

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

TEHNOLOGIJA IZDELAVE STEKLENIH STOPNIC

Kandidat: Vito Klemenčič

Študent študija ob delu

Številka indeksa: 11190040004

Program: strojništvo

Mentor: dr. Marija Kisin

Maribor, januar 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Vito Klemenčič, št. indeksa 11190040004, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom Tehnologija izdelave steklenih stopnic, ki sem jo izdelal pod mentorstvom dr. Marije Kisin.

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, 17. 1. 2011

Podpis študenta

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Mariji Kisin. Prav tako bi se rad zahvalil podjetju Reflex, d. o. o., ki mi je študij omogočilo. Hvala gospodu Blažu Gerenčerju in Rudiju Hajdinjaku za pomoč in nasvete skozi celotno obdobje študija.

Zahvaljujem se tudi vsem, ki so me med študijem in pisanjem diplomskega dela podpirali, me spodbujali in mi kakorkoli pomagali.

POVZETEK

V diplomskem delu sem predstavil tehnologijo izdelave steklenih stopnic na primeru podjetja Reflex, d. o. o., inovativnega slovenskega podjetja za predelavo in oplemenitenje ploščatega stekla, ki že kar tretje desetletje izpopolnjuje ponudbo svojih steklarskih izdelkov in storitev.

V prvem delu diplomskega dela sem predstavil podjetje in najpomembnejše vrste steklenih izdelkov ter lastnosti stekla, v drugem delu pa celovit postopek izdelovalne tehnologije steklenih stopnic. V proces izdelave steklenih stopnic so vključene različne tehnološke operacije, ki si sledijo v predpisanem zaporedju, in sicer od izdelave tehnološke dokumentacije do posameznih izdelovalnih postopkov v proizvodnji. Pri tem sem izpostavil problem oblikovanja in kakovostne obdelave izdelkov zapletenih oblik, ki smo ga uspešno rešili z računalniško podprto proizvodnjo. Tako smo uspešno povečali proizvodne zmogljivosti in asortiment kakovostnih, inovativnih izdelkov, saj se steklo v arhitekturi in gradbeništvu vse bolj uveljavlja kot pomemben sestavni del konstrukcijskih elementov.

Ključne besede: tehnologija izdelave steklenih stopnic, steklo, pohodno steklo, tehnološka dokumentacija

ZUSAMMENFASSUNG

In der Diplomarbeit wird die Technologie zur Herstellung von Glasstufen am Beispiel des Unternehmens 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.

Im ersten Teil der Diplomarbeit werden das Unternehmen und die bedeutendsten Produkte aus Glas sowie die Eigenschaften von Glas geschildert. Im zweiten Teil geht es um das gesamte Herstellungsverfahren von Glasstufen. In diesen Produktionsprozess sind unterschiedliche technologische Operationen integriert, die einander in vorgeschriebener Reihenfolge folgen, und zwar von der Erstellung der technischen Dokumentation bis zu einzelnen Herstellungsverfahren in der Produktion. Dabei wurde insbesondere auf das Problem der Gestaltung und qualitativen Bearbeitung von Produkten mit komplizierten Formen Wert gelegt, das durch eine computergestützte Produktion erfolgreich gelöst wurde. So wurden die Produktionskapazitäten und das Sortiment der qualitativen, innovativen Produkte vergrößert, da sich Glas in der Architektur und im Bauwesen immer mehr als bedeutender Bestandteil von Konstruktionselementen behauptet.

Schlüsselwörter: Herstellungstechnologie von Glasstufen, Glas, begehbare Glas, technische Dokumentation

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	Opredelitev obravnavane zadeve.....	10
1.2	Namen diplomskega dela	10
1.3	Cilji diplomskega dela	10
1.4	Trditvi diplomskega dela	11
1.5	Predpostavke in omejitve	11
1.6	Metode dela	11
2	PODJETJE REFLEX, D. O. O.	12
2.1	Zgodovina podjetja	12
2.2	Podjetje Reflex, d. o. o. danes	12
2.3	Dejavnost podjetja	13
2.3.1	<i>Izolacijsko steklo</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Kaljeno steklo</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Delno kaljeno steklo</i>	<i>15</i>
2.3.4	<i>Lepljena varnostna stekla</i>	<i>15</i>
2.3.5	<i>Pohodno steklo RX LAMISTEP</i>	<i>16</i>
2.3.6	<i>Emajlirano in potiskano steklo</i>	<i>18</i>
2.3.7	<i>Unikatni izdelki</i>	<i>18</i>
3	STEKLO KOT KONSTRUKCIJSKI MATERIAL.....	21
3.1	Postopek izdelave stekla s plavajočo talino (t. i. float postopek)	21
3.2	Nove tehnologije izdelave stekla (postopek razprševanja v vakuumu).....	23
3.3	Fizikalne lastnosti ploščatega stekla.....	24
3.4	Druge toplotne lastnosti.....	25
4	TEHNOLOŠKI POSTOPEK IZDELAVE STEKLENIH STOPNIC	27
4.1	Tehnološka dokumentacija izdelka	27
4.2	Postopek izdelave steklenih stopnic	34
4.2.1	<i>Priprava del in razrez stekla</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Izrezovanje in brušenje robov</i>	<i>35</i>

4.2.3	<i>Izdelava v oddelku sitotiska.....</i>	43
4.2.4	<i>Toplotna obdelava pohodnega stekla.....</i>	44
4.2.5	<i>Postopek lepljenja – laminiranja in odprema izdelka.....</i>	47
5	ZAKLJUČEK	51
6	LITERATURA IN VIRI	52

KAZALO TABEL

Tabela 1: Mehanske lastnosti	24
Tabela 2: Upogibna trdnost različnih stekel	25
Tabela 3: Toplotne lastnosti (orientacijske vrednosti)	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Diagram za dimenzioniranje pohodnega stekla pri štiristranskem vpetju.....	17
Slika 2: Westfield, London.....	19
Slika 3: Letališče Jožeta Pučnika, Brnik	19
Slika 4: Tower center v Zagrebu	20
Slika 5: Ročno izdelana pladnja	20
Slika 6: Prikaz proizvodnje stekla po float postopku	21
Slika 7: Prikaz nanosov za toplotno in sončno zaščito	23
Slika 8: Vnos naročila v programu ALFAK.....	28
Slika 9: Vnos vrste stekla, dimenzije, obdelave in cene stekla	29
Slika 10: Prikaz načina vnašanja različnih obdelav, v tem primeru tiska	30
Slika 11: Potrditev naročila	31
Slika 12: Prikaz narisane načrta v programu AUTOCAD.....	32
Slika 13: Načrt za nadaljnjo izdelavo v proizvodnji.....	33
Slika 14: Rezalna miza Lisec ESL60/30RS s strežno nakladalko Lisec ATL	34
Slika 15: Horizontalni brusilni stroj Busetti F12.....	36
Slika 16: Prikaz narisane načrta.....	37
Slika 17: Obdelovalni stroj za rezanje z vodnim curkom (Lisec WSL).....	38
Slika 18: Dimenzije in geometrijska oblika steklene stopnice z zahtevnim notranjim izrezom	39
Slika 19: Nož za rezanje stekla.....	39
Slika 20: Ročna žaga za rezanje stekla.....	39
Slika 21: Ročna brusilka.....	40
Slika 22: Ključni sestavni deli	40

Slika 23: Prikaz odrezovanja odvečnih delov.....	42
Slika 24: Prikaz brusilne naprave v stroju Lisec WSL.....	42
Slika 25: Prikaz brusilnih kamnov za zunanje robov	42
Slika 26: Tiskarski stroj INO jumoprint AA-360.....	44
Slika 27: Kalilna peč TCME	46
Slika 28: Prerez kalilne peči	47
Slika 29: Končni videz steklenih stopnic	48
Slika 30: Linija LIS 124E za lepljenje stekla	49
Slika 31: Komplet za vezanje stojal	50

1 UVOD

1.1 Opredelitev obravnavane zadeve

V diplomskem delu se osredinjam na tehnologijo izdelave steklenih stopnic. V uvodu predstavljam podjetje Reflex, d. o. o., v katerem sem zaposlen kot tehnolog in se tako vsakodnevno srečujem z različnimi tehnološkimi postopki pri predelavi in obdelavi steklenih izdelkov.

V nadaljevanju predstavljam material – steklo, njegove osnovne značilnosti, lastnosti in zmožnosti oblikovanja. Zaradi vse zahtevnejših odjemalcev in želje po unikatnih izdelkih se tudi pri izdelavi steklenih stopnic srečamo s problemom nepravilnih oblik, ki pa ga odpravljamo z novo računalniško tehnologijo, pri kateri imam pomembno vlogo tudi sam.

1.2 Namen diplomskega dela

Namen diplomskega dela je preučiti tehnološki proces izdelave steklenih stopnic na primeru podjetja Reflex, d. o. o. in predstaviti problematiko izdelave stopnic zapletenih oblik. Prav tako je moj namen, da pri tem nadgradim svoje znanje s strokovno literaturo, da bom prispeval delež pri nadaljnjih projektih podjetja.

1.3 Cilji diplomskega dela

Cilji diplomskega dela so:

- predstavitev podjetja Reflex, d. o. o.;
- opredelitev stekla ter njegovih značilnosti, lastnosti, zmožnosti ...;
- predstavitev celotnega procesa izdelave steklenih stopnic po posameznih fazah;

- preučitev tehnološkega procesa izdelave steklenih stopnic in pri tem nadgradnja svojega znanja na podlagi strokovne literature.

1.4 Trditvi diplomskega dela

Trditvi diplomskega dela sta:

- steklo postaja vse bolj priljubljeno v vsakdanjem življenju;
- strah – odpor do stekla se zmanjšuje.

1.5 Predpostavke in omejitve

Predpostavke, uporabljene pri preučevanju zadeve, so:

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

1.6 Metode dela

Omejitve pri preučevanju zadeve so:

- omejenost razpoložljive literature;
- zaupnost podatkov v podjetju;
- omejenost pri predstavitvi nekaterih področij zaradi obsežnosti tematike.

