

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

MIJO GAVRAN

**OTISKIVANJE METALIZIRANIH
BOJILA U OFSETNOM TISKU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

MIJO GAVRAN

**OTISKIVANJE METALIZIRANIH
BOJILA U OFSETNOM TISKU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:
Mijo Gavran

Zagreb, 2013.

SAŽETAK

Tisak metaliziranim bojilima vrlo je čest kada se želi postići ekskluziva. Takvi otisci vrlo su privlačni i spadaju u otiskivanje sa dodanom vrijednošću. Na žalost, točna PANTONE LAB vrijednost teško je ostvariva, te se tijekom otiskivanja često izvodi otiskivanje u dva prolaza.

U ovom radu bit će ispitivano otiskivanje metalik srebrne i metalik zlatne boje na tri načina: jednim nanosom ofsetnim tiskom, sa dva nanosa u jednom prolazu mokro na mokro i sa dva nanosu u dva prolaza mokro na suho. Diplomski rad dat će i odgovor kako sama tiskovna podloga utječe na tisak. Pritom će se koristiti dva papira: ofsetni papir i sjajni papir za umjetnički tisak. Rezultati pokazuju da će najbolji rezultat otiskivanja nastati otiskivanjem srebrnog bojila na sjajnom papiru za umjetnički tisak, pri čemu će nastati odstupanja od $\Delta E_{2000} = 1,13$, a najlošiji rezultat će nastati otiskivanjem zlatnim bojilom na ofsetnom papiru, pri čemu će nastati odstupanje od $\Delta E_{2000} = 11,69$.

Ključne riječi:

Ofsetni tisak, zlatno i srebrno bojilo, papir, PANTONE

ABSTRACT

Printing with metallic-effect printing inks is very common floor is to be exclusive. These prints are very attractive and are in printing with added value. Unfortunately, accurate PANTONE LAB value is hard to realize, and often performed during printing process in two passes.

In this work will be examined printing metallic-effect silver and metallic-effect gold in three ways: a single application offset printing, with two layers in one pass wet on wet with two layers in two passes wet to dry. Graduate work will give the answer to the very printing substrate affects printing. This will be used two papers: offset paper and glossy art paper. The results indicate that the best results occur printing by printing silver ink on glossy art paper, with the result of deviation $\Delta E_{2000} = 1,13$, and the worst result will occur by printing gold ink on offset paper, with the result deviation from $\Delta E_{2000} = 11,69$.

Key words:

Offset printing, gold and silver inks, paper, PANTONE

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Razvoj ofsetnog tiska.....	2
2.2. Osnovni princip ofsetog tiska	3
2.3. Konstrukcija ofsetnog stroja	4
2.3.1. Sustav cilindara.....	5
2.3.2. Uređaj za obojenje	7
2.3.3. Uređaj za vlaženje.....	9
2.3.4. Aparat za ulaganje	12
2.3.5. Aparat za izlaganje.....	13
2.3.6. Pogon s komandama	13
2.4. Ofsetna tiskarska bojila.....	14
2.4.1. Podjela ofsetnih bojila	16
2.4.2. Zlatna i srebrna ofsetna bojila.....	18
2.4.3. Princip izvođenja bronciranja	21
2.4.4. Bronciranje s praškom plemenitih metala	23
2.5. Upravljanje i osiguranje kvalitete tiska	25
3. EKSPERIMENTALNI DIO	27
3.1. Plan eksperimenta	27
3.2. Upotrebljavani strojevi i uređaji	29
3.2.1. CTP Kodak Lotem 400	29
3.2.2. Heidelberg GTOZP 52.....	30
3.2.3. X-rite Exact.....	31
3.3. Korišteni materijali	32
3.3.1. Bojila.....	32
3.3.2. Korištene tiskovne podloge	32
4. REZULTATI I RASPRAVA	33
5. ZAKLJUČCI.....	43
6. LITERATURA.....	44

1. UVOD

Usljed brzog razvitka tehnologija u posljednjih pola stoljeća i tiskarstvo se toliko razvilo da su uvedeni mnogi standardi koji se vrlo brzo mijenjaju. Kvaliteta otiska tako je postala ovisna o tehnologiji otiskivanja, kao i o razvoju materijala korištenih u grafičkoj proizvodnji. Danas se kolornim otiscima dodaju različiti efekti. Najčešće je to: djelomično izrezivanje otiska, segmentno lakiranje, irođin tisak, tisak folijom, embosiranje otisaka, HI-FI tisak, tisak PANTONE bojilima, tisak nevidljivih bojila, tisak mirisnim bojilima i tisak metalik bojilima. Tisak metaliziranim bojilima koristi se pri izradi grafičkih proizvoda kao što su: diplome, pozivnice, etikete, ekskluzivna ambalaža. Zbog toga je vrlo važno sustavno i znanstvenim metodama pratiti razvoj tehnologije tiska, te je iznimno važno ustanoviti kako razvoj tiskarskih strojeva utječe na finalni grafički proizvod. U ovom radu analizirat ćemo kako tiskovna podloga i način otiskivanja utječe na realizaciju metaliziranih bojila.

