

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

ZAVRŠNI RAD

Dubravko Tuksar



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

ZAVRŠNI RAD

ZAVISNOST REPRODUKCIJE MOTIVA O LINIJATURI MREŽICE TISKOVNE FORME

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Sanja Mahović Poljaček

Student:
Dubravko Tuksar

Zagreb, 2014.

Sažetak

Tiskovna forma za propusni tisak sastavljena je od mrežice koja je razapeta na okvir. Pomoću fotomehaničkog postupka prenosi se motiv, gdje zaostali fotoaktivni sloj popunjava očice mrežice te u procesu tiska sprječava prolaz tiskarske boje (slobodne površine), dok otvorene očice u procesu tiska propuštaju tiskarsku boju (tiskovni elementi). Jedan od glavnih parametara koji utječu na kvalitetu otiska je linijatura. Cilj ovog rada je odrediti utjecaj linijature mrežice tiskovnih formi za propusni tisak različitih na reprodukciju. Izrađene su tiskovne forme koristeći mrežice od 20, 40, 60 i 100 lin/cm, dok su ostali parametri tiskovne forme jednaki. Koristeći pripremljene tiskovne forme, izvršeno je otiskivanje na papiru za umjetnički tisak. Na pripremljenim otiscima provedena je mikroskopska analiza pojedinih elemenata motiva, analiza prijenosa različitih tonskih vrijednosti te odstupanja kod rubova vektorskih motiva različitih kosina. Rezultati su pokazali da povećanje linijature mrežice povećava pravilnost rasterskih elemenata. Također, povećanje linijature mrežice uzrokuje smanjenje duljine brida vektorskog odstupanja. Zaključno, linijatura mrežice je značajan parametar koji utječe na reprodukciju motiva. Ovo istraživanje je pokazalo da se višom linijaturom mrežice dobivaju oštriji otisci, no u obziru na manji protok tiskarske boje, potrebno je pronaći pravilan omjer između kvalitete otiska i potrebnog nanosa boje.

Ključne riječi:

propusni tisak, linijatura mrežice, tonska vrijednost, mikroskopska analiza

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Teorijski dio	2
2.1. Tiskovna forma za propusni tisak	2
2.2. Mrežice za propusni tisak	2
2.2.1. Mrežice za propusni tisak od prirodnih materijala	3
2.2.2. Mrežice za propusni tisak od sintetskih materijala	3
2.2.3. Metalne mrežice za propusni tisak	4
2.2.4. Kalandriranje mrežica za propusni tisak	5
2.2.5. Geometrijske osobine mrežice za propusni tisak	5
2.2.5.1. Rezolucija mrežice za propusni tisak	7
2.2.5.2. Otvorenost površine mrežice za propusni tisak	7
2.2.5.3. Teorijski volumen boje	8
2.3. Okviri za propusni tisak	8
2.3.1. Drveni okviri za propusni tisak	9
2.3.2. Metalni okviri za propusni tisak	9
2.4. Sredstva za ljepljenje mrežica na okvire	10
2.5. Izrada tiskovne forme za propusni tisak - konvencionalni i digitalni postupak ..	11
2.6. Strojevi za propusni tisak	13
2.7. Čimbenici koji utječu na kvalitetu otiska u propusnom tisku	15
2.7.1. Linijatura mrežice	16
2.7.2. Debljina fotoaktivne emulzije	17
2.7.3. Boja mrežice	17
2.7.4. Odabir rakela	18
2.7.5. Boje za propusni tisak	19
3. Eksperimentalni dio	20
3.1. Korišteni uređaji za izradu tiskovnih formi	20
3.2. Izrada tiskovne forme i otiskivanje motiva	21
3.3. Mjerni uređaji i metode mjerenja	23
4. Rezultati i rasprava	25
4.1. Vizualna procjena tiskovnih elemenata	25
4.2. Analiza rubova linija	28
4.3. Analiza prijenosa RTV na otisak	30
5. Zaključci	33
6. Literatura	34

1. UVOD

Propusni tisak (sitotisak) je tehnika tiska u kojoj tiskarska boja prolazi kroz otvorene očiće na mrežici. Pojam sitotiska često se zamjenjuje i serigrafijom, odnosno svilotiskom. Sitotisak se pojavljuje u Kini za vrijeme dinastije Song (960. - 1280. g.). U Europu stiže krajem 18. st. i u početku nije bio dobro prihvaćen zbog otežane dostupnosti svile s istoka. Englez Samuel Simon je 1907. godine patentirao proces otiskivanja pomoću izrezane matrice montirane na svilenu mrežicu kojim se prvi puta otiskuju materijali poput tapeta, svile, lana i sl [1]. Nekoliko godina kasnije započinju eksperimenti s nanosom fotoosjetljivih emulzija (natrij i amonijev bikromat u smoli želatine) na mrežicu. Na poboljšavanju svojstva fotoosjetljivih emulzija kasnije su radili znanstvenici Roy Beck, Charles Petar i Edward Owens koji otkrivaju sol kromatične kiseline za kreiranje fotoosjetljivih područja. Za najveću promociju sitotiska u tom su razdoblju od iznimne važnosti bili umjetnici Andy Warhol, Roy Lichtenstein i dr. [2] Tek nakon šezdesetih godina prošlog stoljeća propusni tisak postaje zamjećen u grafičkoj industriji gdje se uglavnom koristi za tisak velikih formata s velikim debljinama nanosa tiskarske boje.

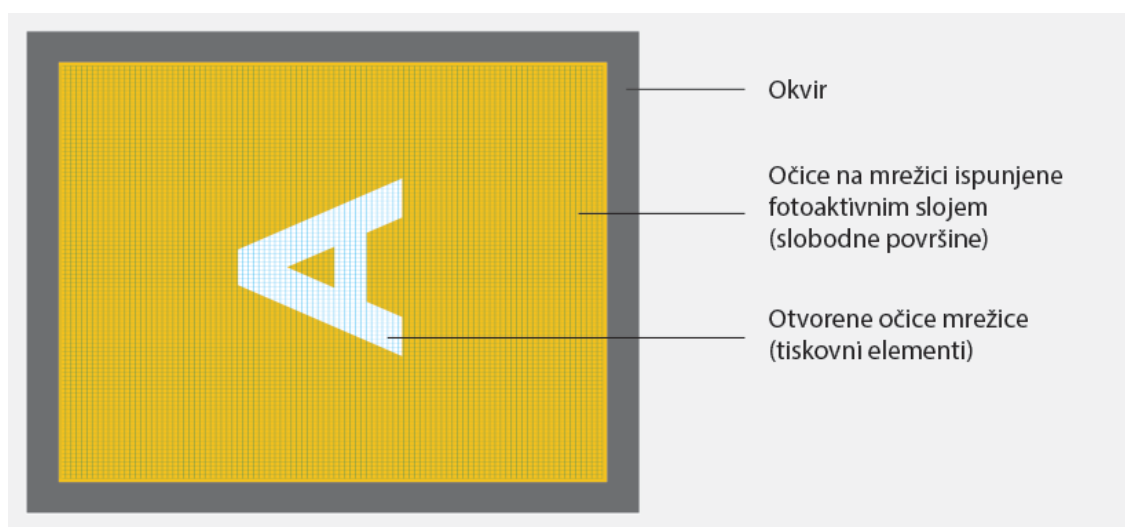
Općenito, tiskovnu formu za propusni tisak čine tri glavna elementa: okvir, mrežica i fotoaktivni sloj. To je tehnika direktnog tiska u kojoj se otisak ostvaruje potiskivanjem pastozne tiskarske boje pomoću rakela kroz otvorene djelove mrežice. Propusni tisak danas ima veoma široku primjenu. S tom se tehnikom susrećemo pri otiskivanju na različite podloge poput tekstila, stakla, plastike, metala, papira, keramike, različitih elektronskih komponenti itd.

S obzirom na široku primjenu potrebno je analizirati parametre reprodukcijskog procesa kako bi se ostvarili željeni reprodukcijски rezultati. U ovom radu odredit će se utjecaj linijature mrežice na reprodukciju motiva.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Tiskovna forma za propusni tisak

Tiskovna forma za propusni tisak sastoji se od tri elementa: mrežice, okvira, i fotoosjetljivog sloja. Zbog svog izgleda, tiskovna forma za propusni tisak često se naziva “sito”, a tehnika otiskivanja sitotisak.



Slika 1. Prikaz tiskovne forme za propusni tisak

Mrežica se napinje na okvir i oslojava fotoaktivnim slojem. Pomoću fotomehaničkog postupka prenosi se motiv, gdje zaostali fotoaktivni sloj popunjava očice mrežice te u procesu tiska sprječava prolaz tiskarske boje (slobodne površine), dok otvorene očice u procesu tiska propuštaju tiskarsku boju (tiskovni elementi).

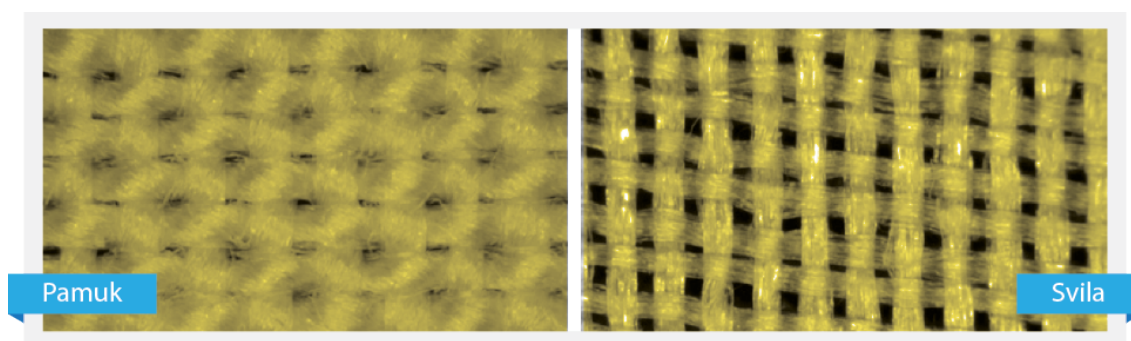
2.2. Mrežice za propusni tisak

Mrežica napeta na okvir može se koristiti za više različitih projekata, s obzirom na to da se nakon otiskivanja fotoaktivni sloj može ukloniti te, ponavljanjem procesa izrade tiskovne forme, stvoriti novi raspored tiskovnih elemenata i slobodnih površina. Ovisno o zahtjevima projekta, odabiru se i različita svojstva mrežice. Materijal mrežice mora biti pogodan za vezu s materijalima za definiranje slobodnih površina i tiskovnih elemenata. Također, materijal mrežice mora biti kemijski inertan prema tiskarskoj boji,

a kasnije i na sredstva za čišćenje boje. Pri samom otiskivanju, neophodna je i otpornost mrežice na abraziju uslijed pritiska rakela [3].

2.2.1. Mrežice za propusni tisak od prirodnih materijala

Od prirodnih materijala za izradu mrežice koriste se pamuk i svila. Očice (otvori) na pamučnoj mrežici nepravilnih su površina i mogu podnijeti mali broj otisaka. Svilene su mrežice kvalitetnije od pamučnih. Karakterizira ih pravilnija površina očica te veća fizička stabilnost što rezultira i mogućnošću izrade većeg broja otiska. Zbog slabe fizičke čvrstoće i izdržljivosti prirodne mrežice isprepletene su na 3 načina: običnim, tift i mlinarskim tkanjem.



