

Mogućnost reprodukcije specijalnih efekata s tiskovnom formom za propusni tisak

Dragović, Stella

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:508794>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Stella Dragović



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

ZAVRŠNI RAD

MOGUĆNOST REPRODUKCIJE SPECIJALNIH EFEKATA
S TISKOVNOM FORMOM ZA PROPUSNI TISAK

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Sanja Mahović Poljaček

Student:

Stella Dragović

Zagreb, 2014.

SAŽETAK

U ovom završnom radu objašnjena je tiskovna forma za propusni tisak, povijest propusnog tiska i način primjene. Osim teoretskog dijela, rad sadrži i istraživanje čiji je cilj uvidjeti mogućnost reprodukcije pigmenata s reflektirajućim efektom, *glittera*, ovisno o linijaturi korištene tiskovne forme i masenom udjelu pigmenata u transparentnoj bazi. Mikroskopskom analizom otisaka zabilježen je broj otisnutih čestica s reflektirajućim efektom, te su konstruirani grafovi na temelju kojih se došlo do rezultata. Ukoliko linijatura sita ograničava prolazak čestica s reflektirajućim efektom na tiskovnu podlogu, reprodukcija nije moguća. Kod linijature sita koja omogućava prolazak čestica s reflektirajućim efektom zabilježen je porast broja čestica s porastom masenog udjela čestica s reflektirajućim efektom u bazi.

Ključne riječi: propusni tisak, otiskivanje, pigmenti, tiskovna forma

1. UVOD

Propusni tisak ima vrlo široku primjenu zbog mogućnosti tiska različitim bojama na različite materijale.

U ovom završnom radu će kroz tri glavne cjeline biti objašnjen propusni tisak od njegovih početaka, izrade forme, načina otiskivanja sve do materijala koji se koriste kod propusnog tiska, provedeno istraživanje i obrađeni rezultati i rasprava.

Eksperimentalni dio rada, baviti će se istraživanjem, kako sam naslov završnog rada kaže, mogućnošću reprodukcije specijalnih efekata s tiskovnom formom za propusni tisak. Specijalni efekti korišteni u ovom radi biti će dvije vrste čestica s reflektirajućim efektom različitih oblika i promjera. Mogućnost reprodukcije čestica s reflektirajućim efektom, kao specijalnih efekata, promatrat će se mikroskopski na otisnutoj tiskovnoj podlozi.

Cilj ovog rada je ispitati povećava li se broj čestica s reflektirajućim efektom otisnutih na tiskovnoj podlozi povećanjem masenog udjela istih čestica u transparentnoj bazi. Ukoliko dolazi do povećanja broja čestica, onda je preporučljivo za bolji efekat otiska povećati maseni udio čestica s reflektirajućim efektom. Na uspješnost prijenosa čestica s reflektirajućim efektom na tiskovnu podlogu utječe i linijatura sita, te će se kroz ovaj rad također ispitati ovisnost propusnosti čestica s reflektirajućim efektom o linijaturi sita.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. RAZVOJ PROPUSNOG TISKA KROZ POVIJEST

Šablonski tisak, preteća propusnog tiska, potječe još iz kamenog doba kada su u Polineziji starosjedioci gledajući kako kiša pada kroz oštećenja koja su napravili insekti na lišću, odlučili koristiti lišće banana kao šablone iz kojih bi izrezivali razne oblike i kroz njih protiskivali boju. Osim u Polineziji, otisci ranog oblika šablonskog tiska nađeni su u špiljama Lascaux u Francuskoj i Altamira u Španjolskoj te nekim egipatskim grobnicama. Na otocima Indonezije korišten je šablonski tisak za ukrašavanje odjeće, na način da se voskom izolirao dio tkanine koji ne bi smio prihvatiti boju - upravo su tako nastale danas poznate „havajske“ košulje.

Najraniji zapisi o propusnom tisku, najsličnijem današnjem, potječu iz Kine u doba vladavine dinastije Song (960.-1279.). Tada je mrežica izrađivana sljepljivanjem ljudske kose sporim i složenim procesom, a kao tiskovna podloga se koristio rižin papir. Propusni tisak se proširio na Aziju i nastavio dalje razvijati. U Japanu se počela, kao mrežica, koristi svila, a šablone su nastale sljepljivanjem dvaju vodootpornih papira, s donje i gornje strane svile, koji imaju izrezan motiv koji se želi otisnuti.

U 18. stoljeću je propusni tisak došao u Europu, te se prvotno u Engleskoj koristio za dekoraciju zidova. Ljudska kosa kao mrežica više nije bila prihvatljiva jer nije mogla reproducirati složenije oblike.

Mladi slikar znakova iz Manchestera, Samuel Simon, vidjevši otiske propusnog tiska iz Azije, počeo se zanimati za proces propusnog tiska te s vremenom shvaća da bi svoj posao mogao unaprijediti baš tom tehnikom. Osmislio je drveni okvir preko kojeg je nategnuo svilenu mrežicu i razvio emulziju kojom je slikao po svilenom mrežici i na taj način zatvarao očice mrežice i blokirao prolaz boje. Godine 1907. Njegov je patent proglašen prvim patentom za propusni tisak.

Nekoliko godina kasnije, John Pilsworth u San Franciscu koristio je nekoliko šablona na različitim okvirima, te je svaki otisnuo drugom bojom i tako prvi

napravio višebojni propusni tisak, koji je pokrenuo revoluciju plakata za vrijeme Prvog svjetskog rata. Ova metoda je još poznata i kao *serigrafija* koju su kasnije koristili mnogi umjetnici poput Andy Warhola i Guy Maccoya. [1]

Početkom 1910. godine započelo se eksperimentirati sa nanašanjem fotoosjetljivih materijala na svilenu mrežicu, te se proces štavljenja aktivirao osvjetljavanjem. Roy Beck, Edward Owens i Charles Petar su otkrili sol kromne kiseline koja je bila sastavni dio emulzije za formiranje fotoosjetljive šablone. Danas se koriste netoksični fotoosjetljivi materijali za formiranje šablone. [2]

Nakon Drugog svjetskog rata svilena mrežica zamjenjena je novim polimerom zvanim poliester, koji je bio puno jeftiniji, pouzdaniji, jači i omogućavao je višekratnu upotrebu. Američki umjetnik i poduzetnik Michael Vasilantone je 1960. godine počeo razvijati i prodavati rotacioni višebojni stroj za propusni tisak na tkaninu. Prvenstveno je taj stroj bio korišten za tisak logotipa kuglačkih timova na majice. Za ovaj izum je odobren patent i nakon toga je došlo do naglog skoka u proizvodnji otisnutih majica. Danas je oko 50% tiska propusnim tiskom, tisak na tkaninu. [3]

2.2. PROPUSNI TISAK

Propusni tisak je, kao što mu samo ime kaže, tisak kod kojeg se boja protiskuje kroz tiskovne elemente na tiskovnu podlogu. Nastao je iz šablonskog tiska, koji ima jedan veliki nedostatak, poveznice unutar motiva što ograničava dizajn, dok je kod propusnog tiska taj nedostatak uspješno riješen korištenjem mrežica.

Velika prednost propusnog tiska je njegova široka primjena, iako je tehnika jako spora. Propusni tisak primjenjiv je kod proizvodnje i obrade stakla, metala i plastike, keramike, elektronskih komponenti, tekstila, u grafičkoj industriji i za oplemenjivanje površina. Prema tome zaključujemo kako tiskovne podloge na koje propusni tisak može otiskivati, mogu biti razne, od stakla, metala, keramike, kartona, tekstila, drva i ostalog. Format tiskovne podloge može sezati do 4 x 6 metara, što su najčešće staklene tiskovne podloge.

Prijenos boje kod propusnog tiska je direktan, a boja se prenosi pomoću rakela. Boje koja se koriste kod propusnog tiska su pastozne, a nanos bojila je najveći od svih tehnika tiska. [4]

2.3. TISKOVNA FORMA PROPUSNOG TISKA

Tiskovna forma propusnog tiska naziva se sito. Sito predstavlja mrežica napeta na okvir, te materijal kojim se zatvaraju očice mrežice te tvore slobodne površine.

2.3.1. OKVIRI ZA TISKOVNU FORMU PROPUSNOG TISKA

Funkcija okvira kod forme propusnog tiska jest da drži čvrsto napetu mrežicu na kojoj će se nalaziti šablona. Upravo zbog toga je važno da je okvir što otporniji na mehaničku deformaciju za vrijeme izrade šablone i tiska, na kemikalije koje se koriste u izradi šablona, u otapalima, bojama i sredstvima za čišćenje.

Veličina okvira ovisi o površini koju otiskujemo. Važno je da postoji površina izvan šablone za manipulaciju bojom. [5]

2.3.1.1. VRSTE OKVIRA ZA TISKOVNU FORMU PROPUSNOG TISKA

Materijali od kojih okviri za propusni tisak mogu biti rađeni su drvo i metal.

Drveni okviri su lagani za rukovanje, ali njihova upotreba se ograničava na manje formate zbog mehaničke deformacije drva. Također, drveni okviri nisu pogodni za precizne otiske registra zbog bubrenja i sakupljanja drva uslijed promjene vlažnosti i temperature. Upravo zbog toga što je drvo dimenzionalno nestabilnije od metala, vijek trajanja drvenih okvira je kraći. Drveni okviri se prije upotrebe trebaju dobro pobrusiti, tako da površina bude glatka kako ne bi došlo do oštećivanja mrežice na eventualnim oštrim rubovima. Nakon brušenja drvene okvire je potrebno prelakirati nakon čega su spremni za sigurno napinjanje mrežice. Mrežica se kod drvenih okvira najčešće pričvršćuje ljepljenjem i šivanjem žicom.

Metalni okviri se najčešće rade od aluminijskog, čelika i željeza. Kako je aluminij gotovo tri puta manje krut od čelika, potrebno je povećati površinu poprečnog presjeka, ojačati stijenke ili upotrijebiti alternativni profil presjeka kako bi mu se dala slična snaga. Aluminijski okviri nemaju veliku masu zbog izrazito male

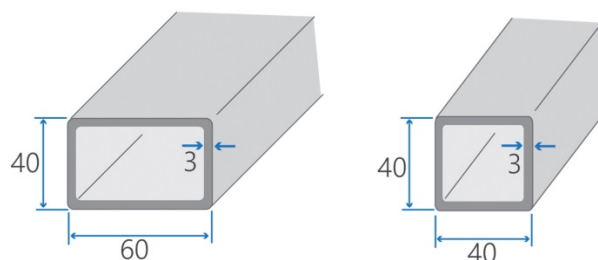
specifične gustoće aluminija, otporni su na koroziju, koriste se za napinjanje svih vrsta svila, jeftini su i lako se čiste, što su prednosti ovakvih okvira. Ali to što nisu u potpunosti otporni na kiseline i lužine i što su manje kruti od čelika predstavlja njihove nedostatke.

Čelični okviri su poput aluminijskih jeftini, ali zbog dobre krutosti njihov poprečni presjek može biti manji nego kod aluminijskih okvira. Nedostatci ovakvih okvira su njihova velika masa, osjetljivost na koroziju zbog koje ih je potrebno odgovarajuće štiti.

Kao što je već spomenuto, važno je da okviri nemaju oštre rubove kako ne bi došlo do oštećenja mrežice, iz tog razloga je važno da se okviri prije upotrebe predtretiraju. Metalni okviri za propusni tisak koji su pjeskareni moraju se prvotno temeljno odmastiti otapalom, nakon čega se premazuju istim ljepilom koje će se poslije koristiti za ljepljenje mrežice.

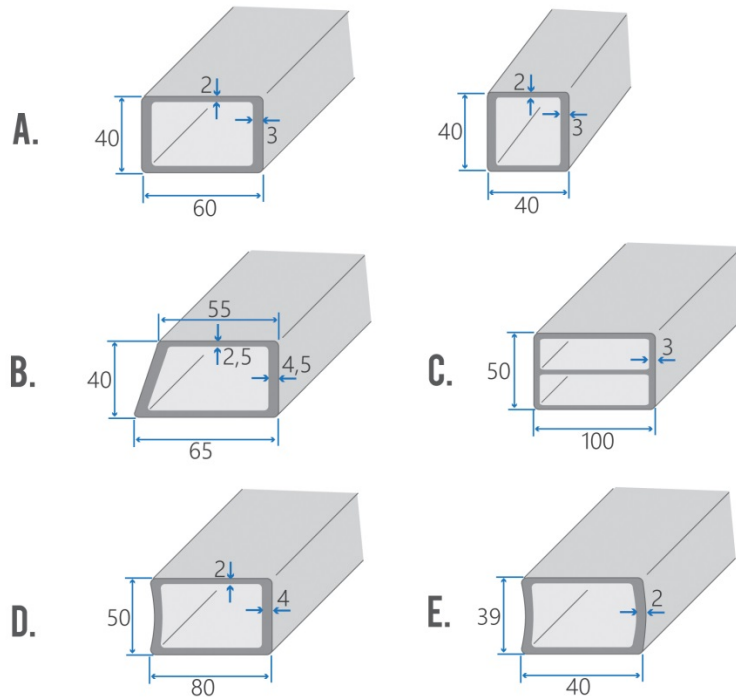
Metalni okviri za propusni tisak koji nisu pjeskareni, te je njihova površina glatka, moraju se ogrubjeti prije upotrebe, te se na isti način skida zaostalo ljepilo s korištenih okvira.