Grafička tehnologija sastavljena je od niza parametara koji su izravno ili neizravno povezani. Parametri su ključan faktor postizanja kvalitete grafičkog proizvoda, koja je jedan od triju glavnih faktora koje treba zadovoljiti kod konzumenta grafičkog proizvoda. Budući da je grafička proizvodnja kompleksna u smislu tehnologije tiska, istraživanja u ovom radu provedena su na tiskarskom stroju u ofsetnom tisku, koji se danas uz fleksotisak najviše koristi. Metalizirana bojila u odnosu na druge vrste ofsetnih bojila imaju u sebi metalne pigmente koji se drugačije ponašaju pri otiskivanju od procesnih ofsetnih bojila. Ponašanje metaliziranih bojila u tisku ovisi o podlozi na koju tiskamo, vrsti boje, te da li se tiska sa jednim ili više nanosa (mokra na mokro ili mokro na suho).

Cilj ovog rada je istraživanje efekta otiskivanja metaliziranih bojila, čiji su nositelji obojenja pigmenti anorganskog porijekla (bronca i aluminij). Želja nam je odrediti optimume prilikom otiskivanja s metaliziranim bojilima, te utvrditi da li će tiskovna podloga utjecati na konačan rezultat otiskivanja. Različitim metodama otiskivanja nastat će i razne oscilacije u nanosu bojila. Njihovom međusobnom analizom utvrdit će se njihov utjecaj na konačno obojenje kao i na moguće promjene na površini otiska.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Razvoj ofsetnog tiska

Početak tiskarstva u Europi započeo je oko 1450. godine. Najveću zaslugu za to ima Johannes Gutenberg koji je u Mainzu konstruirao stroj za pojedinačno lijevanje i razlaganje olovnih slova i slijepog materijala. Dobiveni slog Gutenberg je premazivao bojilom i otiskivao u preši. Prva preša koja je poslužila za otiskivanje bila je adaptirana drvena preša za grožđe. Preša je imala dvije horizontalne ploče. Pomoću zavrtnja gornja se spuštala prema donjoj na kojoj se nalazio slog premazan bojilom. Bojilo se nanosilo tamponom. Kasnije su preše usavršavane da bi se na njima olakšao i ubrzao postupak otiskivanja. U 15. st. pojavljuju se tehnike bakropisa iz kojih su se razvile razne tehnike dubokog tiska poput bakrotiska i čeličnog tiska [1].

Prvi oblik plošnog tiska javlja se 1796. god. izumom Aloisa Senefeldera. Za izum nove tehnike tiska zaslužna je okolnost što je Senefelder želio pronaći neku tehniku tiska kojom bi jeftinije i brže otisnuo svoja glazbena djela. Poslije mnogo neuspješnih pokušaja da prepíše svoje spise preko graviranih bakrenih ploča, došao je na ideju otiskivanja preko krečnjačkog kamena koji mu je do tada služio za miješanje bojila.

Na polirani kamen nanašala se tinta koja se sastojala od voska, sapuna i čađe. Time je ispisao na ploču tekst i krenuo u postupak jetkanja razblaženom kiselinom. Na mjestima gdje nije bilo teksta kiselina je izgrizla kamen. Senefelder je obojio izdignuta mjesta po kojima je pisao i napravio prve probne otiske 1796. god. Time je i izmišljen kameni tisak, odnosno litografija. Poslije početnog uspjeha na maloj modelnoj preši, Senefelder je dao napraviti novu veliku prešu. Prve Senefelderove preše radile su na principu da je kamen stavljan pod pritisak između dva valjka, pri čemu nisu uvijek izlazili dobri otisci. Poslije nekoliko testirajućih pokušaja i želje za uspjehom Senefelderu je uspjelo usavršiti izum, što je rezultiralo novom konstrukcijom tiskovne preše za kameni tisak temeljenom na tzv. klatnoj preši koja je pritiskala papir na kamenu ploču, što je dalo kvalitetniji otisak. S obzirom na to da nije našao potporu, trebalo je još približno oko 30 god. da se njegova ideja sprovede u djelo. Prvom prešom Senefelder je tiskao 20-30

otisaka na sat, a poboljšanom prešom u kamenom tisku oko 50 otisaka. Već u prvim desetljećima 19. st. H. J. Mitterer, (osnivač Litografskog instituta Münchenske *Feiertagsschule*), konstruirao je poboljšanu tehniku razribavanja bojila (konstruirana preša sa sustavom razribavanja bojila). Nakon navedenih izuma dolazi do prve mehanizacije i ubrzanja tiskovnog postupka i konstantne kvalitete kod velikih naklada [2].

