine, zlahka ga očistimo in je zelo higiensko;
- steklo je zelo odporno proti kemijskim vplivom. Obstojno je v večini kislin in lugov, v vodi ni topno, hkrati pa je korozijsko zelo obstojno;
- steklo ne absorbira in ne oddaja vlage, se ne izsuši ter se ne zvija.

Ko pridobi določeno obliko, je ne spremeni. Ni občutljivo na mraz in temperaturne spremembe, ne spreminja barve in ne postane motno. Ne navzame se vonja in ga tudi ne oddaja. Steklo je sodoben gradbeni material z dolgoletno tradicijo in še obetavnejšo prihodnostjo.

Lastnosti	Simbol	Vrednost
Temperatura transformacije	t_g	520 °C do 550 °C
Najvišja temperatura za uporabo kaljenega stekla	T_{max}	Trajno pri $T = 200\text{ °C}$; Krajši čas pri $T = 300\text{ °C}$
Največja temperaturna razlika med dvema točkama na površini običajnega stekla	δ_T	40 K
Največja temperaturna razlika med dvema točkama na površini kaljenega stekla	δ_T	200 K

Tabela 4: Toplotne lastnosti

Vir: Hajdinjak, 2009, 27

3.4 Lom stekla

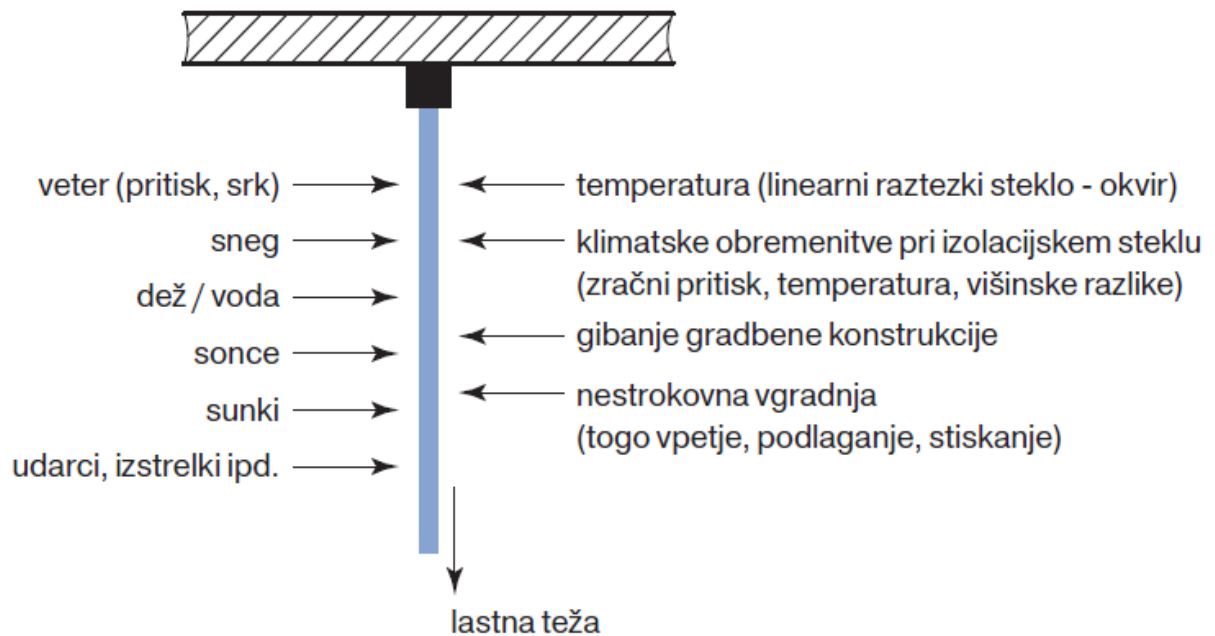
Večina od nas se sprašuje, zakaj je steklo tako lomljivo. Odgovor na vprašanje lahko razberemo iz dveh definicij o steklu:

1. Steklo je anorganski produkt taljenja, ki se, ne da bi pri tem nastala kristalna mreža pri ohlajevanju pod točko transformacije, spremeni v trdno snov.
2. Steklo je pri normalni temperaturi trdna tekočina, ki je zaradi izjemno visoke viskoznosti amorfna snov, brez kristalne strukture.

Iz prejšnjih dveh definicij dobimo odgovor na naše vprašanje. Steklo je kljub veliki trdoti zelo krhek material, zato ga ne moremo plastično preoblikovati.

Način proizvodnje stekla danes je takšen, da pri kontroliranem ohlajevanju steklenega traku ostane v njem zelo malo t. i. zaostalih napetosti, ki bi lahko povzročile lom stekla, prav tako pa v naslednjih fazah predelave ne morejo nastati večje zaostale napetosti. Če bi nastale, bi v fazah predelave, manipulacije in montaže povzročile lom stekla.

Osnova za zatrjevanje steklarjev, da se steklo samo od sebe nikoli ne zlomi, je navedena v prejšnjem odstavku – do loma pride vedno zaradi zunanjih vplivov. To pa ne more biti razlog za reklamacijo.



Slika 5: Prikaz vplivov na zasteklitev

Vir: Hajdinjak, 2009, 336

Odvisno od gradnje in vrste zasteklitve je obremenitev na steklo kombinacija različnih vplivov. Povečana obremenitev se lahko pojavi tudi pri nestrokovni manipulaciji, skladiščenju ali transportu.

Povečana nevarnost loma je še posebej prisotna pri specialnih steklih, kot so žična stekla in v masi obarvana stekla. Pri prvih je povečana nevarnost loma zaradi treh različnih toplotnih raztezkov: stekla, kovine in zraka v kanalu ob žici. Steklo je zaradi tega v nestabilnem stanju že brez zunanjih vplivov. V masi obarvana stekla so sposobna absorbirati velike količine sončne energije, zaradi tega pa tudi močnejše sevajo. Možnost loma je tako povečana, saj v njih nastanejo dodatne notranje napetosti. Dodatne notranje napetosti se še posebej povečajo pri delnem osenčenju in pri nezadostnem prezračevanju. Steklo se tako ne more enakomerno ohlajati.

Če se hočemo izogniti lomu stekla, ali pa vsaj zmanjšati možnost za nastanek loma, je treba upoštevati naslednja navodila (Hajdinjak, 2009, 337):

- preprečiti moramo možnost delnega osenčenja stekel;
- zagotoviti moramo zadostno, predvsem pa neovirano prezračevanje;
- materiali za okvir in pritrdilne letve morajo biti prilagojeni absorpcijski stopnji stekla;
- upoštevati moramo možnost povečanega raztezanja, zato steklo ne sme biti toga vpeto.

3.4.1 *Iskanje vzrokov za nastanek loma stekla*

Možni vzroki za nastanek loma stekla (Hajdinjak, 2009, 337):

- vrsta, lega in konstrukcija objekta,
- izpostavljenost soncu, možnost delnega osenčenja,
- možnost ohlajevanja,
- konstrukcija okna,
- izbrana vrsta stekla in izbira debeline,
- izbrani način zastekljevanja,
- izvedba zastekljevanja.

Pri ugotavljanju vzrokov loma si pomagamo s primerjavo slik lomov, ki so tipični za določeno vrsto obremenitve.

3.5 *Površinske poškodbe na steklu*

3.5.1 *Mehanski vplivi*

Iz prakse poznamo veliko vzrokov, zaradi katerih lahko med obdelovanjem, transportom, manipulacijo ali v življenjski dobi stekla nastanejo poškodbe na stekleni površini.

Po Mohsovi lestvici trdote se steklo uvršča med 5. in 6. razred.

Mehanske poškodbe na površini stekla lahko povzročijo materiali, ki imajo enako ali večjo trdoto, kot jo ima steklo, praske na mehkih nanosih na steklu pa lahko povzročijo tudi mehkejši materiali.

Tudi kaljeno steklo ni nič trše, pa tudi nič manj občutljivo na mehanske poškodbe, saj se pri kaljenju stekla poveča samo njegova trdnost, ne pa tudi trdota.

Nastale lasne praske na steklu lahko odstranimo z intenzivnim poliranjem. Ta možnost odpade, kadar so praske na kovinskem nanosu na steklu.

3.5.2 Termični vplivi

Ko v bližini zasteklitve delamo z brusilnim ali varilnim aparatom, moramo biti pozorni na iskre, ki pri tem odpadajo. Če padajo na zasteklitev, se zaradi visoke temperature vžgejo v stekleno površino. Poškodbe stekla, ki nastanejo na tak način, so nepopravljive.

3.5.3 Kemijski vplivi

Razjede zaradi vpliva kisline.

Ko se med gradnjo objekta določeni deli fasade zelo umažejo, uporabljamo za njihovo čiščenje sredstva, ki vsebujejo fluorovodikovo kislino. Steklo proti tej kislini ni odporno, zato moramo preprečiti stik kisline s površino stekla. S tem zmanjšamo možnosti razjedanja steklene površine na zasteklitvi.

Razjede zaradi kapljevin.

V zadnjem času ugotavljamo poškodbe na fasadah, ki so izdelane iz stekla s kovinskim nanosom. Pojav je še bolj izrazit tam, kjer steklo nastopa v kombinaciji z betonom, naravnim ali umetnim kamnom, opeko in silikatnimi fasadnimi deli.

Površina stekla je mikroskopsko gledano zelo razgibana, zato je oprijemljivost vlage zelo velika, kovinski nanos pa jo še poveča.

Padavine iz prej omenjenih materialov izlužijo nekatere alkalne raztopine, ki v kombinaciji z zrakom tvorijo korozijsko sredstvo. Omočljivost stekla omogoča, da raztopine na steklu zastanejo in tako korodirajo njegovo površino. Enak učinek ima kisli dež.

3.6 Zakoni, pravilniki, standardi in smernice o steklu

Tako kot v vsaki dejavnosti so tudi v steklarstvu pomembni nekateri zakoni, pravilniki, standardi in smernice, ki se jih moramo držati.

Najbolj pomembni zakoni in pravilniki so:

- Zakon o graditvi objektov,
- Zakon o gradbenih proizvodih,
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah,
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb,
- Pravilnik o zvočni zaščiti stavb,
- Tehnični pravilnik za uporabo linijsko vpetih zasteklitev,
- Tehnični pravilnik za uporabo zasteklitev, ki varujejo pred padcem v globino,
- Tehnični pravilnik za dimenzioniranje in izvedbo točkovno vpetih zasteklitev.

Pomembni so še naslednji standardi:

- EN 356, ki opisuje preizkušanje in klasifikacijo obstojnosti varnostnega stekla na udarec z roko,
- EN 410, ki določa svetlobne in sončne karakteristike stekla,
- EN 673, ki določa toplotno prevodnost stekla z računsko metodo,
- EN ISO 1288, ki določa upogibno trdnost stekla,
- EN 1363, ki opisuje preizkuse požarne odpornosti stekla,
- EN 1279 za izolacijsko steklo,
- DIN 4103 za nenosilne notranje predelne stene,
- DIN 4108 za toplotno zaščito v visoki gradnji,
- DIN 4109 za protihrupno zaščito v visoki gradnji,
- DIN 18516 za prezračevano oblogo zunanjih sten.

Omeniti je treba še pomembnejše smernice v zvezi s steklom in zastekljevanjem. Te so:

- navodila za zastekljevanje,
- varčevanje energije s pravim steklom,

- čiščenje stekla,
- izolacijska stekla za pasivno gradnjo,
- smernice za ocenjevanje vizualne kakovosti stekla za gradbeništvo,
- navodila VFF – barvna enakost transparentnih stekel v gradbeništvu.

4 VARNOSTNO STEKLO RX SAFE

Posledice uporabe sodobnih tehnologij so velike izboljšave toplotnih, sončnih in zvočnih lastnosti stekla. Gradbeni elementi iz stekla dajejo pečat sodobni arhitekturi. Možnost, da se steklo uporabi kot nosilni element je arhitekta, konstruktorje in inženirje spodbudila k snovanju vse drznejših konstrukcij. Odgovor na te izzive so vse vrste stekel, ki v sebi združujejo številne karakteristike za aktivno, pasivno in konstruktivno varnost.

Pojem **aktivna** varnost pomeni varovanje zdravja ali življenja ljudi, zaščito pred požarom, vlomom, izstrelki ali pred poškodovanjem premoženja.

Pod pojmom **pasivna** varnost razumemo zaščito pred poškodbami, ki lahko nastanejo pri lomu stekla.