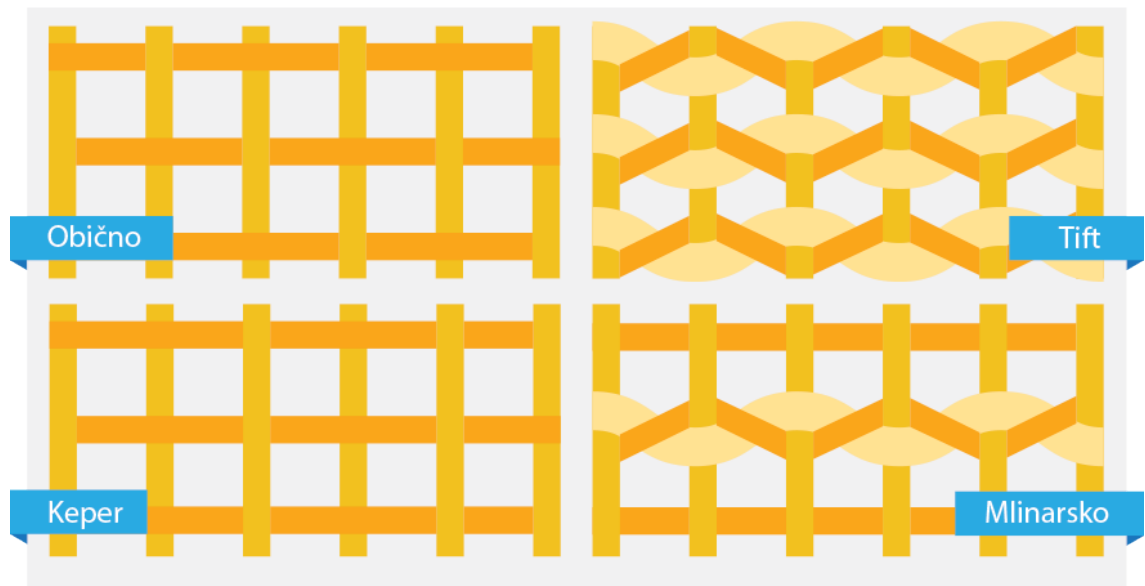
Slika 2. Pamučne i svilene mrežice za propusni tisak

2.2.2. Mrežice za propusni tisak od sintetskih materijala

Za izradu sintetskih mrežica sirovine su umjetnog podrijetla, najčešće od poliestera (PET) i poliamida (PA). Danas postoje usavršene tehnike tkanja koje omogućavaju kvalitetnu i pravilnu strukturu niti. Poliesterske mrežice povećavaju pouzdanost procesa tiska i održavaju konstantnu i dugotrajnu napetost mrežice na okviru. S druge strane, poliamidne (najlonske) mrežice imaju jako dobru mehaničku trajnost što je pogodno za tiskanje na abrazivne podloge.

Dodatno, poliesterske mrežice imaju visoku otpornost na istezanje, dobru mehaničku postojanost, dobru otpornost na abraziju i visoku otpornost na svjetlost. U odnosu na poliesterske, poliamidne mrežice imaju veću otpornost na abraziju i bolju mehaničku

postojanost. Poliesterska mrežica otporna je na kiseline, ali ne i na lužine, dok za poliamidne vrijedi suprotno. Nit poliestera u doticaju s lužinom slabi ovisno o otapalima koja djeluju na nju, prisutnoj temperaturi i vremenu reakcije. Do sličnih reakcija dolazi i kod poliamidnih mrežica pri doticaju s kiselinama [4]. Budući da su sintetske niti sitne i čvrste, moguće je formirati jednostruke uzorke tkanja. Tu razlikujemo dvije inačice; obično tkanje (PW) i keper tkanje (KW)



Slika 3. Načini tkanja mrežica za propusni tisak

2.2.3. Metalne mrežice za propusni tisak

Metalne mrežice napravljene su od nehrđajućih metala (antikorozivni čelik). Zbog malih debljina niti, takve mrežice su krhke i često dolazi do pucanja. Rastezljivost im je slaba pa se koriste pretežno za tisak manjih formata. Dobro svojstvo ovakvih mrežica jest provodljivost topline putem metalnih niti čime je omogućeno brzo sušenje otisaka, što se očituje kod tiska na neupojne podloge poput plastike, keramike i stakla. Ostale pozitivne strane metalnih mrežica očituju se u preciznom pozicioniranju otiska, što je izuzetno važno kod višetonskih otisaka, ujednačenoj raspodjeli boje duž sito, velikoj otpornosti na abraziju i neupojnosti vlage [3]. Za razliku od prirodnih i sintetskih, metalne mrežice mogu podnijeti temperaturu do 600°C. Klasične oznake za metalne mrežice ovise o debljini niti. Tu ubrajamo klasične (*stainless steel mesh* - SUS) i tanke

(*Ultra-thin stainless steel mesh* - SS) mrežice. Metalne mrežice, kao i sintetske, mogu biti jednostrano ili obostrano kalandrirane [4].

2.2.4. Kalandriranje mrežica za propusni tisak

Kalandriranje ili prešanje mrežice postupak je koji se izvodi s ciljem smanjivanja debljine nanosa tiskarske boje. Tim se postupkom ujedno smanjuje sljepljivanje mrežice za tiskovnu podlogu (podebljanje niti), ali i propusnost bojila. Kalandriranje se izvodi prolaskom mrežice kroz sustav valjaka [5].

Postoje dvije tehnike:

- kalandriranjem gornje strane mrežice smanjuje se propusnost od 10 do 15%
- kalandriranjem podložne strane mrežice smanjuje se propusnost od 15 do 25%

Uz jednostrano, metalne mrežice kalandriraju se i obostrano, čime se dodatno pospješuje mehaničko svojstvo mrežice jačim međusobnim vezama niti [6].



Slika 4. Presjek obične i kalandrirane mrežice

2.2.5. Geometrijske osobine mrežice za propusni tisak

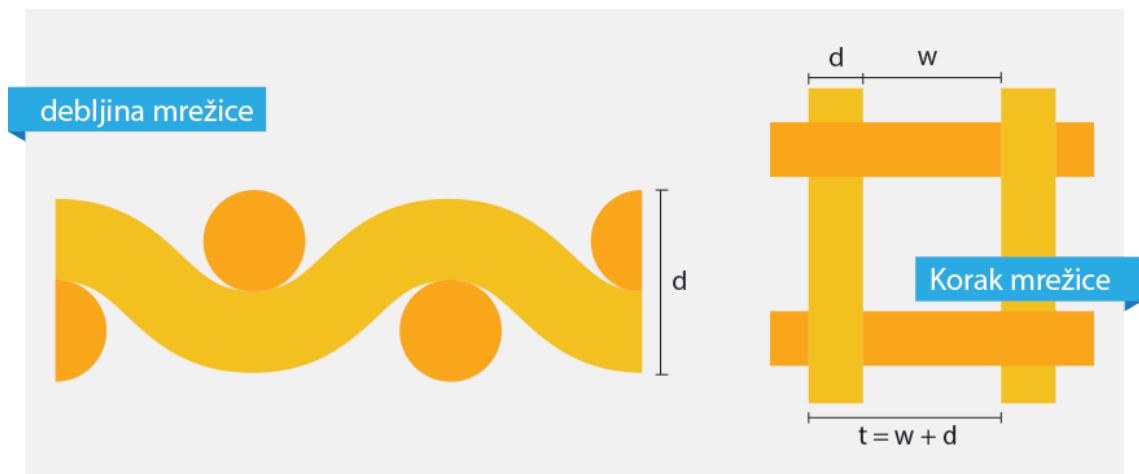
Geometrijske osobine mrežice opisuju sve karakteristike njezine strukture. Najbitniji čimbenici strukture mrežice su broj i promjer niti. Broj mrežice izražava se kao broj niti po dužinskom centimetru (lin/cm), dok je promjer izražen kao nominalna vrijednost.

Odabirom različitih geometrijskih osobina mrežice može se direktno utjecati na gotovo sve parametre rezultata otisaka.

Iz broja mrežice (F_n) i promjera niti (d) izvedene su sljedeće vrijednosti: otvor mrežice (w) u mikrometrima, otvor mrežice u postotku (a_0), debljina mrežice u mikrometrima (D) te teorijski volumen boje.

Osnovna geometrijska jedinica je korak mrežice (t) koji je jednak zbroju jednog otvora mrežice (w) i promjera niti (d), (slika 5). Korak mrežice izračunava se prema izrazu (1):

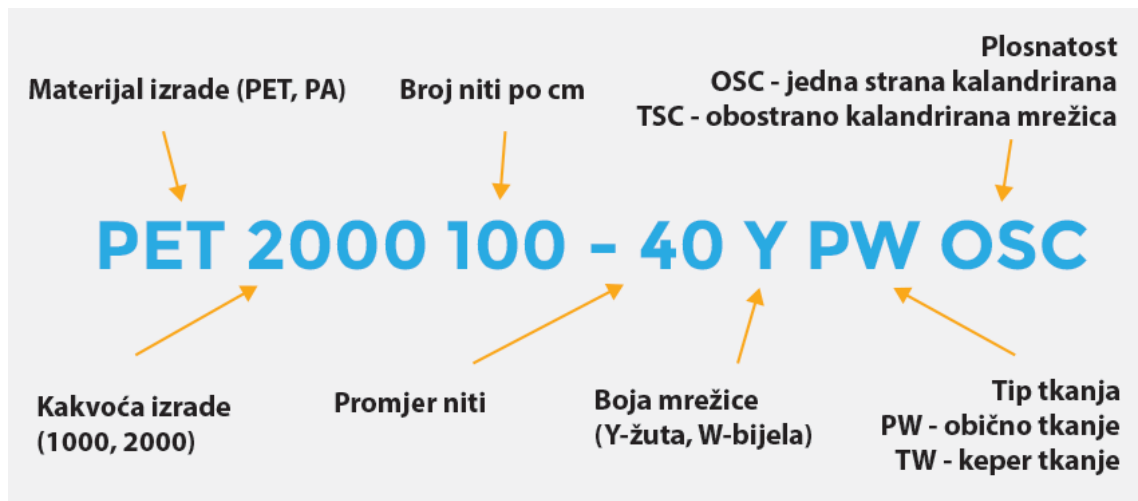
$$t = w + d \quad (1)$$



Slika 5. Prikaz debljine i koraka mrežice za propusni tisak

Broj niti i promjer niti

Uzmimo za primjer oznaku mrežice 100 - 40. Prva vrijednost jest broj niti po centimetru dužine, dok drugi broj označava promjer niti. To su ujedno i glavni parametri za određivanje tipa mrežice i zamjenjuju staru nomenklaturu kod kojih se promjer niti označavao slovima S za mrežice malih promjera niti, T za deblji promjer niti, HD za jako debele niti te SL za mrežice jako malog promjera niti. Primjer označavanja mrežice prikazan je na slici 6.