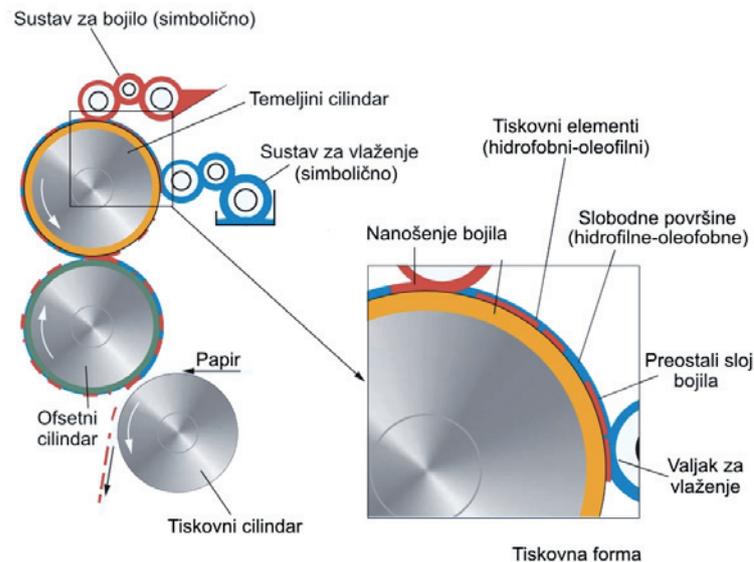
Izum ofsetnog tiska pripisuje se dvojici izumitelja: Amerikancu Iri Williamu Rubelu i njemačkom imigrantu Casparu Hermanu. Oni su 1904. god. došli na ideju tiska s litografskih ploča indirektno, preko cilindra s navlakom. Ira W. Rubel u svojoj je tiskari u New Jerseyju (SAD) prilikom tiska papira postavio mekanu gumenu navlaku na tiskovni cilindar da bi postigao bolji otisak. Slučajno je prilikom otiskivanja došlo do nepravilnog ulaganja arka papira i otisak je napravljen na gumenu navlaku tiskovnog cilindra. Kad je uložena sljedeća arka, otisnut je s obje strane papira i Rubel je zaključio da je otisak sa zadnje strane, iako zrcalan, jednoličniji, bolji od otiska s prednje strane. U svojem daljnjem radu posvetio se poboljšanju svog otkrića i započeo konstrukciju indirektnih litografskih tiskarskih strojeva za koje je koristio naziv: strojevi za ofsetni tisak [3].

2.2. Osnovni princip ofsetnog tiska

Litografski ofsetni tisak ubraja se u tehniku indirektnog plošnog tiska. Razvoj je započeo polovinom prošlog stoljeća i može se reći da je ofsetni tisak gotovo potpuno istisnuo prethodno korišten knjigotisak. Danas se ofsetni tisak zajedno s tehnikom fleksotiska i bakrotiska najviše upotrebljava.

Ofsetni tisak u procesu otiskivanja koristi fizikalne mehanizme koji funkcioniraju po principu hidrofilnosti i oleofobnosti slobodnih površina te hidrofobnosti i olofilnosti tiskovnih elemenata. Navedene pojave moguće su zbog fizikalnog fenomena u kojem se hidrofilna površina moći sa otopinom za vlaženje (vodom). To će rezultirati niskom površinskom napetosti koja egzistira u zoni dodira aluminijskoga oksida (slobodna površina) i polarne tekućine za vlaženje. Tiskovni elementi na formama za ofsetni tisak

temelje se na diazo-spojevima. U kontaktu s tekućinom za vlaženje zbog svoje visoke površinske napetosti onemogućuju kvalitetno prihvaćanje otopine za vlaženje. Sustav vlaženja omogućit će uljnom bojilu da se prihvati samo na mjesta koja prethodno nisu dovoljno navlažena otopinom za vlaženje [4, 5].



Slika 1. Princip rada ofsetnog tiska

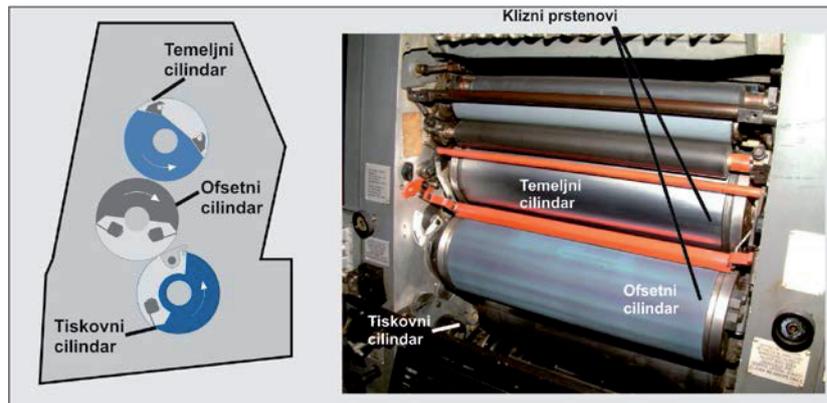
Izvor: H. Kipphan, Handbook of Print Media, Springer-Verlag, 2001, str. 207