2 PODJETJE REFLEX, D. O. O.

2.1 Zgodovina podjetja

Podjetje Reflex, d. o. o. je bilo ustanovljeno leta 1979, ko je gospod Robert Krempel v Podgradu pri Gornji Radgoni odprl steklarstvo Krempel. Pozneje se je podjetje preimenovalo v steklarstvo Reflex, ki se je ukvarjalo s storitvijo steklarstva in z vzdrževalnimi deli. Najprej je bilo pet zaposlenih, kolikor je dovoljeval takratni obrtni zakon, s sproščanjem obrtne zakonodaje pa se je število zaposlenih povečevalo (Tek, 2000, 21, 22).

Pravi razvoj podjetja se je začel šele leta 1989, ko je obrtna delavnica prerasla v Reflex, d. o. o. Podjetje se je začelo ukvarjati s proizvodnjo izolacijskih stekel ter s proizvodnjo lepljenih in varnostnih stekel. Proizvodnja se je hitro širila in v podjetju so spoznali, da postajajo preveč odvisni od svojega edinega dobavitelja kaljenega stekla, zato so se odločili, da bodo sami začeli proizvajati kaljeno steklo, kar se je pozneje izkazalo za dobro potezo. Podjetje Reflex je leta 1995 v Nemčiji kupilo povsem na novo razvito tehnologijo za proizvodnjo kaljenega stekla, ki je do tedaj ni bilo še v nobeni podobni tovarni na svetu. S to potezo se je nenadoma pojavilo na straneh vseh specializiranih svetovnih publikacij in zanimanje zanj in njegove izdelke se je vedno bolj povečevalo (Džamdžič, 2001, 24, 25).

2.2 Podjetje Reflex, d. o. o. danes

Reflex spada danes med najpomembnejše proizvajalce kaljenega in izolacijskega stekla v tem delu Evrope in zaposluje 360 ljudi. Sedež podjetja je v Podgradu pri Gornji Radgoni, kjer so uprava podjetja, proizvodnja kaljenega stekla in servis. V poslovni enoti v Meleh je proizvodnja izolacijskega, kaljenega in lepljenega stekla, v poslovni enoti v Poljčanah poteka izdelava in sestava vseh vrst aluminijastih fasad, aluminijastih oken in vrat, zimskih vrtov, kabin za tuširanje in hladilniških vrat. V poslovni enoti Murska Sobota pa skrbijo za servis, uokvirjanje slik in gobelinov.

Reflex si je pridobil znak kakovosti RAL za stalno in nadzorovano kakovost izolacijskega stekla, ki jo nadzoruje nemški inštitut IFT Rosenheim. Sistem vodenja kakovosti je skladen z zahtevami standarda ISO 9001: 2000, kaljeno steklo pa je proizvedeno in testirano skladno s standardom SIST EN 12150. Prav tako si je Reflex pridobil zagotovilo kakovosti s certifikatom U, z britanskim standardom in s homologacijskim znakom E₁₀ ECER-43 (Džamdžič, 2001, 24, 25).

2.3 Dejavnost podjetja

Podjetje Reflex, d. o. o. opravlja naslednje dejavnosti:

- proizvodnjo izolacijskega stekla,
- proizvodnjo kaljenega stekla,
- proizvodnjo lepljenega stekla,
- proizvodnjo emajliranega in potiskanega stekla,
- montažna dela,
- izdelavo toplih fasad,
- izdelava prezračevalnih fasad,
- izdelavo protipožarnih sistemov,
- izdelavo zimskih vrtov,
- izdelavo hladilniških vrat,
- izdelavo tuš kabin,
- izdelavo unikatnih izdelkov,
- uokvirjanje slik in gobelinov,
- trgovino.

V nadaljevanju je kratka predstavitev nekaterih najpomembnejših navedenih dejavnosti.

2.3.1 Izolacijsko steklo

Okenske odprtine so najpomembnejši del fasade, saj morajo dati videzu fasade poseben pečat, zagotavljati pravilno prezračevanje, osvetlitev prostorov, prav tako pa tudi zaščito pred vročino, mrazom, hrupom, dežjem, vetrom, vdorom vode in požarom. Vse te zahteve se pričakujejo od stekla in zasteklitve, to pa lahko nudijo samo sodobna izolacijska stekla, ki združujejo več zaščitnih funkcij hkrati (<http://www.reflex.si/?id=2&lang=sl>, dne 20. 11. 2010).

Izolacijska stekla se delijo v štiri skupine (<http://www.reflex.si/?id=2&lang=sl>, dne 20. 11. 2010).

- toplotnozaščitna stekla,
- sončnozaščitna stekla,
- zvočnozaščitna stekla,
- varnostna stekla.

2.3.2 Kaljeno steklo

Steklo je zelo krhek material, kljub temu da prenese veliko tlačne napetosti, pa je zanj značilna izjemno nizka natezna trdnost. Če steklo upogibamo ali pa na njem nastanejo temperaturne spremembe (nenadna sprememba za 40–50 K), se steklo lahko zlomi. Da do tega ne bi prišlo, ga moramo kaliti, saj s tem postane trdno in varno. Pod pojmom kaljeno steklo razumemo termično utrjeno varnostno steklo, ki ga strokovno-tehnično imenujemo tudi toplotno prednapeto steklo. Kot je razvidno že iz imena, dosežemo prednapetost s toplotno obdelavo stekla. Ta poteka tako, da obe površini stekla najprej segrejemo do določene temperature, nato pa ju hitro ohladimo (<http://www.reflex.si/?id=23>, dne 20. 11. 2010).

2.3.3 Delno kaljeno steklo

Proizvodni proces delno kaljenega stekla (TVG), imenovanega tudi toplotno utrjeno steklo, je podoben proizvodnemu procesu kaljenega stekla (ESG). Steklo enako kot pri kaljenem steklu (ESG) segrejemo hitro in enakomerno čez 600 °C, razlika pa je pri ohlajevanju, saj z vpihovanjem hladnega zraka ravnamo bistveno drugače. Tako se v steklu vzpostavi trajna napetost, kar v primerjavi s t. i. float steklom zagotavlja občutno večjo odpornost proti toplotnim in mehanskim obremenitvam. Upogibna napetost in zmožnost prenašanja temperaturnih razlik delno kaljenega stekla sta med upogibno napetostjo in zmožnostjo prenašanja temperaturnih razlik navadnega nekaljenega float stekla in kaljenega stekla (ESG) (<http://www.reflex.si/?id=26&lang=sl>, dne 21. 11. 2010).

2.3.4 Lepljena varnostna stekla

Steklo je prijazno gradivo. Ob ustrezni zasnovi ne preprečuje le poškodb ob morebitnem lomu, temveč lahko tudi varuje premoženje in ljudi. Tako funkcijo ima predvsem lepljeno steklo, ki ga skupaj s kaljenim steklom ter steklenimi zidaki uvrščamo v skupino varnostnih stekel.

Lepljeno steklo je sestavljeno iz dveh ali več steklenih šip, ki so med seboj trdno zlepljene z lepili različnih debelin in lastnosti. Lepilni sloj med šipami v celoti zadrži nevarne kose, ki bi ob morebitnem razbitju stekla ogrožali varnost ljudi. Lepljeno steklo iz večjega števila šip odlikujeta tako pasivna kot tudi močno povečana aktivna varnost. Lepljeno steklo ima v primerjavi s kaljenim varnostnim steklom bistveno prednost. Po lomu kaljenega stekla nastanejo grobi delci, ki redkokdaj ostanejo v okvirju, zato taka zasteklitev pozneje nima več zaščitne funkcije, saj ne ščiti niti pred vlomom niti pred poškodbami.

Lepljeno steklo se kljub lomu ne razleti in zaradi tega še vedno ohrani vsaj del svoje zaščitne funkcije. To je posebej pomembno pri protivlomnih in neprebojnih steklih (<http://www.reflex.si/?id=25&lang=sl>, dne 21. 11. 2010).

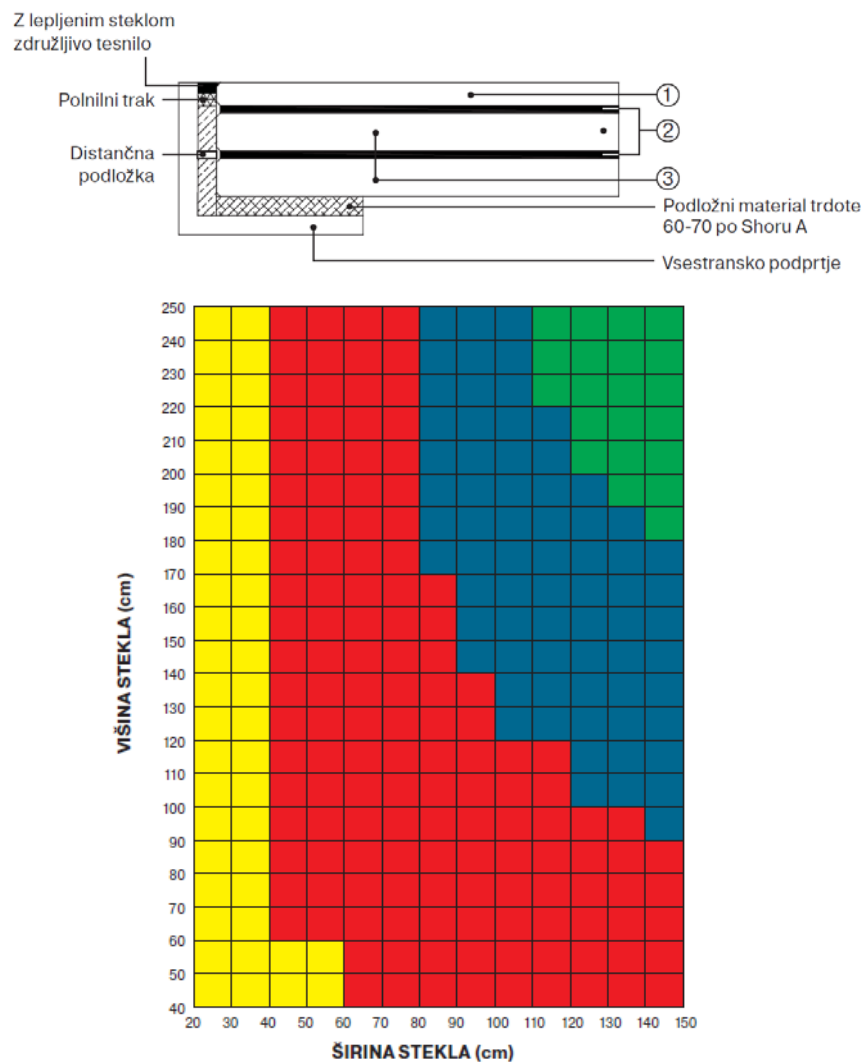
2.3.5 Pohodno steklo RX LAMISTEP

Naležna površina za steklo mora biti široka vsaj 30 mm. Da bi preprečili drsenje na mokrem steklu, so lahko zgornje površine izdelane s sitotiskom (izbira dekorja in barve je prepuščena kupcu). Pri določanju skupne debeline stekla je treba (v odvisnosti od načina uporabe, načina vgradnje, velikosti stekla in pričakovane obremenitve) izdelati statični izračun. Pri stopnicah, ki so le dvostransko podprte, je treba izračunati nosilnost za vsak primer posebej. Prav tako moramo dokazati ostanek nosilnosti po lomu stekla. Kadar je obremenitev znana, stekla pa na vseh straneh podprta, lahko debelino sendviča povzamemo iz diagrama, ki je v nadaljevanju. Zaščitno steklo (1), kot ga prikazuje (slika 1), ščiti nosilni paket pred poškodbami. Pri vseh sestavah je debelo najmanj šest milimetrov in je praviloma kaljeno ali delno kaljeno steklo s potiskom ali brez njega. Tako se pri izračunu to steklo ne upošteva kot nosilno. Prav tako je pohodno steklo sestavljeno z dvema ali več PVB-folijami (2) (slika 1) ter nosilnim paketom (3) (slika 1), ki je sestavljen iz dveh ali treh steklenih slojev.