Slika 6. Oznaka mrežice za propusni tisak

2.2.5.1. Rezolucija mrežice za propusni tisak

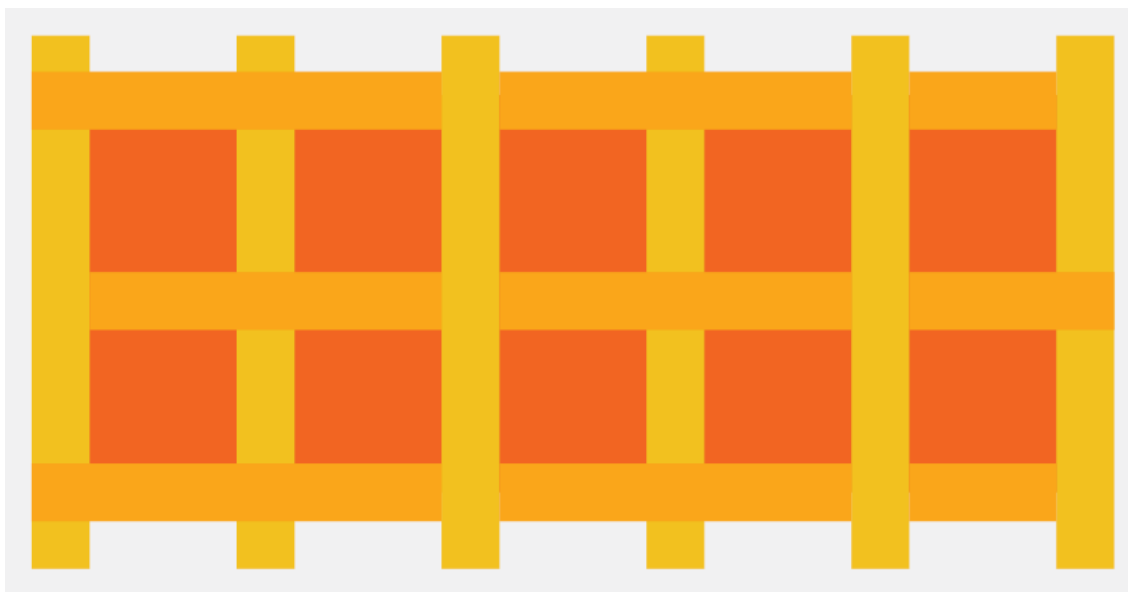
Rezolucija mrežice bitan je faktor pri odabiru finoće otiskivanih detalja, pogotovo kod višetonskih motiva. Ovisi o broju niti te odnosu promjera niti i otvora mrežice. Iz tih odnosa proizlazi zaključak da mrežice, kod kojih je otvor veći od promjera niti, mogu reproducirati veće rezolucije od mrežica za koje vrijedi suprotno. Teorijska sposobnost rezolucije mrežice za propusni tisak procjenjuje se uvrštavanjem vrijednosti promjera niti (d) i otvora mrežice (w) u izraz (2):

$$A_{th} = \sqrt{2} \times t \times \frac{d}{w} \quad (2)$$

2.2.5.2. Otvorenost površine mrežice za propusni tisak

Otvorenost površine mrežice (slika 7) izražava se u postotku, a označava iznos svih otvora na mrežici u odnosu na površinu iste. Otvorenost površine mrežice izračunava se uvrštavanjem vrijednosti otvora mrežice (w) i promjera niti (d) u izraz (3) [5]:

$$a_o = \frac{w^2}{t^2} \times 100\% \quad (3)$$



Slika 7. Otvorenost uzorka mrežice (tamna područja)

2.2.5.3. Teorijski volumen boje

Teorijski volumen boje je vrijednost koja proizlazi iz odnosa otvorenosti mrežice i njezine debljine. Ovim izračunom dobivamo teorijsku količinu boje koju mrežica može prihvatiti.

U realnim uvjetima volumen boje u očicama mrežice ovisi o brzini rakela, njegovoj tvrdoći, kutu i završnoj obradi. Osim toga, važan faktor je i viskoznost tiskarske boje. Teorijski volumen boje izračunava se uvrštavanjem vrijednosti otvorenosti površine mrežice (a_o) i debljine mrežice (D) u izraz (4) [6]:

$$V_t = \frac{a_o \times D}{100} \quad (4)$$

2.3. Okviri za propusni tisak

Budući da je mrežica napeta na okvir, o njima direktno ovise mehanička svojstva tiskovne forme. Okvir za tiskovnu formu za propusni tisak konstruiran je tako da čvrsto drži napeti komad mrežice. Okvir za propusni tisak građen je od četiri stranice spojene pod kutem od 90 stupnjeva. Za vrijeme izrade tiskovne forme i prilikom otiskivanja okviri moraju biti što otporniji na mehaničko deformiranje.

Poželjno je da površina okvira bude ravna i otporna na kemikalije koje su neophodne za izradu tiskovne forme (pri definiranju slobodnih površina i tiskovnih elemenata), na boje kojima se otiskuje, a kasnije i na otapala za čišćenje. Rubovi okvira moraju biti zaobljeni kako bi se spriječilo pucanje mrežice.

2.3.1. Drveni okviri za propusni tisak

Drveni okviri namijenjeni su za jednostavne i male formate motiva. Jeftiniji su od metalnih okvira te se najčešće koriste za kućne radinosti. Drveni okviri se, uz uporabu jednostavnih alata, mogu napraviti i kod kuće. Takvim okvirima se lako rukuje, ali oni se u pravilu ne koriste za velike naklade zbog nemogućnosti postizanja kvalitetnog registra. Registar tiska predstavlja točnost otiska, odnosno pozicioniranje otisaka na definirano mjesto tiskovne podloge. Postizanje pravilnog registra u tisku glavni je preduvjet kvalitetne višebojne reprodukcije. Neprecizno preklapanje boja rezultirat će nepreciznim, neoštrim i nečitljivim otiskom koji će biti neprihvatljiv. Nepostizanje registra drvenim okvirom temelji se na više faktora, primjerice slaba izdržljivost na spojevima stranica, slabija čvrstoća drva od metala, bubrenje i skupljanje drva pri doticaju s vlagom i pri promjeni temperature. Zbog tih razloga, moguća su iskrivljenja i neravnomjerni dosjed na podlogu. Te negativne karakteristike okvira djelomično se spriječavaju premazom boje, odnosno nanosom dvokomponentnog laka. Važno je naglasiti i da se prije spajanja mrežice na drveni okvir glodalicom oble vrhovi kako ne bi došlo do pucanja mrežice na rubovima. Dimenzije drvenih letvi za okvire uglavnom su različitih debljina po presjeku. Najčešće se koriste letvice kvadratnog presjeka duljine 2,5 do 4 cm.

2.3.2. Metalni okviri za propusni tisak

Za otiskivanje velikih naklada neophodni su metalni okviri jer imaju, prije svega, veću trajnost. Takvim okvirima se, upravo zbog njihove mehaničke čvrstoće, može otisnuti velik broj otisaka s puno preciznijim registrom. Metal koji se koristi za izradu stranica okvira spaja se postupkom taljenja te je, za razliku od drva, otporan na nepogodne uvjete kao što je doticaj s vlagom i promjena temperaure. Vrhovi takvih okvira također

se oble prije lijepljenja mrežice.

Materijali za izradu metalnih okvira su aluminij i čelik. Aluminij je idealan materijal za okvire - male je težine, lako se održava, otporan je na koroziju, ali je manje čvrstoće od čeličnih okvira kojima je mana neotpornost na koroziju pa ih je često potrebno zaštititi novim premazom boje. Zbog težine, metalni su okviri uglavnom šuplji s različitim presjekom, ovisno o potrebi (slika 8).



Slika 8. Presjeci metalnih okvira za propusni tisak

Priprema metalnih okvira

Kako bi se mrežica što kvalitetnije prihvatila za okvir, metalne okvire potrebno je pjeskariti, odnosno ohrapaviti površinu spoja. Ohrapavljeni okvir se, prije nanosa mrežice, odmašćuje acetonom. Već korišteni oviri za propusni tisak se nakon svake promjene mrežice ogrubljuju brusilicom.

2.4. Sredstva za lijepljenje mrežica na okvire

Za vrijeme lijepljenja važno je osigurati potpuni kontakt između okvira i mrežice za propusni tisak. Ukoliko na nekim mjestima kontakt nije potpun, moguće ga je pospješiti stavljanjem utega na mrežicu.

Prije nanošenja ljepila, kada je riječ o metalnim okvirima, potrebno je očistiti okvir kako bi nestali tragovi masti, prašine i oksidacije.

Nanos **dvokomponentnog ljepila** kroz mrežicu tehnika je koja se danas najčešće koristi jer je takvo ljepilo otporno na kemikalije i otapala. Dvokomponentno ljepilo smjesa je samog ljepila i učvršćivača, a stvrdnjava u dvije faze. Prvo isparava otapalo, a zatim počinje kemijski proces stvrdnjavanja. Vrijeme početnog sušenja, odnosno isparavanja ovisi o finoći mrežice, napetosti, debljini sloja, temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka.

Rezervnim ljepilima okviri se premazuju i pohranjuju na neodređeno vrijeme. Kada je mrežica u kontaktu s takvim premazanim okvirom, ljepilo se aktivira tekućim sredstvom za aktiviranje.

UV ljepila suše se i stvrdnjavaju pod utjecajem UV zraka. Stvrdnjavanje takvih ljepila je brže nego u prije navedenim slučajevima, ali takva su ljepila skuplja.

Kontaktna ljepila suše se za tridesetak sekundi. Ljepilo se nanosi na okvir i napetu mrežicu. Kad se ljepilo osuši, zalijepljene površine se pritisnu te se mrežica zagladi plastičnom lopaticom radi boljeg kontakta. Takvo ljepilo nije dovoljno otporno na neka otapala pa se dodatno premazuje slojem laka [5].

2.5. Izrada tiskovne forme za propusni tisak - konvencionalni i digitalni postupak

Kako bi se prenio motiv na površinu mrežice, danas se najčešće koristi fotomehanički postupak. U konvencionalnom postupku koristi se kopirni predložak koji predstavlja masku u procesu osvjetljavanja i spriječava prolaz svjetlosti na određenim mjestima (budući tiskovni elementi). Kopirni predložak može se napraviti ručno ili fotografskim procesima.

Kod ručne izrade kopirnih predložaka koristimo transparentnu poliestersku foliju na kojoj iscrtavamo elemente neprozirnom bojom.

Kopirni filmovi izrađeni fotografskim principom su u pozitivu. Takav predložak mora se tijekom osvjetljavanja staviti na mrežicu tako da emulzija filma dodiruje fotoaktivni sloj na mrežici. To je veoma važno jer se time omogućava da, za vrijeme eksponiranja, emulzija filma leži izravno na fotoaktivnom sloju čime se smanjuje efekt podkopiravanja, odnosno omogućava kreiranje finih i oštih detalja na tiskovnoj formi. Danas se takvi predlošci rade u laserskim osvjetljivačima. Računalni podaci prenose se putem RIP-a i prevode u strojni jezik osvjetljivača iz kojeg izlazi gotov kopirni predložak.

Kod digitalnog ili CtS (*Computer to Screen*) postupka, na mrežicu oslojenu fotoaktivnim slojem, podatci se iz računala preko *Raster Image Processora* (RIP-a) prenose u *injekt* pisač. Pozitivna strana ove metode izbacivanje je proizvodnje skupocjenih fotografskih filmova.