Osim materijala, debljina stijenki i tip presjeka su faktori koji utječu na dimenzionalnu stabilnost okvira. Kod pravokutnih presjeka su debljine stijenki identične dok se dužina stijenki mijenja, takvi presjeci okvira prikazani su na slici 1.



*Slika 1. Pravokutni presjeci okvira
identične debljine stijenke*

Specijalni presjeci mogu imati pojačane okomite stijenke, unutrašnji kosi rub, unutrašnji podupirač, konkavni rub, konkavni rub prema van, L presjek, ravnu čeličnu traku za tisak na CD-e. Na slici 2. je prikazano kako presjeci izgledaju. [5]



Slika 2. Specijalni presjeci okvira: a)pojačane okomite stijenke, b)unutrašnji kosi rub, c) s unutrašnjim podupiračem, d)konkavni rub, e)konkavni rub prema van

2.3.1.2. NAPINJANJE MREŽICE NA OKVIR

Napinjanje mrežice za propusni tisak na okvire moguće je izvršiti na tri načina od kojih svaki ima različiti stupanj preciznosti: ručno napinjanje, mehaničko napinjanje i pneumatsko napinjanje.

Ručno napinjanje mrežice se najčešće koristi za napinjanje na drvene okvire i za otiskivanje na čvrste predmete zbog nemogućnosti ujednačenog napinjanja rukom. Tako napeti okviri se moraju ljepiti i šivati žicom, s čime treba biti oprezan da se ne ošteti mrežica.

Mehaničko napinjanje se izvodi uređajem koji proizvodi sile napinjanja u smjeru osnove i u smjeru potke. Kod ovakvog napinjanja moguće je namjestiti okvir pod nekim kutem, kako bi se izbjegao Moire kod višebojnog otiskivanja ili je moguće napinjati više okvira istovremeno što povećava produktivnost.

Pneumatsko napinjanje mrežice se izvodi strojevima koji se sastoje od mnogo stezača za pojedinačno napinjanje, ali zbog međusobne povezanosti djeluju usklađeno. Količina pojedinačnih stezača koje pokreće komprimirani zrak ovisi o veličini okvira na koji se mrežica napinje. Prednost ovakvog načina napinjanja mrežice jest u tome da okvir dobiva potrebnu prednapetost jer se stezači opiru o okvir prilikom napinjanja, a upravo ta prednapetost jamči da napetost neće oslabjeti nakon lijepljenja.

Napetost mrežice koja je dopustiva ovisi o otpornosti na pucanje određene mrežice za propusni tisak. Kvaliteta otiska ovisi o savršeno kontroliranoj napetosti mrežice za propusni tisak. Napetost se mjeri njutn-testerom i izražava u njutnima po centimetru (N/cm).

Također postupci napinjanja mogu se podjeliti na standardne i brze. Standardnim postupkom napinjanja svila se dovodi do željene napetosti za jednu do tri minute, te se pričekava deset minuta prije lijepljenja kako bi se ona malo opustila i nakon toga se opet poveća napetost do željene vrijednosti. Ponavljanjem tog postupka sprječava se gubitak napetosti.

Postupak brzog napinjanja je postupak kod kojeg se mrežica napne do napetosti oko 15% veće od željene i tako zalijepi. Kod ovog postupka nema čekanja da se mrežica opusti, već se to događa nakon lijepljenja.

Napeta mrežica za propusni tisak se unutar 24 sata nakon napinjanja opusti 10-20%, ovisno o načinu i uređaju napinjanja, stabilnosti okvira, originalnoj napetosti mrežice i vremenu čekanja prije lijepljenja. Iz tog razloga bi okviri sa napetim mrežicama trebali mirovati 24 sata prije izrade tiskovne forme. [5]

2.3.1.3. LIJEPLJENJE MREŽICA NA OKVIR

Prije lijepljenja mrežice na okvir potrebno je okvir pripremiti tako da ga se temeljito očisti, jer na okviru ne smije biti tragova ni masti ni prašine. Prvo se sa okvira čiste ostaci boje i ljepila, a oštri rubovi se moraju zaobliti. Nakon toga slijedi odmaščivanje s otapalom, i brzo lijepljenje mrežice kako se okviri ne bi ponovno onečistili.

Prije lijepljenja potrebno je na okviru zabilježiti marku mrežice za propusni tisak, broj tkanja i promjer niti, broj role/pošiljke, napetost, datum i inicijale rukovatelja.

Prilikom lijepljenja je važno da se osigura potpuni kontakt između mrežice i okvira i da rubovi okvira budu temeljito zalijepljeni za mrežicu.

Ljepila koja se koriste za lijepljenje mrežice na okvir za propusni tisak dijele se na: dvokomponentna ljepila, rezervna ljepila, UV ljepila i kontaktna ljepila.

Dvokomponentna ljepila su smjesa ljepila i učvršćivača, a prednost im je što su otporna na otapala. Miješanje dviju komponenta ovog ljepila odvija se neposredno prije upotrebe u pravilnim omjerima. Reakcija između ljepila i učvršćivača počinje već u posudi, te su stoga takva ljepila kratkog vijeka. Sušenje ovih ljepila odvija se u dvije faze: prvo ispari otapalo, a zatim započinje kemijski proces sušenja. Vrijeme isparavanja ovisi o mnogo faktora poput finoće mrežice, napetosti mrežice, debljine sloja ljepila, temperature i relativne vlažnosti zraka.

Rezervna ljepila se prvo stavljaju na okvir te se okvir kao takav može pohraniti na neodređeno vrijeme. Aktivacija ovakvog ljepila postiže se premazivanjem acetonom ili nekim drugim sredstvom za aktiviranje. Potrebno je završno lakiranje zalijepljenog sloja.

UV ljepila se sastoje od jedne komponente, a suše se uslijed izlaganju ultraljubičastoj svjetlosti, što se odvija jako brzo. Prednost ovih ljepila je da su otporna na otapala.

Kontaktna ljepljiva lijepila lijepe vrlo brzo te je okvir nakon nekoliko minuta sušenja spreman da se izvadi iz napinjača. Ova ljepljiva se nanose na okvir i na napetu mrežicu. Kada se ljepljivo osuši, obje površine na koje je nanoseno ljepljivo se pritisnu zajedno. Nedostatak ovakvih ljepljiva je neotpornost na jaka otapala, te je kao i kod rezervnih ljepljiva potrebno završno lakiranje zalijepljenog sloja. [5]

2.3.2. MREŽICE ZA TISKOVNU FORMU PROPUSNOG TISKA

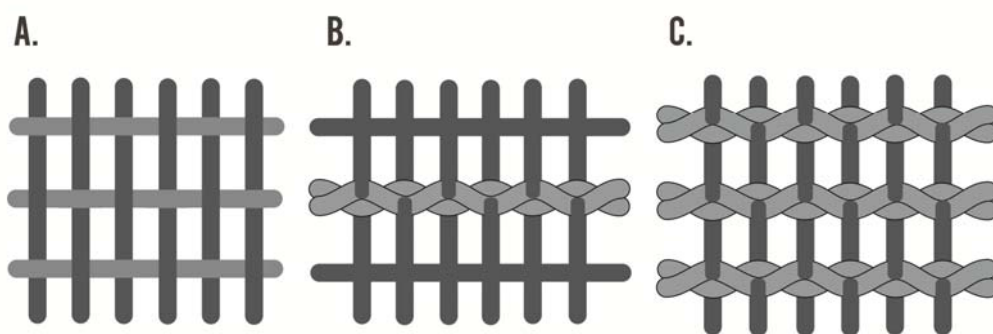
Funkcija mrežice kod forme propusnog tiska je da na sebi nosi šablonu te na mjestima tiskovnih elemenata propušta boju, a na mjestima slobodnih površina ne propušta boju. Mrežice se sastoje od dva dijela: osnove tkanja i potke. [6]

2.3.2.1. VRSTE MREŽICA ZA TISKOVNU FORMU PROPUSNOG TISKA

Mrežice koje se napinju na okvir i zajedno s okvirom i šablonom čine tiskovnu formu za propusni tisak mogu biti načinjene od različitih materijala: od prirodnih, sintetskih i metalnih materijala.

Prirodni materijali za izradu mrežica prvi su materijali koji su korišteni. Bili su to svila i pamuk te se još danas mogu koristiti, ali jako rijetko zbog svojih loših mehaničkih svojstava. Svila može izdržati do sto pranja emulzije, a pamuk deset. Velika mana svile jest njeno pucanje prilikom skidanja mrežice s okvira i visoka cijena.

Prirodne mrežice mogu biti tkane na tri načina: obično tkanje, tift tkanje i mlinarsko tkanje. Obično tkanje ima najlošija mehanička svojstva, tift tkanje ima najbolja mehanička svojstva dok mlinarsko tkanje ima srednje dobra mehanička svojstva. Kako koje tkanje izgleda, prikazano je na slici 3.



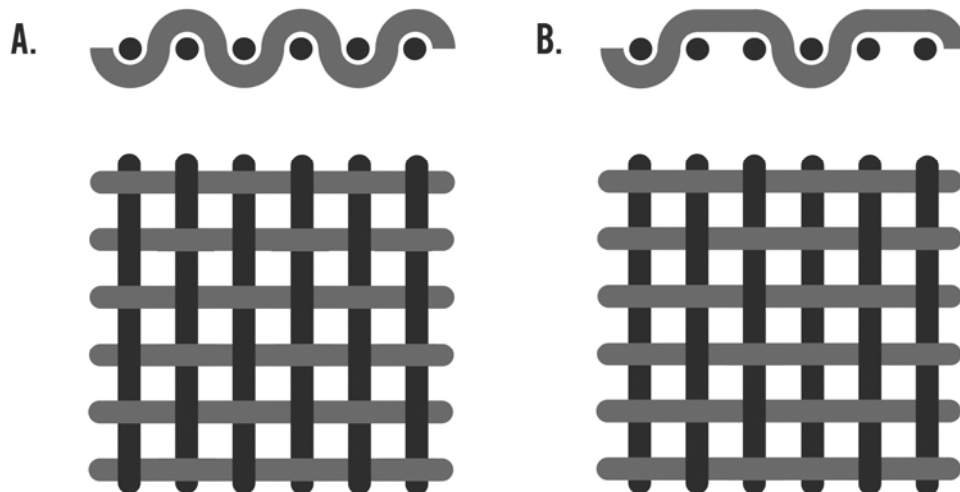
Slika 3. Načini tkanja prirodne mrežice: a) obično tkanje, b) mlinarsko tkanje, c) tift tkanje

Sintetski materijali koji se najčešće koriste pri izradi mrežica su poliester, odnosno PET i poliamid, odnosno PA ili bolje poznat kao najlon koji je najstariji materijal za sintetske mrežice. Koristi se još i perlon.

Poliester i poliamid imaju različita svojstva te se prema svojstvima i karakteristikama bira koja će se mrežica kada koristiti. Polister za razliku od poliamida puno otporniji na istezanje dok poliamid ima odličnu mehaničku trajnost. Obje mrežice imaju vrlo dobru otpornost na abraziju. Poliamid ima mogućnost veće apsorpcije vlage što dovodi do pomaka registra pri višebojnom tisku te je lošija otpornost na svjetlost i temperaturu. Još jedno svojstvo po kojem ćemo birati koju mrežicu ćemo koristiti jest otpornost na kemikalije. Poliamid je otporan na lužine, dok je poliester otporan na kiseline, ali su oba materijala otporna na otapala, što je od velike važnosti, zbog učestalog korištenja otapala kod propusnog tiska te ponovnog korištenja iste mrežice.

Kako bi se smanjila propusnost potrebno je mrežice kalandrirati jer se na taj način povećava debljina niti mrežica. Kalandrirati se može jednostrano ili obostrano te se ovisno o načinu kalandriranja smanjuje propusnost. Dakle, ukoliko je mrežica kalandrirana s rakelske strane propusnost se smanjuje za 10 do 15%, a ukoliko je kalandrirana s podložne strane propusnost je smanjena za 15 do 25%.