S pojmom **konstruktivna** varnost pa označujemo sposobnost stekla, da lahko kljub lomu vsaj delno izpolnjuje zahteve po varnosti.

Varnostna stekla delimo na:

- lepljena varnostna stekla VSG in
- kaljena varnostna stekla ESG – termično obdelana.

Vrednosti termičnih in mehanskih lastnosti pri delno kaljenem steklu TVG so med »float« steklom in kaljenim steklom ESG. Delno kaljeno steklo TVG ni varnostno steklo v običajnem pomenu.

RX SAFE varnostna stekla izpolnjujejo zahteve naslednjih norm:

- EN 12150-2 za kaljeno steklo ESG,
- EN 1863-2 za delno kaljeno steklo TVG,
- EN 14179-2 za kaljeno steklo s toplotnim preizkusom ESG-H,
- EN 14449 za lepljeno in lepljeno varnostno steklo VSG.

Z oznako CE je potrjena skladnost produktov z zahtevami veljavnih norm (Hajdinjak, 2009, 134).

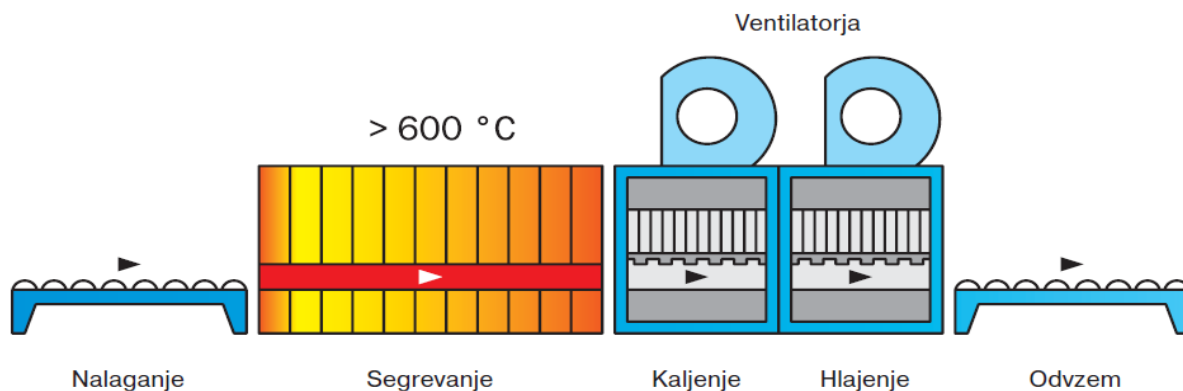
4.1 Kaljeno varnostno steklo ESG po EN 12150

Posledice uporabe sodobnih tehnologij so velike izboljšave toplotnih, sončnih in zvočnih lastnosti stekla. To je odprlo možnost načrtovanja zelo velikih zastekljenih površin in uporabo stekla tudi na tistih področjih, kjer so še pred kratkim prevladovali drugi materiali.

Večjo oviro pri uresničevanju novih zamisli bi lahko predstavljala le odsotnost varnostne funkcije stekla. Običajno okensko steklo je zelo krhek material. Čeprav prenese velike tlačne napetosti, ima izredno nizko natezno trdnost. Natezne napetosti na površini stekla nastanejo, kadar ga upogibamo, ali če na njem nastanejo temperaturne spremembe; nenadna sprememba na površini stekla za 40 do 50 K je dovolj, da se steklo zlomi. Kosi zlomljenega stekla so srpaste oblike in imajo izredno ostre robove.

Vzrok za takšno obnašanje stekla so posebnosti njegove notranje zgradbe. Pri steklu poteka prehod iz tekočega v trdno stanje brez nastanka kristalizacije, rezultat tega pa je neurejena kristalna mreža. Posamezne molekule so sicer stabilne, vendar pa je vez med sosednjimi molekulami šibka in večkrat tudi prekinjena. Tako nastanejo mikroskopsko majhni prelomi (predvsem na površini), zaradi katerih se že ob minimalni natezni obremenitvi sproži zlom celotne strukture. Ti prelomi se kažejo v obliki mikroskopskih zarež, ki so vzrok za to, da je dejanska upogibna trdnost stekla več stokrat nižja od teoretične.

Če želimo, da bo steklo bolj trdno in varnejše, moramo zmanjšati velikost in število površinskih lomov. To dosežemo s kaljenjem stekla. Pod pojmom kaljeno steklo razumemo termično utrjeno varnostno steklo, ki ga strokovno-tehnično imenujemo tudi termično prednapeto steklo. Kot je razvidno že iz imena, dosežemo prednapetost s toplotno obdelavo stekla, ki poteka tako, da obe površini stekla najprej segrejemo do določene temperature, nato pa ju hitro ohladimo (Hajdinjak, 2009, 135).



Slika 6: Shematski prikaz toplotne obdelave stekla

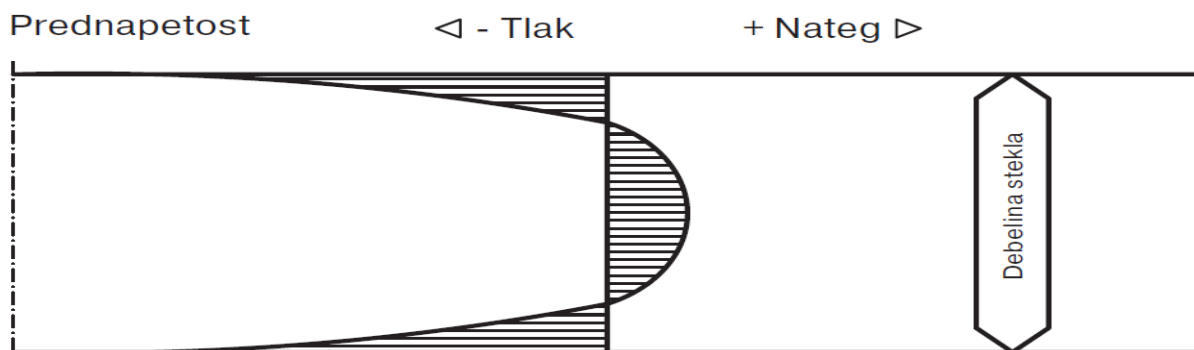
Vir: Hajdinjak, 2009, 135

Ker zaradi amorfne zgradbe steklo nima klasične točke tališča, ni mogoče natančno določiti, pri kateri temperaturi ni več v trdnem stanju oz. pri kateri je že v tekočem. Med enim in drugim stanjem je transformacijsko temperaturno območje: steklo se najprej omehča, nato postane testasto in nato tekoče. Za kaljenje ploščatega okenskega stekla so v tem območju najprimernejše tiste temperature, pri katerih je steklo v začetni fazi mehčanja. Pri teh temperaturah, tj. med 610 °C in 660 °C, se vezi med posameznimi molekulami stekla zrahljajo oz. niso več toge. Med ogrevanjem se posamezne molekule raztegnejo.

Ko je dosežena zahtevana temperatura, moramo z dovajanjem komprimiranega atmosferskega zraka steklo čim hitreje ohladiti. Molekule v zunanjih plasteh stekla se hitro ohladijo, pri čemer se skrčijo in utrdijo. Zaradi slabe toplotne prevodnosti pa te molekule zadržujejo ohlajevanje in s tem krčenje molekul v srednji plasti. Posledica je povečana gostota molekul na površini stekla in redkejša v sredini stekla. Rezultat povečane gostote pa je zmanjšanje števila oz. velikosti površinskih mikro razpok.

Ta proces poteka med ohlajevanjem s približno 640 °C na 470 °C oz. do temperature, ko se tudi molekule v notranjih plasteh stekla vrnejo v trdo stanje. Kaljenje je učinkovito le v primeru, če se med ohlajanjem ustvari dovolj velika temperaturna razlika med površino in notranjostjo. V nadaljevanju moramo steklo ohladiti do temperature, pri kateri je mogoča ročna manipulacija.

V opisanem procesu nastane v kaljenem steklu značilna porazdelitev napetosti: molekule na površini so trajno izpostavljene tlačnim, molekule v notranjosti pa nateznim napetostim. Te napetosti morajo biti v ravnovesju, saj je to pogoj za stabilno stanje, ki zagotavlja ustrezne varnostne lastnosti kaljenega stekla.



Slika 7: Prikaz napetosti v kaljenem steklu

Vir: Hajdinjak, 2009, 137

V okviru začetnega preizkusa in notranje kontrole proizvodnje se nadzira dve najpomembnejši lastnosti kaljenega stekla po EN 12150:

- **struktura loma:** v primeru porušanja napetostnega ravnovesja oz. loma se v hipu sprosti vsa med kaljenjem nakopičena energija. Nastane fina mreža drobnih delcev s topimi robovi. Zaradi tega je možnost poškodb močno zmanjšana;
- **mehanska trdnost (upogibna trdnost):** izmerjena vrednost $> 120 \text{ N/mm}^2$ (kaljeno steklo iz »float« stekla), pri nekaljenem steklu je vrednost 45 N/mm^2 .

Poleg omenjenih varnostnih lastnosti odlikujejo kaljeno steklo tudi naslednje prednosti:

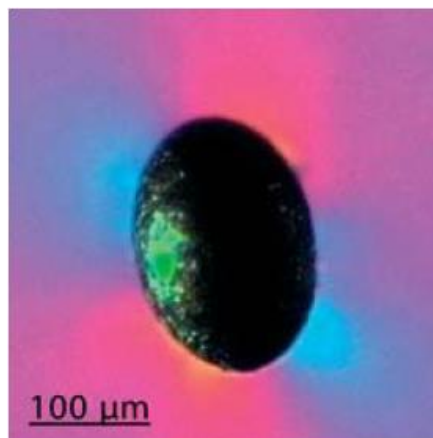
- **povečana udarna trdnost:** nihajni preizkus po EN 12600;
- **povečana obstojnost na temperaturne razlike:** obstojnost na temperaturne razlike po površini stekla znaša 200 K. Navadno »float« steklo je veliko bolj občutljivo na temperaturne razlike (40 K) (Hajdinjak, 2009, 138).



Slika 8: Struktura loma kaljenega stekla

Vir: Hajdinjak, 2009, 138

Ko preteče nekaj časa (nekaj ur ali nekaj let), se lahko steklo brez vidnega zunanjšega vpliva zlomi. Ta pojav se imenuje spontani lom. Povzroči ga molekula nikljevega sulfida (NiS). Omenjena molekula ima negativen temperaturni raztezek, in ko se steklo med ohlajevanjem skrči, se molekula NiS razširi. Pride do nastanka lokalne napetosti, ki lahko preseže natezno trdnost stekla. Steklo se zlomi, če je molekula v poljih nateznih napetosti.