Fotoaktivni sloj

Fotoaktivni sloj je materijal pomoću kojeg se najčešće formiraju slobodne površine, tj. ispunjavaju očice mrežice na slobodnim površinama. Danas se u konvencionalnom postupku najčešće koriste dva postupka izrade tiskovne forme za propusni tisak: direktni i indirektni postupak.



Slika 9. Nanos fotoaktivnog sloja na mrežicu za propusni tisak

Izvor: <http://www.handprinted.net>

Direktni postupak izrade tiskovne forme

Prije nanosa fotoaktivnog sloja na mrežicu potrebno je izvršiti pripremu mrežice. Mrežice za propusni tisak mogu se onečistiti rukovanjem ili prašinom iz zraka pa je neophodno provesti odmašćivanje pomoću sredstva koja se nabavljaju kod proizvođača. Na osušenu mrežicu jednolikim premazom nanosi se fotoaktivni sloj pomoću lađice (slika 9). Nakon nanosa fotoaktivnog sloja, mrežicu je potrebno osušiti na 40°C u vodoravnom položaju. Pomoću odgovarajućeg izvora svjetlosti (najčešće UV zračenje) i prethodno napravljenog kopirnog predloška osvjetljava se mrežica. Nakon što je

mrežica osvijetljena, vrši se razvijanje pomoću mlaza vode. Preostala vlaga na mrežici suši se blagim pritiskom novinskog papira te se konačno suši u uređaju za sušenje.

Indirektni postupak izrade tiskovne forme

Prije izrade tiskovne forme indirektnom metodom potrebno je ohrapaviti mrežicu s jedne strane pomoću silikon karbida 500 te ju nakon toga odmastiti pomoću sredstva za odmašćivanje [5].

Fotoaktivni sloj koji se nalazi na prijenosnom mediju (prozirna poliesterska folija) osvjetljava se tako da se predložak postavlja na suprotnu stranu folije od fotoaktivnog sloja. Osvjetljavanje se vrši pomoću UV svjetlosti u vrijednostima koje definira proizvođač. Nakon osvjetljavanja fotoaktivni sloj s podlogom suši se jednu minutu te se dodatno očvršćuje u kupki hidrogen-peroksida. Razvijanje se izvodi ispiranjem fotoaktivnog sloja s podlogom pomoću tople vode (40-45°C) u razmaku od 30 do 60 sekundi. U tom vremenu vidimo pojavu željenih motiva na prijenosnoj foliji. Nakon toga, se prijenosna folija dodatno ispire hladnom vodom (15-20°C) u razmaku od 10 do 15 sekundi. Veoma je važno da mlaz vode kojom se ispire ne bude prejak pa se preporuča *sprejasti* mlaz vode poput tuša. Kod prenošenja, prijenosna poliesterska folija s ostacima fotoaktivnog sloja stavlja se na staklenu ploču te se postepeno prekriva vlažnom mrežicom. Kada se film prenese na mrežicu, višak vode može se ukloniti na rakelskoj strani mrežice pomoću novinskog papira. Nakon što se sito potpuno osuši na sobnoj temperaturi skida se prijenosna poliesterska folija [7].

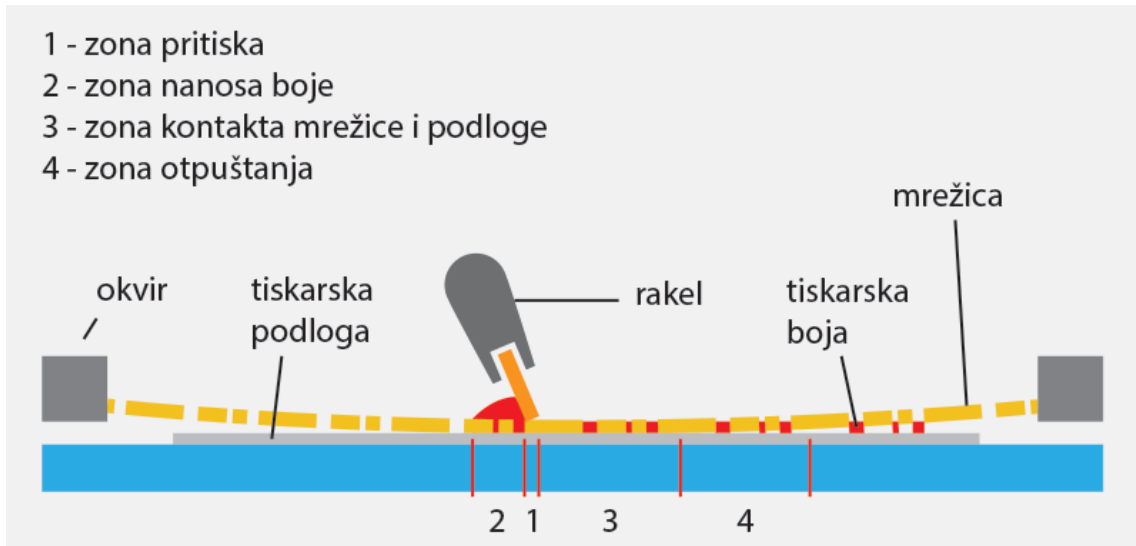
2.6. Strojevi za propusni tisak

Konstrukcije strojeva za propusni tisak ovise o tiskovnim podlogama na koje se tiska, stupnju automatizacije i brzini rada.

Strojevi za otiskivanje s ravnim stolom (*Flat-bed screen printing*)

Strojevi konstrukcije s ravnim stolom (slika 10.) koriste se za otiskivanje na savitljivim i krutim materijalima poput papira, kartona, plastike, tekstila i sl. To je ujedno i najčešća konstrukcija strojeva za propusni tisak u grafičkoj tehnologiji. Ravni stol u

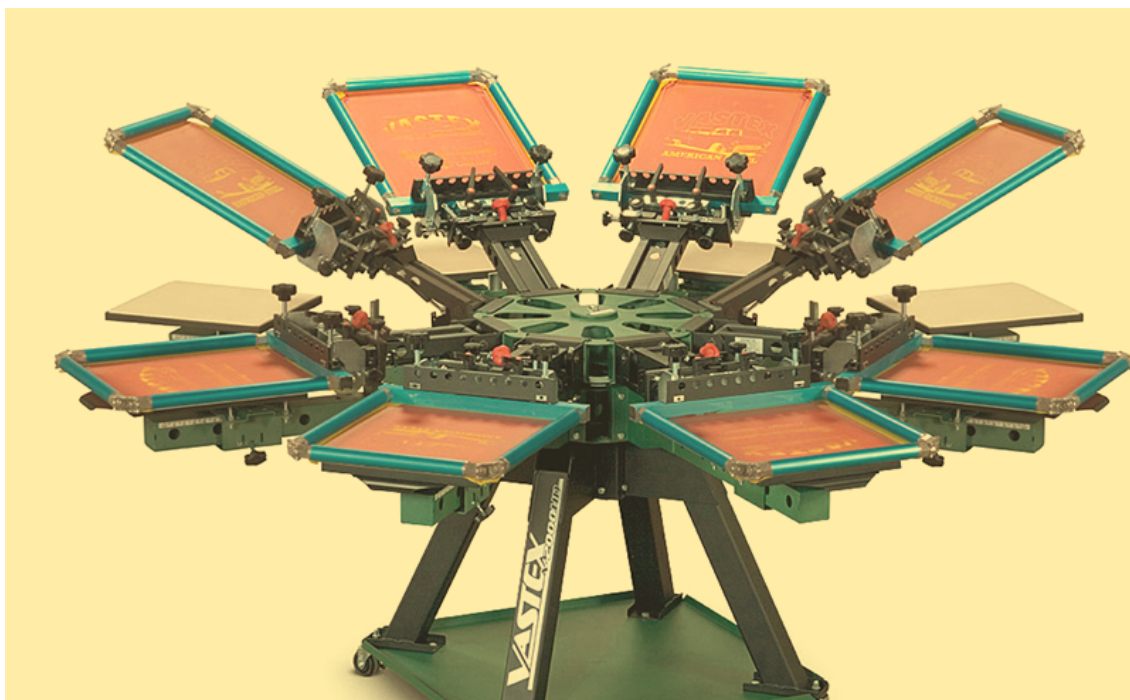
ovoj konstrukciji ima veoma bitnu funkciju - kroz rupice na njegovoj površini vakuum pumpom uvlači se zrak prilikom tiskanja što omogućuje fiksiranje predmeta na koji se otiskuje.



Slika 10. Otiskivanje na Flat-bed strojevima

Za **industrijsko tiskanje na tekstilu** koriste se strojevi sličnog principa. U takvim varijantama potiskivač, odnosno rakel nije standardan (gumeni) već se koristi valjkasta čelična šipka. Količina otisnute boje može se kontrolirati promjerom valjka i magnetskom silom koja se primijenjuje ispod sitotiskarskog stola.

Poznati **karusel sustavi** (slika 11.) po principu su slični standardnim *Flat-bed* strojevima. Karusel sistemi koriste se uglavnom za tisak tekstilnih predmeta, ponajviše majica. Takvi strojevi baziraju se na više tiskovnih jedinica koje su jednoliko razmaknute od središnje osi oko koje se vrte te omogućuju veću brzinu tiska, više boja (ovisno o broju tiskovnih jedinica) te veoma dobro pozicioniranje otisaka.



Slika 11. Karusel sustav za propusni tisak

Izvor: http://www.cprintla.com/Silk_Screen_Printing.html

Strojevi za tisak s valjkom najčešće se koriste za tisak na fleksibilnim materijalima poput papira, PVC folija, itd. Tiskovna forma je standardna (ravna) kao i kod *Flat-bed* strojeva, dok je tiskovna podloga obično pakirana u rolama.

Sitotiskarske rotacije su strojevi za tisak iz role. Kod ovakvih strojeva, tiskovna forma je zakrivljena, a koriste se samo metalne mrežice. Takvi strojevi odlikuju se velikom brzinom tiska. Centralni bojanik smješten je unutar tiskovne forme valjkastog oblika. Iz njega konstanto teče boja koja se skida standardnim rakelom i nanosi na pokretnu traku tiskovne podloge.

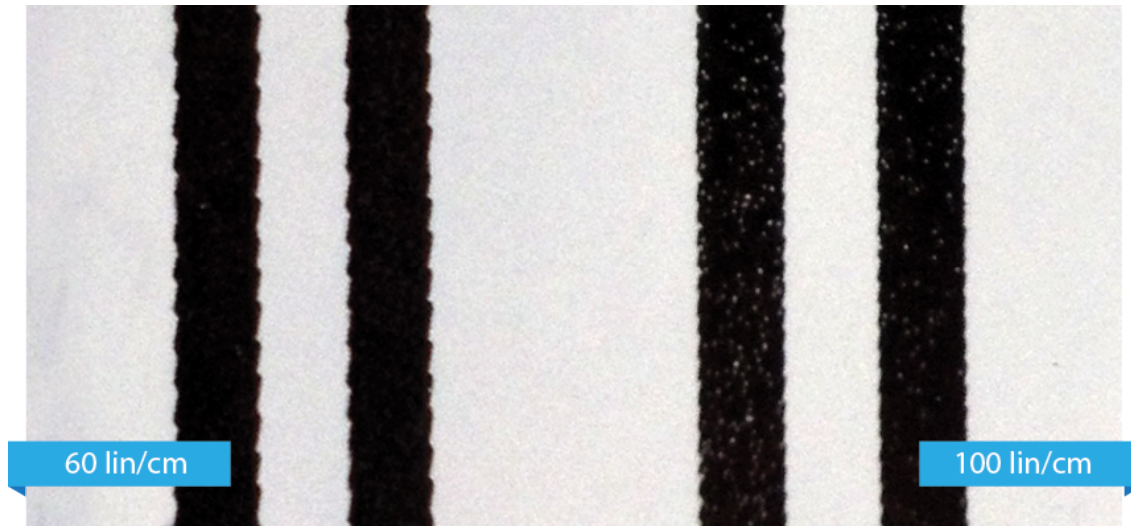
2.7. Čimbenici koji utječu na kvalitetu otiska u propusnom tisku

Na kvalitetu otiska utječe jako puno čimbenika koji međusobno ovise jedni o drugima. Kvaliteta otiska uzročno-posljedično ovisi o koracima proizvodnje u propusnom tisku.