Sintetske mrežice mogu biti tkane na dva načina: obično tkanje, s oznakom PW i keper tkanje, s oznakom TW. Razlika je što kod običnog tkanja omjer preplitanja osnove tkanja i potke je 1:1, a kod keper tkanja taj omjer može biti 2:1, 2:2 i 3:3, što je i vidljivo na slici 4.



*Slika 4. Način tkanja sintetske mrežice:
a)obično tkanje PW, b)keper tkanje TW(2:1)*

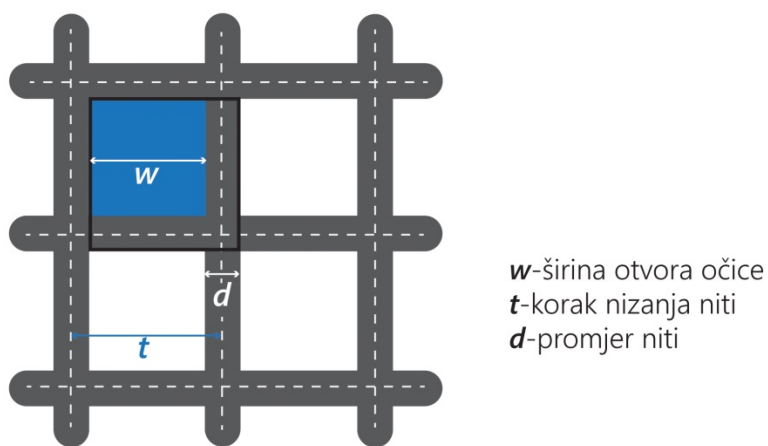
Sintetske mrežice se mogu i obojavati kako bi im se produljilo vrijeme osvjetljavanja. U tom slučaju se mrežice oboje u žutu boju koja je komplementarna plavom dijelu spektra kojim se mrežice osvjetljavaju. Žute mrežice svo zračenje plavog djela spektra apsorbiraju te nema refleksije kao kod bijelih mrežica pa ne dolazi do osvjetljavanja susjednih slobodnih površina i omogućeno je dulje osvjetljavanje. Rezultat su čiste tanke linije, polutonovi i tekst.

Osim prirodnih poliesterskih materijala, poznati su metalni materijali za izradu mrežice. Metalne mrežice se najčešće rade od antikorozivnih materijala poput nikla i kroma. Prednost metalnih mrežica je što podnose visoke temperature te zato omogućuju tisak na keramiku. Ovakve mrežice koriste se samo za tisak malih formata zbog svoje krтости. Najveći problem metalnih mrežica su neravnine na mjestima gdje se presjecaju osnova i potka mrežice.

[7]

2.3.2.2. GEOMETRIJA MREŽICA

Geometrija mrežice za propusni tisak opisuje dvodimenzionalne i trodimenzionalne karakteristike strukture mrežica. Geometrija mrežice utječe na mnoge parametre poput definicije ruba otiska, karakteristike propuštanja boje, gustoće boje, potrošnje boje, brzine sušenja boje, mogućnosti tiskanja finih linija i polutonova, brzine tiskanja. Na slici 5. najjasnije su prikazane karakteristike mrežice.



Slika 5. Karakteristike mrežice

Kako bi se mogle opisati sve karakteristike strukture mrežica, potrebne su osnovne karakteristike, a to su broj niti po dužnom centimetru, definiran kao linijatura s oznakom n , i debljina niti s oznakom d .

Veličina očice mrežice, oznake w , opisuje širinu očice od susjednih niti osnove i potke izraženu u mikrometrima. Korak nizanja niti, oznake t , izražava se zbrojem veličine očice i debljine niti. Otvorenost mrežice predstavlja:

$$\alpha_0 = \frac{w^2}{t^2} * 100\% \quad (1)$$

Kada mrežica ima otvorenost 45,5%, tada je njena otvorena površina 45,5%, a zatvorena, odnosno nepropusna površina 54,5%. Otvorenost mrežice koristi se s debljinom mrežice pri izračunavanju teoretskog volumena boje, V_{th} .

Volumen otvora mrežice određuje količinu boje koju mrežica može prihvatiti. U realnim uvjetima stupanj u kojem se mrežica napuni ovisi o brzini rakela, oštrici rakela i konzistenciji boje, ali kako bi takav način izračuna bio prekomplikiran, teoretski volumen osigurava praktičniju mogućnost određivanja potrošnje boje. Teoretski volumen izražava se u cm^3/m^2 , a predstavlja:

$$V_{th} = \frac{\alpha_0 * D}{100} \quad (2)$$

Iz teoretskog volumena boje moguće je izračunati i osnovnu potrošnju boje, M_f . Osnovna potrošnja boje izražava se u m^2/Lt , a predstavlja:

$$M_f = \frac{1000}{V_{th}} \quad (3)$$

Ukoliko bi se u obzir uzeli apsorpcija tiskovne podloge i postotak razrjeđivača u boji, točnost potrošnje boje bi se povećala. [5]

2.3.2.3. NOMENKLATURA MREŽICA

Nomenklatura mrežica je zadnjih godina promijenjena te je prije nomenklatura umjesto debljine niti u mikrometrima, sadržavala oznaku S, M, T i HD, ovisno o debljini mrežice o kojoj se radilo.

Sada puna oznaka mrežice sadrži sedam varijabli:

PET 1000 150-27 Y PW OSC

Kod ove oznake PET označava materijal od kojeg je mrežica izrađena, može biti i PA. Parametar 1000 predstavlja kakvoću izrade mrežice, osim 1000 postoji još i 2000. Sljedeći parametar 150 predstavlja broj niti po dužnom centimetru, a 27 debljinu niti u mikrometrima. Parametar Y označava boju mrežice što u ovom slučaju znači yellow, žuta, a druga mogućnost je W, white, bijela. PW predstavlja način tkanja, moguće je još osim običnog tkanja i keper tkanje, TW. Zadnji parametar predstavlja način kalandriranja. U ovom slučaju OSC predstavlja jednostrano kalandriranje, a TSC obostrano kalandriranje. [6]

2.3.3. IZRADA TISKOVNE FORME PROPUSNOG TISKA

Izradom tiskovne forme se na mrežicu napetu na okvir nanosi materijal koji će zatvoriti očiće mrežice na mjestima gdje boja ne smije prolaziti i tvoriti slobodne površine. Mjesta gdje se materijal neće nalaziti te će boja slobodno prolaziti kroz očiće mrežice, predstavljaju tiskovne elemente. Prije izrade tiskovne forme potrebno je pripremiti mrežicu odmašćivanjem kojim se uklanjaju masnoće nanešene rukovanjem i prašina. Odmašćivanje se vrši proizvodima koji se nabavljaju od proizvođača mrežica tako da se nanese sredstvo preko vlažne mrežice i iščetka mekom četkom, nakon par minuta se ispere vodom pod velikim pritiskom. Nikako se ne smiju koristiti sredstva za kućanstvo zbog kemijskih dodataka koje sadrže i koji mogu smanjiti prijanjanje emulzije na mrežicu. Nakon odmašćivanja, mrežica se ne smije dirati i emulzija se mora odmah nanositi. [8]

2.3.3.1. IZRADA FILMOVA

Filmovi za izradu tiskovne forme u propusnom tisku moraju biti pozitivski filmovi, stranično ispravni. Filmovi se mogu izraditi ručno, fotografski i digitalno. Ručni filmovi se mogu izrađivati crtanjem po transparentnoj poliesterskoj foliji i izrezivanjem maskirnog filma koji se sastoji od poliesterske podloge i UV nepropusnog sloja. Izrezivati se može specijalnim nožem ili računalno kontroliranim rezačem.

Fotografski filmovi se proizvode na laserskim osvjetljivačima, tako da se podaci sa računala prenose putem procesora rasterske slike i prevode u strojni jezik osvjetljivača.

Digitalni način izrade filmova se još naziva i CtS, odnosno *Computer to Screen*. Ovakav način jest najnoviji način za izradu filmova, pri kojem se podaci iz računala prenose putem procesora rasterske slike u *inkjet ploter* koji prska UV nepropusnu boju izravno na oslojenu mrežicu. Mrežica se zatim eksponira i ispire na isti način na koji se pomoću filmova izrađuju gotove tiskovne forme. Prednost CtS načina jest što se zapravo ne izrađuje film, niti je on potreban za daljnu izradu, već se na ovaj način izrađuje gotova tiskovna forma.[9]

2.3.3.2. MEHANIČKA IZRADA TISKOVNE FORME

Mehanička izrada tiskovne forme vrši se ručnim rezanjem materijala i oblikovanjem slike motiva koji želimo otiskivati, u negativu. Postoje tri vrste mehaničke izrade tiskovne forme. Prva, odnosno izrada ručnim rezom proizvodi izrazito oštre rubove na otisku te se zato koristi za tisak slovnih znakova i tisak na velike čvrste predmete. Izrada ručnim rezom izrađuje se posebnim nožem, poput zakretnog noža i mnogih drugih.

Druga vrsta je vodotopivi ručno rezani film. Prednost ove vrste je njeno dobro prijanjanje uz mrežicu zbog površinske napetosti vode. Ovakvom tiskovnom formom mogu se otiskivati sve boje koje su na bazi otapala, a film se s mrežice lako uklanja toplom vodom.

Celulozni ručno rezani film, treća vrsta mehaničke izrade tiskovne forme, najkompliciranija je za upotrebu zbog prethodnog odmašćivanja točno određenim sredstvom i upotrebe otapala za savršeno prijanjanje na mrežicu. Ovakve tiskovne forme upotrebljavaju se samo za boje na bazi vode.

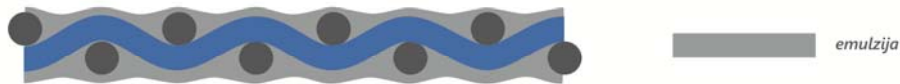
Kod mehaničkih tiskovnih formi može doći do problema, a najčešći uzroci problema su prašina na mrežici ili filmu pri lijepljenju, deformacije filma prilikom lijepljenja na mrežicu, tekućina za povezivanje koja može stvarati bubrenje na rubovima filma, sušenje na visokim temperaturama i slab kontakt prilikom povezivanja. [5]

2.3.3.3. IZRADA TISKOVNE FORME FOTOOSJETLJIVIM MATERIJALIMA

Tiskovne forme od fotoosjetljivih materijala izrađuju se od emulzije koja je osjetljiva na plavo-ljubičasti dio spektra te se pod djelovanjem plavo-ljubičastog dijela spektra mijenja, odnosno dolazi do netopivosti. Dijelovi emulzije na koje ne djeluje plavo-ljubičasti dio spektra ostaju topivi u vodi, a osvijetljeni dijelovi su netopivi u vodi. [10]

2.3.3.3.1. DIREKTNA IZRADA TISKOVNE FORME S EMULZIJOM

Kod direktne izrade tiskovne forme s emulzijom je mrežica s obje strane prekrivena emulzijom, što je vidljivo na slici 6. te je ovakva tehnika izrade tiskovne forme jedina tehnika koja to omogućava. Mehanička otpornost ovih tiskovnih formi je veoma dobra i upravo zbog dobre mehaničke otpornosti broj otisaka koji mogu izdržati je 50 000 do 75 000. Otporne su na otapala, a oštrina može biti dobra do vrlo dobra. Moguće je tiskati na ravne i neravne predmete.



Slika 6. Mrežica nakon direktne izrade tiskovne forme s emulzijom

Prije nanašanja emulzije na mrežicu potrebno je provesti odmaščivanje. Nakon odmaščivanja mrežica se mora osušiti na sobnoj temperaturi kako bi se uklonila sva voda. Sljedeći korak je nanošenje fotoosjetljive emulzije koja se nanosi s podložne i rakelske strane mrežice. Fotoosjetljiva emulzija se nanosi odgovarajućim navlakačem emulzije s podložne strane jednom do dva puta, postupkom vlažno na vlažno. Materijal od kojeg je izrađen navlakač emulzije je čelik zbog kiselih komponenti u fotoosjetljivoj emulziji. Sušenje nanešene emulzije vrši se vodoravno na temperaturi do maksimalno 40°C. Nakon sušenja nanose se dodatni premazi emulzije s rakelske strane kako bi se izgladile neravnine, što se može ponavljati jedan do četiri puta. Potrebno je ponovno sušenje nakon dodatnog premazivanja također vodoravno na temperaturi do maksimalno 40°C.

Osvijetljavanje je postupak kojim se preko filma plavo-ljubičastim dijelom spektra osvijetljava fotoosjetljiva emulzija nanešena i osušena na mrežici. Izvor svjetlosti mogu biti metal halogene lampe, živine lampe, živine halogene lampe i živine lampe punjene visokim tlakom. Osim izvora svjetlosti, važno je što bolje odrediti vrijeme osvijetljavanja.