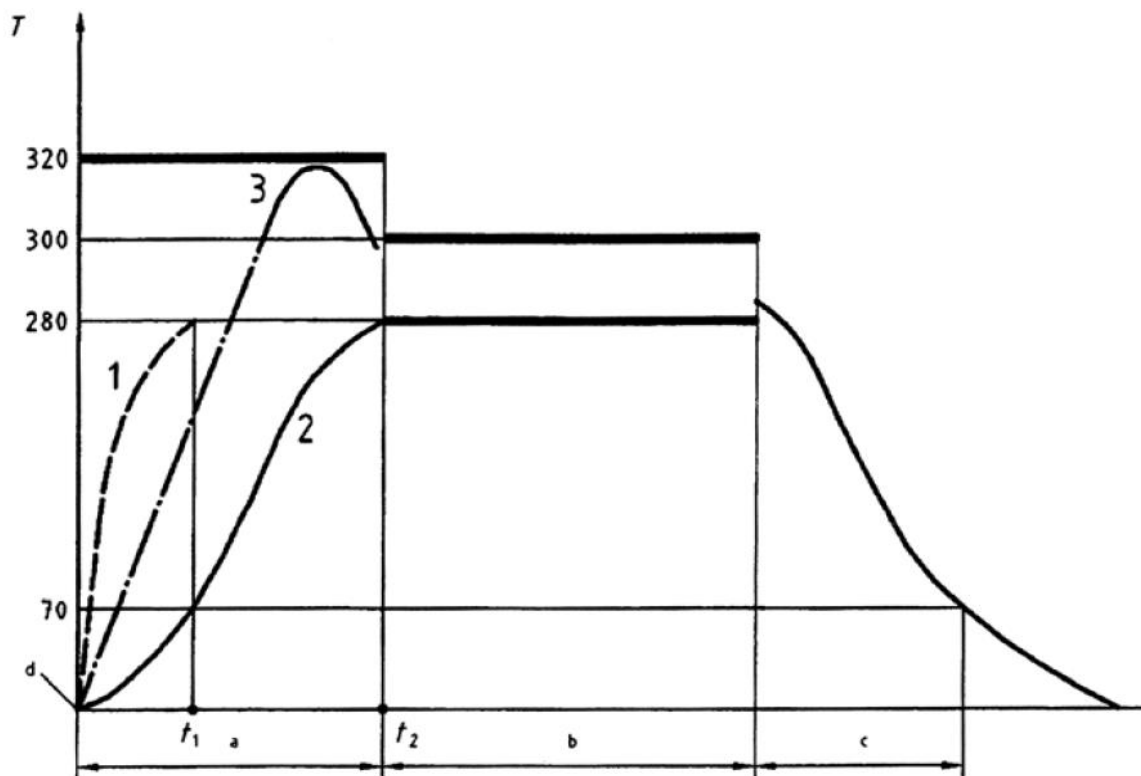
Slika 9: Molekula nikljevega sulfida

Vir: Hajdinjak, 2009, 138

Čeprav je pojav zelo redek, ga moramo skladno z zahtevami po EN 14179 preprečiti, predvsem pri steklih, ki se uporabljajo v prezračevanih fasadah. Preprečimo ga tako, da stekla v posebni komori enakomerno ogrejemo na 290 °C in jih pustimo izpostavljene »vroči obremenitvi« štiri ure. Tista, ki vsebujejo molekulo NiS, bodo v tem času zelo verjetno počila. Opisani preizkus se imenuje »Heat Soak Test« (HST).

Spontani lom se nikakor ne sme zamenjevati z lomom, ki nastane zaradi mehanskih vplivov ali z lomom, ki nastane pri nepravilnem premeščanju ali montaži stekla. Tudi kaljeno steklo se lahko zlomi, čeprav ima povečano trdnost. Vzrok za to pa je po navadi nepravilna manipulacija.

V Reflex d.o.o. je kaljeno steklo po celotni površini v kalibrirani komori »Heat Soak Test« izpostavljeno temperaturi 290 °C. Proces toplotnega preizkusa mora ustrezati prikazanemu poteku časa in temperature. Sistem mora biti sposoben slediti poteku tako pri 100 % zasedenosti kot tudi pri 10 % zasedenosti.



Legenda:

T – temperatura stekla v vsaki točki, °C

t – čas, h

t_1 – čas, pri katerem doseže prvo steklo 280 °C

t_2 – čas, pri katerem doseže zadnje steklo 280 °C

a – faza segrevanja

b – faza držanja

c – faza ohlajevanja

d – temperatura okolice

1 – prvo steklo, ki je doseglo 280 °C

2 – zadnje steklo, ki je doseglo 280 °C

3 – temperatura stekla

Slika 10: Grafični prikaz »Heat Soak Test-a«

Vir: Hajdinjak, 2009, 140

V okviru začetnega preizkusa in notranje kontrole proizvodnje s toplotnim preizkusom po EN 14179 se nadzira dve najpomembnejši lastnosti kaljenega stekla:

- **struktura loma:** v primeru porušenja napetostnega ravnovesja oz. loma se v hipu sprosti vsa med kaljenjem nakopičena energija. Nastane fina mreža drobnih delcev s topimi robovi, kar močno zmanjša nevarnost poškodb;

- **mehanska trdnost (upogibna trdnost):** izmerjena vrednost $> 120 \text{ N/mm}^2$ (kaljeno steklo s toplotnim preizkusom iz »float« stekla), pri nekaljenem steklu je vrednost 45 N/mm^2 .

Poleg omenjenih varnostnih lastnosti odlikujejo kaljeno steklo tudi naslednje prednosti:

- **povečana udarna trdnost:** nihajni preizkus po EN 12600;
- **povečana obstojnost na temperaturne razlike:** obstojnost na temperaturne razlike po površini stekla znaša 200 K. Navadno »float« steklo je veliko bolj občutljivo na temperaturne razlike (40 K).

Ko je predvidena uporaba kaljenega stekla ESG, vedno uporabljamo kaljeno steklo s toplotnim preizkusom ESG-H z zunanjim nadzorom, razen v primeru, ko zasteklitev ni nad prometno površino in je steklo vgrajeno do 4 metre višine, kot je to določeno v pravilniku za uporabo linijsko vpetih zasteklitev.

Področja uporabe kaljenega stekla ESG in kaljenega stekla s toplotnim preizkusom ESG-H so (Hajdinjak, 2009, 141):

- **stanovanjski in poslovni objekti** (stopnice, vrata, avtomatska vrata, predelne stene, pomične stene),
- **športni objekti** (odporno proti udarcem z žogo po DIN 18032 del 1 in 3),
- **šole in vrtci** (iz varnostnih razlogov za preprečevanje poškodb),
- **vgradnja v bližini vročih teles** (za preprečitev termičnih lomov. Če je razdalja med grelnim telesom in notranjim steklom manjša od 30 cm, moramo na notranji strani uporabiti kaljeno steklo),
- **steklene fasade** (parapeti po DIN 18516 del 4),
- **uporaba v zaščitne namene** (zaščita pred padcem na stopniščih, balkonih, ograjah. TRAV, tj. Tehnični pravilnik za uporabo zasteklitev za zaščito pred padcem v globino definira področja uporabe ESG),
- **zunanja uporaba** (protihrupne zaščite na cestah, postajališča, reklamni panoji, vitrine).

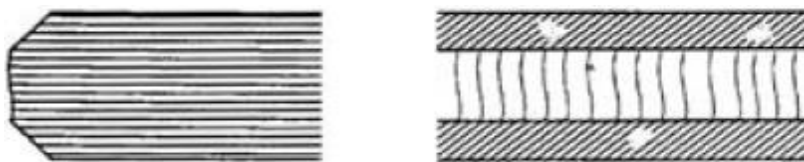
4.1.1 Obdelava kaljenega stekla

Zaradi značilne razporeditve napetosti kaljenega stekla po kaljenju ne moremo več obdelovati (rezati, vrtati, brusiti ...). Vsak tak poseg bi namreč lahko povzročil porušitev napetostnega ravnovesja in steklo bi se zlomilo. To pomeni, da smemo termično obdelavo izvesti šele potem, ko so končane vse druge vrste obdelave.

Obdelava robov

Vsako steklo mora imeti pred kaljenjem obdelane robove. Stopnje obdelave robov so našteje v nadaljevanju.

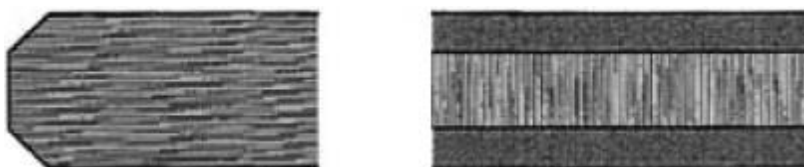
- **Grobo brušen rob** nastane, če s tračnim brusilnim strojem rezanemu robu posnamemo ostrino. S tem obdelovalnim postopkom se ne morejo poravnati odstopanja v dimenzijah, ki so nastala pri rezanju stekla.



Slika 11: Grobo brušen rob

Vir: Hajdinjak, 2009, 142

- **Fino brušen rob** nastane pri strojni obdelavi po celotnem preseku. Ta rob je na pogled brez leska, na njem pa ne smejo ostati drobne poškodbe ali nebrušeni delci.



Slika 12: Fino brušen rob

Vir: Hajdinjak, 2009, 142

- **Poliran rob** nastane po enakem principu kot fino brušen rob. Z dodatnim postopkom (poliranjem) mu povrnemo še stekleni sijaj.



Slika 13: Poliran rob

Vir: Hajdinjak, 2009, 142

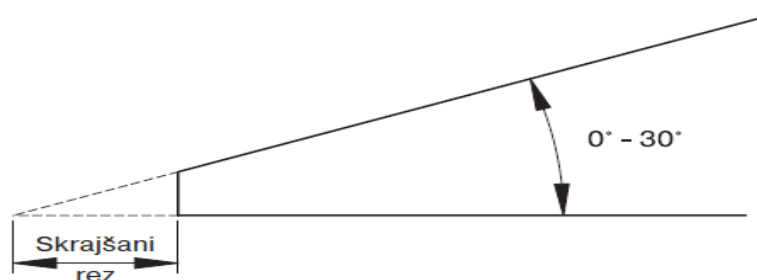
- **Posnet rob** je lahko fino brušen ali poliran. S površino stekla tvori kot med 45° in 90° .



Slika 14: Posnet rob

Vir: Hajdinjak, 2009, 142

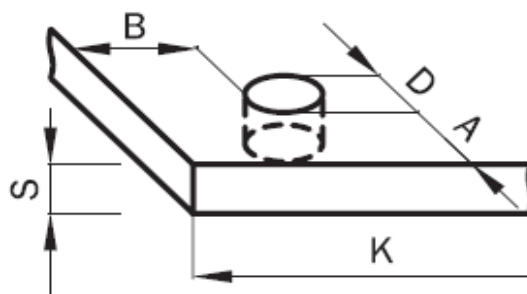
- **Skrajšani rez**



Slika 15: Skrajšani rez

Vir: Hajdinjak, 2009, 142

- Izvrtine, odprtine, vogalni in robni izrezi



A, B = odmik od roba stekla
D = premer izvrtine oziroma odprtine
K = dolžina stranice
S = debelina stekla

Slika 16: Skica izvrtine

Vir: Hajdinjak, 2009, 143

Izvedbe izvrtin so omejene z naslednjimi tehnološkimi zahtevami:

1. premer izvrtine ne sme biti manjši od debeline stekla,
2. razdalja med izvrtino in robom stekla mora znašati vsaj dve debelini stekla.

Razdalja med izvrtino in robom stekla je lahko manjša samo v primeru, če se naredi razbremenilna zareza, ki sega od roba stekla do izvrtine in je 1,5-kratne debeline stekla.

Za razdaljo med dvema izvrtinama veljajo enaki predpisi kot za razdaljo med robom stekla in izvrtino. Premer lahko znaša največ 1/3 dolžine stranice.

Nominalni radij izvrtine (mm)	Toleranca
4–20	$\pm 1,0$
20–100	$\pm 2,0$
več kot 100	posvet s proizvajalcem

Tabela 5: Dimenzijske tolerance za izvrtine po EN 12150

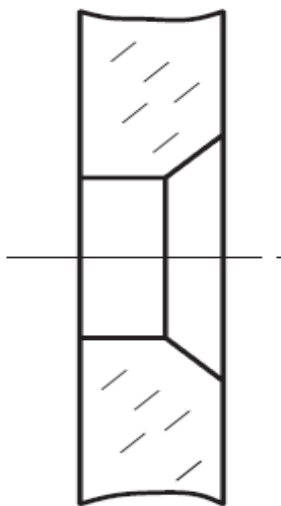
Vir: Hajdinjak, 2009, 143

	S < 8 mm		S ≥ 8 mm	
Lege oz. položaj izvrtin	D ≥ 1,5 S	S ≤ D < 1,5 S	D ≥ 1,5 S	S ≤ D < 1,5 S
Robno območje (oddaljenost od roba)	A ≥ 2 S	A ≥ 2 S	A ≥ 2,5 S	A ≥ 2,5 S
Vogalno območje (oddaljenost od dveh robov)	A ≥ 2 S + 5 mm B ≥ 2 S + 5 mm	A ≥ 5 S B ≥ 2 S + 5 mm	A ≥ 2,5 S + 5 mm B ≥ 2,5 S + 5 mm	A ≥ 5 S B ≥ 2,5 S + 5 mm

Tabela 6: Tolerance lege izvrtin

Vir: Hajdinjak, 2009, 143

V primeru, da stekla za fasadne obloge na podkonstrukcijo pritrjujemo z vijaki, moramo izdelati izvrtine s poglobitvijo.



Slika 17: Izvrtina s poglobitvijo

Vir: Hajdinjak, 2009, 143

Premer izvrtine in velikost izreza se dimenzionirata po točno določenih, tehnološko pogojenih možnostih. Ker se pri montaži za preprečitev neposrednega stika vijaka s steklom vstavlja distančnik, mora biti premer izvrtine vsaj 4 mm večji od debeline vijaka.