Kadar pri opremljanju notranjosti zgradb za pohodne površine uporabimo steklo, dosežemo močne vizualne učinke. Z njim lahko nadomestimo talne obloge (na hodnikih, plesiščih, v nočnih lokalih) (Hajdinjak, 2009, 195, 196).

Pri uporabi pohodnih stekel moramo upoštevati naslednje (Hajdinjak, 2009, 195, 196):

- Stekla polagamo le na zelo ravne površine, konstrukcijo pa moramo dimenzionirati tako, da se pod obremenitvijo ne bo upogibala.
- Stekla polagamo na podložni trak, ki je po Shoru A trdote med 60 in 70. Z njim preprečimo stike med steklom in steklom ter steklom in kovino.



Slika 1: Diagram za dimenzioniranje pohodnega stekla pri štiristranskem vpetju

Vir: Hajdinjak, 2009, 195, 196

Robni pogoji:

- dopustna upogibna napetost: float steklo 15 N/mm^2 (skladno s TRLV),
- dopustni upogib: $1/200$.

Obremenitve:

- 5 kN/m^2 ploskovne obremenitve (upoštevana tudi lastna teža stekla),
- 2 kN na $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ točkovne obremenitve na sredini ploskve (upoštevana tudi lastna teža).

2.3.6 Emajlirano in potiskano steklo

Arhitekturni dosežki steklenih vizij bi brez barvitosti izgubili del privlačnosti. Možnost barvanja in potiska stekla pa ob hkratnem zagotavljanju varnostnih funkcij arhitektom omogoča tudi nove dimenzije drznosti. Kaljena varnostna stekla z emajliranim nanosom posebnih barv ali s sitotiskom nudijo neomejene možnosti kombiniranja barv, motivov, oblik in vzorcev. Emajlirana stekla so kaljena varnostna stekla, na katera pred postopkom kaljenja s sitotiskom, z valji ali z razprševanjem nanesemo posebno barvo, sestavljeno iz steklenega prahu in barvnih pigmentov. Med procesom kaljenja se barva kot emajl trajno oprime steklene površine. Tak barvni nanos je odporen proti mehanskim poškodbam in staranju, kar olajša čiščenje in vzdrževanje. Kaljeno steklo poleg tega odlikuje povečana trdnost, zato je odpornejše proti pritisku, udarcem in temperaturnim spremembam (<http://www.reflex.si/?id=24&lang=sl>, dne 21. 11. 2010).

2.3.7 Unikatni izdelki

Reflex zagotavlja strankam široko paleto ročno izdelanih in poslikanih unikatnih izdelkov. Barva, s katero poslikajo steklo, je neodstranljiva, izdelku pa daje sijaj ter odpornost proti čiščenju in vremenskim vplivom (<http://www.reflex.si/?id=61&lang=sl>, dne 21. 11. 2010).

Strankam v podjetju naredijo izdelek po njihovem predlogu ali pa jim ga po posvetu z njimi izdelajo sami.

Reflex izdeluje naslednje unikatne izdelke:

- vratna polnila,
- police,
- ogledala,
- vaze,
- pepelnike,
- ure,
- okvirje za slike ...

V nadaljevanju so predstavljeni trije objekti, ki so izdelani iz Reflexovih stekel, in en unikatni izdelek.



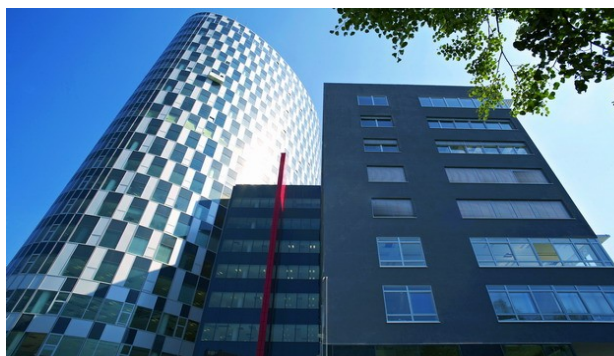
Slika 2: Westfield, London

Vir: <http://www.reflex.si/?id=159&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.



Slika 3: Letališče Jožeta Pučnika, Brnik

Vir: <http://www.reflex.si/?id=159&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.



Slika 4: Tower center v Zagrebu

Vir: <http://www.reflex.si/?id=159&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.



Slika 5: Ročno izdelana pladnja

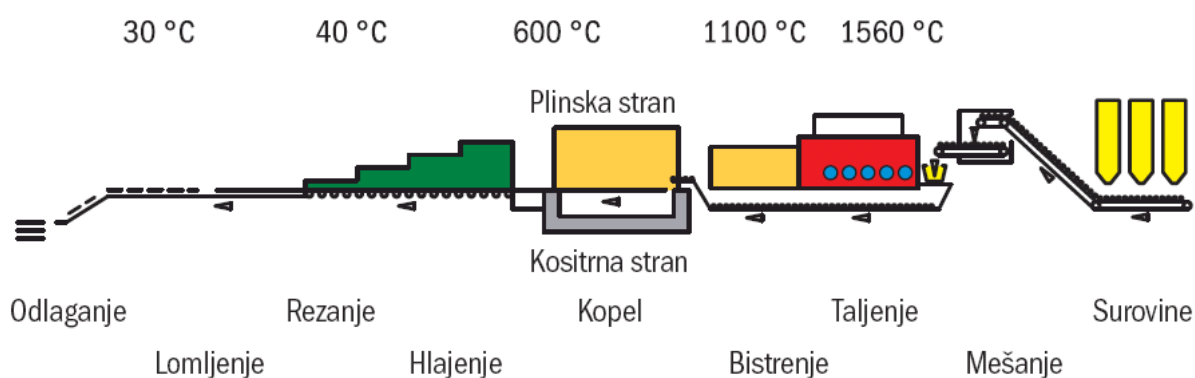
Vir: <http://www.reflex.si/?id=61&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.

3 STEKLO KOT KONSTRUKCIJSKI MATERIAL

3.1 Postopek izdelave stekla s plavajočo talino (t. i. float postopek)

Ploščato steklo izdelujejo po plavajočem postopku od začetka šestdesetih let preteklega stoletja. Tako pridobljeno steklo, ki ga imenujemo zrcalno ali float steklo, ima odlične optične lastnosti. Avtomatizirana proizvodnja stekla po float postopku omogoča proizvodnjo velikih količin ploščatega stekla v velikih formatih in z zelo kakovostnimi površinami. Angleška beseda float pomeni v slovenščini plavati in dobro opisuje osnovni princip omenjenega postopka.

Ustrezno pripravljene surovine (čistost glede kemične sestave, granulacija) v natančno določenih utežnih razmerjih z mešanjem pripravimo za vsipanje v talilno peč.



Slika 6: Prikaz proizvodnje stekla po float postopku

Vir: Hajdinjak, 2009, 25

Dnevno je treba zmešati (odvisno od kapacitete peči) od 300 do 700 ton surovin. Ves proces doziranja, mešanja in vsipavanja je v celoti 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. Na sliki 6 je prikazan postopek izdelave stekla po float postopku.

V naslednji, najpomembnejši fazi stekleno maso v obliki neskončnega traku prelijemo v kad s tekočim kositrom. Pri tem je izjemno pomemben fizikalni pojav, da se idealno ravni površini najbolj približa površina mirujoče tekočine. Zaradi površinske napetosti se steklo razlije po tekočem kositru in s spodnjo površino prilagodi površini kositra. Hkrati s plamenskim poliranjem se toplotno obdela tudi zgornja stran steklenega traku. Če bi tok stekla prepustili fizikalnim zakonitostim (glede površinske napetosti, viskoznosti in gostote), bi samodejno nastalo 5,5 mm debelo steklo. Debelejše ali tanjše steklo dobimo tako, da z zobatimi kolesi, ki na robovih segajo v stekleni trak, povečamo ali zmanjšamo hitrost toka stekla. Rezultat opisanega postopka je neskončni stekleni trak z enako paralelnostjo, kot jo ima kristalno steklo. V zadnji, najbolj kritični fazi stekleni trak zapusti kad s staljeno kovino in nadaljuje pot čez valje 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 steklenemu traku odrežemo robove. Na koncu transporta, ko je temperatura steklenega traku enaka temperaturi okolice, steklo prečno razrežemo na standardne pravokotnike, ki merijo 6000 x 3440 mm (Hajdinjak, 2009, 25).

S spreminjanjem kemične sestave in načina izdelave dobimo stekla, katerih lastnosti ustrezajo najrazličnejšim namenom uporabe.