Nakon osvijetljavanja, potrebno je razviti tiskovnu formu, odnosno odvojiti neosvijetljene vodom topive tiskovne elemente. Razvijanje se odvija umjerenim mlazom vode temperature propisane od proizvođača fotoosjetljive emulzije. Rakelska strana se dodatno nakon razvijanja ispiri jakim mlazom vode. Vlaga preostala na tiskovnoj formi uklanja se prislanjanjem novinskog papira ili opremom za usisavanje vode. Naknadno se tiskovna forma suši u komori za sušenje.

Kada je tiskovna forma gotova, mogu se primjetiti greške do kojih je moglo doći prilikom osvijetljavanja ili razvijanja, te je takve greške moguće ispraviti retuširanjem istom fotoosjetljivom emulzijom korištenom u izradi tiskovne forme.

Prilikom izrade tiskovne forme može doći do raznih pogrešaka poput *fish eye*, koji se definira kao neravnina koju uzrokuje ili nečistoća na mrežici ili nedovoljno promješana fotoosjetljiva emulzija. Osim *fish eye*, mogu se stvarati mjehurići ukoliko se fotoosjetljiva emulzija prebrzo nanosi na mrežicu. Probleme može stvarati i nedovoljno skrućena emulzija, ukoliko je prekratko osvijetljavanje, premala koncentracija senzibilizatora u fotoosjetljivoj emulziji ili je intenzitet lampi za osvijetljavanje oslabio. Kako bi se dobili što bolje izraženi detalji, potrebno je koristiti mrežicu obojenu u žutu boju koju je moguće i 75% do 125% duže osvjetljivati. Do gubitka detalja i tankih linija može doći i zbog efekta nazubljenosti, koji se javlja zbog pretanko nanosene fotoosjetljive emulzije s podložne strane mrežice. Ukoliko se fotoosjetljiva emulzija osvjetljava duže od preporučenog može doći do teškog skidanja s mrežice. [10]

2.3.3.3.2. DIREKTNA IZRADA TISKOVNE FORME S FILMOM I EMULZIJOM

Kod direktne izrade tiskovne forme s filmom i emulzijom rakelska strana mrežice je prekrivena emulzijom, a podložna filmom, što je vidljivo na slici 7. Mehanička otpornost ovih tiskovnih formi je jako dobra te je to razlog velikog broja otisaka koji mogu izdržati, 20 000 do 50 000. Tiskovne forme s filmom i emulzijom su otporne na otapala, a oštrina kontura koju postižu je vrlo dobra. Poput tiskovnih formi s emulzijom, koriste se za tiskanje na ravne i neravne plohe, te nisu upotrebljive ponovno.



Slika 7. Mrežica nakon direktne izrade tiskovne forme s filmom i emulzijom

Izrada direktne tiskovne forme s filmom i emulzijom započinje na isti način kao izrada direktne tiskovne forme s emulzijom, odmašćivanjem i sušenjem mrežice na sobnoj temperaturi. Postupak nanašanje fotoosjetljive emulzije na mrežicu razlikuje se od nanašanja emulzije kod izrade direktne tiskovne forme s emulzijom. Potrebno je prvo kopirni predložak, odnosno film, staviti na staklo na način da je transparentna podložna folija na strani u doticaju sa staklom. Mrežica se zatim stavlja na kopirni predložak da dođe u kontakt s filmom, prilikom čega se treba izrazito paziti da prašina ne dođe u kontakt s filmom ili mrežicom. Fotoosjetljiva emulzija se nanosi s rakelske strane mekanim rakelom i ostavi 3 minute da miruje. Nakon mirovanja slijedi sušenje emulzije na temperaturi do 40°C, skidanje podložne folije s filma te daljnje sušenje.

Za pravilno osvjetljavanje je važno dobro odrediti vrijeme osvjetljavanja, zbog boljeg prijanjanja i duljeg trajanja tiskovne forme. Razvijanje se vrši hladnom vodom, nakon čega slijedi uklanjanje viška vode papirom ili uređajem za usisavanje vode i sušenje na sobnoj temperaturi. Retuširanje nastale tiskovne forme je završni korak izrade direktne tiskovne forme s filmom i emulzijom. [11]

2.3.3.3.3. DIREKтна IZRADA TISKOVNE FORME S FILMOM I VODOM

Direktna izrada tiskovne forme s filmom i vodom samo je s jedne strane mrežice, podložne, prekrivena emulzijom, a s rakelske strane je sama mrežica, što je prikazano na slici 8. Mehanička otpornost ovih tiskovnih formi je lošija nego tiskovnih formi samo s emulzijom i s emulzijom i filmom, upravo zbog prekrivenosti samo jedne strane mrežice. Zbog svoje mehaničke otpornosti, broj otisaka koji mogu izdržati je u rasponu od 10 000 do 30 000 te mogu tiskati na ravnim i samo nekim neravnim predmetima. Prednost je što oštrinu kontura postižu istu kao i tiskovne forme s emulzijom i filmom i lako su ponovno upotrebljive.



Slika 8. Mrežica nakon direktne izrade tiskovne forme s filmom i vodom

Prvi korak odmaščivanje isti je kao kod izrade svake tiskovne forme. Nakon odmaščivanja slijedi vlaženje sredstvom za vlaženje koje potiče formiranje jednolikog vodenog filma na mrežici, a on olakšava siguran prijenos kapilarnog filma. Prednost ovog postupka jest što nije potrebno sušenje nakon odmaščivanja i što se smanjuje mogućnost nanosa prašine na mrežici prije nanašanja kapilarnog filma. Nanašanje kapilarnog filma moguće je izvršiti dvjema metodama: indirektnom i direktnom. Kod indirektno metode koristi se kapilarni film malih dimenzija, koji se nanosi na staklo tako da mu je podložna folija sa strane stakla. Mrežica se dovodi u kontakt s filmom te se kapilarnim djelovanjem prihvaća za film. Višak vode potrebno je istisnuti rakelom. Kod direktnog načina nanašanja kapilarni filmovi su namotani u role te se vlaže i nanose na mrežicu koja je u vertikalnom položaju. Sušenje filma vrši se na sobnoj temperaturi te se nakon skidanja podložne folije nastavlja sušenje. Kod velikih formata potrebno je dodatno pojačati adheziju kapilarnog filma te se na rakelsku stranu nanosi fotoosjetljiva emulzija.

Za pravilno osvjetljavanje važno je odrediti optimalno vrijeme osvjetljavanja. Podložna strana se prva razvija, dok motiv koji se otiskuje ne bude u potpunosti jasan. Nakon podložne, razvija se i rakelska strana vodom te se višak vode uklanja papirom ili uređajem za usisavanje vode. Retuširanje je zadnji korak u izradi tiskovne forme s filmom i vodom. [11]

2.3.3.3.4. *INDIREKTNA IZRADA TISKOVNE FORME*

Kod indirektne izrade tiskovne forme, materijal za zatvaranje očica mrežica u obliku motiva koji se otiskuje, zasebno se izrađuje i tek onda nanosi na mrežicu. Ovakve tiskovne forme su male debljine, što je vidljivo na slici 9. i nemaju utjecaj svojom debljinom na volumen otisnute boje. Prednost tiskovnih formi izrađenih indirektnom tehnikom jest što boja mrežice nema nikakvu ulogu jer se fotoosjetljivi materijal ne osvjetljava na mrežici već prije te ovakav način izrade tiskovne forme omogućava oštre konture. Nedostatak bi moglo predstavljati nedovoljno vezan materijal za mrežicu, što može dovesti do brzog trošenja tiskovne forme te se iz tog razloga navodi njihova slaba mehanička otpornost i mogućnost otiskivanja samo 2000 do 5000 otisaka i to samo na ravne podloge.



Slika 9. Mrežica nakon indirektne izrade tiskovne forme

Mrežicu je potrebno prije upotrebe o grubjeti na podložnoj strani silikon karbidom 500 te odmastiti sredstvima za odmašćivanje. Fotoosjetljivi indirektni film osvjetljava se preko kopirnog predloška, pri čemu je važno pravilno odrediti vrijeme osvjetljavanja. Kako bi se osvjetljeni film učvrstio, uranja se u kupku hidrogen-peroksida, H_2O_2 . Nakon što je indirektni film osvjetljen i učvršćen, potrebno ga je razviti u toploj vodi, tako da je emulzijska strana okrenuta prema gore. Dodatno je potrebno film temeljito isprati hladom vodom.

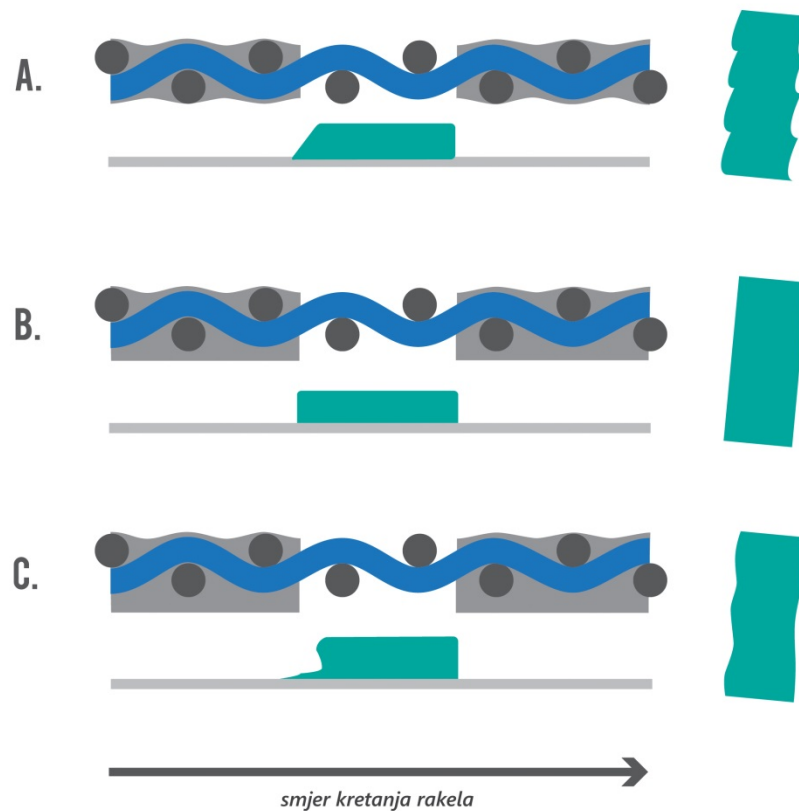
Indirektni film je nakon razvijanja potrebno nanijeti na mrežicu. Film s emulzijom se stavlja na staklenu podlogu s emulzijom okrenutom prema gore. Vlažnu mrežicu je potrebno dovesti u kontakt s filmom i pustiti da se film pričvrsti za nju. Višak vode se skida na rakelskoj strani novinskim papirom. Nakon što je film pričvršćen za mrežicu, potrebno je tiskovnu formu sušiti na

sobnoj temperaturi. Tek kada je tiskovna forma dovoljno suha, poliesterska podložna folija se skida s emulzije. Naknadno je moguće retuširati mjesta na kojima su nastala oštećenja.

Najveća pogreška kod indirektnih tiskovnih formi za sitotisak je slabo prijanjanje filma za mrežicu. Do te pogreške dolazi zbog nedovoljno ogrubjele mrežice, nedovoljno odmašćene mrežice, predugog vremena osvjetljavanja, neaktivnog i lošeg razvijaača ili sušenja filma toplim zrakom. [12]

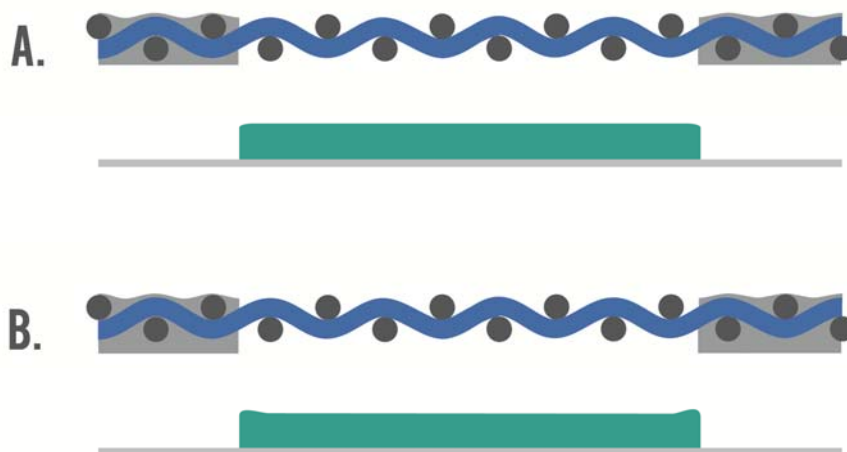
2.3.3.3.5. UTJECAJ DEBLJINE EMULZIJE NA KVALITETU OTISKA

Debljina emulzijskog sloja ima veliki utjecaj na kvalitetu otiska. Ukoliko je debljina emulzije mala na otisku će biti efekt zubaca pile. Kod ispravne debljine emulzije, rezultat je oštar i dobar otisak. Predebeli nanos emulzije dat će nejasan otisak. Najjasnije je vidljiv utjecaj debljine emulzije na slici 10.