Zaradi zagotavljanja čim bolj preproste montaže moramo upoštevati dve toleranci. To sta toleranca oddaljenosti in toleranca premera izvrtine.

Velikost izrezov se dimenzionira tako, da se izravna toleranca oddaljenosti. Izrez lahko znaša največ 1/3 dolžine stranice, izrezi na robovih in vogalih pa morajo biti polkrožni.

Zahteve veljajo za ravno kaljeno steklo. Izdelano je s horizontalno tehnologijo in namenjeno uporabi v gradbeništvu.

4.1.2 *Kakovostni kriteriji kaljenega stekla*

Na horizontalni način kalijo v Reflex-u »float« (EN 572-2) in ornamentna stekla (EN 572-5). Stekla so lahko tudi obarvana ali površinsko obdelana.

- **Tolerance širine in višine stekla (EN 12150)**

Nominalna dimenzija stranic (Š ali V)	Tolerance	
	Nominalna debelina stekla $d \leq 12$	Nominalna debelina stekla $d > 12$
≤ 2000	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$
$2000 < \text{Š ali V} \leq 3000$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$
> 3000	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$

Tabela 7: Tabela toleranc 1

Vir: Hajdinjak, 2009, 144

- **Tolerance nazivnih debelin (EN 12150)**

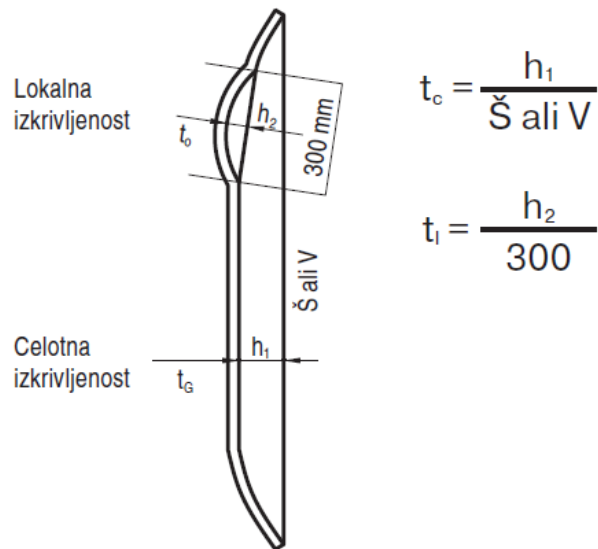
Nazivna debelina (mm)	Tolerance	
	Ornamentno steklo	»Float« steklo
3	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$
4	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$
5	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$
6	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$
8	$\pm 0,8$	$\pm 0,3$
10	$\pm 1,0$	$\pm 0,3$
12	/	$\pm 0,3$
15	/	$\pm 0,5$
19	/	$\pm 1,0$
25	/	$\pm 1,0$

Tabela 8: Tabela toleranc 2

Vir: Hajdinjak, 2009, 145

- **Planimetrija**

Planimetrija je odstopanje v ravnosti. Odvisna je od dimenzij in razmerja stranic stekla ter od debeline stekla. Izdelava stekla brez vsaj minimalnega odstopanja v ravnosti je praktično nemogoča, saj se pri kaljenju steklo ciklično pomika po keramičnih valjih in je ogreto na temperaturo mehčanja (600 °C). Odstopanje v ravnosti delimo v dve skupini, in sicer na celotno in lokalno izkrivljenost.



Slika 18: Celotna in lokalna izkrivljenost

Vir: Hajdinjak, 2009, 145

- **Celotna izkrivljenost**

Celotna izkrivljenost je največja razdalja med napeto žico in konkavno površino stekla. Postopek merjenja poteka tako, da daljšo stranico stekla vertikalno položimo na dve 100 mm široki podložki. Vzdolž vseh stranic in obeh diagonal napnemo žico in izmerimo razdaljo do konkavne površine stekla. Vrednost celotne izkrivljenosti izrazimo kot razmerje med izmerjeno razdaljo h_1 in višino ali širino stekla.

- **Lokalna izkrivljenost**

Lokalno izkrivljenost merimo po enakem principu kot celotno izkrivljenost. Izmerimo jo med dvema, za 300 mm oddaljenima točkama in jo izrazimo kot razmerje med izmerjeno razdaljo h_2 in dolžino 300 mm.

Vrsta stekla	Najvišje dovoljene vrednosti	
	Celostna izkrivljenost (mm/mm)	Lokalna izkrivljenost (mm/300 mm)
»Float« steklo	0,003	0,5
Ostala stekla	0,004	0,5

Tabela 9: Vrednosti za izkrivljenost

Vir: Hajdinjak, 2009, 145

- **Spremembe v barvi in strukturi**

Zaradi proizvodno tehničnih pogojev ne moremo zagotoviti simetrije strukture več stekel, prav tako pa tudi ne popolne enakosti v barvnem odtenku, ki so ob uporabi postavljena eno poleg druge v skupni površini. Potek strukture se pri ornamentnih steklih delno izkrivi, pri obarvanih steklih pa se delno spremeni barva.

- **Struktura loma skladno z EN 12150-1**

Testno steklo (1100 x 300 mm) mora prosto ležati v okvirju, ki bo preprečil razsipanje drobcev, hkrati pa ne bo oviral njihovega širjenja. Na polovici daljše stranice udarimo s kladivom (masa 75 g, radij zaobljene konice 0,2 mm) v točki, ki je od roba stekla oddaljena 13 mm. Štiri do pet minut po udarcu začnemo šteti drobce. Za štetje uporabimo masko 50 x 50 mm. Maske ne smemo polagati na polja, ki so v radiju 100 mm od mesta udarca ali pa v pasu 25 mm od steklenih robov (Hajdinjak, 2009, 146).

Vrsta stekla		Nazivna debelina (mm)	Najmanjše število drobcev	Največja dolžina najmanjšega drobca (mm)
Kaljeno steklo iz	»float« stekla	4–12	40	100
	»float« stekla	15–19	30	100
	ornamentnega stekla	4–10	30	100

Tabela 10: Število in dimenzije drobcev

Vir: Hajdinjak, 2009, 146

Vrsta stekla		Nazivna debelina (mm)	Mehanska trdnost (N/mm ²)
Kaljeno steklo iz	»float« stekla	4–19	120
	ornamentnega stekla	4–10	90
	emajliranega stekla	4–19	75

Tabela 11: Mehanska trdnost, skladno z EN 1288-3/EN 12150-1

Vir: Hajdinjak, 2009, 146

- **Optične posebnosti**

Pikice na površini stekla so posledica mehanskih in kemijskih sprememb površine stekla. Nastanejo pri termični obdelavi stekla, ko se stekla pomikajo po vročih keramičnih valjih. Na enak način se lahko na površini stekla pojavi tudi valovitost.

- **Anizotropija**

Je fenomen, ki je viden le na termično obdelanem steklu. Viden je lahko v obliki različnih vzorcev, ki nastanejo zaradi napetostnih polj, ki se pojavijo med termično obdelavo stekla.

- **Toplotna obstojnost**

Kaljeno steklo je izjemno odporno na uporabo pri trajni temperaturi do 250 °C, dobro prenaša temperaturne razlike med dvema točkama in hiter padec temperature.

- **Omočljivost steklenih površin z vlago**

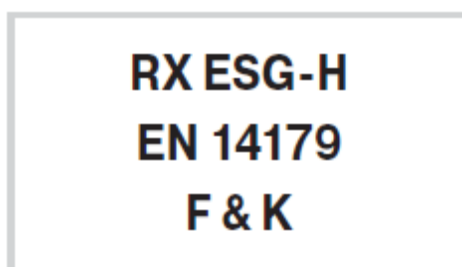
Minimalne spremembe v mreži atomov na površini stekla povzročijo odtisi valjev, prstni odtisi in odtisi uporabljenih vakuumskih držal in etiket. Mesta so vidna na mokrem steklu, saj imajo drugačno omočljivost.

- **Označevanje stekel**

Vsako RX SAFE ESG kaljeno steklo mora imeti viden in trajen odtis (EN 12150 in ime ali oznako proizvajalca), iz katerega je razvidno, da je to varnostno steklo. Odtis po tej normi mora biti trajen in neodstranljiv.

Tudi RX SAFE ESG-H kaljeno steklo s toplotnim preizkusom mora imeti viden in trajen odtis (EN 14179 in ime ali oznako proizvajalca).

Viden in trajen odtis RX SAFE ESG-H vsebuje podatke o proizvajalcu – RX ESG-H, standardu – 14179 ter nadzornem oz. certifikacijskem organu – F & K (Hajdinjak, 2009, 147).



Slika 19: Odtis na steklu RX ESG-H

Vir: Hajdinjak, 2009, 147

4.1.3 Proizvodni program in maksimalne dimenzije

V nadaljevanju podajam maksimalne dimenzije v cm za RX SAFE ESG in RX SAFE ESG-H.

Vrsta stekla	Barva stekla	Debelina stekla / dimenzije (cm)					
		4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm
Float	Prozorna	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
Planibel color	Bronze	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Green	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Grey	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Dark blue	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
	Priva blue	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
	Azur	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
Planibel	Clearvision	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
Low-e T	/	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	/	/

Tabela 12: Maksimalne dimenzije proizvodnega programa za ESG in ESG-H

Vir: Hajdinjak, 2009, 148

4.2 Delno kaljeno steklo RX SAFE TVG

Sledi opis termično utrjenega stekla RX SAFE TVG skladno z EN 1863.

Postopek izdelave delno kaljenega stekla (TVG) je skoraj enak postopku izdelave kaljenega stekla (ESG).

Steklo TVG na popolnoma enak način kot steklo ESG hitro in enakomerno segrejemo na 600 °C. Razlika je pri vpihovanju hladnega zraka. V steklu tako nastane trajen potek napetosti, zaradi česar pa je TVG steklo občutno bolj odporno na mehanske in termične obremenitve kot navadno »float« steklo (Hajdinjak, 2009, 149).

V okviru začetnega preizkusa in stalne notranje kontrole proizvodnje se nadzira dve najpomembnejši lastnosti delno kaljenega stekla TVG:

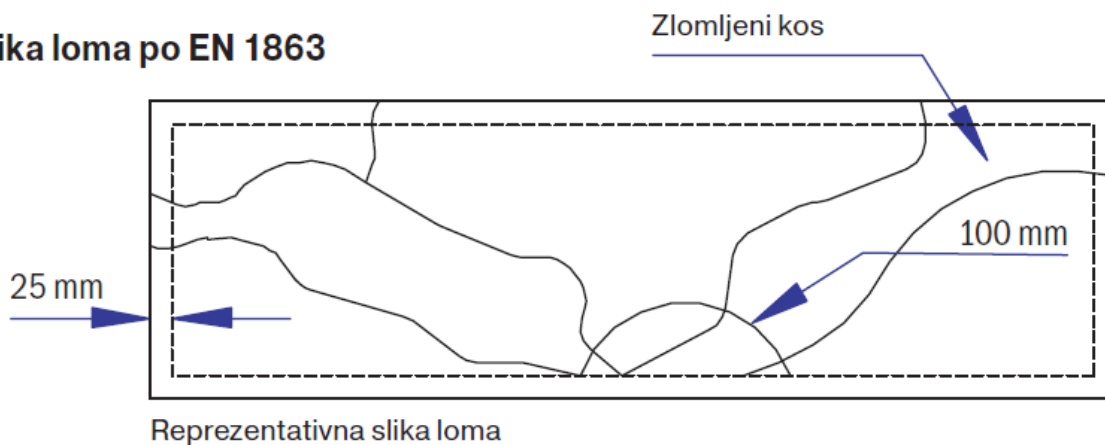
- mehanska trdnost (upogibna trdnost) 70 N/mm² leži med vrednostmi nekaljenega »float« stekla in kaljenega ESG »float« stekla;
- slika loma posameznega stekla ustreza oz. je enaka kot pri normalnem »float« steklu. Zaradi tega delno kaljeno steklo TVG ni varnostno steklo (Hajdinjak, 2009, 149).

Vrsta stekla		Debelina (mm)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
TVG iz	»float« stekla	3–12	70
	emajliranega »float« stekla	3–12	45

Tabela 13: Mehanska trdnost po EN 1863-1/EN 1288-3

Vir: Hajdinjak, 2009, 154

Slika loma po EN 1863



Slika 20: Slika loma po EN 1863

Vir: Hajdinjak, 2009, 153

Ker je stopnja kaljenja nizka, je možnost spontanega loma izključena in »Heat Soak Test« ni potreben. TVG se uporablja takrat, ko sta upogibna napetost in obstojnost na temperaturne spremembe »float« stekla premajhni, ESG pa zaradi slike loma ne izpolnjuje zahtevanih pogojev varnosti po lomu stekla.