2.3. Konstrukcija ofsetnog stroja

Ofsetni tiskarski strojevi vrlo su složene konstrukcije. Možemo ih podijeliti u dvije osnovne grupe: ofsetni tiskarski strojevi koji tiskaju iz arka i ofsetni tiskarski strojevi koji tiskaju iz role. Češće su u upotrebi ofsetni strojevi koji tiskaju iz arka. Oni uvijek moraju imati šest cjelina: sustav cilindara, uređaj za obojenje, uređaj za vlaženje, aparat za ulaganje, aparat za izlaganje papira i pogon s komandama [6].

2.3.1. Sustav cilindara

U procesu ofsetnog tiska najvažniji parametar je kvaliteta izrade sustava cilindara. Sustav cilindara sastoji se od: temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra. Temeljni cilindar je nositelj tiskovne forme. Zbog toga se nalazi u direktnoj konjukciji sa uređajima za obojenje i vlaženje. Ofsetni cilindar je centralni cilindar. Njegova funkcija je da prenaša bojilo sa tiskovne forme na tiskovnu podlogu. Da bi se to ostvarilo, na sebi ima montiranu navlaku. Ofsetne gumene navlake izrađuju se iz dva dijela: platnene podloge i višeslojnih gumiranih slojeva (2 – 6). Zbog svoje čvrstoće i fleksibilnosti danas se najčešće rabi sintetika. Platnena je podloga stražnji dio gumene navlake i ponajprije služi za kontrolirano i pravilno istežanje ofsetne gumene navlake. Osnovni višeslojni gumirani slojevi rađeni su od impregnirane elastomerne mase (poliester) povezane s ljepilima. Osnovna je funkcija višeslojnog djela sprječavanje površinske vibracije ofsetnog cilindra koja nastaje tijekom tiska. Prema načinu stvaranja kompresije razlikujemo dva osnovna tipa gumenih navlaka: nekompresibilne i kompresibilne. Nekompresibilne gumene navlake prilikom tiska podložne su deformaciji samo vršnog sloja, dok su kompresibilne gumene navlake dizajnirane tako da se deformira zračni sloj koji se nalazi unutar strukture. Tiskovni cilindar služi za držanje tiskovne podloge te njeno pritiskivanje o ofsetni cilindar. Međutim, kako su tiskovne podloge različite debljine, a da bi se osigurao uvijek isti pritisak na tiskovni materijal, tiskovni cilindar može se udaljavati ili približavati ofsetnom cilindru i to koracima od stotinke milimetra. Tako malen pomak u tiskovnim jedinicama omogućuje se upotrebom spiralnog nazubljenja s odgovarajućim profilom zuba u samoj konstrukciji stroja. Povezanost sustava cilindara omogućena je sustavom zupčanika i lančanika od kojih se neki prijenose dalje na sistem za ulaganje i izlaganje papira.



Slika 2. Prikaz tiskovne jedinice Heidelberg GTOZP 52

Na tiskarskom stroju klizni prsteni koji se nalaze na svakom kraju ofsetnog i temeljnog cilindra mogu biti u direktnom kontaktu jedan s drugim. Klizni prsten cilindra istog je promjera kao i promjer razmaka upravljačkog zupčanika. Omogućavanje konstantnog i ujednačenog pritiska obavlja se uz pomoć kliznih prstenova. Dakle, pored radijalne deformacije ofsetnog cilindra, cilindri prolaze i kroz tangencijalnu dodirnu deformaciju. Dodirne sile uzrokuju da deformacija cilindrima naglo nestane na početku radnog dijela i traje tijekom djelovanja kontakata. Takve razlike u pritiscima među cilindrima uzrokuju vibracije u tiskovnoj jedinici koje mogu dovesti do pada kvalitete tiska. Kako bi se vibracije smanjile i u potpunosti otklonile, klizni prstenovi napravljeni su od ojačanog čelika. Klizni su prstenovi otprilike istih promjera kao i radni promjeri zupčanika i klize jedan po drugom pri velikoj početnoj napetosti. Na strojevima standarda 1, početno opterećenje ležajeva cilindra iznosi oko 15 000 [4].