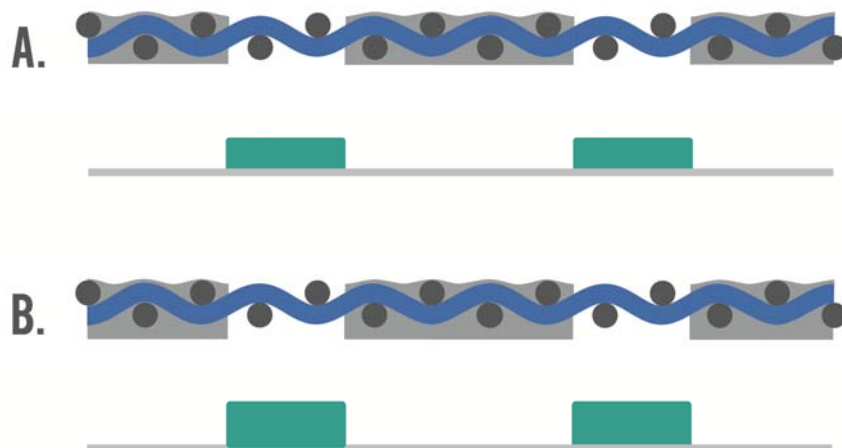
Slika 10. Utjecaj debljine premaza na oštrinu otiska: a) premali premaz, b) ispravan premaz, c) predebeli premaz

Kod velikih, otvorenih površina za tiskanje veoma je važna debljina emulzije, zbog velikog pritiska rakela. Ukoliko je debljina emulzije ispravna, otisak će biti dobar, a volumen boje jednak po cijeloj površini. Kod prevelike debljine emulzije na rubovima otisnute površine bit će veći volumen boje. Važnost i utjecaj debljine emulzije je grafički prikazano na slici 11.



Slika 11. Utjecaj debljine premaza na volumen boje: a) ispravan premaz, b) predebeli premaz

Kod finih linija i polutonova jako je važan volumen boje koji se otiskuje na što utječe debljina emulzije, a vidljivo je na slici 12. Ispravna debljina emulzije dat će dobar volumen boje i samim time dobar otisak. Ukoliko je prevelika debljina emulzije, rezultat će biti prevelik volumen boje što dovodi do gubitka otisaka u svjetlim područjima, zamrljanje otisaka i neispravnu reprodukciju.



Slika 12. Utjecaj debljine premaza kod polutonova i finih linija: a) ispravan premaz, b) predebeli premaz

Pravila kod nanašanja emulzije s podložne strane ovise o motivu i bojilu. Kod tiska linija za linijaturu mrežica 90 niti po centimetru dužnom i više, debljina s podložne strane iznosi od 10 do 18 mikrometara. Kod tiska rastera zbog

potrebe malog volumena otisnute boje debljina emulzije s podložne strane iznosi od 4 do 8 mikrometara. Najmanja debljina emulzije s podložne strane je kod tiskanja UV bojilima, jer je potreban vrlo mali volumen otisnute boje, iznosi do 5 mikrometara. [5]

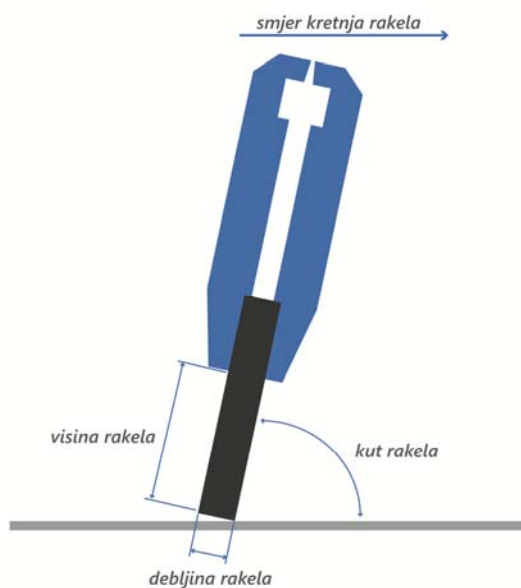
2.4. OSTALI MATERIJALI KORIŠTENI ZA PROPUSNI TISAK

Mrežica, okvir, emulzija, i mnogi drugi materijali su navedeni kod izrade tiskovne forme. Međutim, tri vrlo važna materijala koja se koriste u sitotisku, a nisu dio tiskovne forme, su rakel, boja i tiskovna podloga.

2.4.1. RAKEL

Osnovni zadatak rakel u sitotisku jest da protiskuje boju kroz mrežicu. Rakel se izrađuje od prirodne gume, sintetičke gume ili poliuretana. Rakel od prirodne ili sintetičke gume brže se istroši od onog od poliuretana, ali njegova prednost je što je znatno manje sklon prikupljanju elektrostatičkog naboja koji može stvarati velike probleme u toku tiska. Poliuretanski rakel skloni su prikupljanju elektrostatičkog naboja, ali su otporni na abraziju.

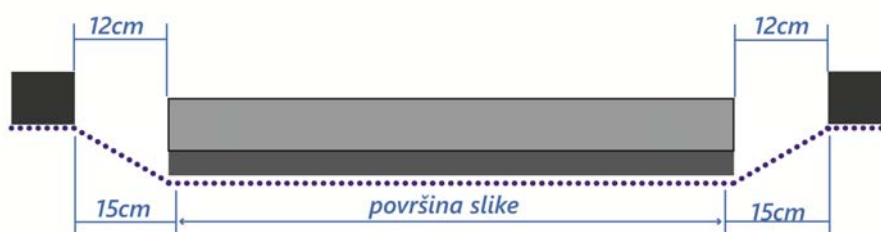
Rakeli od oba materijala nakon nekog vremena korištenja postanu tvrđi. Posebno treba biti pažljiv s izlaganjem rakel otapalima jer mogu dovesti do bubrenja rakel te nastanka valovitog ruba rakel. Zato je važno da se rakel uvijek održava čistim i suhim. Održavanje rakel izuzetno je važno jer svako oštećenje na rakel dovodi do pogrešaka kod otisaka. Tako su moguće rakelske linije na otiscima ukoliko na rubu rakel nastane oštećenje. Profil rakel garfički je prikazan na slici 13.



Slika 13. Profil rakel

Tvrdoća rakelja izražava se u stupnjevima Shorea. Za pune tonove i neravne podloge koriste se mekši rakelji, od 60 do 65 stupnjeva Shorea, dok se za tisak rastera i tisak velikih formata koriste tvrdi rakelji, od 70 do 75 stupnjeva Shorea.

Rakel od unutarnjih rubova okvira mora biti udaljen minimalno 12 centimetara, dok motiv koji se otiskuje mora sa svake strane biti 3 centimetra uži od širine rakelja, isto je prikazano grafički na slici 14. Ukoliko se ova pravila ne poštuju, lako dolazi do iskrivljenja otisaka.



Slika 14. Pravilan položaj rakelja i motiva na mrežici

Profili rakelja mogu biti različiti, a ovise o podlozi na koju se tiska. Mogu biti kvadratični, za upojne podloge, zaobljeni, za debele nanose, jednostruko brušeni, za staklo, keramiku i tkaninu i dvostruko brušeni, za kožu i drvo. Za oštre i čiste otiske vrlo je važno kako je brušen rub rakelja. Zaobljeni ili tupi rubovi rakelja protiskuju veliku količinu boje kroz tiskovnu formu te nije moguće otisnuti detalje. Brušenje rakelja izvedivo je na tri načina: brusnom trakom na cilindru, brusnom trakom napetom na remenice i brusnom trakom napetom na remenice uz pritisak dodatne poluge.

Normalni kut rakelja za tiskanje jest 75° . Ukoliko se odstupa prilikom tiska od tog kuta, može doći do razlika u količini protisnute boje. Pritisak rakelja mora biti optimalan jer preveliki pritisak dovodi do pomaka registra. To je također važno kod višebojnog tiska kod kojeg je važno da za svaku boju bude isti pritisak rakelja jer veći pritisak produžuje tiskanu sliku. [13]

2.4.2. BOJA

Sitotisak je tehnika tiska koja ima najširu primjenu boje. Ne postoje nikakva ograničenja za korištenje boja kod sitotiska, a jedino što se treba paziti je da veličina pigmenta boje bude manja od 1/3 veličine očice mrežice i da se pazi koja se mrežica koristi ovisno o sastavu bojila. Moguće je koristiti boje na bazi vode, plastisol boje, UV boje, kombi boje, kromatske boje poput provodljivih boja, fluorescentnih, fosforescentnih, termokromatskih i drugih. Osim već napravljenih boja, može se koristiti kombinacija boja sa raznim česticama poput reflektirajućih čestica, zvanih glitteri. [14]

2.4.3. TISKOVNA PODLOGA

Kao i boje, tiskovne podloge kod sitotiska nemaju granice. Moguće je tiskati na različite materijale, formate i oblike. Od plastike, tekstila, drva, kože, keramike pa sve do papira, velikih formata do 6 metara pa sve do jako malih formata od svega par centimetara. Čak niti oblik tiskovne podloge nije problem jer sitotisak omogućava tisak na neravne i ravne podloge.[14]

2.5. PRINCIP OTISKIVANJA KOD PROPUSNOG TISKA

Nakon izrađene tiskovne forme, odnosno sita, potrebno je pripremiti boju i tiskovnu podlogu koja će se koristiti. Sito se pričvršćuje za držač sita te je važno zaštititi dio mrežice koji ne nosi emulziju kako se boja na tim djelovima ne bi prenijela na tiskovnu podlogu. Nakon što je mrežica zaštićena, može se nanjeti potrebna količina boje na sito. Tiskovna podloga se stavlja na stol s vakuum pumpom koja ju u trenutku spuštanja sita fiksira. Kada se sito spusti u vodoravan položaj, rakelom, optimalnim pritiskom, boja se protiskuje kroz tiskovnu formu. Sito se podigne i dolazi do zamjene tiskovne podloge.

Ovisno o stupnju automatizacije, način otiskivanja se mijenja. Kod poluautomatskog otiskivanja, rakel protiskuje i vraća boju automatski, dok su ulaganje i izlaganje ručni. Kod automatskog otiskivanja sve je automatizirano od ulaganja do izlaganja. Osim *flat bed* sitotiska moguć je i cilindrični sitotisak. [6]

2.5.1. RUČNO OTISKIVANJE

Od ručnih strojeva za sitotisak najpoznatiji su ručni flat bed za debele podloge i ručni flat bed za tanke podloge. Kod ovakvih strojeva je sve ručno osim vakuum pumpe, koja služi da se tiskovna podloga ne bi pomicala tokom tiska. [7]

2.5.2. POLUATOMATSKO OTISKIVANJE

Poluautomatski strojevi za sitotisak su najčešći strojevi jer je sve automatizirano, osim ulaganja i izlaganja. To su flat bed strojevi, strojevi za industrijsko otiskivanje na tekstil, karosel sistemi za četverbojni tisak, strojevi za tisak gotovih cilindričnih i sfernih predmeta. [15]

2.5.3. AUTOMATSKO OTISKIVANJE

Automatski strojevi kod kojih je sve automatizirano od ulaganja do izlaganja, vrlo su često dio proizvodnog toka u nekoj tvornici zbog teškog i nepotrebnog prijevoza gotovih predmeta kada je jednostavnije odmah u toku proizvodnje obaviti otiskivanje na predmet. Najčešći strojevi za automatsko otiskivanje su cilindrični sitotiskarski strojevi za tanke materijale, sitotiskarske

rotacije za tisak iz role, sitotiskarske rotacije u strojevima za premazivanje, sitotiskarske rotacije za tisak na keramiku. [16]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. METODOLOGIJA RADA

Izrada uzoraka započela je izradom predloška u jednom od grafičkih programa, Adobe Illustratoru, te je isti predložak prenesen na foliju. Tiskovne forme triju potrebnih linijatura pripremljene su na standardni način.

Prvotno je potrebno provesti kontrolu ekspozicije pomoću KIWO ExpoCheck kontrolnog klina kojim se provjerava optimalno vrijeme osvjetljavanja emulzijskog sloja na situ. Na situ se nanosi fotoaktivna emulzija KIWO Azocol Z 133 u jednom sloju s obje strane, potom se oslojeno sito suši u DRI-VAULT kabini za sušenje i osvjetljava preko predložaka za ExpoCheck u EXPOS-IT kopirnoj rami pet minuta. Nakon osvjetljavanja, neosvijetljeni dijelovi fotoaktivne emulzije uklanjaju se vodom te se na tiskovnoj formi vrši provjera polja s linijama. Ispod polja s linijama optimalne debljine očita se broj s kojim se množi vrijeme osvjetljavanja ExpoChecka, što je u ovom slučaju bilo pet minuta. Vrijeme osvjetljavanja određeno ExpoCheckom je jedna minuta. Sa sita je potrebno u potpunosti ukloniti osvjetljenu emulziju.