V večini primerov se delno kaljeno steklo TVG uporablja kot lepljeno varnostno steklo RX LAMISAFE. S to kombinacijo dobimo steklo, ki optimalno združuje pojme aktivne, pasivne in konstruktivne varnosti.

Primerno je za (Hajdinjak, 2009, 149):

- predelne stene,
- nadglavne zasteklitve,
- steklene ograje,
- točkovno vpete zasteklitve,
- nosilne steklene elemente (stopnice).

Obdelovalne možnosti za delno kaljeno steklo TVG (robovi, luknje, izrezi) so popolnoma enake kot pri ESG, saj je treba vse procese izvesti pred toplotno obdelavo.

4.2.1 Lastnosti

	»Float«	TVG	ESG
Upogibna trdnost σ_B	45 N/mm ²	70 N/mm ²	120 N/mm ²
$\sigma_{dop.}$ odvisno od uporabe	12/18 N/mm ²	29 N/mm ²	50 N/mm ²
Obstojnost na temperaturne razlike ΔT po površini šipe	40 K	100 K	200 K
Rezanje	da	ne	Ne
Slika loma	Radialne razpoke, veliki kosi	Radialne razpoke, veliki kosi	Mrežaste razpoke, majhni kosi
Možnost spontanega loma	ne	ne	da

Tabela 14: Lastnosti za Float, TVG in ESG steklo

Vir: Hajdinjak, 2009, 151

4.2.2 Področja uporabe

	»Float«	TVG	ESG
Vertikalna zasteklitev			
Brez varnostnih zahtev	*		
Z varnostnimi zahtevami			*
Povečane mehanske zahteve		*	*
Povečane termične zahteve		*	*
Ostanek varnosti pri vsestranskem vpetju		*	
Nadglavna zasteklitev			
Zunanja šipa	*	*	*
Notranja šipa – enojna			
Notranja šipa VSG, sestavljena iz 2 x	*	*	
Ograje			
Enojno steklo			*
VSG sestavljeno iz 2 x	*	*	*
VSG iz 2 x (sposobnost prenašanja obremenitev po lomu)		*	

Tabela 15: Področja uporabe za »float«, TVG in ESG steklo

Vir: Hajdinjak, 2009, 151

Ohranitev stanja: stekleni element lahko v primeru loma pod določenimi pogoji vgradnje brez dodatne obremenitve še določen čas stoji.

Ohranitev nosilnosti: stekleni element lahko v primeru loma določen čas obdrži lastnost zapiranja prostora in prenaša določeno obremenitev (Hajdinjak, 2009, 151).

4.2.3 Kakovostne zahteve za TVG

Kakovostne zahteve veljajo za področja uporabe stekel v gradbeništvu, in sicer za stekla, ki so termično obdelana in izdelana na horizontalen način.

Osnovni material sta »float« steklo (EN 572-2) in ornamentno steklo (EN 572-5). Stekla so lahko obarvana ali površinsko obdelana.

- **Ravnost**

Odstopanje v ravnosti je popolnoma enako kot pri ESG steklu in odvisno od debeline stekla ter od velikosti in razmerja stranic. Opazno je kot izkrivljenost, ki pa se deli na celotno in lokalno izkrivljenost. Postopek merjenja in način izražanja sta tudi popolnoma enaka kot pri ESG steklu.

Omejitve celotne in lokalne izkrivljenosti			
Vrsta stekla	Debelina (mm)	Omejitev glede na	
		Celotno izkrivljenost (mm/m)	Lokalno izkrivljenost (mm/300 mm)
TVG iz »float« stekla	3–12	3	0,3

Tabela 16: Omejitve celotne in lokalne izkrivljenosti za TVG

Vir: Hajdinjak, 2009, 153

- **Tolerance**

Nazivna debelina (mm)	Tolerance (mm)	
	Ornamentno steklo	»Float« steklo
3	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$
4		
5		
6		
8	$\pm 0,8$	$\pm 0,3$
10	$\pm 1,0$	
12	/	

Tabela 17: Tolerance debeline, skladne z EN 1863-1

Vir: Hajdinjak, 2009, 152

Nominalna dimenzija stranic Š ali V (mm)	Tolerance (mm)
≤ 2000	$\pm 2,5$
$2000 < \text{Š ali V} \leq 3000$	$\pm 3,0$
> 3000	$\pm 4,0$

Tabela 18: Tolerance širine in dolžine, skladne z EN 1863-1

Vir: Hajdinjak, 2009, 152

- **Toplotna obstojnost**

Delno kaljeno TVG steklo je odporno na temperature do + 200 °C pri trajni uporabi in dobro prenese padec temperature med dvema točkama do 100 K.

- **Označevanje**

Prav tako kot ESG ima tudi TVG steklo odtis. Biti mora viden, trajen in neodstranljiv. Vsebuje oznako EN 1863 in ime ali oznako proizvajalca.

Ostali kakovostni kriteriji, kot so barvno odstopanje, optične posebnosti, anizotropije in omočljivost TVG stekla so popolnoma enaki ali zelo podobni kot pri steklu ESG in ESG-H.

4.2.4 *Proizvodni program in maksimalne dimenzije*

Vrsta stekla	Barva stekla	Debelina stekla/dimenzije (cm)					
		4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm
Float	Prozorna	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
Planibel Color	Bronze	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Green	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Grey	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
	Dark Blue	120 x 200	/	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
	Priva Blue	120 x 200	/	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
	Azur	120 x 200	/	244 x 480	244 x 480	244 x 480	/
Planibel	Prozorna	120 x 200	150 x 250	244 x 480	244 x 480	244 x 480	244 x 480
Matelux	Satinato	120 x 200	/	225 x 321	225 x 321	225 x 321	/

Tabela 19: Maksimalne dimenzije proizvodnega programa za TVG

Vir: Hajdinjak, 2009, 155

4.3 Kaljeno emajlirano steklo

Pri načrtovanju steklene fasadne obloge je emajlirano steklo nepogrešljivo. Ker ima odlične varnostne lastnosti, je najprimernejše za parapetni del fasade. Z neomejeno izbiro barv in vzorcev prispeva k barvni usklajenosti z drugimi deli stavbe. Pomembna vloga emajliranega stekla se kaže tudi pri načrtovanju funkcionalnosti in notranje podobe zgradb.

Barva za steklo je nekaj posebnega, saj je sestavljena iz steklenega prahu in barvnih pigmentov. Nanaša se na dva načina, in sicer s sitotiskom in z valjem. Med procesom termične obdelave stekla se barva trajno oprime steklene površine, nanos pa je tudi zelo odporen proti mehanskim poškodbam in staranju.

Emajlirano steklo spada pod varnostno steklo RX SAFE ESG, zato je treba vse proizvodne procese izvesti pred toplotno obdelavo stekla. Ima določene prednosti, kot so povečana udarna trdnost ter boljša odpornost na temperaturne razlike. Ima pa še dodatno prednost, saj je čiščenje in vzdrževanje zunanjega ovoja iz emajliranega stekla zelo preprosto.

Podjetje Reflex d.o.o. emajlira in kali:

- vsa prozorna in v masi obarvana »float« stekla,
- vsa refleksna in sončnozaščitna stekla STOPSOL in SUNGUARD,
- stekla z mehkim, modificiranim nizkoemisijским nanosom.

Maksimalne dimenzije emajliranega stekla so:

- 4 mm steklo: 1200 x 2000 mm,
- 5 mm steklo: 1500 x 2500 mm,
- stekla debelejša od 6 mm: 2000 x 4500 mm.

Večje količine emajliranega stekla lahko kupci naročijo v poljubni barvi, ki jo izberejo v barvnih lestvicah RAL, NCS ali pa je na zahtevo posebej pripravljena.



Slika 21: Paleta standardnih barv

Vir: Hajdinjak, 2009, 188

4.4 Kaljeno steklo s sitotiskom

Tudi kaljeno steklo s sitotiskom je izjemno pomembno pri načrtovanju steklene fasadne obloge. S svojimi velikimi površinami nudi arhitektom in umetnikom neomejene možnosti kombiniranja barv, oblik in vzorcev. Čim večje so površine, tem večje število elegantnih rešitev ponujajo.

Za sodobno oblikovanje stekla s sitotiskom pa niso primerni samo veliki objekti. Tudi v vsakdanjem okolju je vedno več možnosti za uporabo.

Čim večja površina stekla je prekrita z barvo in čim temnejša je ta barva, tem manj vidne svetlobe in sončnih žarkov prepušča steklo. Zato lahko steklo s sitotiskom uporabljamo tudi kot senčilo, sončno zaščito, napise in oznake za označevanje ter markiranje.

Naročnik lahko v podjetju Reflex d.o.o. po lastni presoji ali ob svetovanju strokovnjakov izbere željeno barvo stekla.

Standardna ponudba podjetja Reflex d.o.o. obsega 18 vzorcev in 24 različnih barvnih odtenkov, med katerimi sta tudi srebrni in zlati odtenek. Ker je končni videz barve odvisen od vrste stekla in njegove debeline, je izvedba posameznega naročila mogoča le po potrditvi vzorčnega kosa. Možne anomalije in dovoljena odstopanja pri steklih s sitotiskom so opisana v smernicah za ocenjevanje vizualne kakovosti emajliranega in potiskanega stekla.

S sitotiskom in uporabo posebne barve lahko izdelamo tudi steklo, ki je odlična imitacija jedkanega stekla.

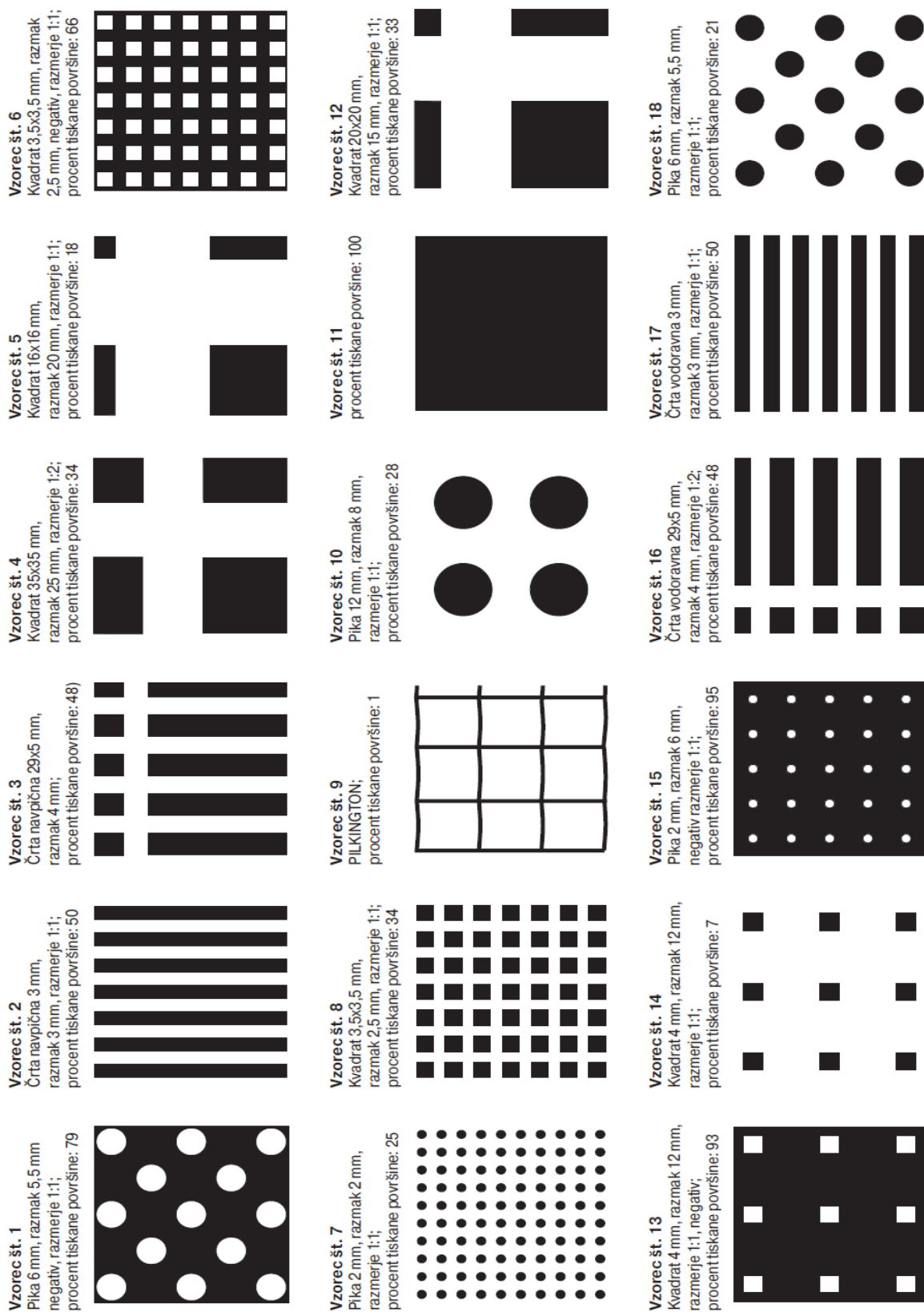
Barve z dodatkom abrazivnega materiala uporabljamo za protizdrsni tisk na pohodnih steklih.