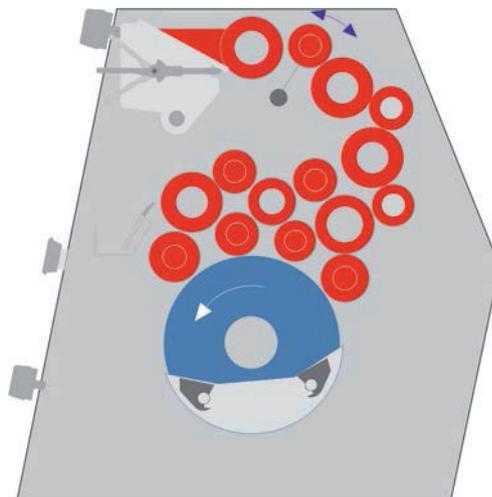
Slika 3. Primjer dobrog podešavanja dijametara cilindra

Izvor: H. Kipphan, *Handbook of Print Media*, Springer-Verlag, 2001, str. 242.

2.3.2. Uređaj za obojenje

Tijekom procesa tiska tanki film bojila morati će se nanijeti na površinu tiskovne forme. Funkcija valjka za bojilo jest osigurati konstantan dotok svježeg bojila na tiskovne elemente na tiskovnoj formi kako bi se održala konstantnost procesa nanošenja bojila. Količina potrošenog bojila mora se nadopuniti aktivacijom heber valjka. U navedenom sustavu mora postojati kvalitetan balans potrošenog i nadopunjenog bojila kako bi se izbjegle varijacije u količini bojila na gotovom otisku.

Fleksibilan nož u bojanikau može se namjestiti na različitu udaljenost od duktora uz upotrebu zonskih vijaka. Samim time regulira se zonski raspored količine bojila uzetog iz bojanika. Ispod noža u bojaniku smješten je određeni broj zonskih vijaka. Regulacija samo jednog zonskog vijka može utjecati ne samo na njegovu zonu, već i na pokrajnje zone. Zbog toga su proizvođači tiskarskih strojeva razvili više različitih rješenja za bojanik sa zonskim vijcima.



Slika 4. Uređaj za obojenje Heidelberg GTOZP 52

Da bi se ostvarila ujednačena otisnuta površina, broj valjaka u uređaju za obojenje mora biti velik (minimalno 15 valjaka). Njihova funkcija i promjeri nisu isti, te imamo gumene, plastične i metalne valjke. Pritom razlikujemo:

neovisno o tiskovnim elementima, tj. nakon zadnjeg valjka za nanos bojila oleofilna područja premazana su obojenim filmom jednake debljine [5].

Sustav tiskovne jedinice na slici 5 prikazuje konstrukcijsku konfiguraciju kod koje glavni dotok bojila odlazi do tiskovne forme preko prvih valjaka A1 i A2. Valjci A3 i A4 prenose samo malu količinu bojila na tiskovnu formu i obavljaju izjednačavanje bojila. Količina bojila koju valjci nanose na tiskovnu formu nije ista na svim valjcima nanosačima, iako bi svi elementi na tiskovnoj formi trebali imati obojeni film iste debljine. Količina bojila koja dolazi na tiskovnu formu od prvog prema četvrtom valjku nanosaču u sljedećem je odnosu: $A1 = 45\%$, $A2 = 38\%$, $A3 = 10\%$, $A4 = 7\%$. Eksperimenti pokazuju da je ponašanje bojila kod valjaka A1 i A2 za obojenje kvalitetnije nego kod valjaka A3 i A4 [5].

2.3.3. Uređaj za vlaženje

Za vrijeme otiskivanja tekućina za vlaženje prenosi se do tiskovne forme, dio emulgira s bojilom, a dio ishlapi. Nadopunjene količine bojila i otopine za vlaženje moraju odgovarati količini potrošenog bojila i količini upotrijebljene otopine za vlaženje. U suprotnom događaju se varijacije u prosječnoj debljini obojenog filma. Otopina za vlaženje sastoji se od: vode i od drugih komponenti čiji je zadatak omogućiti kvalitetno ovlaživanje tiskovne forme. Voda ne smije biti pretvrda, tj. nesmije sadržavati mnogo iona kalcija i magnezija. Problem s takvom vodom je u tome što kalcij tvori netopljive soli koje se talože na valjcima. Talog može blokirati prolaz otopine kroz uređaj za vlaženje, pa i reagirati s masnim kiselinama sadržanima u bojilu. U većini slučajeva voda ima preveliku tvrdoću. U pojedinim situacijama moguće je tiskati s vodom tvrdoćom otopine za vlaženje i do 15°dH , ali potrebno je znati da će nastati pad u kvaliteti tiska. Idealna vrijednost za tvrdoću vode iznosi 8°dH [5].