Nakon ExpoChecka na tri sita potrebnih linijatura nanosi se fotoaktivna emulzija direktnim načinom u jednom sloju s obje strane, sita se zatim suše u DRI-VAULT kabini za sušenje i osvjetljavaju preko izrađenog predloška u EXPOS-IT kopirnoj rami jednu minutu. Nakon sušenja u DRI-VAULT kabini, vlagu na situ je potrebno provjeriti SEFAR Humicheck uređajem.

S osvjetljenih sita neosvijetljena emulzija isprana je vodom (dio postupka je vidljiv na slici 15.), a sita su ponovno osušena u DRI-VAULT kabini i uređajem SEFAR Humicheck je provjerena vlaga u fotoosjetljivom sloju.



Slika 15. Proces ispiranja neosvjetljene emulzije sa sita

Tiskovne forme za sitotisak su na taj način pripremljene za otiskivanje. Gotova tiskovna forma za sitotisak prikazana je na slici 16.



Slika 16. Gotova tiskovna forma za sitotisak

U uzorke transparentne baze mase 75 g, umješane su dvije vrste čestica s reflektirajućim efektom u pet različitih masa, te je odnos izražen masenim udjelom čestica s reflektirajućim efektom u bazi. Maseni udio čestica s reflektirajućim efektom u transparentnoj bazi bio je 0,66%, 0,99%, 1,32%, 1,64% i 1,97%.

Gotova tiskovna forma montira se na sitotiskarski stol s vakuum pumpom za ručno otiskivanje te se zaštićuje prostor oko motiva za otiskivanje ljepljivom trakom. Svježe pripremljena baza s česticama s reflektirajućim efektom nanosi se na slobodne površine kod ruba motiva. Na stol se stavlja tiskovna podloga -

kunstdruck 250g/m² glossy papir, kojeg vakuum pumpa fiksira u trenutku kada se sito spusti u vodorvan položaj- položaj otiskivanja. Raketom se boja prenosi preko tiskovnih elemenata jednakim pritiskom i kutom od 75° u jednom potezu. Ovaj postupak ponavlja se za svaki maseni udio čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm i promjera 0,2 mm u bazi i kroz svako od tri sita. Sito je potrebno ispirati i sušiti nakon svakog otiskivanja, kako ne bi došlo do sušenja boje u tiskovnim elementima i zaostatka čestica s reflektirajućim efektom u strukturi sita.

Uzorke otisaka je nakon sušenja potrebno pripremiti za mikroskopsku analizu. Mikroskopskom analizom uzorka na Olympus BX51 System Microscope izmjeren je broj čestica s reflektirajućim efektom otisnutih kroz sito na tiskovnu podlogu površine 3,5 x 3,5 mm, provjerena je ovisnost masenog udjela čestica s reflektirajućim efektom i linijature sita o broju otisnutih čestica.

3.2. KORIŠTENI UREĐAJI

DRI-VAULT 10 screen drying cabinet by Vastex international

DRI-VAULT kabina za sušenje okvira za sitotisak, prikazana na slici 17., omogućava sušenje 10 okvira dimenzija do 63,6 x 91,4 cm. Temperaturu je moguće kontrolirati vanjskim vijkom, dok se kabina hermetički zatvara pomoću kvake.



Slika 17. DRI-VAULT 10 screen drying cabinet

(izvor: <http://www.vastex.com/Screen-Printing-Equipment/Exposing-Units-Drying-Cabinets/Dri-Vault/Dri-Vault-1024.php> -Vastex international, 20.08.2014.)

EXPOS-IT screen exposure system high output by Vastex international

EXPOS-IT kopirna rama, prikazana na slici 18., sastoji se od vakuum pumpe i metal-halogenih lampa za osvjetljavanje fotoaktivnog sloja. Vakuum pumpa omogućava precizno kopiranje i smanjuje pojavu potkopiravanja. Uređaj ima digitalnu kontrolu vakuum pumpe i lampa za osvjetljavanje, a maksimalne dimenzije okvira za sitotisak koje je uređaj prihvaća su 58,4 x 78,7 cm.



Slika 18. EXPOS-IT screen exposure system high output

(izvor: <http://www.vastex.com/Screen-Printing-Equipment/Exposing-Units-Drying-Cabinets/Exposit/Exposit.php> -Vastex international, 20.08.2014.)

SEFAR Humicheck

SEFAR Humicheck je uređaj za provjeru količine vlage u fotoosjetljivom sloju. LED svjetlosni indikator podijeljen u tri boje na jednostavan način daje uvid u količinu vlage očitane senzorom na stražnjoj strani uređaja. Uređaj je prikazan na slici 19.



Slika 18. SEFAR Humicheck

(izvor: <http://www.sefar.com/en/609/Sefar-Screen-Printing-Accessories.htm?Slider=Measurement+devices&Folder=3907390> –SEFAR, 20.08.2014.)

Sitotiskarski stol za ručno otiskivanje

Sitotiskarski stol za ručno otiskivanje sastoji se od držača za sito i vakuum pumpe koja se uključuje u trenutku spuštanja sita, kako ne bi došlo do pomicanja tiskovne podloge.

Olympus BX51 System Microscope

BX51 System Microscope omogućava promatranje i digitalizaciju slike uzorka pod povećanjem od 50 – 1000x. Ima mogućnost mjerenja visinskih razlika na uzorku (3D prikaz), određivanja dimenzija (udaljenost, kutovi,...) na uzorku, korekcija te obrada slike uzorka. Prikazan je na slici 19.



Slika 19. Olympus BX51 System Microscope

(izvor: http://spectraservices2.com/Merchant2/merchant.mvc?Screen=PROD&Product_Code=OLYMPUS-BX51-POL –Spectra services,20.08.2014.)

3.3. KORIŠTENI MATERIJALI

KIWO Azocol Z 133 i Diazo 23 set

Azocol Z 133 fotoaktivna je emulzija u setu sa diazo 23 senzibilizatorom koji se koriste za izradu kvalitetnih tiskovnih formi za sitotisak koje omogućavaju otiskivanje polutonova i tankih linija. Emulzija je jednostavna za nanošenje, a suši se pri temperaturi od 35 do 40 stupnjeva Celzijusa. Vrijeme eksponiranja ovisi o debljini nanosa same emulzije. Neosvijetljena emulzija jednostavno se uklanja vodom, dok se za uklanjanje osvijetljene emulzije koriste Pregasol proizvodi. Azocol Z 133 set je prikazan na slici 20.



Slika 20. Azocol Z 133 set

(izvor: <http://manrolandshop.lv/en/emulsijas/242-azocol-z-8.html> - Polymark, 20.08.2014.)

KFG Transparentna baza / All over printing base

Transparentna baza KFG je boja na bazi vode za sitotisak na tekstilu u koju je moguće umješati različite pigmente i čestice s specijalnim efektima koje se želi aplicirati na tiskovnu podlogu.

SIGMUND LINDNER Polyester Glitter I 2510-410-3HEX IRIDESCENT 0,2mm

Poliesterski glitter I 2510-410-3HEX je reflektirajuća čestica heksagonalnog oblika u duginim bojama, a veličina pojedine čestice je 0,2 mm. Glitter je

moguće mješati s bojom ili transparentnom bazom te otisnuti ili posipati preko upravo otisnutog otiska.

SIGMUND LINDNER Polyester Glitter I 2520-410-3SQ IRIDESCENT 0,1mm

Poliesterski glitter I 2520-410-3SQ je reflektirajuća čestica kvadratnog oblika u duginim bojama, a veličina pojedine čestice je 0,1mm. Glitter je moguće mješati s bojom ili transparentnom bazom te otisnuti ili posipati preko upravo otisnutog otiska.

Kunstdruck 250g/m² glossy papir

Kunstdruck 250g/m² glossy je umjetnički papir gramature 250g/m² premazan sjajnim premazom.