Dimenzijske možnosti sitotiska so proizvodno tehnično pogojene:

- 4 mm steklo: 1200 x 2000 mm,
- 5 mm steklo: 1500 x 2500 mm,
- steklo debelejša od 6 mm: 2100 x 4500 mm,
- minimalna dimenzija kaljenega stekla s sitotiskom: 250 x 150 mm,
- minimalni premer: 270 mm,

- maksimalno razmerje stranic: 1:10,
- minimalno razmerje stranic: 1:1,3.

Poleg tiskanja vzorcev je mogoč tudi tisk celotne površine ali zgolj pasov ob robovih stekla (na primer za UV zaščito robnega tesnjenja na fasadah).



Slika 22: Standardni vzorci

Vir: Hajdinjak, 2009, 190

5 TEHNOLOŠKI POSTOPEK IZDELAVE STEKLENE FASADNE OBLOGE ZA OBJEKT X (NA PRIMERU PODJETJA REFLEX D.O.O.)

5.1 Tehnološka dokumentacija izdelka

Tehnološka dokumentacija je celovita informacija o izdelovalni tehnologiji določenega izdelka. Vključuje vse dokumente in informacije, ki nastajajo v zvezi z določenim izdelkom, in sicer od ponudbe, naročila, idejne zasnove, konstrukcijske risbe, delovnega načrta, delavniške risbe, predpisane tehnologije in tehnoloških pogojev ter načrtov vmesnih in končnih kontrol.

Ko prodajni referent prejme potrjeno naročilo izdelka, ga dopolni s podatki, pomembnimi za realizacijo naročila in proizvodni proces, kot so npr. naročena količina, cena, rok izdelave ter način in kraj dostave. Potrjeno in dopolnjeno naročilo je osnova za izdajo delovnega naloga, ki spremlja celoten proizvodni proces. S programom ALFAK 2009, ki komercialno povezuje s proizvodnjo, vnesejo podatke, ki so osnova za izdajo delovnega naloga.

Delovni nalog se dopolni z vsemi potrebnimi tehnično-tehnološkimi podatki, kot so:

- vrsta stekla,
- geometrijska oblika in dimenzije stekla,
- način obdelave stekla,
- tehnološki pogoji in načrt izdelave stekla,
- številka naročila,
- stranka,
- rok in kraj dostave,
- način plačila.

Delovni nalog

4105695

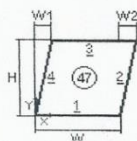
za PE POLJČANE

Stran 1

Kraj in datum : Podgrad,
Rok dobave :
Vaše naročilo :
Kraj dobave : OBJEKT

Poz.	Količina	Širina(mm)	Višina(mm)	MSP	m2	Tek. m	Teža
RX SG FASADA TIP 3; 1,1							
Kom: OBJEKT							

ZAMIK, TISKANI ROBOVI RX53 POZ.2 (RAL 6005 POKRIVNO)
VSA STEKLA ESG-H
IZDELAVA OBVEZNO PO SKICI
RX SAFE/S 6 MM GREEN EMAJL RX53 ESG-H
fino brušenje 4 robov *1/2/3/4*
tiskanje robov RX53 POKRIVNO POZ.2 1 robov *4*
HS - Test 6 mm (HC in SC stekla)



Paralelogram
(47) W: 1307 W1: 98 W2: 93,5 H: 232

ST2 001	1	1401	232	20 RX JD ĚRNI UV	0.33	3.27	10.59
------------	---	------	-----	------------------	------	------	-------

RX SG FASADA TIP 3; 1,1
RX SAFE/S 6 MM GREEN EMAJL RX53 ESG-H
fino brušenje 4 robov *1/2/3/4*
tiskanje robov RX53 POKRIVNO POZ.2 1 robov *4*
HS - Test 6 mm (HC in SC stekla)



Trapez
(5) W: 2017 W1: 568 W2: 98 H: 232

ST3 002	1	2017	232	20 RX JD ĚRNI UV	0.47	4.50	13.67
------------	---	------	-----	------------------	------	------	-------

RX SG FASADA TIP 3; 1,1
RX SAFE/S 6 MM GREEN EMAJL RX53 ESG-H
fino brušenje 4 robov *1/2/3/4*
tiskanje robov RX53 POKRIVNO POZ.2 1 robov *4*
HS - Test 6 mm (HC in SC stekla)

Slika 23: Prva stran delovnega naloga v mojem primeru

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

5.2 Postopek izdelave steklene fasadne obloge za objekt X

Steklena fasadna obloga je sestavljena iz 6 mm stekla »Parsol Green«, varnostnega stekla s toplotnim preizkusom RX SAFE ESG-H. Postopek izdelave zajema naslednje tehnološke procese:

- pripravo dela,
- razrez stekla,
- brušenje robov,
- sitotisk,
- toplotno obdelavo stekla.

5.2.1 Priprava dela

Po izdaji delovnega naloga z narisanim načrtom izdelka se začne naslednji korak proizvodnega procesa v oddelku za pripravo dela, kjer poskrbijo, da se naročilo, vneseno v program ALFAK, optimira oz. prenese v program ALCLIM, ki je povezan z rezalno mizo.

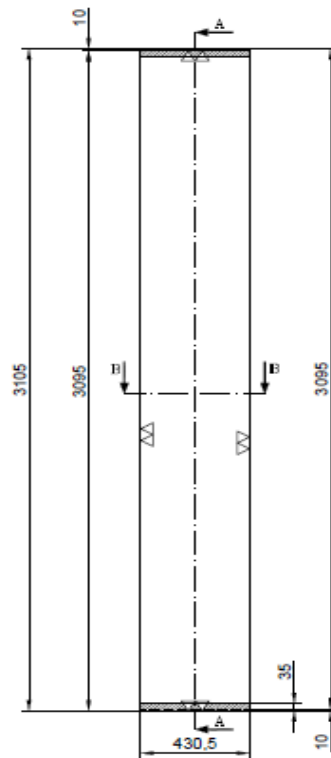
Steklo v mojem primeru ni navadno »float« steklo, ampak zeleno obarvano 6 mm steklo, ki se strokovno imenuje »Parsol Green«. Delovni nalog v mojem primeru zahteva razrez na pravokotnike, paralelograme, trapeze in štirikotnike s poševninami. Vseh kosov skupaj je 48; od tega so 4 kosi pravokotnikov, 12 kosov paralelogramov, 8 kosov trapezov, 2 kosa štirikotnikov s poševninami levo in 22 kosov štirikotnikov s poševninami desno navzdol.

- **Pravokotniki**

Oznaka	Širina (mm)	Višina (mm)	Št. kosov
ST 23	680	3105	3
ST 30	430	3105	1

Tabela 20: Dimenzije pravokotnikov

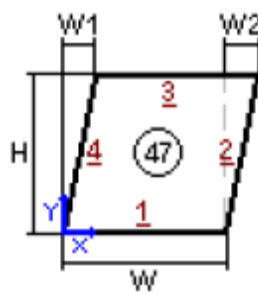
Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.



Slika 24: Načrt izvedbe pravokotnika ST30

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

- **Paralelogrami**



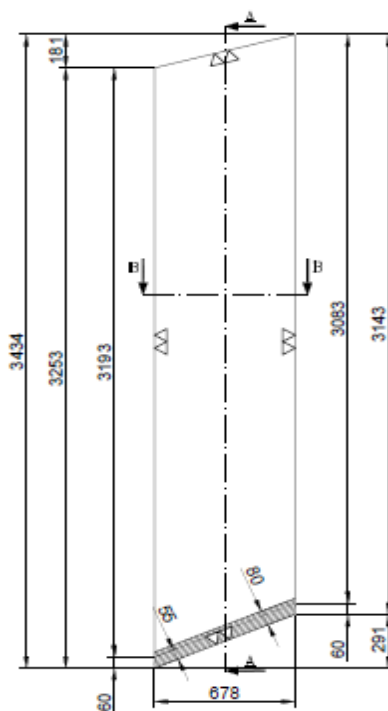
Slika 25: Skica paralelograma

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

Oznaka	W (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	H (mm)	Št. kosov
ST 2	1307	98	93	232	1
ST 36	1924	182	1534	430	1
ST 47	3440	113	181	421	1
ST 48	3369	113	181	421	1
ST 49	3256	181	291	678	1
ST 50	3143	181	291	678	1
ST 55	2497	181	291	678	1
ST 56	2426	113	181	421	1
ST 57	2354	113	181	421	1
ST 58	2283	113	181	421	1
ST 59	2244	62	98	232	1
ST 60	2203	62	98	232	1

Tabela 21: Dimenzije paralelogramov

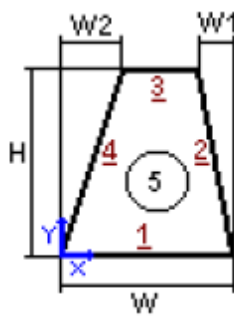
Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.



Slika 26: Načrt izvedbe paralelograma ST50

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

- Trapezi



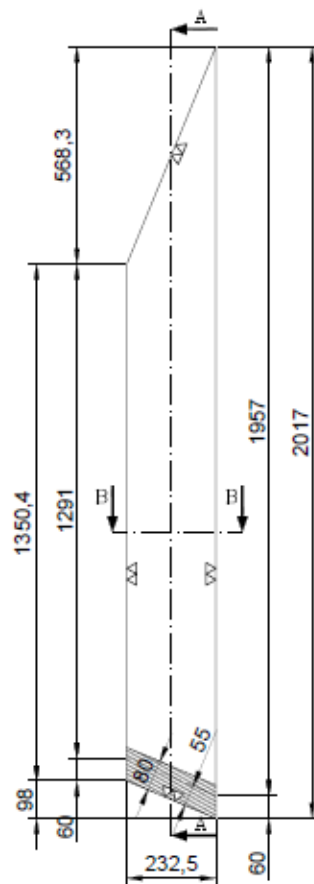
Slika 27: Skica trapeza

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

Oznaka	W (mm)	W ₁ (mm)	W ₂ (mm)	H (mm)	Št. kosov
ST 3	2017	568	98	232	1
ST 4	3309	1052	182	430	1
ST 39	2228	62	98	232	1
ST 40	2402	62	98	232	1
ST 41	2576	62	98	232	1
ST 42	2750	62	98	232	1
ST 43	2925	62	98	232	1
ST 44	3236	115	182	430	1

Tabela 22: Dimenzije trapezov

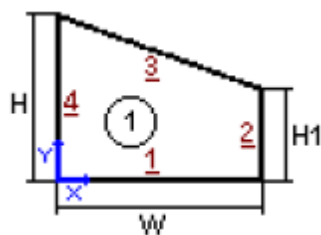
Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.