2.7.1. Linijatura mrežice

U žargonu često se pod pojmom “tip mrežice”, “broj mrežice” ili “finoća mrežice” podrazumijeva pojam linijature. Linijatura mrežice vrijednost je koja označava broj niti po centimetru dužine. Na tržištu postoje mrežice rasponom od 10 do 200 l/cm. Mrežice s manjim brojem niti uglavnom se koriste za nanos lakova, tiskanje boja na bazi metalnih pigmenata (*glitteri*), tisak teksta i jednostavnih vektora. Također, mrežice malih linijatura omogućavaju vrlo debele nanose tiskarske boje. Za višebojni tisak uglavnom se koriste mrežice srednjih linijatura (od 60 lin/cm) kako nebi došlo do prevelikih nanosa boje i slijepljivanja tiskovne forme za tiskovnu podlogu pri procesu otiskivanja. Mrežice koje sadrže 120 i više lin/cm koriste se za tisak finih tonskih prijelaza.

Već pri izradi kopirnog predloška potrebno je definirati koja će se linijatura mrežice koristiti pri otiskivanju. Tiskovni element na kopirnom predlošku mora biti veći od otvora jedne očice na formi kako bi se uspješno osvjetlio i otvrdno fotoaktivni sloj na cijeloj površini očice.



Slika 12. Prikaz otisaka pomoću mrežica različitih linijatura

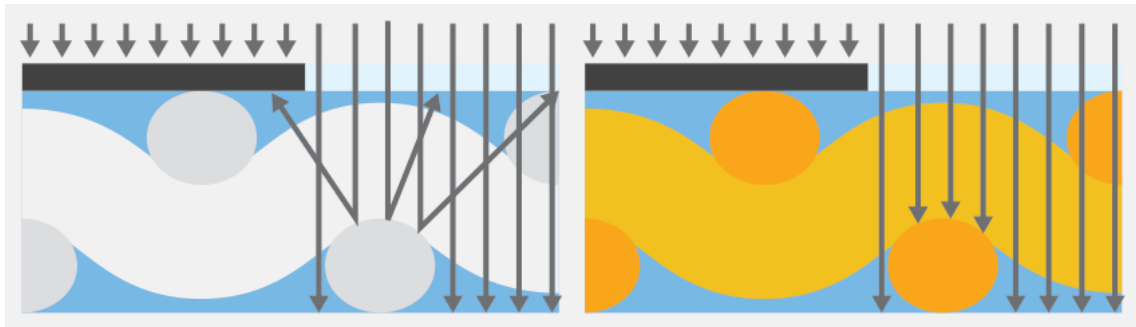
2.7.2. Debljina fotoaktivnog sloja

Debljina fotoaktivnog sloja jest parametar kojim se, uz debljinu niti i odabir rakela, može regulirati volumen boje koja se nanosi na tiskovnu podlogu. Ukoliko je nanos fotoaktivnog sloja veći, povećava se razlika od tiskovne površine do rakelske strane mrežice što povećava volumen boje u otvorima mrežice. Naravno, vrijedi i suprotno: ukoliko je nanos FA sloja manji, volumen boje koja se otiskuje je manji. To je važna činjenica kada smo ograničeni s izborom debljine niti na mrežici, sastavom tiskarske boje i odabirom potiskivača boje. U takvim slučajevima, debljina FA sloja može biti ključan parametar za regulaciju volumena boje koji se nanosi.

2.7.3. Boja mrežice

Zrake svjetlosti koje prilikom osvjetljavanja tiskovne forme padaju na bijele niti mrežice odbijaju se i ispod zacrnjenih površina kopirnog predloška. U takvim slučajevima rubovi motiva pri otiskivanju nisu oštri. Ta pojava može uzrokovati negativne rezultate pri višetonskom motivu. Kako bi se te promjene svele na minimum, potrebno je izračunati optimalno vrijeme osvjetljavanja.

Fotoaktivni slojevi su osjetljivi na zračenje čije su valne duljine u rasponu od 350 do 420 nm. Spriječavanje rasipanja svjetlosti može se izvršiti korištenjem mrežice čije su niti žute boje. Žute mrežice su komplementarne boji UV svjetlosti pa ih apsorbiraju prilikom osvjetljavanja što rezultira nestankom negativnog efekta refleksije zračenja (slika 13.). Prilikom pada UV svjetla na žutu mrežicu reflektira se samo žuto svjetlo koje nema nikakvog učinka na emulziju. Kako u ovakvim slučajevima nema rasipanja UV svjetlosti, omogućeno je i duže osvjetljavanje fotoaktivnog sloja na tiskovnoj formi tijekom kojeg će fotoaktivni sloj u potpunosti otvrdnuti.



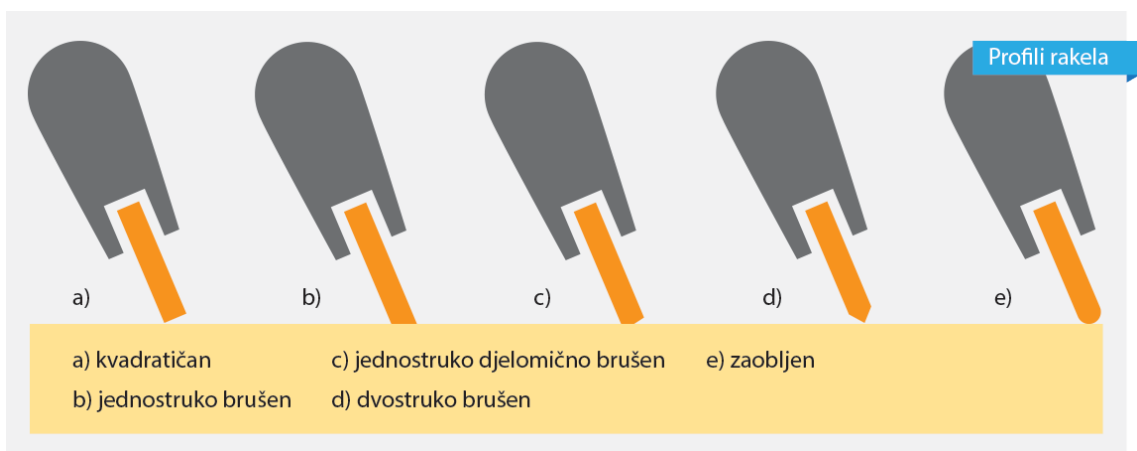
Slika 13. Refleksija djela EM zračenja na bijeloj i žutoj mrežici

2.7.4. Odabir rakela

Rakeli za propusni tisak izrađeni su od prirodne i sintetičke gume te poliuretana. Rakeli od prirodne i sintetičke gume brže se troše, ali, za razliku od poliuretanskih, nisu skloni prikupljanju elektrostatičkog naboja. Poliuretanski rakeli otporniji su na abraziju pa traju duže od gumenih. Rakeli s vremenom otvrdnu, a njihovo predugo izlaganje otapalima uzrokuje bubrenje što rezultira neravnom površinom vrhova, te ih je stoga, nakon korištenja, nužno brzo očistiti i osušiti.

Tvrdoća rakela mjeri se u stupnjevima shorea. Idealne tvrdoće su od 65 do 75 Shorea. Nešto tvrdi rakeli koriste se za otiskivanje višetonskih motiva.

Kutevi brušenja rakela (slika 14.) ovise o motivima koji se tiskaju. Za višetonske motive s puno finih detalja koriste se tvrdi rakeli oštrih rubova. Otopljeni i zaobljeni rakeli koriste se uglavnom za motive s manje finih detalja. Takvi rakeli omogućuju veći nanos boje na punim područjima [5].



Slika 14. Mogućnosti brušenja rakela

2.7.5. Boje za propusni tisak

S obzirom na materijale na koje se otiskuje, boje za propusni tisak dijele se u dvije skupine: boje koje suše oksidacijom i boje koje suše penetracijom. Boje za propusni tisak pripremaju se neposredno prije tiska. Za tiskanje na podloge koje posjeduju veću moć apsorpcije koriste se jednokomponentne boje. U takve boje se dodaje i razrjeđivač kojim se regulira viskoznost boje. Jednokomponentne boje koriste se za tisak na upojne podloge koje se suše penetracijom, hlapljenjem i oksipolimerizacijom. Za tisak na neupojne podloge koriste se dvokomponentne tiskarske boje koje su često na bazi otapala, ali postoje i UV sistemi koji imaju slična svojstva. Takve boje sastoje se od baze i katalizatora koji ubrzavaju reakcije sušenja. Sušenje je kombinacija hlapljenja otapala i polimerizacije između baze i katalizatora. Utjecaj topline znatno ubrzava proces sušenja ovakvih boja [8].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Korišteni uređaji za izradu tiskovnih formi

Vastex Expos-It (slika 15) - uređaj za osvjetljavanje tiskovne forme montiran je na komoru za sušenje vlažne tiskovne forme (bilo od ispiranja iste ili nanosa fotoaktivnog sloja). Sušenje se ubrzava dovođenjem toplog zraka. Ovisno o debljini nanosenog fotoaktivnog sloja na mrežicu, omogućeno je manualno podešavanje duljine osvjetljavanja na digitalnom brojaču. Uređaj je opremljen vakuumskom pumpom pomoću koje se tijekom osvjetljavanja osigurava prisan kontakt između mrežice i kopirnog predloška te dijelom za osvjetljavanje pomoću 6 UV cijevi snage 40W. Maksimalna veličina tiskovne forme kompatibilne s ovim uređajem je 56 x 78 cm.

Sefar Humicheck (slika 15) je uređaj za mjerenje vlage u fotoaktivnom sloju na mrežici. Pokazuje kada je nanoseni fotoaktivni sloj na mrežici dovoljno suh kako bi se mogao pravilno osvjetliti u uređaju za osvjetljavanje tiskovne forme. Donja strana uređaja, na kojoj se nalazi senzor, nakon sušenja prislanja se na mrežicu. Uređaj pomoću LED indikatora pokazuje količinu vlage u fotoaktivnom sloju.



Slika 15. Uređaj za osvjetljavanje i sušenje "Vastex" i Sefar Humicheck

3.2. Izrada tiskovne forme i otiskivanje motiva

Tiskovne forme za ovo istraživanje izrađene su direktnim konvencionalnim postupkom. Prije nanosa fotoaktivnog sloja mrežica se očisti organskim otapalima. Potrebno je pomiješati diazo senzibilizator i osnovu sloja (slika 16.) kako bi se postigla fotoaktivnost i netopivost sloja nakon procesa osvjetljavanja. Fotoaktivni sloj se nanosi pomoću metalne lađice jednim nanošenjem na obje strane mrežice.