Mrežice različitih linijatura

PET 1000 63-31W PW

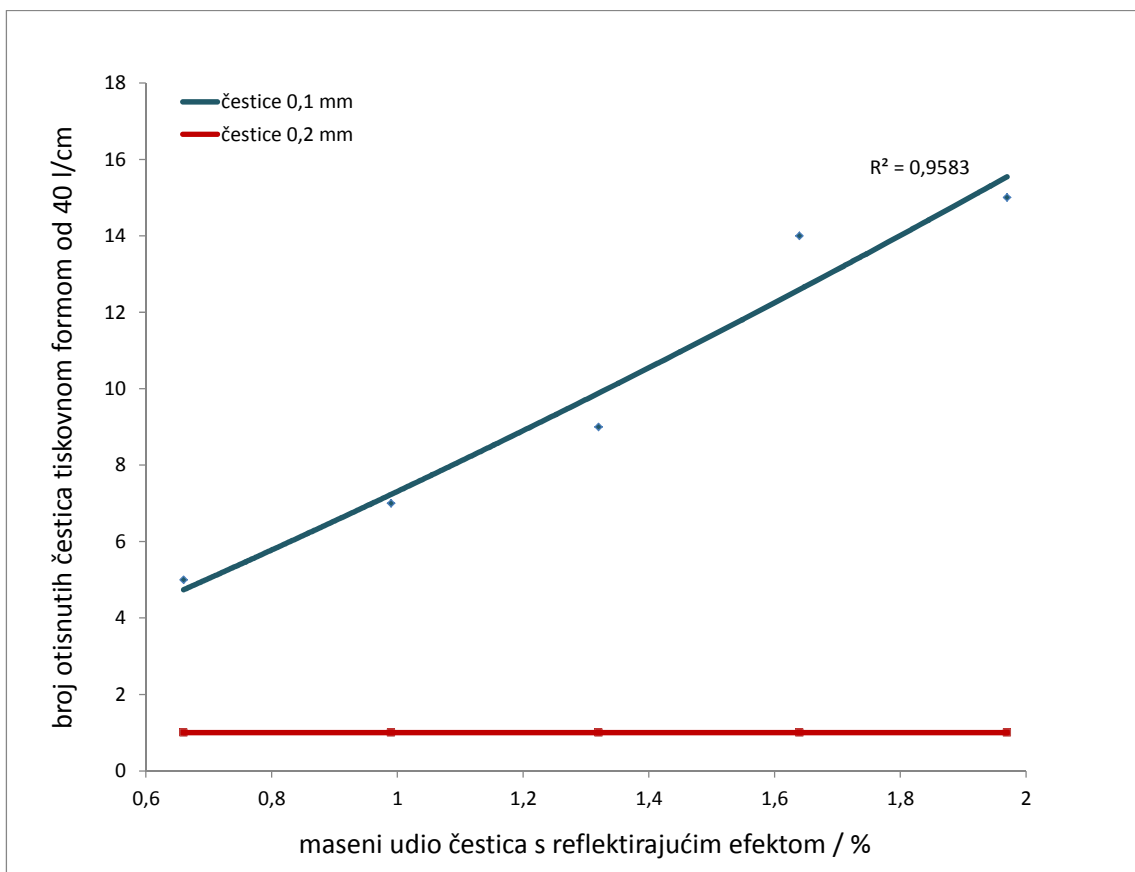
PET 1500 43-80W PW

PET 1000 21-120W PW

4. REZULTATI I RASPRAVA

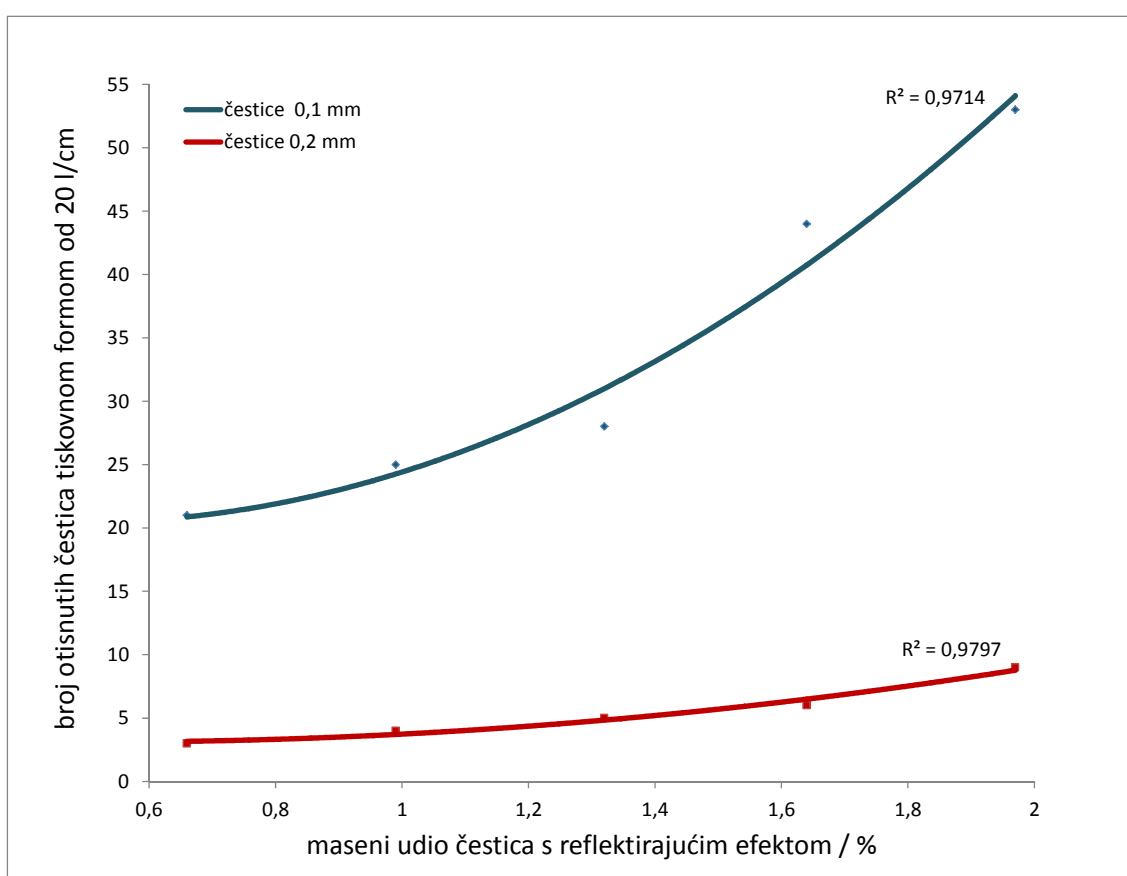
Otiskivanjem čestica s reflektirajućim efektom umiješanih u bazu pomoću tiskovne forme linijature 60 l/cm, niti jedna čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm i promjera 0,2 mm nije se otisnula, čime je već na početku istraživanja zaključeno da mrežica od 60 l/cm ima premalene otvore te je prolazak čestica s reflektirajućim efektom oba promjera kroz sito ove linijature nemoguć. Kod korištenja sita linijature 60 l/cm ili većih linijatura, gdje je čestici sa reflektirajućim efektom prolazak kroz sito onemogućen, preporuča se posipavanje čestica na tek otisnuti otisak.

Rezultati mikroskopske analize otisaka Olympus BX51 mikroskopom obrađeni su pomoću programa Stream Motion te su prikazani na dijagramima 1-4.



Dijagram 1. Ovisnost broja otisnutih čestica s reflektirajućim efektom na situ linijature 40 l/cm i masenog udjela čestica u bazi

Na dijagramu 1. grafički je prikazan broj otisnutih čestica s reflektirajućim efektom na situ linijature 40 l/cm u ovisnosti o masenom udjelu čestica s reflektirajućim efektom u bazi. Promatranjem krivulje čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm koji je dvostruko manjeg promjera nego čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm, vidljiv je porast broja čestica promjera 0,1mm s porastom masenog udjela iste vrste čestica u bazi. Broj čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm jedva je primjetan (1 čestica na površini 12,25 mm²) te ostaje nepromijenjen porastom masenog udjela istih čestica u bazi.



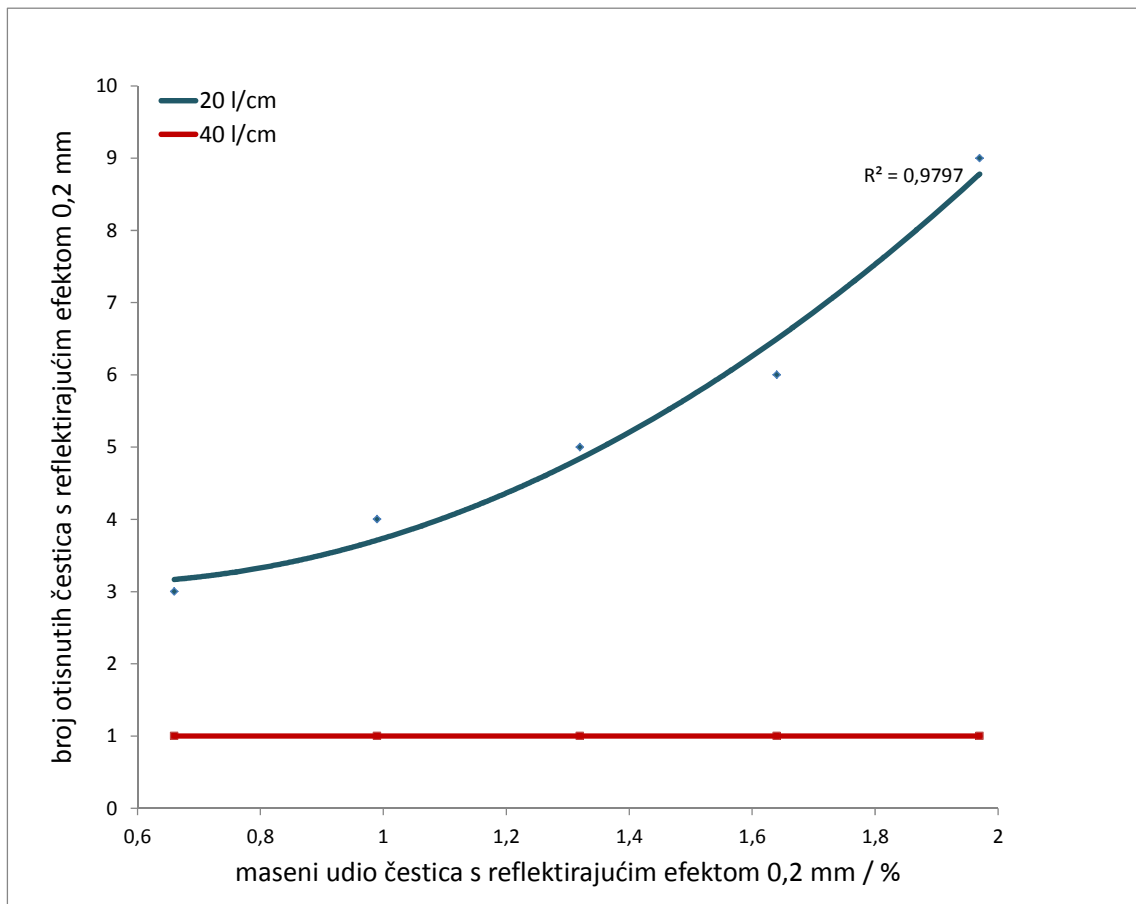
Dijagram 2. Ovisnost broja otisnutih čestica s reflektirajućim efektom na situ linijature 20 l/cm i masenog udjela čestica u bazi

Na dijagramu 2. prikazan je broj otisnutih čestica s reflektirajućim efektom na situ linijature 20 l/cm u ovisnosti o masenom udjelu čestica u bazi. Promatranjem krivulje čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm uočljiv je porast broja čestica s porastom masenog udjela istih čestica u bazi, veći

nego kod linijature sita 40 l/cm. Kod krivulje čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm uočen je mali, ali zamjetan porast broja otisnutih čestica na situ linijature 20 l/cm. Oba trenda porasta otisnutih čestica vrlo su dobro aproksimirana krivuljom drugog stupnja:

$$y = 15,412x^2 - 15,172x + 24,178 \text{ za čestice promjera } 0,1 \text{ mm}$$

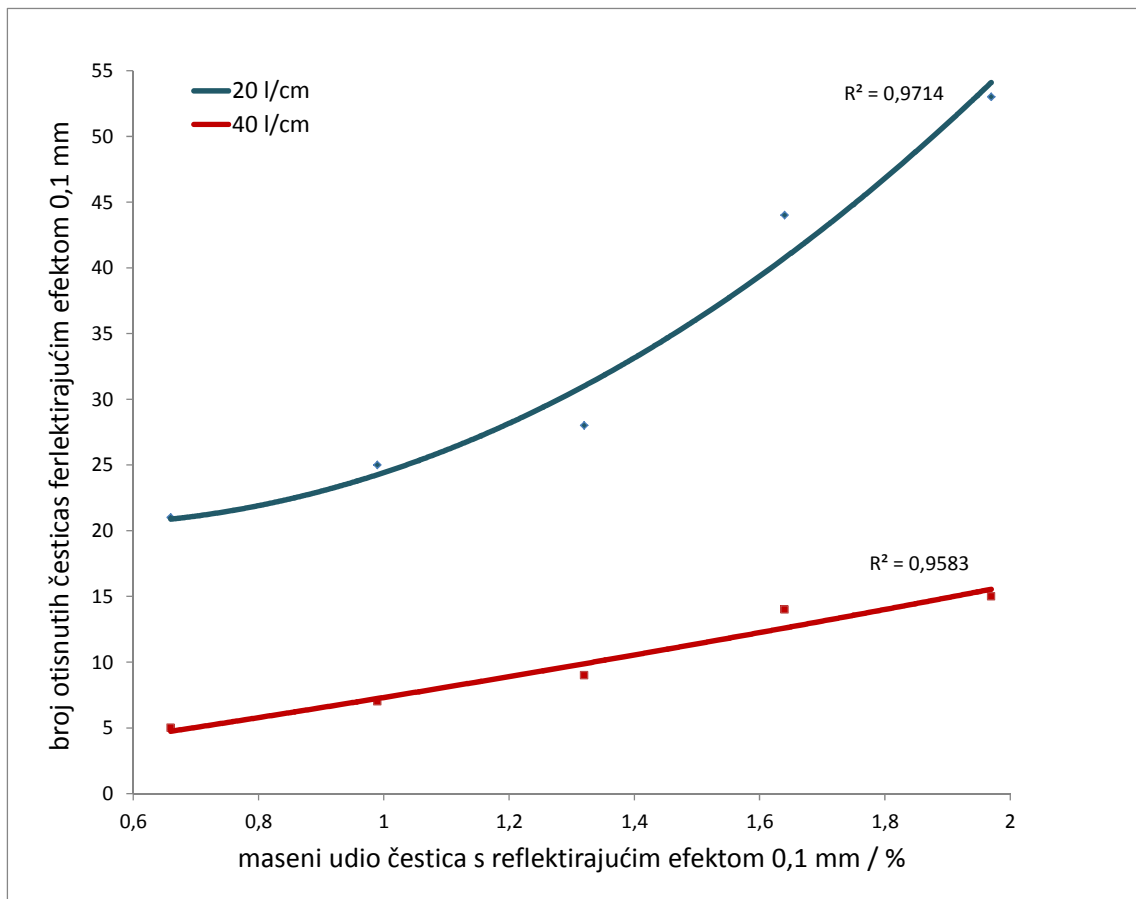
$$y = 2,6888x^2 - 2,7875x + 3,8368 \text{ za čestice promjera } 0,2 \text{ mm}$$



Dijagram 3. Ovisnost broja otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2mm i masenog udjela čestica u bazi

Na dijagramu 3. vidljivo je kako količina čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm raste kod linijature 20 l/cm, dok kod linijature 40 l/cm porast ne postoji. Porast količine broja čestica u ovom slučaju može se povezati sa širinom očica mrežice, koje su u neposrednoj vezi s linijaturom. Kod linijature 40 l/cm broj čestica koje se otisnu je zanemariv i nepromjenjiv te je zaključak da su očice na mrežici ove linijature preuske za prolazak čestica s reflektirajućim

efektom promjera 0,2 mm. Kod linijature 40 l/cm za otiskivanje čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm nepotrebno je povećavanje masenog udjela čestica u bazi jer ne dolazi do promjene, niti je uopće preporučljivo otiskivanje čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm kroz sito 40 l/cm zbog zanemarivog broja otisnutih čestica.