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

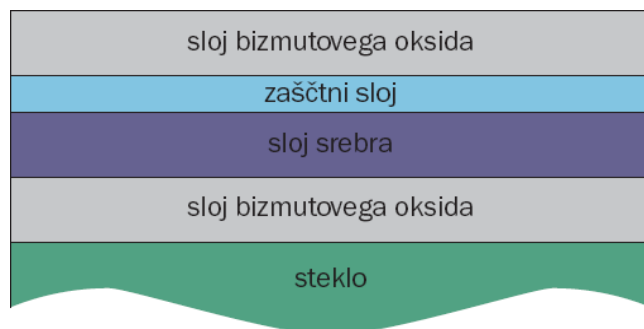
- kremenčev pesek,
- soda,
- apnenec,
- pepelika,
- dolomit.

3.2 Nove tehnologije izdelave stekla (postopek razprševanja v vakuumu)

Sodobni postopek elektromagnetnega razprševanja v vakuumu omogoča nanos tankih plasti kovinskih ionov na steklo. S kombinacijami različnih kovin in v različno debelih plasteh lahko izdelajo tak nanos, ki predstavlja zaporo (filter) tako za vstopajočo sončno kot tudi izstopajočo ogrevalno energijo. Na ta način dobimo steklo, ki zagotavlja dvojno zaščito: toplotno in sončno. Stekla s takimi lastnostmi kljub večplastnemu nanosu še vedno prepuščajo zelo veliko vidne svetlobe, zato jih imenujemo tudi visokoselektivna stekla. Zaradi magnetronskega nanašanja jih večkrat imenujemo tudi stekla z mehkim nanosom (angl. soft coated glass). To steklo ima vse značilnosti, ki odlikujejo visokoselektivna stekla:

- visoko prepustnost svetlobe (LT),
- nizko prepustnost sončne energije (g),
- posledično visoko selektivnost (S),
- nizke toplotne izgube (Ug).

Za izdelavo se uporablja kontinuirani in-line magnetronski postopek razprševanja. Na sliki 7 je prikazano zaporedje posameznih slojev nanosa na stekleno podlago.



Slika 7: Prikaz nanosov za toplotno in sončno zaščito

Vir: Hajdinjak, 2009, 94

Zaradi transparentnosti in dobre obstojnosti je steklo že stoletja zelo cenjeno. Vendar pa je bila njegova uporaba, predvsem v obliki enojne zasteklitve, v preteklosti povezana z ogromnimi toplotnimi izgubami (U enojnega stekla je $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Velik preobrat glede

toplotnih izgub je pomenil začetek uporabe izolacijskih stekel, ki so imela bistveno nižji koeficient toplotnega prehoda ($U = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$). Še večje zmanjšanje toplotnih izgub (za več kot polovico) pa je prinesla združitev postopka izdelave izolacijskega stekla s sodobno tehnologijo nanašanja tankih plasti (nanosov). Danes je postalo toplo steklo (steklo z nanosom), ki je sestavni del izolacijskega stekla z U -vrednostjo $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, že standardna zahteva. Seveda gre razvoj v načrtovanju objektov z nizko porabo energije naprej. Znani so uspešni poskusi z zgradbami, ki primarne energije ne potrebujejo več. V takih primerih so seveda potrebna izolacijska stekla, ki imajo še nižje U -vrednosti. Če v steklu, ki ima U -vrednost $1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, plin argon nadomestimo s še lažjim kriptonom, lahko vrednost U znižamo na $0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$. Trislojna izolacijska stekla, polnjena z enakim plinom, pa lahko dosežejo celo vrednost $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. V primerjavi z enojno zasteklitvijo to pomeni kar desetkrat nižje toplotne izgube (Hajdinjak, 2009, 93).

3.3 Fizikalne lastnosti ploščatega stekla

Izvleček iz standarda SIST EN 572 – 1

Lastnosti	Simbol	Vrednost in enota
Gostota	P	2500 kg/m^3
Trdota		6. stopnja po Mohsu
Elastični modul	E	$7 \times 10^{10} \text{ Pa}$
Poissonovo število	μ	0,23
Koeficient toplotnega prehoda	U	$5,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Specifična toplotna konstanta	c	$0,72 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$
Linearni toplotni razteznostni koeficient (med 20 in 300 °C)	α	$9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Toplotna prevodnost	λ	$1 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$
Srednji lomni količnik za vidno svetlobo (380 do 780 nm)	c	1,5

Tabela 1: Mehanske lastnosti

Vir: Hajdinjak, 2009, 27

Vir: Hajdinjak, 2009, 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
kaljeno steklo	120
lepljeno steklo	Veljajo vrednosti uporabljenih stekel.

Tabela 2: Upogibna trdnost različnih stekel

Vir: Hajdinjak, 2009, 27

3.4 Druge toplotne lastnosti

Lastnosti	Simbol	Vrednost
temperatura transformacije	t_g	520 do 550 °C
najvišja temperatura za uporabo kaljenega stekla	T_{max}	trajno pri $T = 200$ °C; krajši čas pri $T = 300$ °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	150 K

Tabela 3: Toplotne lastnosti (orientacijske vrednosti)

Vir: Hajdinjak, 2009, 27

Od drugih lastnosti stekla je treba omeniti še naslednje (Hajdinjak, 2009, 27):

- Steklo ne gori in ni vnetljivo.
- Ima homogene in gladke površine, zlahka ga čistimo in je zelo higienično.
- 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 za mraz in temperaturne spremembe, ne spreminja barve in ne postane motno. Ne navzame se vonja in ga niti ne oddaja.
- Steklo je sodoben gradbeni material z dolgoletno tradicijo in s še obetavnejšo prihodnostjo.

4 TEHNOLOŠKI POSTOPEK IZDELAVE STEKLENIH STOPNIC

4.1 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 za tehnologa osnova za izdajo delovnega naloga, ki spremlja celoten proizvodni proces. S programom ALFAK 2009 (sliki 8 in 11), ki povezuje komercialo s proizvodnjo, vnesemo podatke, ki so osnova za izdajo delovnega naloga.

Delovni nalog (sliki 9 in 10) tehnolog dopolni z vsemi potrebnimi tehnično-tehnološkimi podatki, kot so:

- vrsta stekla,
- geometrijska oblika in dimenzije izdelka,
- način obdelave stekla,
- tehnološki pogoji in načrt izdelave stekla,
- številka naročila,
- stranka, na katero se naročilo nanaša,
- rok in kraj dostave izdelka,
- vrsta in način plačila.

Dokumentenverwaltung

System Bearbeiten Funktionen Optionen Druck Produktion Kommunikation Hilfe

Auftrag 8102141 Vnašanje_10.07.2010 1 - Dokument kreiran

1. Dokument 2. Abw. Anschriften 3. Zusatz 4. Kond. 5. Techn. Summen 6. Summen 7. Texte/Anlagen 8. Tab. 9. Pos.

Identifikation

Mandant: REFLEX Bereich: Trgovina
 Nummer: 8102141 Gesch. Art: Lepljeno steklo

Mitarbeiter

Fachberater: <k.A.>
 Vertreter: <k.A.>

Anschrift

Nummer: 6021
 Kopf:
 Name: STRANKA: KLEMENČIČ VITO
 Hersteller:
 Straße:
 Prov./Land:
 PLZ/Ort:
 PLZ/Postf.:
 Mitarbeiter:
 Tel./Fax: 05643505 025643532
 Mail: prodajalna@reflex.si

Termine

Wunsch:
 Anlieferung: 20.10.2010 12 Prod. Start: 18.10.2010 12
 Versandtag: 20.10.2010 12 VSG: 15.10.2010 12
 Bestellung: 05.10.2010 12 Prod. Ende: 18.10.2010 12
 Erfassung: 11.10.2010 Priorität: Normal

Bestellung / Lieferung / Zahlung / Dokument

Bestelltexte: STEKLENE STOPNICE
 Tour: FCO KUPEC
 Lieferbed.: KAMIONSKO
 Zahl.-bed.: 100 % AVANS
 Typ: <k.A.>
 Preisdruck: 1 - Alle Preise ☒ Nettopreise

11.10.2010, 08:44 / [SQLBase] VMSEVER-EURO44-vito / Standard / 4.4.231

Slika 8: Vnos naročila v program ALFAK

Vir: interni vir podjetja Reflex, d. o. o.

Slika prikazuje program ALFAK, v katerem vnašamo naročila. Prikazuje še številko delovnega naloga, ime stranke, rok izdelave, kraj dostave in vrsto plačila.

Kunde: 6021 - STRANKA: KLEMENČIČ VITO - - 05643505

System Bearbeiten Anzeige Optionen Funktionen Aufbau Stückliste Einkauf Kommunikation Hilfe

Auftrag 8102141 - Positionen: 2 = 1998,73 EUR

Verkaufspreise

1. Produkt 2. Artikel 3. Stückliste 4. Zusatz 5. Texte 6. Weitere Angaben 7. Anlagen

Produkt

RX LAMISTEP 29 MM
ESG 6/1,52/10/1,52/10

Variante

Verp.-Einheit <k.A.>

Zuschlagsbasis 0,00

Dicke 29,04

Beschaffungsart Produktion

Preis

Preis	Bezeichnung
8,30	poliranje 4 robov *1/2/3/4*
8,30	poliranje 4 robov *1/2/3/4*
8,30	poliranje 4 robov *1/2/3/4*
86,38	Protidrsni štitnik po vzorcu št.10
264,02	Model po šabloni

Anteil.	Zuschl.	DB	DB %	Stückkosten	EK
				0,00	0,00

Anteil.	Zuschl.	Erlös	Stückpreis	VK
			855,33	855,33

Jahrgang Reflex 2007

Kundenposition 1

Kommission STOPNIŠČE

Positionen

Pos.	Produkt	Stück	Breite	Höhe	Menge	SZR	Schlüssel	Preis / PE	Einheit	Rabatt	Netto	D
1	248115	10	1000	380	0,38 qm		VSG-EUR	107,78	Stk	15,00	91,61	10
2	248115	1	2150	1220	2,62 qm		VSG-EUR	215,55	qm	15,00	480,03	10