Slika 16. Korištena osnova i diazo senzibilizator "Kiwo"

Tako oslojena mrežica stavlja se u uređaj za sušenje te se za desetak minuta pomoću Sefar Humichecka provjerava vlaga prisutna na fotoaktivnom sloju. Prije prijenosa motiva na tiskovnu formu proveden je test ekspozicije korištenjem *Kiwo ExpoCheck* filma. Na tiskovnu formu se kopira navedeni predložak koji sadrži 10 testnih polja jednakih veličina. Svako polje je prekriveno dodatnim sivim klinom različite gustoće zacrnjenja kako bi se izvela gradacija količine svjetlosnog zračenja. Nakon provedene ekspozicije i razvijanja, tiskovna forma se vizualno ocjenjuje. Izabire se testno polje na kojem su pravilno definirani elementi (u pozitivu i negativu), a vrijeme ekspozicije se određuje množenjem koeficijenta (0,1 - 1) ispod navedenog polja s vremenom ekspozicije. Za pripremu tiskovnih formi određeno je da je potrebno vrijeme ekspozicije 1 minuta. Motiv koji je korišten za potrebe ovog rada sastojao se od vektorske grafike (veći, manje zahtjevniji detalji) i kontrolnog klina (sitni, zahtjevniji detalji).

Za potrebe ispitivanja ovog rada pripremljene su četiri tiskovne forme koristeći različitu linijaturu mrežica - 20, 40, 60 i 100 lin/cm. Sve tiskovne forme izrađene su pod jednakim uvjetima (oslojavanje, sušenje, ekspozicija i razvijanje). Slika 12 pokazuje izrađenu tiskovnu formu linijature 100 lin/cm.



Slika 17. Tiskovna forma s mrežicom od 100lin/cm

Korištenjem pripremljenih tiskovnih formi izrađeni su otisci (slika 18.) koji su sadržavali definirane elemente za otiskivanje. Otisci su izrađeni na stroju za ručno otiskivanje korištenjem crne vodotopive boje i sjajnog papira za umjetnički tisak gramature 250g/m².



Slika 18. Uzorak za ispitivanje

3.3. Mjerni uređaji i metode mjerenja

Za mjerenje rezultata uzoraka korišteni su mikroskop Olympus BX 51 s digitalnom kamerom i spektrofotometar X-rite Exact.

Olympus BX 51 nudi mogućnost spajanja s računalom i promatranje uzorka pod povećanjem putem računalnog zaslona ili preko dva okulara optičkim putem. Pomoću CCD kamere se mogu dobiti fotografije visokih razlučivosti i spremiti u digitalnom zapisu za kasnija promatranja. Povećanja pod kojima se mogu promatrati uzorci ovise o optičkim lećama koje se mogu nabaviti zasebno, ovisno o potrebi istraživanja. Obično se koriste leće za povećanja od 5 do 100, a za potrebe ovog rada korišteno je povećanje od 50 puta. Uređaj je opremljen automatskim pomakom stola za uzorke u smjeru z-osi.

Mikroskopom su snimljeni tiskovni elementi otisnutog kontrolnog klina na svakoj mrežici te ista mjesta kontura linija različitih nagiba motiva (vektorska grafika). Razlike tiskovnih elemenata kontrolnog klina vidljive su vizualnom metodom, dok će se razlike kontura linija motiva definirati računski.

X-rite Exact je spektrofotometar i denzitometar koji može funkcionirati bez napajanja, tj. bežično, što olakšava njegovu primjenu i ubrzava postupak mjerenja. Ima mogućnost kontrole i mjerenja više funkcija odjednom (npr. izračun srednje vrijednosti svih mjerenja). Od dodataka ima ugrađena tri filtera s kojima se može mjeriti otisak u suhom i mokrom stanju.

Spektrofotometrom su mjerena polja kontrolnog klina kako bi se odredio ujecaj linijature na prijenos tonских vrijednosti.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Vizualna procjena tiskovnih elemenata

U ovom dijelu uočavamo razlike oblika tiskovnih elemenata pri različitim linijaturama sita. Pojedina polja testnih polja snimljena su mikroskopom pod povećanjem od 50 puta. Snimljena su ista polja na svakom otisku kako bi se omogućila uporedba otisaka izradjenih tiskovnom formom različite linijature mrežice.

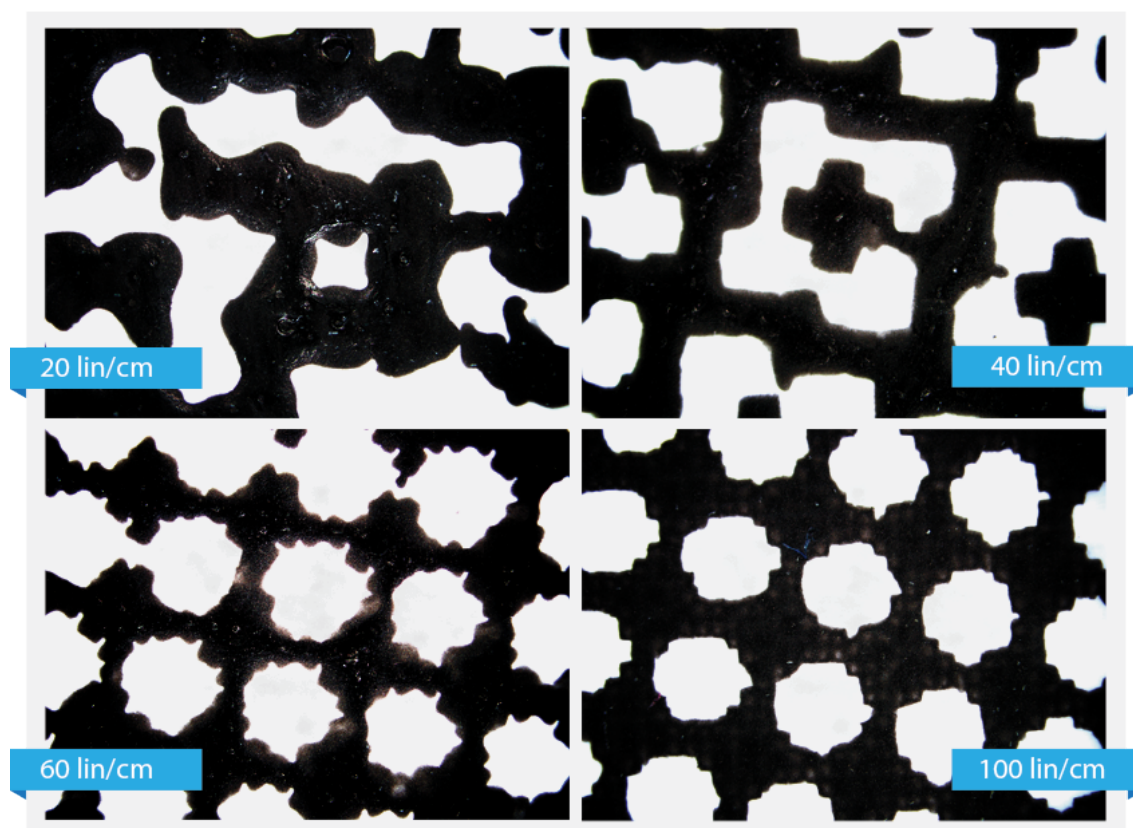
Potrebno je spomenuti i da bi u idealnim uvjetima tiskovni elementi bili kružnog oblika.



*Slika 19. Mikroskopski prikaz polja niske RTV
(polja 2 kontrolnog klina snimljena pod povećanjem od 50x)*

Na slici 19 prikazani su mikroskopski snimci polja sa niskom tonskom vrijednošću. Vidljivo je da se povećanjem linijature mrežice povećava pravilnost pojedinih elemenata te njihov raspored. Otisak izrađen korištenjem tiskovne forme s najnižom linijaturom (20 lin/cm) je najnepravilniji, elementi su značajno različitog oblika i

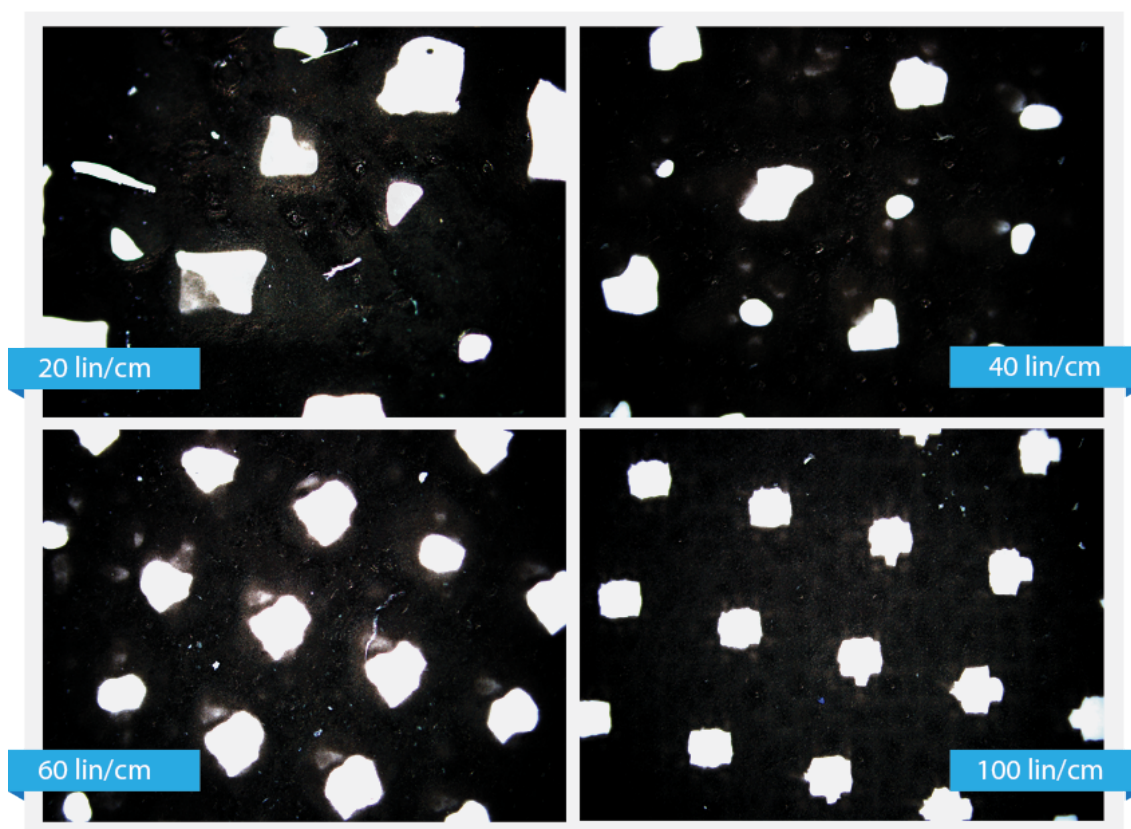
rasporeda, neki nedostaju, dok su na otisku izrađenom korištenjem mrežice najviše linijature (100 lin/cm) elementi gotovo jednaki, relativno oštih i pravilnih rubova i pravilnog rasporeda, može se primijetiti nejednoliko zacrnjenje unutar pojedinog elementa.