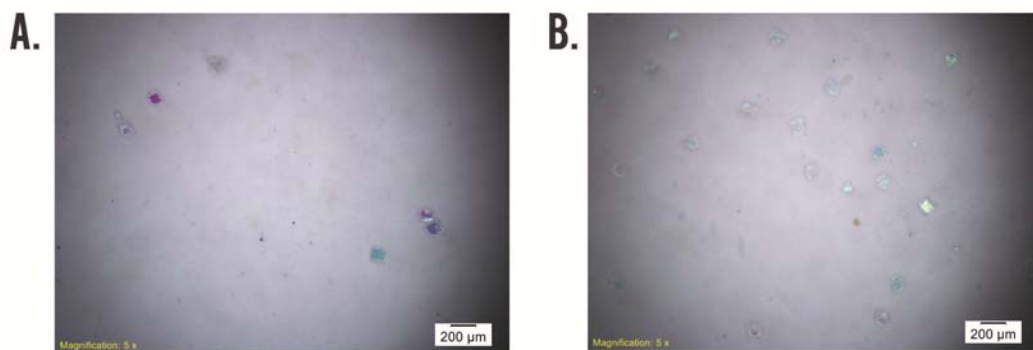
Dijagram 4. Ovisnost broja otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1mm i masenog udjela čestica u bazi

Na dijagramu 4. grafički je prikazana ovisnost prolaska čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm kroz sita različitih linijatura o masenom udjelu čestica u bazi. Uočljivo je kako je porast broja otisnutih čestica kod oba sita prisutan te je, kao i na dijagramu 2., vidljiva dobra aproksimacija krivuljom drugog stupnja i za trend porasta broja otisnutih čestica promjera 0,1 mm na linijaturi od 40 l/cm. Krivulja aproksimacije opisana je jednadžbom

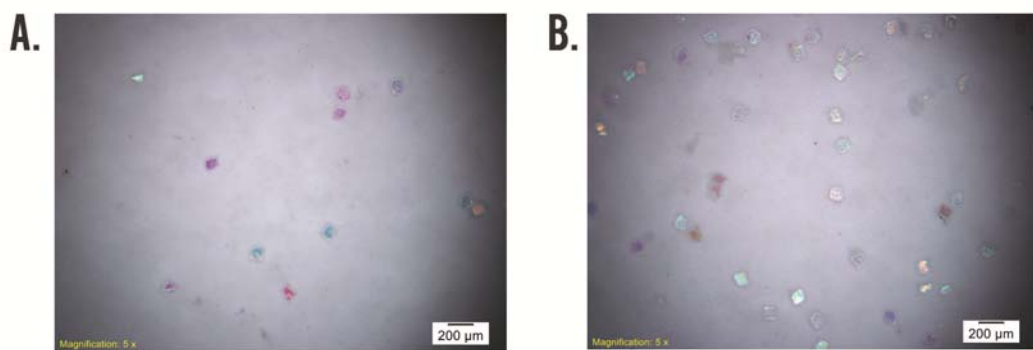
$$y = 0,7074x^2 + 6,3885x + 0,2164$$

Manji porast otisnutih čestica prilikom korištenja tiskovne forme linijature 40 l/cm može se pripisati manjoj širini očica sita. Kako je porast prisutan kod obje linijature, zaključak je da je kod čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm za izraženiji vizualni dojam pri otiskivanju kroz tiskovnu formu linijature 40 l/cm preporučljivo koristiti veći maseni udio čestica s reflektirajućim efektom u bazi.

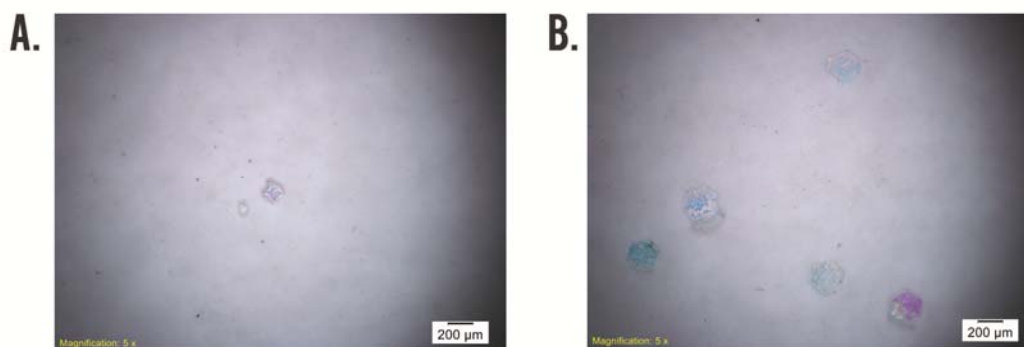
Na slikama 21., 22., 23. i 24. prikazan je mikroskopski prikaz otisnutih čestica s reflektirajućim efektom kod različitih linijatura tiskovne forme i pri različitom masenom udjelu u transparentnoj bazi. Uvećanje na slikama je 50 puta, a promatrana površina iznosi 3,5 x 3,5 mm.



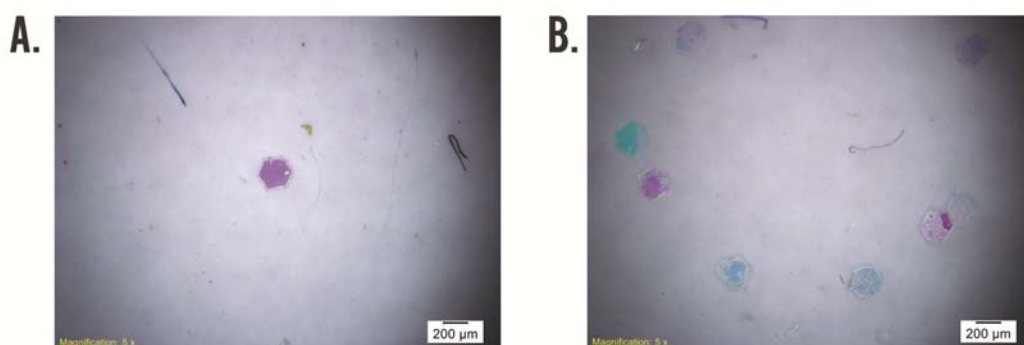
Slika 21. Mikroskopski prikaz otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm masenog udjela 0,66% u bazi: a) kroz sito 40 l/cm; b) kroz sito 20 l/cm



Slika 22. Mikroskopski prikaz otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm masenog udjela 1,64% u bazi: a) kroz sito 40 l/cm; b) kroz sito 20 l/cm



Slika 23. Mikroskopski prikaz otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm masenog udjela 0,66% u bazi: a) kroz sito 40 l/cm; b) kroz sito 20 l/cm



Slika 24. Mikroskopski prikaz otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm masenog udjela 1,64% u bazi: a) kroz sito 40 l/cm; b) kroz sito 20 l/cm

Osim grafičkog prikaza broja otisnutih čestica, izračunata je korelacija za količinu otisnutih čestica s reflektirajućim efektom ovisno o linijaturi i o promjeru čestica.

Korelacija u trendu broja prenesenih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm otisnutih na različitim linijaturama iznosi 0,97802, što ukazuje na uniformni porast prenesenih čestica s reflektirajućim efektom prilikom korištenja različitih kvaliteta sita pod uvjetom da su otvori na mrežici dovoljno veliki za neometan prolaz čestica.

Korelacija rasta broja otisnutih čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm otisnutih na linijaturi 20 l/cm i 40 l/cm nije moguća, odnosno ne postoji zbog nepostojećeg rasta broja čestica kod linijature 40 l/cm, gdje je zaključeno da je otvor očica sita preuzak za prolazak optimalnog broja čestica.

Upravo zato što je rast broja čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,2 mm otisnutih kroz sito linijature 20 l/cm postojan, izračunata je korelacija s rastom broja čestica s reflektirajućim efektom promjera 0,1 mm otisnutih kroz sito iste linijature. Korelacija u trendu prijenosa čestica iznosi 0,95847 što je također vrlo dobra korelacija. Može se zaključiti da je prijenos reflektirajućih čestica različitih veličina kroz očice sita vrlo dobro aproksimiran krivuljom drugog stupnja. Stoga je moguće predvidjeti količinu čestica koje će biti prenesene na tiskovnu podlogu u ovisnosti njihovoj masenoj koncentraciji u volumenu baze. Ovaj uniformni trend je posebno važan pri određivanju optimalne mase čestica za postizanje željenog efekta, kako ne bi došlo do nepotrebne potrošnje većih količina materijala, ili eksperimentiranja koje produžuje trajanje procesa reprodukcije.

Konačan otisak i rezultat koji je moguće dobiti upotrebom čestica s reflektirajućim efektom na tekstilu kao tiskovnoj podlozi prikazan je na slici 25.



Slika 25. Rezultat otiska čestica s reflektirajućim efektom na tekstilu

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu istraživana je prijenos čestica s reflektirajućim efektom na tiskovnu podlogu tehnikom sitotiska prilikom korištenja tiskovnih formi različitih linijatura.

Čestice prenesene na tiskovnu podlogu brojane su te je na temelju analize dijagrama ovisnosti broja prenesenih čestica o njihovom masenom udjelu u transparentnoj bazi procijenjena pogodnost korištenja tiskovne forme pojedine linijature.

Došlo se do zaključka da ukoliko je čestica s reflektirajućim efektom dovoljno manja od očice sita te se uspješno reproducira kroz isto sito, povećanjem masenog udjela čestica u transparentnoj bazi povećava se i broj otisnutih čestica na tiskovnoj podlozi. Ovaj rast prati krivulju drugog stupnja za čestice veličine 0,1 mm pri prolasku kroz sito od 20 l/cm i 40 l/cm, te za čestice veličine 0,2 mm pri prolasku kroz sito od 20 l/cm. Čestice veličine 0,2 mm pokazale su smanjen prijenos na tiskovnu podlogu korištenjem tiskovne forme od 40 l/cm bez obzira na njihov maseni udio u bazi, što ukazuje na važnost pravilnog omjera dimenzija otvora na situ i dimenzija čestica s reflektirajućim efektom.

Cilj rada je bio procijeniti mogućnosti reprodukcije čestica s posebnim efektom tehnikom sitotiska, što je ovim radom uspješno provedeno. Osim grafičkog prikaza ovisnosti prijenosa čestica o linijaturi korištene tiskovne forme, izračunata je i korelacija prijenosa čestica različitih dimenzija kroz tiskovnu formu iste linijature te prijenosa čestica iste dimenzije kroz tiskovne forme različite linijature. Obje korelacije su jake, s koeficijentima većima od 0,95, što ukazuje na uniformni trend porasta broja prenesenih čestica kroz tiskovnu formu adekvatne linijature neovisno o njihovim dimenzijama ili linijaturi tiskovne forme. Stoga je moguće predvidjeti broj čestica s reflektirajućim efektom koji će biti prenesen na tiskovnu podlogu uz zadan maseni udio bez eksperimentiranja i trošenja materijala, što optimizira proces reprodukcije.

Prilikom otiskivanja pigmenata sa specijalnim efektima i većim dimenzijama, od velike važnosti je pravilno izabrati linijaturu tiskovne forme kroz koju će se čestice moći otisnuti, te pravilno procjeniti maseni udio čestica u bazi da bi se reproducirao željeni efekt. Ovaj završni rad pokazao je kako je uz poznate dimenzije čestica/pigmenta i otvora na situ moguće standardizirati proces njihovog prijenosa na tiskovnu podlogu te istovremeno postići željeni vizualni efekt.

6. LITERATURA

1. ***<http://taosplaza.com/Art-Collecting/the-history-of-screen-printing.html> - *The History Of Screen Printing*, 24.04.2014.
2. ***<http://homepage.usask.ca/~nis715/scrnprnt.html> - *Producing Tusche Wash Effects in Screenprinting using Toner for Images and Simple Pastes as an Ink Base*, 24.04.2014.
3. ***<http://www.edcmktg.com/history-of-screen-printing/> - *A brief history of screen printing*, 24.04.2014.
4. Bolanča S., Golubović K. (2008). *Tehnologija tiska od Gutenberga do danas*, Senjski zbornik, Glavičić M. (ur.), 125-146, 0582-673X, Senj, 2008., Senjsko muzejsko društvo, Senj
5. Sefar AG – Tiskarski odjel (1999). *Priručnik za sitotiskare*, Hrvatska udruga sitotiskara, Zagreb
6. Kipphan H. (2001). *Handbook of Print Media*, Springer, Berlin
7. Screen Printing Association International (1984). *Technical guidebook of the screen printing industry*, Screen Printing Association International, Fairfax
8. Ingram S. (1999). *Screen Printing Primer*, GATF Press, Pittsburgh
9. Screen Printing Association International (1987). *Glossary of screen printing*, Screen Printing Association International, Fairfax
10. Tracton A. A. (2005). *Coatings Technology Handbook*, CRC Press, Hoboken
11. Kosloff A. (1981). *Photographic Screen Printing*, ST Publications, Cincinnati
12. Turner S., Murrell G. (1976). *Screen printing techniques*, Taplinger Publications, New York
13. Heming R. (2006.). *Water-Based Screenprinting Today*, Watson-Gruptill Publications, New York

14. Biegeleisen J. I. (1971). *Screen printing: a contemporary guide to the technique of screen printing for artists, designers and craftsmen*, Watson-Gruptill Publications, New York
15. ***<http://www.mino.co.jp/e/subhtml/sap.html> - *Semi-automatic screen printing machines*, 30.06.2014.
16. ***<http://www.mino.co.jp/e/subhtml/fap2.html> - *Fully automatic screen printing machines*, 30.06.2014.