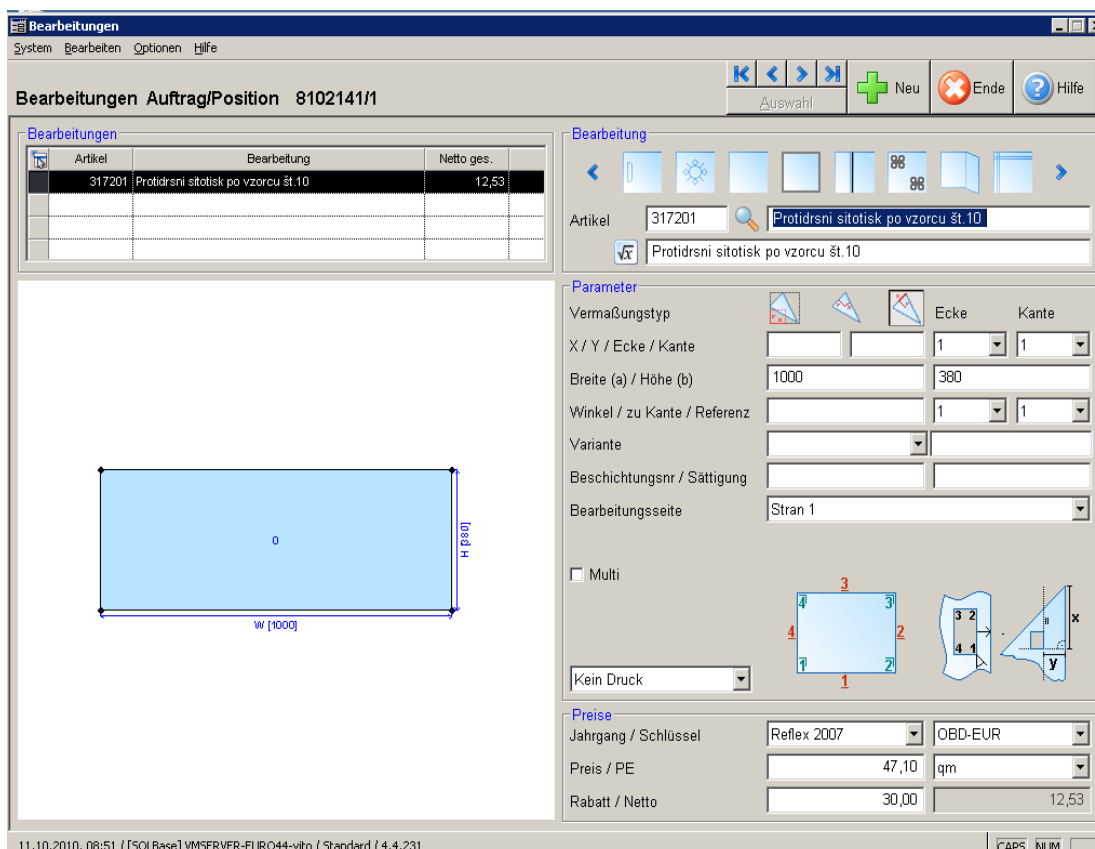
MIS LKF 2 248115 1 2150 1220 2,62 qm VSG-EUR 215,55 qm 15,00 480,03

11.10.2010, 08:53 [SQLBase] VMSEVER-EURO44-vito / Standard / 4.4.231

CAPS NUM

Slika 9: Vnos vrste stekla, dimenzije, obdelave in cene stekla

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



Slika 10: Prikaz načina vnašanja različnih obdelav, v tem primeru tiska

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

Izkušnje, ki sem si jih dolga leta nabiral v proizvodnji, mi pri izdelavi delovnih nalogov zelo koristijo, saj so mi vsakodnevno v pomoč pri vnašanju naročil, saj tako lažje presodim, katere izdelke lahko z dobro opremljeno proizvodnjo izdelamo.

Potrditev naročila 8102141

Stran : 1

STRANKA: KLEMENČIČ VITO

Kraj in datum : Podgrad, 11.10.2010
Datum dobave : 20.10.2010
Relacija : FCO KUPEC
Naročilo št. : STEKLENE STOPNICE

ID za DDV :

Poz.	Količina	Širina(mm)	Višina(mm)	MSP	m2	Cena/Kom.	DDV	Vred.brez DDV
RX LAMISTEP 29 MM ESG 6/1,52/10/1,52/10								
Kom: STOPNIŠČE								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
Protidrsni sitotisk po vzorcu št.10								
1 001	10	1000	380		3,80	114,34	0.0%	1.143,40
RX LAMISTEP 29 MM ESG 6/1,52/10/1,52/10								
Model po šabloni								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
poliranje 4 robov *1/2/3/4*								
Protidrsni sitotisk po vzorcu št.10								
1 002	1	2150	1220		2,62	855,33	0.0%	855,33
Skupna teža(kg) Količina skupaj Skupaj m2								
417,50 11,00 6,42								
Skupaj brez DDV : 1.998,73								
DDV 0,0% : 0,00								
DDV 0,0% : 0,00								
Plaćilni pogoji : 100 % AVANS								
Način plačila : <k.A.>								
Za plačilo : EUR 1.998,73								

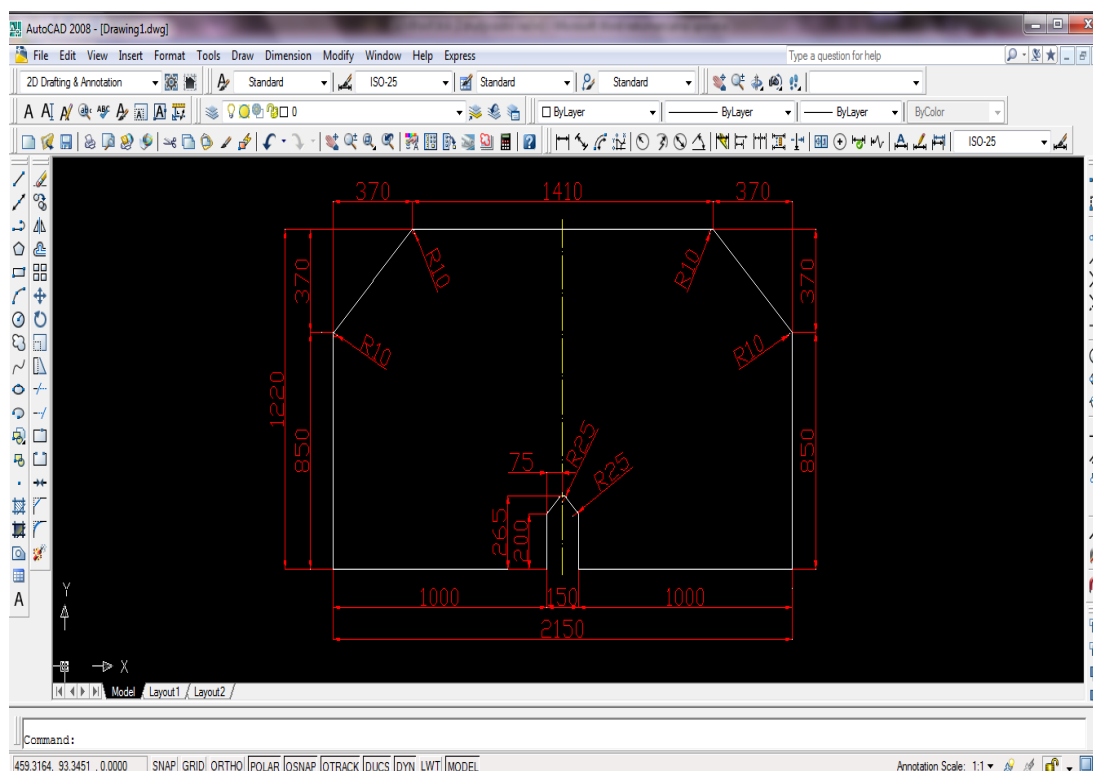
Slika 11: Potrditev naročila

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

Slika 11 prikazuje primer potrjenega naročila. En izvod prejme vodja proizvodnje, na podlagi katerega se nato realizirajo posamezne faze izdelave steklenih stopnic, drugi izvod pa prejme stranka kot potrdilo naročila.

Poleg izdanega delovnega naloga je naslednji pomemben dokument tehnološke dokumentacije konstrukcijski načrt oziroma skica naročenega izdelka. Izdelan mora biti v skladu z vsemi zahtevanimi standardi.

Z znanjem, ki sem ga pridobil med računalniškim izobraževanjem in z računalniško podprto proizvodnjo, seveda ne bi šlo, saj je to glavni ključ do uspeha pri izdelavi zapletenih oblik. V podjetju Reflex, d. o. o. si pri risanju načrtov oz. skic pomagamo z računalniškim dvorazsežnostnim risalnim programom AUTOCAD, v katerem natančno narišemo skico oz. načrt o končnem izdelku, ki ga prikazuje (slika 12).



Slika 12: Prikaz narisane načrta v programu AUTOCAD

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

4.2 Postopek izdelave steklenih stopnic

Steklene stopnice so izdelane iz varnega pohodnega laminiranega in primerno toplotno obdelanega stekla. Postopek izdelave poteka skozi naslednje tehnološke faze:

- priprava del in razrez stekla,
- brušenje robov,
- sitotisk,
- toplotna obdelava stekla,
- postopek lepljenja – laminiranja in odprema izdelka.

4.2.1 Priprava del in razrez stekla

Po izdaji delovnega naloga z narisanim načrtom izdelka se začne naslednji korak proizvodnega procesa v oddelku za pripravo dela, kjer poskrbijo, da se naročilo, ki smo ga vnesli v program ALFAK, optimira oz. prenese v program ALCIM, ki je povezan s proizvodnjo oziroma z rezalno mizo, s katerim se v oddelku razreza stekla razrežejo na zahtevane dimenzije. V oddelku priprave izpišejo potrditev naročila, v našem primeru delovni nalog 8102141, priložijo še načrte in vse skupaj predajo v proizvodnjo. V rezalnici (slika 14) so dve veliki rezalni mizi ter ena ročna miza. Pri razrezu stekla za stopnice smo uporabili samodejno rezalno mizo **Lisec ESL60/30RS** in strežno nakladalko **Lisec ATL**.



Slika 14: Rezalna miza Lisec ESL60/30RS s strežno nakladalko Lisec ATL

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

Ko operater stroja prejme delovni nalog, najprej izvede elektronski prenos delovnega naloga in glede na zahtevane dimenzije ter zahtevano kakovost sprejme ustrezne tehnološke parametre za razrez. Pri tem je najpomembnejše, da je delovni nalog pravilno izpolnjen, saj v nasprotnem primeru ne moremo preprečiti napake in izgube materiala. Rezalna miza je namreč samodejna, in ko nakladalka stekleno ploščo dimenzije 3440 x 6000 mm naloži za razrez, se steklena plošča na rezalni mizi razreže in je povratek v začetni položaj nemogoč.