Slika 28: Načrt izvedbe trapeza ST3

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

- Štirikotniki s poševninami



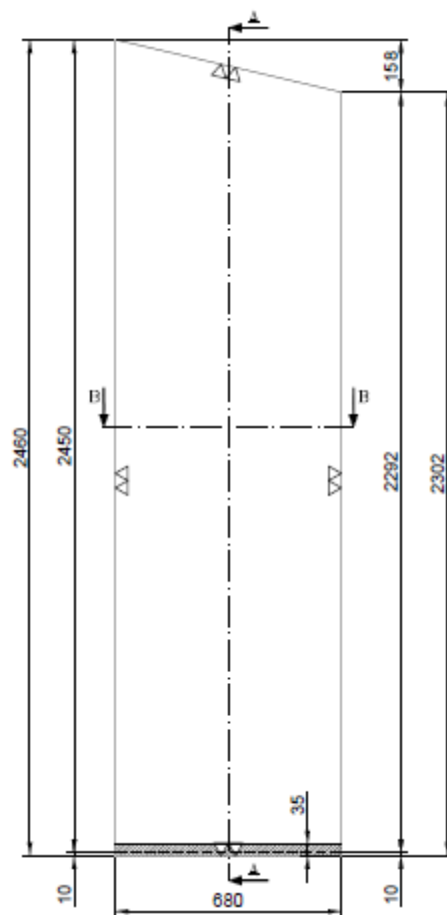
Slika 29: Skica štirikotnika s poševnino desno navzdol

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

Oznaka	W (mm)	H (mm)	H ₁ (mm)	Poševnina	Št. kosov
ST 6	430	2212	1160	Levo navzdol	1
ST 8	430	3312	2261	Levo navzdol	1
ST 10	430	3716	3616	Desno navzdol	1
ST 12	680	3611	3453	Desno navzdol	1
ST 14	680	3448	3290	Desno navzdol	1
ST 16	680	3286	3128	Desno navzdol	1
ST 24	680	2460	2302	Desno navzdol	1
ST 26	680	2298	2139	Desno navzdol	1
ST 28	680	2135	1976	Desno navzdol	1
ST 31	430	1764	230	Desno navzdol	1
ST 33	430	3264	1729	Desno navzdol	1
ST 35	430	1658	124	Desno navzdol	1
ST 5	430	2388	2206	Desno navzdol	1
ST 7	430	2579	2397	Desno navzdol	1
ST 9	430	2772	2590	Desno navzdol	1
ST 11	680	3065	2778	Desno navzdol	1
ST 13	680	3361	3073	Desno navzdol	1
ST 15	680	3647	3359	Desno navzdol	1
ST 22	680	2053	1765	Desno navzdol	1
ST 25	680	2348	2061	Desno navzdol	1
ST 27	680	2645	2358	Desno navzdol	1
ST 29	430	2835	2653	Desno navzdol	1
ST 32	430	3025	2843	Desno navzdol	1
ST 34	430	3216	3034	Desno navzdol	1

Tabela 23: Dimenzije štrikotnikov s poševninami

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.



Slika 30: Načrt izvedbe štirikotnika s poševnino desno navzdol ST24

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

5.2.2 Razrez stekla

Ko je naročilo preneseno v program ALCLIM, ki je povezan z avtomatsko vodeno rezalno mizo, se proizvodni proces lahko začne.

Operater stroja prejme delovni nalog in načrte. Nato izvede elektronski prenos delovnega naloga in glede na zahtevane dimenzije ter zahtevano kakovost sprejme ustrezne tehnološke parametre za razrez. Najpomembnejše pri tem je, da je delovni nalog pravilno izpolnjen, saj v nasprotnem primeru ne moremo preprečiti izgube materiala.

V rezalnici v Meleh sta dve računalniško vodeni rezalni mizi in ena ročna rezalna miza. V opisovanem primeru smo pri razrezu stekla za fasadno oblogo uporabili samodejno rezalno mizo Lisec ESL 60/30 RS in strežno nakladalko Lisec ATL.

Razrezali smo tri plošče, debeline 6 mm iz »Parsol Green« stekla, tako da smo iz njih dobili zahtevanih 48 kosov, katerih dimenzije in skice so zapisane na prejšnjih straneh pod poglavjem 5.2.1.



Slika 31: Rezalna miza Lisec, v ozadju nakladalka Lisec

Vir: Lasten

Po končanem razrezu na rezalni mizi delavci stekla razlomijo na zahtevane dimenzije. Vsak kos stekla opremijo z nalepko, na kateri so naslednji podatki: številka delovnega naloga, dimenzije, vrsta stekla, podatki o obdelavi itd., nato pa stekla naložijo na transportne vozičke za transport v naslednji oddelek.

5.2.3 *Brušenje robov*

Brušenje robov je pri zapletenih oblikah steklenih izdelkov najzahtevnejša obdelovalna faza. Delavec v brusilnici prejme delovni nalog od delavca v rezalnici in določi naslednje obdelovalne korake.

Za brušenje pravilnih oblik (pravokotniki, kvadrati) se uporablja CNC obdelovalni stroj Buseti F12. Stroj je za proizvodnjo izjemno pomemben, saj se lahko z njim brusi in polira hkrati. Z vodno hlajenim brušenjem lahko obdelamo stekleno ploščo največje dimenzije 2800 x 6000 mm in debeline 3–25 mm. Stroj brusi z večjim številom elektromotorjev, na katerih so pritrjeni brusni diamanti, od grobih do finih, in tudi polirke, ki poskrbijo, da so robovi po koncu brušenja sijoči. Vodno hlajenje stroja med brušenjem preprečuje pregrevanje, lomljenje in krušenje stekla. Na koncu stroja je priključen še pralni stroj Malnati, ki stekla po koncu brušenja opere.

V opisovanem primeru izdelave steklene fasadne obloge so bili s tem strojem brušeni samo štirje kosi, in sicer pravokotniki.



Slika 32: Horizontalni brusilni stroj Buseti F12

Vir: <http://www.biesseamerica.com/default.asp?biesse=180&objId=119> dne 26. 10. 2013

Vse ostale kose nepravilnih oblik, kot so paralelogrami, trapezi in štirikotniki s poševninami pa brusijo na drugem stroju, ki se imenuje Lisec WSL.

To je stroj za rezanje z vodnim curkom in obdelavo robov z revolversko glavo z 12 brusnimi diamanti in polirkami.



Slika 33: Lisec WSL

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o

5.2.4 Izdelava v oddelku sitotiska

Brušenju sledi tiskanje robov na fasadnem steklu »Parsol Green« debeline 6 mm. V primeru fasadnih oblog gre samo za tiskanje robov različnih širin – odvisno od zahtev naročnika. Vsak kos stekla ima svoj načrt izvedbe, s katerega tudi operater tiskarskega stroja razbere potrebno širino tiskanja roba.

Ko delavec v oddelku sitotiska prejme kose fasadnega stekla, iz delovnega naloga razbere zahtevano vrsto tiska in barvo tiskanja. V mojem primeru se tiskajo robovi širine od 35 do 80 mm. Za vsak kos stekla je na načrtu ustrezno označeno, kateri rob se tiska in kako širok je rob tiskanja.

Tiskamo s tiskarskim strojem INO jumboprint AA-360, ki je namenjen tiskanju stekel večjih dimenzij. V mojem primeru tiskamo robove stekla po metodi valj, in sicer z barvo za steklo RX 53. Po končanem tiskanju stekla posušimo v toplotnem tunelu pri 150 °C v 3 minutah. Stekla na koncu odložijo na posebne regalnike za transport v oddelek toplotne obdelave.



Slika 34: Tiskarski stroj INO jumboprint AA-360

Vir: http://www.ino-ziri.si/docs/INO_jumboprint.pdf, dne 26. 10. 2013

Tehnični podatki stroja:

- največja dimenzija tiskanja 3600 x 2100 mm,
- debelina stekla 4–19 mm,
- visoka produktivnost, hitre nastavitve,
- preprosto rokovanje, hitra menjava orodij.

5.2.5 Toplotna obdelava

Običajno steklo je krhek material. Čeprav prenese velike tlačne napetosti, ima izjemno nizko natezno trdnost. Natezne napetosti na površini stekla nastanejo, kadar ga upogibamo ali če na njem nastanejo temperaturne spremembe. Kosi zlomljenega stekla so srpaste oblike in so zelo ostri. Če želimo, da bo steklo trdnjše in varnejše, moramo zmanjšati število in velikost površinskih lomov. To dosežemo, če steklo kalimo.

Pod pojmom kaljeno steklo razumemo toplotno utrjeno varnostno steklo, ki ga imenujemo tudi toplotno prednapeto steklo. Kot je razvidno že iz imena, prednapetost dosežemo s toplotno obdelavo stekla.

V oddelku toplotne obdelave poskrbijo, da se steklo za fasadne obloge – v mojem primeru »Parsol Green« debeline 6 milimetrov – utrdi in da se barva na tiskanih robovih še dodatno sprime s steklom. Za toplotno obdelavo uporabljamo kalilno peč TCME, ki je namenjena kaljenju stekla debeline 4–19 mm in minimalne dimenzije 100 x 250 mm ter maksimalne dimenzije 2450 x 2800 mm.

Ko operator kalilne peči prejme delovni nalog in nastavi vse potrebne parametre, lahko začne s kaljenjem 6 mm »Parsol Green« stekla. Kose stekla nalaga, kot mu dopušča velikost peči. Ko je peč ogreta na zahtevano temperaturo, lahko začnemo s kaljenjem stekla, še pred tem pa operator kalilne peči namesti znak za kaljenje EN 12150 v desnem spodnjem kotu vsakega stekla posebej. Cikel toplotne obdelave je sestavljen iz segrevanja v peči in ohlajanja. Segrevanje 6 mm stekla poteka približno 230 sekund (odvisno od potiskane površine), hlajenje pa približno 120 sekund.



Slika 35: Kalilna peč TCME

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

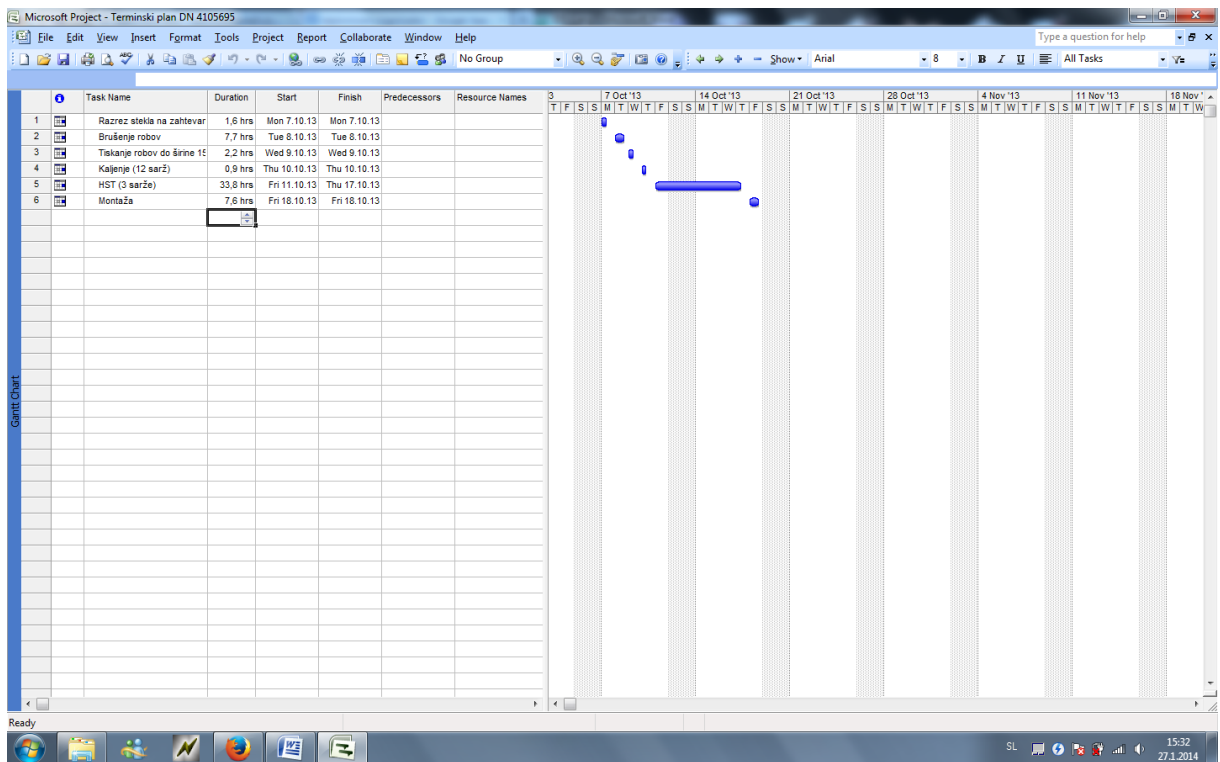
Toplotno obdelana stekla zlagajo na stojalo za »Heat Soak Test«, saj delovni nalog v mojem primeru zahteva toplotni preizkus. To je toplotni preizkus, pri katerem so stekla izpostavljena temperaturi 300 °C, in sicer 4 ure. Namenjen je preprečevanju spontanih lomov, ki jih povzroča molekula nikljevega sulfida, opisana že v poglavju 4.1.