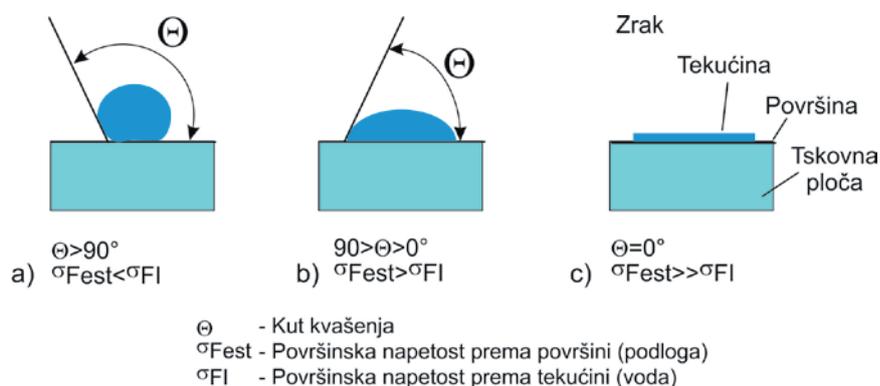
Druga važna komponenta je pufer. Puferi imaju zadatak:

1. pomoći pri uspostavljanju željene ravnoteže između bojila i otopine za vlaženje.
2. spriječiti primanje bojila na slobodne površine tiskovne forme

3. smanjiti ukupnu količinu otopine za vlaženje koja je potrebna da se dobije besprijeckorno kvalitetan otisak

Pufer koji se dodaje otopini za vlaženje ima zadatak ustabiliti pH-vrijednost otopine na 4,8 – 5,5. U tom području pufer pospješuje djelovanje otopine za vlaženje i pomaže joj da se održi na slobodnim površinama. Ako je pH-vrijednost previše niska, nastupit će kemijsko oštećenje tiskovne forme, otisnuto bojilo sporije će se sušiti i mogu se pojaviti pruge na kromiranim valjcima. Previsoka pH-vrijednost tekućine za vlaženje može izazvati koroziju dementne strukture aluminijskoga oksida, što će u konačnosti rezultirati toniranjem. Pritom dolazi do lošijeg prihvaćanja tekućine za vlaženje na tiskovnu formu i zbog toga treba dodati veću količinu otopine za tisak. Prevelika količina otopine može uzrokovati probleme kao što su: dimenzionalna stabilnost otiska, blijed otisak, emulgiranje bojila, smanjena ljepljivost bojila i loše ponašanje bojila na tiskovnoj jedinici.

Površinska napetost je svojstvo tekućine da više ili manje privlači sa susjednim molekulama. U unutrašnjosti tekućine snaga privlačenja veća je od snage na površini te se događa da molekule bivaju povučene prema unutrašnjosti. Kut koji nastaje zbog napetosti površine na kontaktnoj površini tekućeg i krutog tijela naziva se kut kvašenja. Što je kut kvašenja manji, moćenje je veće. Kut kvašenja karakterističan za ofsetni tisak prikazan je na slici 7 [5].

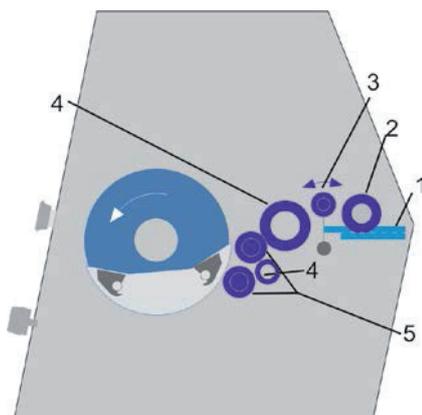


Slika 7. Prikaz kuta kvašenja: a) Fobna površina; b) Filna površina; c) Raspršenje

Izvor: H. Kipphan, *Handbook of Print Media*, Springer-Verlag, 2001, str. 207.

Kako bi se osigurao kvalitetan ofsetni tisak, količina otopine za vlaženje na tiskovnu formu mora se nanijeti u vrlo finom tankom sloju. Zbog toga je neophodno imati konstantan i ujednačen dotok otopine za vlaženje.

Sustav za vlaženje u ofsetu naslijeđen je od litografije (otopina za vlaženje nanosi se direktno s valjcima). Sistem s heberom radi tako da se otopina za vlaženje kontinuirano nanaša iz posude s otopinom za vlaženje, te prijenosnim valjkom i valjcima za nanašanje dovodi u kontakt s tiskovnom formom. Problem kod ovakvih sustava leži u činjenici da dio materijala (djelići bojila, papirne prašine) mogu doći s tiskovne forme u posudu otopine za vlaženje i tako je kontaminirati. Ovaj se problem ne javlja u sustavima za vlaženje koji su nekontaktni ili u kojima ne postoji povratna sprega od tiskovne forme. Količina otopine za vlaženje mora se mjeriti vrlo precizno jer višak vodene otopine ne može teći natrag s tiskovne forme u sustav za vlaženje [4].