V našem primeru smo tako razrezali tri četrtine 10 mm debele plošče iz float stekla, tako da smo iz nje dobili:

- dvajset kosov steklenih plošč dimenzij 1003 x 383 mm in
- dva kosa dimenzij 2153 x 1223 mm.

Stekla so daljša in širša za 3 mm, ker je potreben dodatek za brušenje.

Prav tako smo razrezali še polovico 6 mm debele plošče iz float stekla, iz katere smo dobili:

- deset kosov stekla dimenzij 1002 x 382 mm in
- en kos dimenzij 2153 x 1222 mm.

Stekla so daljša in širša za 2 mm, ker je potreben dodatek za brušenje.

Po končanem razrezu delavci na rezalni mizi steklo primerno označijo z nalepko, na kateri so navedeni številka delovnega naloga, dimenzije stekla, vrsta stekla, podatki o obdelavi, pozicija itd., ter steklo odložijo na posebne vozičke za transport v naslednji oddelek.

4.2.2 Izrezovanje in brušenje robov

Izrezovanje in brušenje robov je pri zapletenih oblikah steklenih izdelkov najzahtevnejša izdelovalna faza. Iz prejetega delovnega naloga in načrta izdelka delavec v oddelku brusilnice določi naslednje obdelovalne korake.

Prvi korak pri izdelavi steklenih stopnic je brušenje robov, to je pozicija 1. Brušenje poteka na CNC-obdelovalnem stroju **Busetti** (slika 15), ki sem ga kot operater upravljal tri leta.

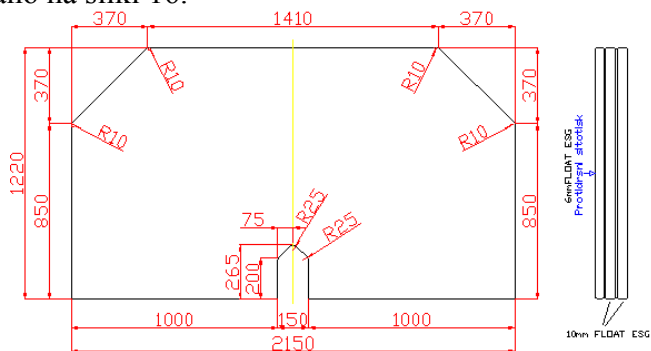


Slika 15: Horizontalni brusilni stroj Busetti F12

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

Pri tem sem si nabiral prve delovne izkušnje s CNC-stroji, ki mi danes pri delu zelo koristijo. Ta stroj je za serijsko proizvodnjo nujen, saj ima zelo dobre ekonomične lastnosti, ker lahko z njim brusimo in poliramo hkrati, poleg tega pa omogoča izdelavo ravnega roba in tudi roba pod kotom 45°. Z vodno hlajenim brušenjem lahko obdelamo stekleno ploščo največje dimenzije 2800 x 6000 mm in debeline od 3 do 25 mm. Stroj brusi z večjim številom elektromotorjev, na katerih so pritrjeni brusni diamanti različnih struktur (od grobih do finih) ter polirke, ki poskrbijo, da je rob ob koncu brušenja v popolnem sijaju. Vodno hlajenje med brušenjem preprečuje pregrevanje, krušenje in lomljenje stekla. Brusilno linijo zaključijo horizontalni pralni stroj Malnati, ki poskrbi, da je steklena plošča po končanem brušenju očiščena.

V primeru izdelave steklenih stopnic smo najprej brusili deset kosov stekla debeline 6 mm pozicije 1 ter 20 kosov debeline 10 mm prav tako pozicije 1. Pred brušenjem usposobljen operater stroja preveri, ali so vsi varnostni ukrepi v celoti izpolnjeni, ter preveri, ali je stroj pripravljen za začetek brušenja, prav tako vklopi pralni stroj, in ko je to vse pripravljeno, začne brusiti. Brušenje vseh 30 kosov traja pribl. 25 minut. Po končanem brušenju se stekla odložijo na vozičke (med kosi stekla se vstavlja papir, da ne pride do trenja med stekli in s tem do nepotrebnih prask) za transport v naslednji oddelek.



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

–0,5 mm ne sme biti. Tu ne gre za izdelavo na stroju Busetti, ki vsa stekla enakih debelin zbrusi v enem ciklusu na desetinke natančno, ampak se vsak kos stekla brusi posebej.

Tako je podjetje kupilo samodejno vodeni stroj **Lisec WSL**, ki je prikazan na sliki 17 (napravo za rezanje z vodnim curkom in obdelavo robov z revolversko glavo z 12 brusnimi diamanti in s polirkami), s katerim so bili odpravljeni številni zapleti pri izdelavi zapletenih nepravilnih oblik.

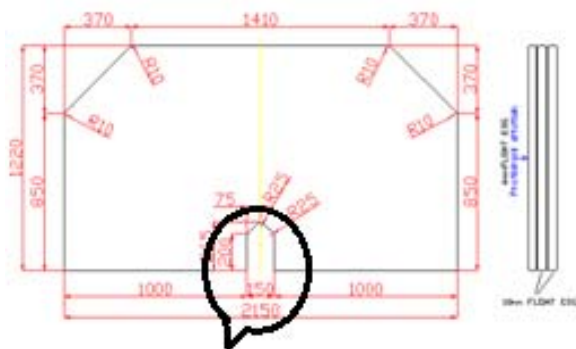


Slika 17: Obdelovalni stroj za rezanje z vodnim curkom (Lisec WSL)

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

V preteklosti je bilo treba zelo veliko naročil zavrniti, saj podjetje tako zahtevnih izdelkov ni moglo izdelati oz. jih izdelati v skladu s pričakovanji, če že, pa jih je izdelovalo po šablonah (ki so jih dostavile stranke) s stroji za ročno obdelavo, kar je povzročalo veliko zapletov glede kakovosti izdelka. Na sliki 18 sta prikazani oblika in dimenzija izreza, ki ga je ročno težko natančno izrezati na enojnem steklu, še težje pa doseči zahtevano natančnost izreza pri izdelkih, sestavljenih iz več stekel.

V posameznih primerih so se izdelki izdelovali po šablonah naročnika, in sicer s stroji za ročno obdelavo, kar pa je povzročalo veliko zapletov in reklamacij glede kakovosti izdelkov.



Slika 18: Dimenzije in geometrijska oblika steklene stopnice z zahtevnim notranjim izrezom

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

Pri izrezovanju uporabljamo ročna orodja, kot so npr. nož za rezanje stekla, ročna žaga in ročna brusilka (slike 19, 20 in 21), po naslednjem postopku. Steklo položimo na mizo za rezanje, kjer s tušem po načrtu zarišemo potek izreza. Vzamemo nož za rezanje, preverimo, ali je v njem dovolj olja, nato pa se začnemo z nožem enakomerno pomikati po zarisanem izrezu. Nastane rez na steklu, ki ga z nožem s spodnje strani reza rahlo potolčemo po celotni dolžini reza tako, da ta poči. Ko je izrez nalomljen, ga z ročno žago izžagamo in na koncu z ročno brusilko tudi pobrusimo.



Slika 19: Nož za rezanje stekla

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



Slika 20: Ročna žaga za rezanje stekla

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

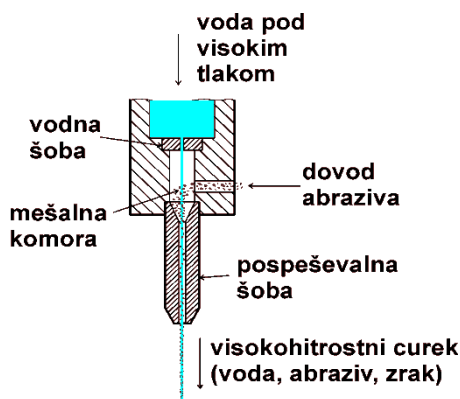


Slika 21: Ročna brusilka

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

Problem izrezovanja in brušenja robov pri izdelkih zapletenih oblik je bil rešen z nakupom avtomatiziranega in računalniško vodenega stroja za rezanje z vodnim curkom (**Lisec WSL**).

Vertikalna linija WSL je namenjena za rezanje stekla ravnih linij in tudi nepravilnih, zapletenih oblik. Stroj lahko izrezuje različne, tudi zelo zapletene oblike, medtem ko so pri brušenju ustrezni pogoji glede orodja. Kakovost robov je lahko grobo ali fino brušena in polirana. Naprava za rezanje z vodnim curkom Lisec je konstruirana za rezanje steklenih plošč z visokotlačnim vodnim curkom (najv. 3800 barov). Je mehanski postopek, ker material odnašajo abrazivna zrna, voda pa dodatno širi razpoke v materialu. Orodje predstavlja tridelni curek, sestavljen iz vode, abraziva in zraka.



Slika 22: Ključni sestavni deli

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

Glavni sestavni deli rezalne šobe so prikazani na sliki 22. Pospeševalna šoba majhnega premera (od 0,18 do 0,40 mm) je pri abrazivni izvedbi iz zelo trdega materiala (safirja, diamanta ipd.). Rezultat te kombinacije je izjemno visoka izhodna hitrost curka do 2,5-kratne hitrosti zvoka. Na WSL-liniji lahko izrezujemo izreze, izvrtine ter brusimo in poliramo steklo z diamantnimi in s polirnimi orodji.

Lastnosti stroja

(<http://www.lisec.com/Maschinen/Flachglasbearbeitung/Wasserstrahltechnologie/BAZ-1#description>, dne 4. 12. 2010):

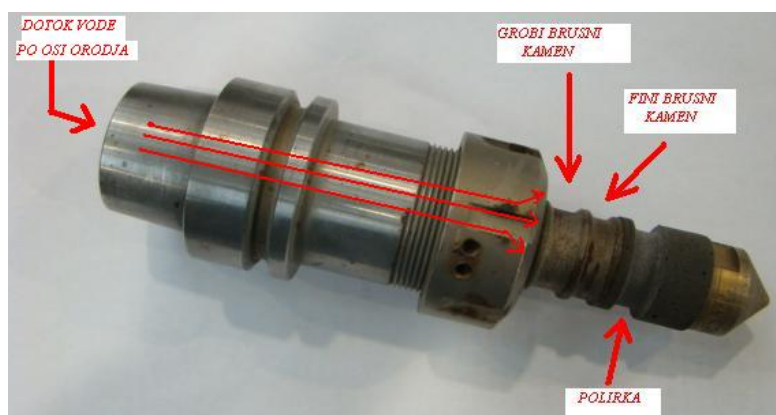
- visoka natančnost obdelave;
- izreze poljubnih oblik (tako zunanje, kot notranje) je mogoče izrezati v enem prehodu;
- zelo kratek čas obdelave;
- rezanje vseh vrst stekel (razen toplotno obdelanih) debelin od 2 do 80 mm;
- za vrtanje in rezkanje niso potrebna diamantna orodja;
- predelava stekla od minimalnih velikosti od 200 x 500 do 8000 x 3300 mm;
- pomembno je, da je stroj okolju prijazen, saj ne uporablja nobenih škodljivih plinov ali tekočin, prav tako pa jih ne proizvaja.