Ko je stojalo polno, ga odpeljejo v komoro, kjer poteka »Heat Soak Test«. Celoten preizkus traja skoraj enajst ur, sestavljen pa je iz faze ogrevanja, faze izpostavljenosti pri 300 °C in faze ohlajanja.

Ko je »Heat Soak Test« opravljen, počakamo, da se stekla ohladijo na temperaturo, pri kateri je možna ročna manipulacija. Kose zložimo na kovinsko stojalo, poskeniramo nalepke, natisnemo pakirni list in ga priložimo na stojalo. S tem je proces izdelave fasadne obloge zaključen.

5.2.6 *Terminski plan izdelave*

Terminski plan izdelave sem izdelal v programu MS Office Project. Izdelan je za izdelavo 48 kosov fasadne obloge po DN 4105695, kar skupaj znaša 67,11 m² materiala (stekla), 316,64 tek. m brušenih robov, 64 tiskanih robov do širine 150 mm in toplotna obdelava (kaljenje, HST) vseh kosov.



Slika 36: Terminski plan izdelave

Vir: Lasten

5.2.7 Finančni plan izdelave

Finančni plan sem izdelal v obliki tabele. Izdelan je tako, da so v drugem stolpcu navedene posamezne šifre oz. opisi del, v tretjem cena na enoto mere, v četrtem količina in v zadnjem izračunana cena.

	Šifra oz. opis dela	Cena/enoto mere	Količina	Cena
1	Material (steklo 6 mm »Parsol Green«)	8,50 €/m ²	67,11 m ²	570,44 €
2	Razrez na zahtevane dimenzije (2 delavca po 1,6 h)	25,00 €/h	3,20 h	80,00 €
3	Brušenje robov (Busetti F12, Lisec WSL)	1,95 €/tek. m	316,64 tek. m	617,45 €
4	Tiskanje robov do širine 150 mm (RX 53)	21,80 €/rob	64 robov	1395,20 €
5	Kaljenje (12 sarž)	5,00 €/m ²	67,11 m ²	335,55 €
6	HST (3 sarže)	5,57 €/m ²	67,11 m ²	373,80 €
7	Montaža (4 delavci po 7,6 h)	25,00 €/h	30,40 h	760,00 €
8	CENA SKUPAJ			4132,44 €
9	CENA NA ENOTO MERE			61,58 €/m ²

Tabela 24: Finančni plan izdelave

Vir: Lasten

5.2.8 *Montaža*



Slika 37: Slika med montažo od znotraj

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.



Slika 38: Slika med montažo od zunaj

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

5.2.9 *Končni videz*

Po zaključku vseh del objekt izgledal tako:



Slika 39: Končni videz objekta X

Vir: Interni vir podjetja Reflex d.o.o.

6 ZAKLJUČEK

Možnost, da se steklo uporabi kot konstrukcijski element, je arhitekta, konstruktorje in inženirje spodbudila k snovanju vedno drznejših konstrukcij. Varnostno steklo je ob zagotavljanju aktivne, pasivne in konstruktivne varnosti pravi element za to.

V diplomskem delu sem najprej predstavil podjetje, v katerem sem večji del šolanja na VSŠ Academia opravljal študentsko delo. To je podjetje Reflex d.o.o., inovativno slovensko podjetje za predelavo in oplemenitenje ploščatega stekla. Predstavil sem zgodovino podjetja, sestavo s poslovalnicami in področja dela.

Nadalje sem predstavil steklo kot konstrukcijski material. Le redki izmed nas vedo, da je steklo zelo star material, saj izvira iz mlajše kamene dobe, kar pomeni, da je staro približno 9.000 let. Preteči je moralo še precej časa, preden so steklo začeli izdelovati načrtno. Ploščato steklo izdelujejo po plavajočem postopku od začetka šestdesetih let prejšnjega stoletja, ko so ga začeli izdelovati v podjetju Pilkington Brothers. Proces izdelave je zelo zahteven. Najprej je treba pripraviti surovine za vsip v peč. Nato se tekočina v obliki neskončnega traku prelije v kad s tekočim kositrom. Tok stekla se med transportom z zobatimi kolesi obdela na določeno debelino. Nato steklo nadaljuje svojo pot po valjih v hladilnem kanalu. Na koncu, ko je temperatura stekla enaka temperaturi okolice, se steklo razreže na standardne pravokotnike, ki merijo 6000 x 3210 mm. Tako izdelano steklo imenujemo zrcalno ali »float« steklo. Je sicer trdna snov, vendar bi ga zaradi njegove strukture morali uvrščati med tekočine. V tem poglavju sem dodal še tabele s fizikalnimi lastnostmi stekla, opisal sem, zakaj je steklo tako lomljivo in poiskal vzroke za nastanek loma stekla. Opisal sem tudi površinske poškodbe na steklu, poiskal vplive, ki povzročajo poškodbe in jih razdelil v tri skupine. To so mehanski, termični in kemijski vplivi. Na koncu poglavja so dodani še nekateri standardi, ki jih moramo upoštevati pri delu s steklom.

Ker je običajno steklo zelo krhek material, ga moramo primerno obdelati, da iz njega dobimo varnostno steklo RX SAFE. Običajno steklo ima izjemno nizko natezno trdnost, zaradi česar se hitro zlomi. Kosi zlomljenega stekla so srpaste oblike in imajo izredno ostre robove. Varnostno steklo pa nam zagotavlja aktivno, pasivno in konstruktivno varnost. Deli se na

lepljena varnostna stekla VSG in kaljena varnostna stekla ESG. V naslednjem poglavju je opisano, kako ta proces obdelave poteka v podjetju Reflex d.o.o.

Steklo je zelo krhko zato, ker je njegova površina polna mikroskopsko majhnih prelomov. Če želimo, da bo steklo trdnjše in varnejše, moramo torej zmanjšati velikosti in število teh površinskih lomov. To dosežemo s kaljenjem stekla. Kaljenje poteka tako, da steklo segrejemo do določene temperature, pri katerih je v začetni fazi mehčanja, nato pa obe površini hitro ohladimo. V opisanem procesu nastane značilna porazdelitev napetosti: molekule na površini stekla so trajno izpostavljene tlačnim, molekule v notranjosti pa nateznim napetostim. Tako obdelano steklo strokovno imenujemo tudi termično prednapeto steklo. V okviru kontrole se nadzira dve najpomembnejši lastnosti kaljenega stekla po EN 12150. To sta struktura loma in mehanska trdnost. Poleg omenjenih varnostnih lastnosti pa kaljeno steklo odlikujejo tudi naslednje prednosti: povečana udarna trdnost in povečana obstojnost na temperaturne razlike. Ker pa se lahko pojavi tudi spontani lom, ki ga povzroči molekula nikljevega sulfida, moramo omenjeni pojav skladno z EN 14179 preprečiti, predvsem za uporabo teh stekel v prezračevanih fasadah. Preprečimo ga tako, da stekla izpostavimo vroči obremenitvi. Preizkus imenujemo »Heat Soak Test«. Kaljenega stekla zaradi porazdelitve napetosti ne moremo več obdelovati, saj bi porušili napetostno ravnovesje in steklo bi se zlomilo. Zato moramo termično obdelavo izvesti šele potem, ko so končane vse druge vrste obdelave: brušenje, poliranje, izvrtine, izrezi in tiskanje.

V področje varnostnega stekla spada tudi delno kaljeno steklo RX SAFE TVG, ki ga strokovno-tehnično imenujemo termično utrjeno steklo. Proces obdelave poteka skladno z EN 1863 in je zelo podoben postopku za kaljeno steklo ESG. Razlika je le v tem, da pri vpihovanju hladnega zraka ravnamo bistveno drugače. V steklu tako nastane trajen potek napetosti, zaradi česar je steklo občutno bolj odporno proti temperaturnim in mehanskim obremenitvam kot navadno steklo. Zaradi nizke stopnje kaljenja je nevarnost spontanega loma izključena in »Heat Soak Test« ni potreben.

V praktičnem delu diplomskega dela pa sem predstavil tehnologijo izdelave steklene fasadne obloge za objekt X na osnovi delovnega naloga, ki sem ga dobil od mentorja v podjetju. Pri

procesu izdelave sem sodeloval tudi sam. Obdelovalni postopki si sledijo v točno določenem zaporedju.

Vse se začne v fazi priprave, kjer se na osnovi naročila izdelava delovni nalog. V program, ki povezuje komercialo s proizvodnjo, vnesejo podatke, ki so osnova za izdajo delovnega naloga, natisnejo se tudi nalepke. Ko je naročilo vneseno v program, ki je povezan z avtomatsko vodeno rezalno mizo, se proizvodni proces začne. Operater rezalne mize prejme delovni nalog in načrte in nastavi parametre za razrez. Razrezani kosi se razlomijo na zahtevane dimenzije, opremijo z nalepkami in naložijo na vozičke za transport v naslednji oddelek. V naslednjem oddelku se brusijo robovi. Delo poteka na osnovi vodno hlajenega brušenja, saj se steklo v nasprotnem primeru kruši. Kosi pravilnih oblik, tj. pravokotniki in kvadrati, se brusijo na stroju Buseti F12, kosi nepravilnih oblik na pa stroju Lisec WSL.

Nato gredo stekla v oddelek sitotisk. Tam se natisnejo vzorci ali obarva delna ali celotna površina stekla, odvisno od zahtev na delovnem nalogu. Na koncu se steklo še toplotno obdela, saj se s tem poveča njegova udarna trdnost in tudi odpornost na temperaturne razlike.

Ko so vsi kosi stekla izdelani, jih v oddelku za transport stekla naložijo na stojala, med posamezne kose dajo karton, stojala se ustrezno zapakirajo in transportirajo do naročnika.

Po dostavi stekel naročniku se izvede le še montaža na ustrezno podkonstrukcijo.

Veseli me, da sem vam lahko predstavil tehnologijo izdelave steklene fasadne obloge. S tem sem nadgradil svoje teoretično in praktično znanje ter nabral nove delovne izkušnje. Upam, da bo diplomsko delo bralcem v pomoč kot vir strokovne literature pri nadaljnjem izpopolnjevanju strokovnega znanja.

7 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

7.1 Literatura

1. Hajdinjak, R.: *Gradimo s steklom*, Reflex d.o.o., Podgrad, 2009.
2. Bezjak, J.: *Materiali v tehniki*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 1997.

7.2 Viri

1. Interni viri podjetja Reflex, d.o.o.: delovni nalog (DN 4105695, str.: 1; skice str.: 27, 48, 54, 74), Podgrad, 2011.

7.3 Spletni viri

1. <http://www.reflex.si/en/> (dne 12. 10. 2013)
2. [http://www.reflex.si/si/files/default/novi-katalogi-stavbe-stekla/Reflex katalog Stekel SLO ENG Web.pdf](http://www.reflex.si/si/files/default/novi-katalogi-stavbe-stekla/Reflex_katalog_Stekel_SLO_ENG_Web.pdf) (dne 12. 10. 2013)
3. <http://sl.wikipedia.org/wiki/Steklo> (dne 12. 10. 2013)
4. <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/58-kaj-je-steklo-in-kako-ga-pridobivamo> (dne 12. 10. 2013)
5. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT155.htm> (dne 19. 10. 2013)
6. <http://www.steklarstvo.eu/index.php?IDM=253> (dne 19. 10. 2013)
7. <http://www.reflex.si/si/steklo/varnostna-stekla/emajlirano-in-potiskano-steklo> (dne 19. 10. 2013)
8. <http://www.element-okna.si/steklene-fasade.html> (dne 19. 10. 2013)
9. http://www.alprem.si/01/si_01.htm (dne 19. 10. 2013)
10. http://simer.si/p56/fasadni_sistemi/steklene_fasade (dne 19. 10. 2013)
11. <http://www.biesseamerica.com/default.asp?biesse=180&objId=119> (dne 26. 10. 2013)
12. <http://www.lisec.com/en> (dne 26. 10. 2013)
13. http://www.ino-ziri.si/docs/INO_jumboprint.pdf (dne 26. 10. 2013)