Komponente uređaja za vlaženje:

1. Posuda za otopinu za vlaženje
2. Dukt za otopinu za vlaženje
3. Prijenosni valjak za vlaženje – *heber*
4. Valjci razribači
5. Nanosni valjci

Slika 6. Uređaj za vlaženje Heidelberg GTOZP 52

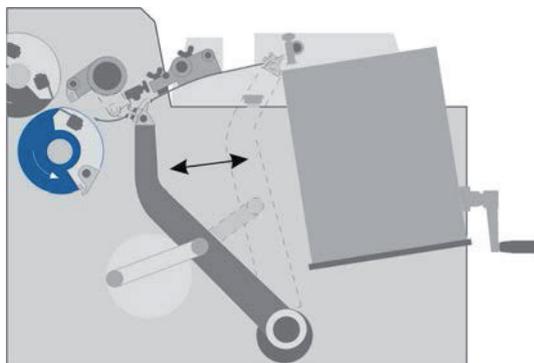
Klasični uređaji za vlaženje (slika 6) imaju nanosne valjke za vlaženje pokrivene upijajućim materijalima (moleton ili pliš). Platnene presvlake u ovim sustavima imaju dosta mana: zahtjevno održavanje, nejednolika distribucija otopine za vlaženje, česte greške u radu jer presvlake postanu zapunjene, velika potrošnja papira, puno makulature pri kretanju tiska jer se potreban balans bojilo/otopina za vlaženje vrlo sporo postiže.

U uređaju za vlaženje prikazanom na slici 6 otopina za vlaženje se nadopunjuje preko duktora koji je djelomično uronjen u posudu sa otopinom za vlaženje, on se rotira i u kontaktu sa osilatornim prijenosnim valjkom (heber) prima otopinu za vlaženje, te se ta primljena količina prenosi na valjak razribač. Sa valjka razribača otopina za vlaženje prelazi na nanosne valjke koji su povezani međusobno sa metalnim valjkom razribačem, te se otopina za vlaženje prenosi na tiskovnu formu, (na slobodne površine).

2.3.4. Aparat za ulaganje

U konstrukciji ofsetnih strojeva imamo dvije vrste aparata za ulaganje: aparat za pojedinačno ulaganje i aparat za stupnjevito ulaganje. Svaki tip aparata za ulaganje ima svoje prednosti i mane. Za ofsetne strojeve koji tiskaju malim brzinama i kod manjih formata prikladno je pojedinačno ulaganje araka, dok se kod većih formata ofsetnih strojeva koristi aparat za stupnjevito ulaganje araka.

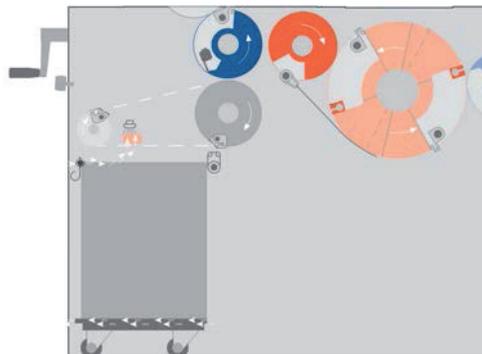
Pojedinačno ulaganje araka na ofsetnom stroju Heidelberg GTOZP 52 funkcioniра na način da ususna usisava i podiže uvijek samo gornji arak papira. Pritom se arak odvaja od kupa papira te ulazi u ulagače hvataljke. Ulagače hvataljke čvrsto prime arak papira, te ga prenose preko ulagačeg stola na čeone markice. Tu se hvataljke otpuštaju i vraćaju u poziciju za ponovni prihvat novog arka papira. Slijedeći arak biti će usisan, tek kada poluga s usisnim pipcima dođu na početnu poziciju. Arci se tako ulažu pojedinačno, jedan za drugim, pri čemu je brzina otiskivanja ograničena na 10000 otisaka na sat.



Slika 8. Aparat za pojedinačno ulaganje Heidelberg GTOZP 52

2.3.5. Aparat za izlaganje papira

Uređaj za izlaganje papira nalazi iza zadnjeg tiskarskog agregata na ofsetnom tiskarskom stroju. Nakon otiskivanja, arak papira sa tiskovnog cilindra preuzimaju izlagaće hvataljke, koje su postavljene na lančanik. Uređaj mora imati najmanje dvije izlagaće hvataljke koje prenose arak papira na izlagaći kup. Tokom transporta otisak se suši, a postoji i mogućnost pudranja otisaka kako nebi došlo do sljepljivanja naklade.