Postopek izrezovanja in brušenja v primeru izdelave stopnic poteka po korakih, opisanih v nadaljevanju. Linija WSL obdeluje stekla glede na izbrano oziroma dodeljeno vrsto obdelave, ki je določena na začetku procesa izdelave na delovnem nalogu. Stekleno ploščo pravokotne oblike (pozicija 2) dimenzije 2153 x 1223 mm operater stroja položi na nakladalno linijo stroja, nato izvede programski del programiranja, kjer si pomaga z narisano risbo. Ko to zaključi, se steklo zaradi vodil in obdelovalne glave premika in obdeluje v obdelovalnem delu stroja. Najprej sledi izrezovanje zunanjih odvečnih delov (slika 23), nato izrezovaje majhnega notranjega izreza ter brušenje in poliranje notranjega izreza s posebnim orodjem, ki dopušča izdelovanje zelo majhnih radiusov min. 12,5 mm (slika 24). In prav notranji izrez bi brez tega stroja povzročal velike težave in odstopanja od naročenega, saj ga v preteklosti ne bi mogli polirati in izdelati izrez na vseh treh steklih v mejah toleranc. Nato sledita obdelava zunanjih robov z brusnimi in s polirnimi kamni (manjša obraba ter hitrejša obdelava) (slika 25) ter pranje vseh treh stekel zapletenih oblik za transport v naslednji oddelek skupaj z že izdelanimi pravilnimi oblikami.



Slika 23: Prikaz odrezovanja odvečnih delov

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



Slika 24: Prikaz brusilne naprave v stroju Lisec WSL

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



Slika 25: Prikaz brusilnih kamnov za zunanje robov

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

4.2.3 Izdelava v oddelku sitotiska

Brušenju sledi izdelava protidrsnega sitotiska na pohodnem steklu float debeline 6 mm. V primeru stopnic so to trislojna lepljena stekla, pri katerih je zgornje steklo tiskano in kaljeno, da zaščiti spodnjo – nosilno plast stekla. Za preprečitev drsenja na mokrem steklu je treba zgornjo površino stekla izdelati s sitotiskom. Izbira dekorja oziroma grafike za sitotisk je v našem podjetju standardna po vzorcu št. 10 (pika 12 mm, razmik 8 mm, delež tiskane površine 28 odstotkov) in vzorcu št. 12 (kvadrat 20 x 20 mm, razmik 15 mm, delež tiskane površine 33 odstotkov). Predlagal sem vzorec št. 10, da ohranim več nepotiskane površine.

Ko delavec v oddelku sitotiska prejme 11 kosov pohodnega stekla float debeline 6 mm, iz delovnega naloga razbere zahtevano vrsto tiska. Nato pripravi sito, ki je izdelano iz posebnih tkanin (T55) z veliko propustnostjo in protidrsno barvo nanese na steklo v debelejšem sloju. Sito izdelava po predhodno izdelanem filmu, na katerem je z računalniškim programom izdelana grafika (pikice). Na površinah, kjer je grafika, sito postane propustno, na drugih površinah pa zaprto z osvetljeno emulzijo.

Tiskamo s sodobnim tiskarskim strojem **INO jumoprint AA-360** (slika 26), ki je namenjen tisku stekla večjih dimenzij. Odlikujejo ga preprosto rokovanje, hitra menjava orodij in natančna regulacija vseh za tisk pomembnih parametrov.

Tehnični podatki (http://www.ino-ziri.si/docs/INO_jumboprint.pdf, dne 4. 12. 2010):

- dimenzija tiska najv. do 3600 x 2100 mm,
- debelina stekla od 4 do 19 mm,
- visoka produktivnost,
- hitre nastavitve.



Slika 26: Tiskarski stroj INO jumoprint AA-360

Vir: http://www.ino-ziri.si/docs/INO_jumboprint.pdf, dne 4. 12. 2010.

Ko je sito pravilno nameščeno v avtomatski tiskarski stroj, lahko začnemo pripravo barve. Standardna barva za protidrsni sitotisk je barva RX104. Barva se izbere po recepturi. Sestavljena je iz dveh komponent, standardne barve RX03 (satenasto bela prosojna barva) in protidrsnega prahu.

Nato lahko usposobljen delavec začne tiskati. Po končanem tiskanju stekla posušimo v toplotnem tunelu pri temperaturi 150 °C, in sicer v treh minutah. Na koncu se stekla odložijo na posebne regalnike in so tako pripravljena za transport v oddelek toplotne obdelave.

4.2.4 Toplotna obdelava pohodnega stekla

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: nenadna sprememba temperature za 40–50 K je dovolj, da se steklo zlomi. Kosi zlomljenega stekla so srpaste oblike in imajo izjemno ostre robove. 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 strokovno-tehnično imenujemo tudi toplotno prednapeto steklo. Kot je razvidno že iz imena, prednapetost dosežemo s toplotno obdelavo stekla. Ta poteka tako, da obe površini stekla najprej segrejemo do določene temperature, nato pa ju hitro ohladimo.

Vse te karakteristike pa so opazne v naslednjih primerih:

- povečana trdnost pri udarcih (od štiri- do petkrat);
- povečana upogibna trdnost: izmerjena vrednost $> 120 \text{ N/mm}^2$ (pri običajnem steklu je računsko vrednost 30 N/mm^2);
- povečana odpornost proti temperaturnim spremembam: $\Delta T = 150 \text{ K}$ (pri običajnem steklu le 40 do 50 K).

Tudi zaščita pred poškodbami je pomembna varnostna lastnost kaljenega stekla. Pri zlomu tega stekla se v hipu sprosti vsa med kaljenjem nakopičena energija in tako nastane fina mreža (Hajdinjak, 2009, 135, 138).

V oddelku toplotne obdelave poskrbimo, da se pohodno steklo float debeline 6 mm oziroma 10 mm utrdi ter na potiskanem šestmilimetrskem steklu barva še dodatno sprime s steklom. Zaradi protidrsnega prahu v barvi pa površina barve na steklu postane hrapava, s tem pa steklo odporno proti zdrsom. Za toplotno obdelavo uporabljamo kalilno peč (slika 27) z oznako **TCME** TCF-GTH-96190AN, ki je namenjena za kaljenje stekla, debeline 4 do 19 mm, minimalne dimenzije 100 x 250 mm in maksimalne dimenzije 2450 x 4800 mm.



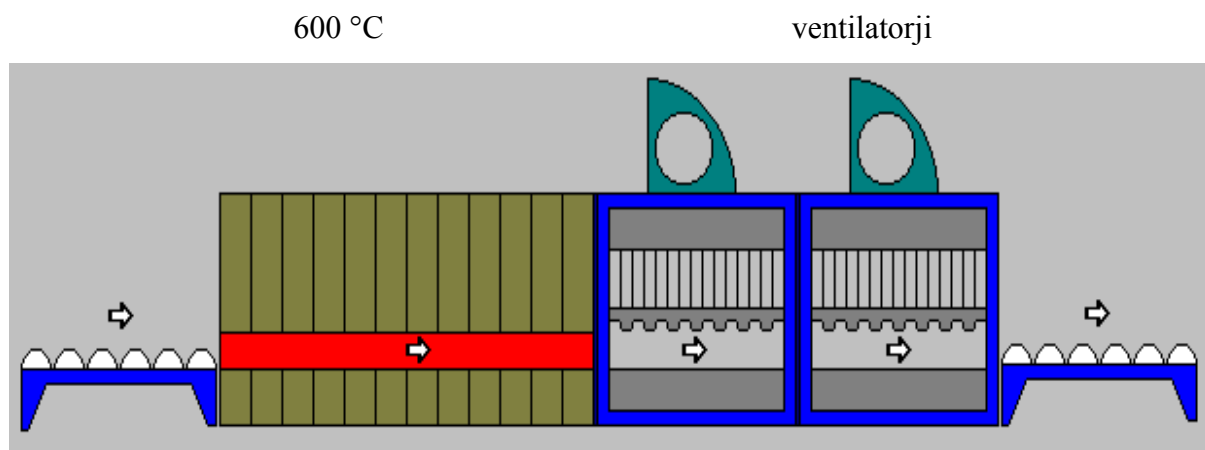
Slika 27: Kalilna peč TCME

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

Ko operater kalilne peči prejme delovni nalog in nastavi vse potrebne tehnološke parametre, najprej začne kaljenje šestmilimetrskega potiskanega stekla. Velikost peči dopušča, da lahko vseh enajst kosov potiskanega stekla kalimo v enem ciklusu. Ko je peč ogreta na zahtevano temperaturo, lahko začnemo kaljenje, pred tem pa operater kalilne peči namesti še znak za kaljenje (EN 12150) v desnem spodnjem kotu vsakega stekla posebej. Toplotna obdelava potiskanih stekel traja približno sedem minut.

Nato sledi še kaljenje desetmilimetrskega stekla, ki ga zaradi večjega števila kosov kalimo v dveh ciklikih ter minuto dlje zaradi večje debeline in višje temperature ogrevanja. Za kaljenje ploščatega stekla so v tem območju najprimernejše temperature, pri katerih je steklo v začetni fazi mehčanja. Pri temperaturi 610–660 °C vezi med posameznimi molekulami nekoliko popustijo in niso več toge. Med ogrevanjem se posamezne molekule raztegnejo. Po končanem ogrevanju pri temperaturi kaljenja moramo z dovajanjem komprimiranega atmosferskega zraka steklo čim hitreje ohladiti. Najhitreje se ohladi v zunanjih plasteh. Pri tem se molekule krčijo. Zaradi slabe toplotne prevodnosti se steklo v srednji plasti ohlaja veliko počasneje.