*Slika 20. Mikroskopski prikaz polja srednje RTV
(polja 6 kontrolnog klina snimljena pod povećanjem od 50x)*

Na slici 20 prikazani su mikroskopski snimci polja sa srednjom tonskom vrijednošću. Kao i u prethodnom, i u ovom slučaju vidljivo je da se povećanjem linijature mrežice povećava pravilnost pojedinih elemenata te njihov raspored. Kod otiskivanja mrežicom od 20 lin/cm dobiven je najnepravilniji otisak, odnosno efekt "prelijevanja" tiskarske boje. Oblik tiskovnih elemenata je neprepoznatljiv. Već na otisku pomoću mrežice od 40 lin/cm tiskovni elementi dobivaju svoj oblik. Pri otisku mrežicom od 60 lin/cm oblik vidljiv je jasan uzorak tiskovnih elemenata koji se približavaju dovoljno pravilnim oblicima za izradu kvalitetnih otisaka. Na otisku izrađenom korištenjem mrežice najviše linijature (100 lin/cm) oblik elemenata je gotovo jednak, relativno oštih i pravilnih

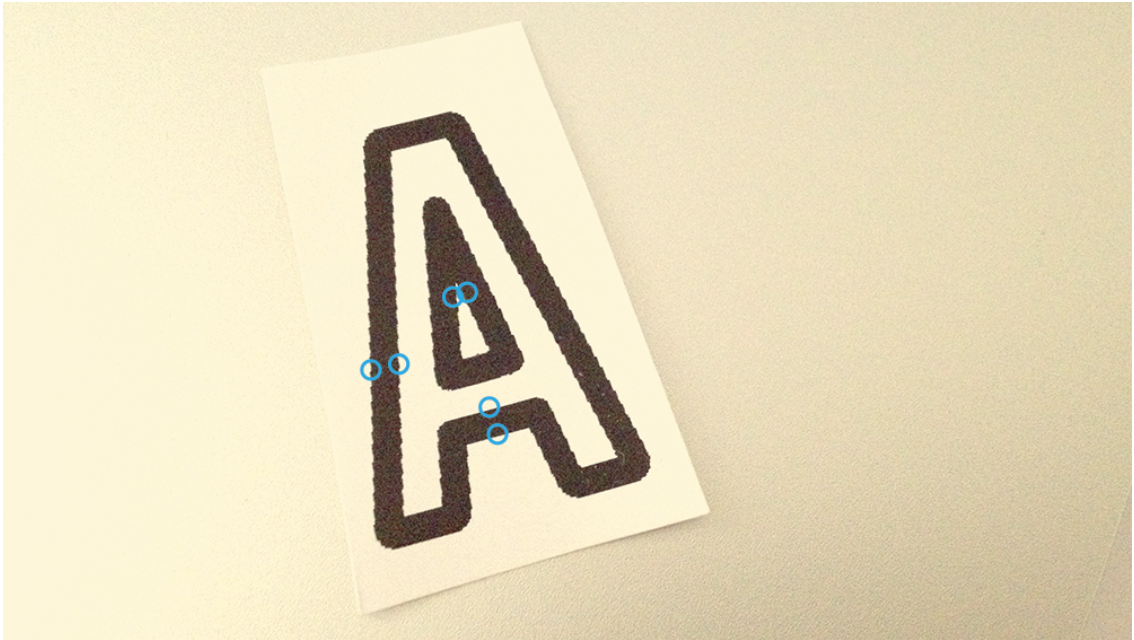
rubova i pravilnog rasporeda. Kod srednjih tonova, pri tisku pomoću mrežice linijature 100 lin/cm postiže se i dobra pokrivenost podloge tiskarskom bojom.



*Slika 21. Mikroskopski prikaz polja visoke RTV
(polja 10 kontrolnog klina snimljena pod povećanjem od 50x)*

Slika 20 prikazuje polja s visokom rastertonskom vrijednošću. Na mikroskopskoj slici koja prikazuje otisak napravljen mrežicom linijature 20 lin/cm, nije moguće prepoznati oblik tiskovnih elemenata. Prikazani oblici su vjerojatno posljedica pozicija zaostataka fotoaktivnog sloja unutar očice mrežice. Naime, kod mrežica niske linijature očice su relativno velike i može se dogoditi da bi samo dio fotoaktivnog sloja trebao zaostati, no s obzirom na malu mehaničku otpornost takvog dijela može se dogoditi da se on otkine uzrokujući veći tiskovni element. No s druge strane, ako se zacrnjenja filma nađu iznad niti, neće se otvoriti očica mrežice te se u tisku neće izvršiti prijenos tiskarske boje. Povećanjem linijature mrežice se ti efekti smanjuju. kao što je vidljivo na mikroskopskoj slici otiska nastalog pomoću mrežice od 100 lin/cm.

4.2. Analiza rubova linija

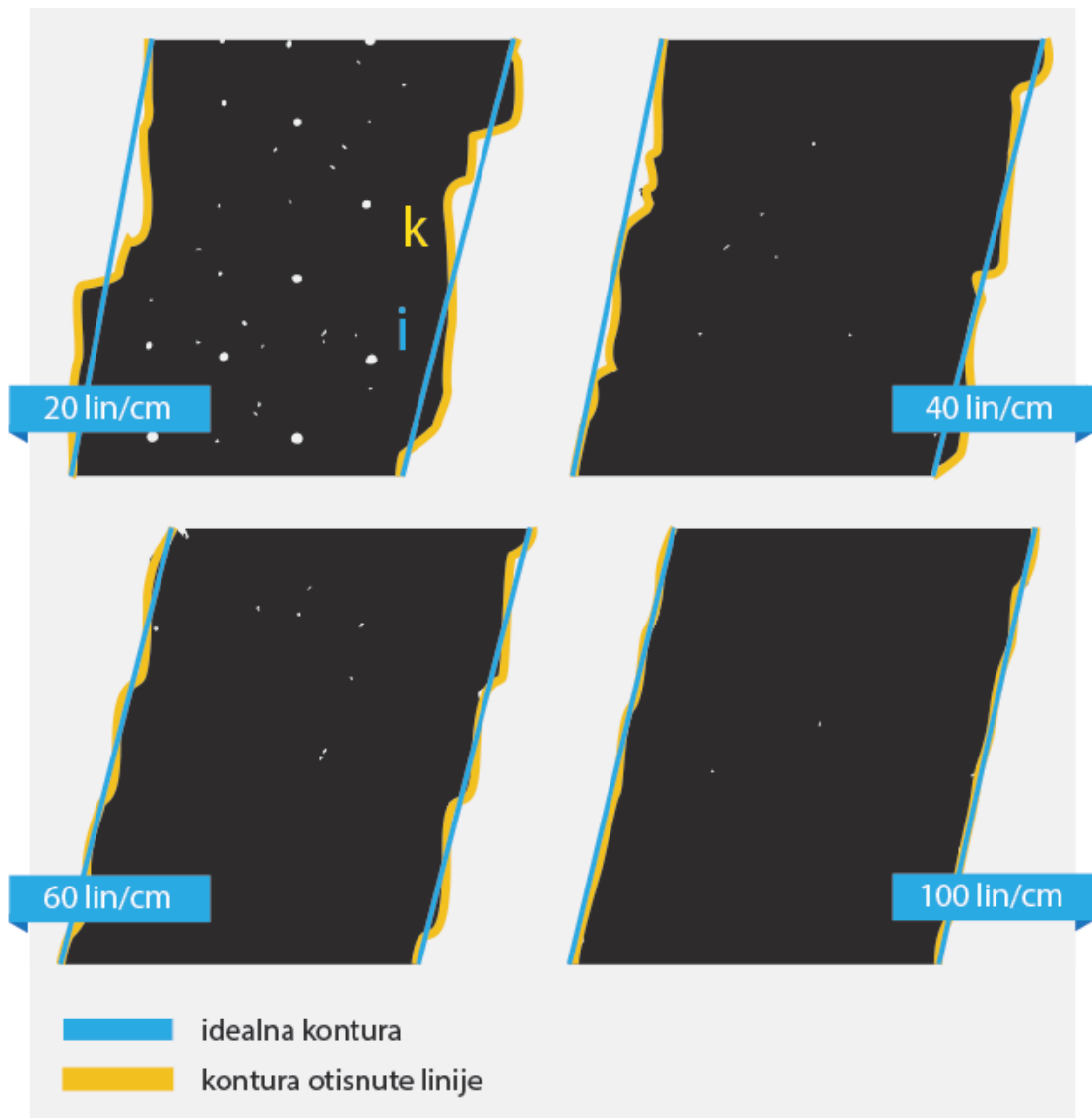


Slika 22. Pozicije na otisku za analizu rubova kontura

Kako bismo definirali realna odstupanja otisaka motiva, potrebno je odabrati mjesta pod različitim kutem u odnosu na niti mrežice zbog nazubljenosti rubova što se posebice očituje kod mrežica manjih linijatura.

Pritom odabiremo 6 točki područja koje promatramo (slika 22.) kod otisaka nastalih pomoću mrežica različitih linijatura. U grafičkoj aplikaciji iscrtavamo konture linija otiska (k) i idealnu dužinu linije (i) (slika 23.). Uvrstivši te dvije vrijednosti u jednadžbu (5), dobivamo omjer koji pokazuje koeficijent odstupanja duljine linije (o) od idealne duljine linije.

$$o = \frac{k}{i} \quad (5)$$

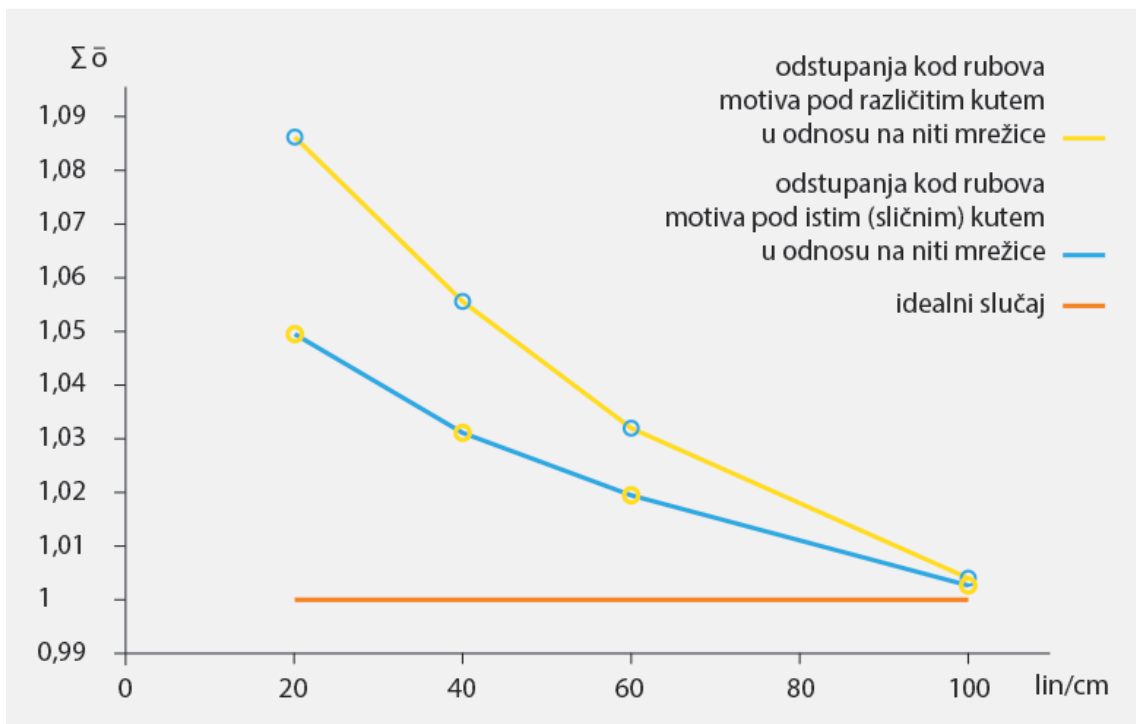


Slika 23. Prikaz određivanja duljine konture ruba linije

Dobivene vrijednosti uvrštavamo u (5) te izračunavamo srednju vrijednost rezultata za pojedinu literaturu.