Posledici hitrega ohlajanja na površini sta povečana gostota molekul na površini in zmanjšanje površinskih mikrorazpok. Ta proces poteka med ohlajanjem v temperaturnem območju od 640 do 470 °C oziroma do temperature, ko se tudi molekule v notranjih plasteh stekla povrnejo v trdo stanje. Kaljenje je učinkovito le, če se med ohlajanjem ustvari dovolj velika temperaturna razlika med površino in notranjostjo. V nadaljevanju moramo steklo ohladiti do temperature, pri kateri je možna 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 ravnotežju, saj je to pogoj za stabilno stanje, ki zagotavlja ustrezne varnostne lastnosti kaljenega stekla (Hajdinjak, 2009, 137, 138).



Slika 28: Prerez kalilne peči

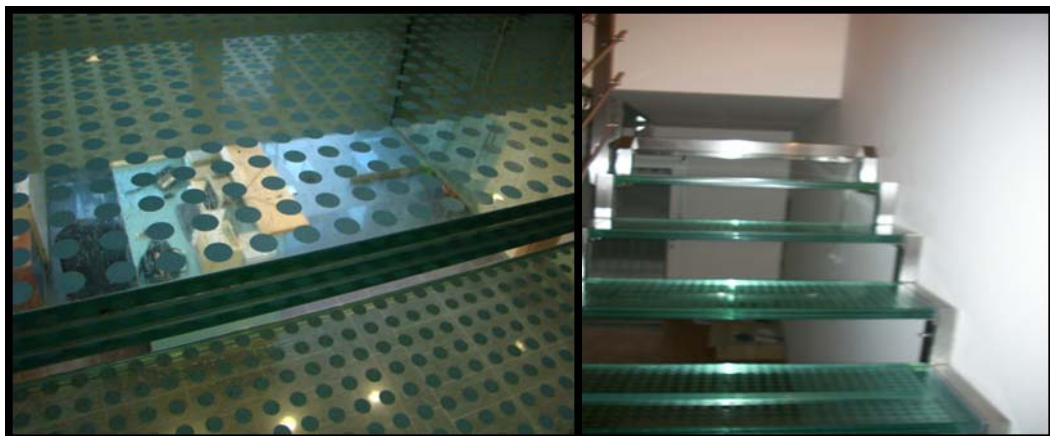
Vir: Hajdinjak, 2009, 135

Toplotno obdelana stekla se naložijo na vozičke (med posamezna stekla se vloži papir, da se prepreči trenje in s tem nepotrebne praske) za transport v oddelek za lepljenje stekla.

4.2.5 Postopek lepljenja – laminiranja in odprema izdelka

Po toplotni obdelavi preidemo v naslednjo fazo izdelave steklenih stopnic, to je lepljenje. Pri lepljenju stekla si v podjetju Reflex, d. o. o. pomagamo z linijo **LIS 124E** (kot jo prikazuje slika 30), s katero lahko laminiramo stekla minimalnih dimenzij 100 x 450 mm do 2600 x 5200 mm in debeline od 6 do 60 mm.

Najprej oprano in posušeno steklo potuje v komoro, kjer se med steklom vleče ustrezna folija različnih debelin (1,52; 1,14; 0,76 ter 0,38 mm). Folije so lahko tudi različnih barv. V komori je obvezna temperatura 18 °C in 32-odstotna vlaga. Glede na zahteve delovnega naloga je sestava iz treh stekel in dveh vmesnih plasti folije. Sestava mora biti pravilna zaradi protidrsnega sitotiska, ki je na poziciji 1. Po pravilni sestavi odvečno folijo odrežemo tri milimetre od roba stekla. Nato steklo potuje v prvo peč, kjer je temperatura 33 °C, nadaljuje skozi valje z določenim pritiskom, nato v drugo peč s temperaturo 110 °C ter na koncu še v tretjo peč, kjer je temperatura 200 °C. Po segrevanju v tretji peči steklo odložimo z odlagalne mize na stojalo, ki ga postavimo v avtoklav. To je komora, kjer je 12 barov podtlaka in 120 °C. Čas delovanja avtoklava je odvisen od debeline stekla. Stekla iz predstavljenega projekta bodo v avtoklavu 7 ur in 50 minut. Folija v avtoklavu se med steklom zbistri in postane prozorna. Po bistrenju folije se ta pravilno odreže z robov stekla in tako je postopek lepljenja končan.



Slika 29: Končni videz steklenih stopnic

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

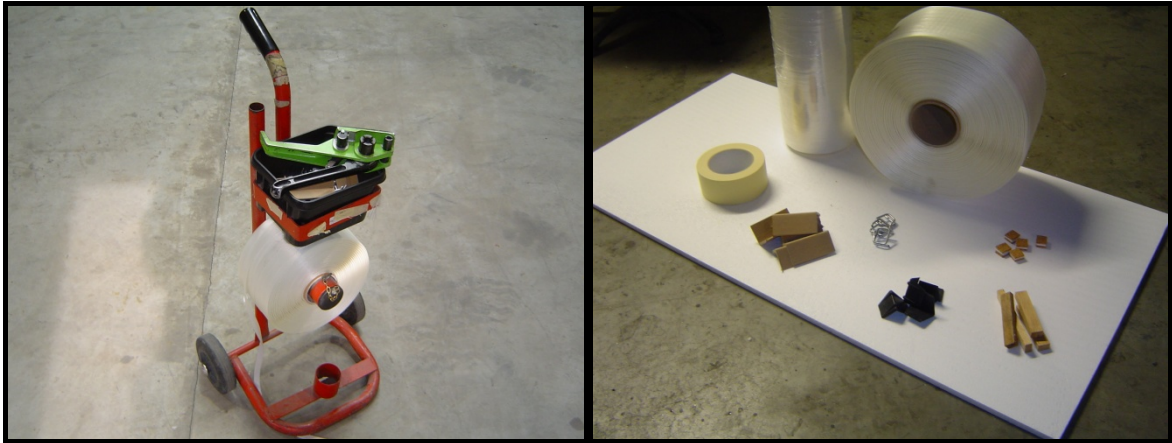
Ker je to tudi končni proces postopka izdelave steklenih stopnic, se steklo opremi s plutovinastimi podloškami, ki preprečujejo nadaljnje poškodbe. Stekla naložimo na transportna stojala, ki jih pripravi notranji transport. Na končne izdelke nalepimo papirnate etikete, iz katerih so razvidni podatki o vrsti izdelka, dimenzijah, naročniku izdelka in številki delovnega naloga. Ko je priložen še podpisani delovni nalog, se steklene stopnice odprejo v oddelek za transport.



Slika 30: Linija LIS 124E za lepljenje stekla

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

V oddelku notranjega transporta na osnovi delovnega naloga izpišejo dobavnico, ki je hkrati tudi osnova za izpis računa v službi prodaje. Medtem usposobljeni delavci stojala s končnim izdelkom tudi primerno povežejo (ustrezni pripomočki so prikazani na sliki 31) ter zavijejo v zaščitno folijo. Nato se izdelki, glede na dogovor, dostavijo naročniku.



Slika 31: Komplet za vezanje stojal

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

5 ZAKLJUČEK

Zaostrene tržne razmere zahtevajo hitro prilagajanje in ukrepanje, optimizacijo proizvodnje in nenehno skrb za zagotavljanje kakovosti izdelkov. Ker je ohranjanje in izboljšanje konkurenčnosti v današnjem času na trgu zelo težko, se podjetje Reflex, d. o. o. nenehno trudi ohranjati stik z vodilnimi, če že ne biti korak pred njimi, in tako nenehno vlaga v najnovejšo strojno opremo ter izpolnjuje tehnologijo na področju proizvodnje steklarskih izdelkov.

Vedno nove zahteve, želje in pričakovanja odjemalcev so motivacija za nenehno izboljševanje in investiranje v boljše, zmogljivejše in predvsem kakovostnejše proizvodne zmogljivosti.

V diplomskem delu je predstavljena nova investicija podjetja, in sicer nakup stroja Lisec WSL, ki je korak naprej, saj so izdelki še boljši in natančnejši. Tako smo se izognili nezadovoljnim odjemalcem, ki smo jim v preteklosti zelo veliko naročil morali zavrniti, saj podjetje tako zahtevnih izdelkov in pričakovanj odjemalcev ni bilo sposobno uresničiti oz. izdelati, če že, pa jih je izdelovalo z orodji za ročno obdelavo, kar je povzročalo veliko zapletov, dodatnih stroškov in nezadovoljstvo odjemalcev, ki pa so ključ do uspešnega podjetja in dokaz njegove kakovosti.

Veseli me, da sem z diplomskim delom nadgradil svoje teoretično in praktično znanje ter delovne izkušnje in da bo v pomoč drugim sodelavcem kot vir strokovne literature pri nadaljnjem delu in izpopolnjevanju strokovnega znanja.

6 LITERATURA IN VIRI

Literatura:

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

Viri:

1. Džamdžič, E.: *Portret – Robert Kreml*, Podjetnik 24-25, 2001.
2. Tek, F.: *Težav se je treba veseliti, ker jih je treba odpraviti*, Gospodarski vestnik št. 23: 21–22, 2000.
3. Interni vir podjetja Reflex Gornja Radgona, d. o. o. *Navodila za delo*.

Internetni viri:

1. http://www.ino-ziri.si/docs/INO_jumboprint.pdf, dne 5. 12. 2010.
2. <http://www.lisec.com/Maschinen/Flachglasbearbeitung/Wasserstrahltechnologie/BAZ-1#description>, dne 4. 12. 2010.
3. <http://www.reflex.si/?id=2&lang=sl>, dne 20. 11. 2010.
4. <http://www.reflex.si/?id=23>, dne 20. 11. 2010.
5. <http://www.reflex.si/?id=26&lang=sl>, dne 20. 11. 2010.
6. <http://www.reflex.si/?id=25&lang=sl>, dne 21. 11. 2010.
7. <http://www.reflex.si/?id=24&lang=sl>, dne 21. 11. 2010.
8. <http://www.reflex.si/?id=55&lang=sl>, dne 21. 11. 2010.
9. <http://www.reflex.si/?id=159&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.
10. <http://www.reflex.si/?id=61&lang=sl>, dne 27. 11. 2010.