Iz grafičkog prikaza na slici 24 vidljivo je da duljina konture značajno odstupa od idealne vrijednosti kod otiska izrađenog korištenjem tiskovne forme s linijaturom mrežice od 20 lin/cm, no to odstupanje se smanjuje povećanjem linijature mrežice tiskovne forme. Dodatno, odstupanja duljine brida su veća ako rub linije nije paralelan s niti mrežice, no razlike se smanjuju povećanjem linijature mrežice.

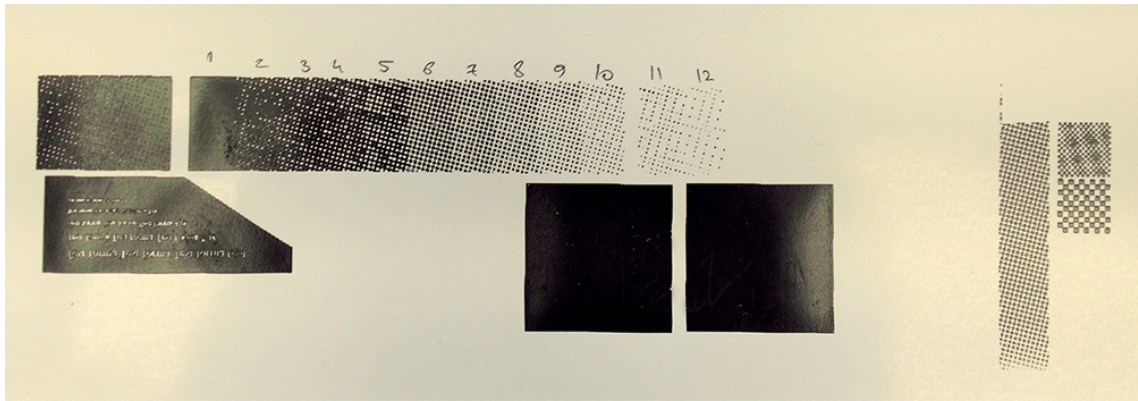
Nadalje vidljivo je da otiskivanjem s tiskovnom formom s mrežicom od 100 lin/cm ne daje idealni rub linije, no ta su odstupanja neznčajna za većinu motiva.



Slika 24. Odstupanja rubova otiska od idealnih vrijednosti

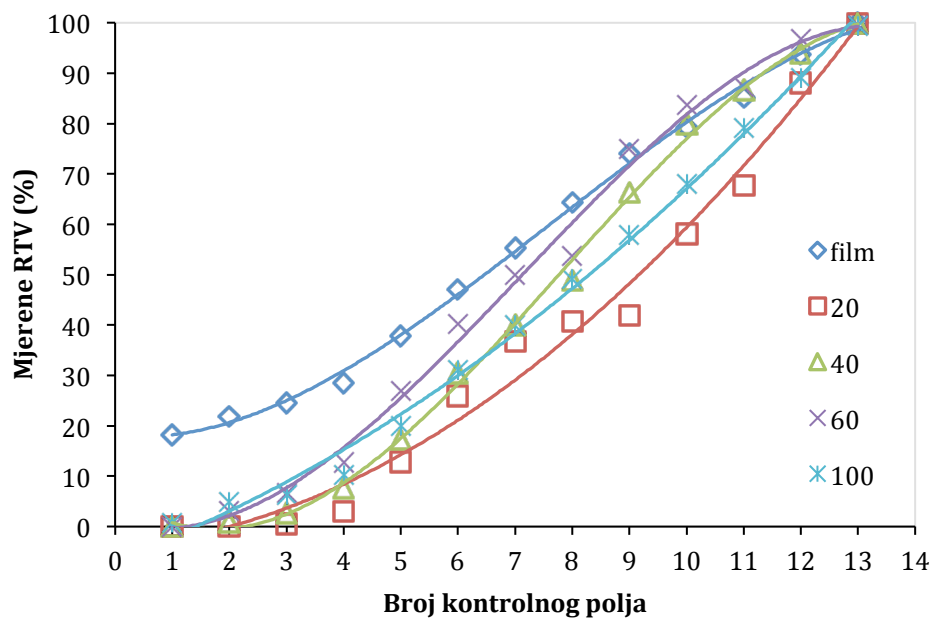
4.3. Analiza prijenosa RTV na otisak

Prijenos rastertonskih vrijednosti (RTV) tijekom reprodukcijuskog procesa mora biti kontroliran. Niz operacija utjecaja može uzrokovati promjene vrijednosti RTV, npr. ogib svjetlosti kod izrade tiskovne forme, mehanički i optički prirast na otisku, a u propusnom tisku je to i karakteristika mrežice. Da bismo utvrdili promjene RTV koristili smo spektrofotometar kojim smo izmjerili polja različitih tonskih vrijednosti kontrolnog klina na filmu i na pripremljenim otiscima.



Slika 25. Otisnuti kontrolni klin

Izračunate srednje vrijednosti mjerenih RTV prikazane su grafički na slici 25. Iz prikaza je vidljivo da je najveći raspon tonских vrijednosti postignut na otisku izrađenom korištenjem tiskovne forme s mrežicom najviše linijature (100 lin/cm), no na svim otiscima su izmjerene značajno niže vrijednosti u odnosu na film. Vjerojatno je to posljedica potkopiravanja tijekom kojeg se povećava površina osvjjetljenih mjesta u odnosu na film, što dovodi do smanjenja tiskovnih površina. Nadalje, tijekom RTV na otisku izrađenom tiskovnom formom najviše linijature najbolje prati krivulju koja opisuje tijekom RTV na filmu, što ukazuje na pravilan prikaz cijelog spektra tonских vrijednosti. Nadalje, vidljivo je da su najveća odstupanja vidljiva na otisku izrađenim s tiskovnom formom najniže linijature (20 lin/cm), što je očekivano s obzirom da zbog relativnom malih dimenzija zcrnjenja, odnosno transparentnih dijelova na filmu velik utjecaj na količinu zaostalih dijelova fotoaktivnog sloja ima položaj tih površina u odnosu na mrežicu (centar očice, nit). Najstabilniji porast tonских vrijednosti uočljiv je na otisku izrađenom s tiskovnom formom najviše linijature.



Slika 26. Zavisnosti mjerenih RTV o kontrolnom polju

Na otiscima izrađenim tiskovnom formom s mrežicom linijature 40 i 60 lin/cm se u visokim RTV postižu veće vrijednosti od onih na filmu.

5. ZAKLJUČCI

Ovo istraživanje je provedeno s ciljem određivanja utjecaja linijature mrežice tiskovne forme za propusni tisak na reprodukciju. Da bi se provelo istraživanje pripremljene su četiri tiskovne forme korištenjem mrežice od 20, 40, 60 i 100 lin/cm koje su izrađene pod jednakim uvjetima. Na tiskovne forme je prenesen motiv koji se sastojao od niza vektorskih elemenata te testnog klina s poljima različite pokrivenosti površine. S pripremljenim tiskovnim formama izvršeno je otiskivanje na ručnom tiskarskom stolu korištenjem crne tiskarske boje, a kao tiskovna podloga korišten je sjajni papri za umjetnički tisak gramature 250 g/m². Evaluacija otisaka uključivala je vizualnu analizu mikroskopskih snimaka polja različite RTV, izračun nazubljenosti linija te mjerenje RTV pomoću spektrofotometra.

Rezultati istraživanja pokazali su da su na otiscima izrađenim upotrebom tiskovne forme s mrežicom najniže linijature (20 lin/cm) elementi u poljima različite RTV nepravilnog oblika, različite veličine unutar pojedinog polja te nedostaju, a ti nedostaci se smanjuju povećanjem linijature mrežice tiskovne forme. Slično ponašanje uočeno je i kod nazubljenosti elementa, gdje se može primijetiti da je najveće odstupanje duljine konture od idealne linije također na otisku izrađenim tiskovnom formom s najnižom linijaturom mrežice.

Iz rezultata se može zaključiti da nisku linijaturu mrežice (20 lin/cm) nije preporučeno koristiti za motive kod kojih je potrebno reproducirati više tonova ili koji posjeduju elemente manjih dimenzija. Najbolji rezultati postignuti su s tiskovnim formom linijature mrežice od 100 lin/cm, no primjećena je nejednolikost zarenjenja unutar tiskovnog elementa. Kod reprodukcije višetonskih originala potrebno je provesti kompenzaciju i prilagodbu kopirnog predloška kako bi se postigli željeni rezultati.

Ovo istraživanje je pokazalo da je linijatura mrežice tiskovne forme značajan parametar propusnog tiska koji mora biti uzet u obzir kod definiranja parametara procesa reprodukcije nekog motiva. Nadalje, kod tiska višetonskih originala te s nizom elemenata manjih dimenzija preporuča se koristiti tiskovne forme s višom linijaturom, no za optimalne rezultate potrebno je ispitati i definirati linijaturu kod koje će reprodukcija biti željene kvalitete, ali istovremeno dovoljne količine tiskarske boje s obzirom na upojnost podloge.

6. LITERATURA

1. ***<https://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Screen-printing.html> - *Princeton University - Screen Printing*, 16. 06. 2014.
2. ***<http://www.chrisnoble.supanet.com/christophernobleprintmaker/Contents/screentech.html> - *Christopher Noble, Printmaker - Screenprinting*, 16. 06. 2014.
3. Kipphan H. (2001.) *Handbook of Print Media*, Springer, Berlin
4. ***<http://www.kuroda-electric.eu/screen-mesh> - *Kuroda Electric - Screen Printing Mesh*, 21. 06. 2014.
5. Sefar AG, Tiskarski odjel (1999.) *Priručnik za sitotiskare*, Hrvatska Udruga Sitotiskara, Zagreb
6. HAVER, Inc. *Screen Printing Mesh. Making Quality Visible*, dostupno na: http://www.weavingideas.net/uploads/media/P_7_EUS_SCREEN_PRINTING_MESH_281111.pdf, 25. 06. 2014.
7. ***http://www.macdermidautotype.com/howtoguides/details/16/how_to_guide_to_processing_five_star_indirect_stencil_film - *MacDermid - How To Guide to processing Five Star indirect stencil film*, 16.06.2014.
8. Jamnicki S. *Tiskarske boje za duboki i propusni tisak*, dostupno na: Web stranice grafičkog fakulteta; Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji [http://materijali.grf.unizg.hr/media/duboki%20sito%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/duboki%20sito%20[Compatibility%20Mode].pdf), 28. 06. 2014.