Slika 9. Aparat za izlaganje papira Heidelberg GTOZP 52

2.3.6. Pogon s komandama

Ofsetni tiskarski strojevi su pogonjeni elektromotorima, koji dalje prijenose okretaje preko jako preciznog sustava zupčanika, lančanika i pluga. To dovodi do pokretanja tiskarskih cilindara, valjaka za obojenje i vlaženje i ostalih pomičnih dijelova ofsetnog stroja. Kod konstrukcije ofsetnog stroja postoje mehaničke i elektronske automatske komande (pultovi za kontrolu tiskarskog procesa). Kod manjih ofsetnih strojeva imamo mehaničke komande tipa poluge. Njenim zakretanjem aktiviraju se faze: start, stop, ulaganje papira i ostvarivanje pritiska.

2.4. Ofsetna tiskarska bojila

Kada se govori o ofsetnim bojilima, važno je napomenuti da su to bojila koja moraju imati dinamičku viskoznost (η) od 40 do 100 Pa • s. Dinamička viskoznost određuje se koeficijentom (h) koji je definiran silom (F/S) po jedinici površine koja je potrebna kako bi se postigla jedinična razlika brzine između dvaju paralelnih slojeva na udaljenosti x (dv/dx) [7]:

$$h = (F/S) / (dv/dx) = t / D \quad (1)$$

pritom je:

h [Pa • s] – koeficijent dinamičke viskoznosti

$t = F/S$ [Pa] – smično naprezanje

$D = dv/dx$ [s^{-1}] – gradijent brzine

Kinematička viskoznost (η) predstavlja omjer između dinamičke viskoznosti i gustoće [7]:

$$\eta = h / \rho \quad (2)$$

gdje je:

η [$m^2 s^{-1}$] – kinematička viskoznost

h [Pa • s] – koeficijent dinamičke viskoznosti

ρ [$kg m^{-3}$] – gustoća fluida

Tiskarska bojila koja se koriste u ofsetnom tisku visoko su viskozna. Ona su mješavina 4 osnovne komponente: pigment, punilo, vezivo na bazi smola i ulja te aditivima.

Pigment je obojena kemijski čista tvar koja je pomiješana s vezivom. Osnovna karakteristika pigmenta jest njegova netopivost u vodi i vezivima. Pigment se u kontaktu sa vezivom mora fino raspršivati ali i dobro močiti. Najčešći pigmenti su: čađa, bijeli anorganski pigment, obojeni anorganski pigment i organski pigment. Jedna od najvažnijih karakteristika pigmenta veličina je čestica koja je obrnuto proporcionalna od raspršenosti (disperzije). To znači da manje čestice imaju veću disperziju i obrnuto. Veličina čestica iznosi od 0,01 do 10 μm , a najviše se rabe čestice veličine od 0,1 do 1,0

µm. Veće čestice su nepoželjne jer djeluju abrazivno na tiskovnu formu. Međutim, finije čestice malo doprinose opacitetu tiskarskog bojila i mogu uzrokovati nepoželjan odbljesak.

Prirodna punila dobivaju se iz ruda i minerala mehaničkim usitnjavanjem i naknadnim pročišćavanjem. Takva su punila obično tvrda, malih dimenzija, često obojena onečišćenjima te im je uporaba mala. Umjetna punila su bijeli finoizrnatni prašci. Najčešće se dobivaju taloženjem teško topivih soli. Imaju manju tvrdoću ali i mogućnost stvaranja većih disperzija, zbog čega je njihova uporaba veća. Punila ne smiju kemijski reagirati s vezivom jer bi mogla promijeniti reološka svojstva tiskarskog bojila. Iz istog razloga rabe se punila netopiva u vodi ili u vezivima u kojima se disperziraju i s kojima se trebaju dobro močiti. Disperzije vode i punila neprozirne su, za razliku od uljnih disperzija koje su djelomično prozirne. Najčešće se rabe punila: barijev sulfat BaSO_4 , aluminijev hidroksid Al(OH)_3 , magnezijev karbonat MgCO_3 , kalcijev karbonat CaCO_3 , talk $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$, glina te silicijev dioksid SiO_2 [8,9].

Vezivo je uz pigment najvažnija komponenta tiskarskog bojila. Služi kao tekući nosilac pigmenta koji je u vezivu jednolično raspršen. Vezivo nosi pigment kroz uređaj za obojenje, osigurava prijenos bojila sa tiskovne forme na tiskovnu podlogu i tijekom sušenja veže pigmente za tiskovnu podlogu. Vezivo tiskarskom bojilu daje: reološka svojstva (viskoznost, tečljivost, plastičnost, ljepljivost), sušivost i pogodnost za tisak [10].

Dodaci tiskarskom bojilu poboljšavaju određena svojstva tiskarskih bojila ili otklanjaju nepoželjne pojave u tisku. Dodaci se trebaju lako povezati s vezivom odnosno gotovim tiskarskim bojilom. Optimalnim dodatkom voska i ulja može se „skratiti“ bojilo, tj. može se smanjiti ljepljivost bojila, smanjiti sljepljivanje otisaka te povećati otpornost otisaka na otiranje.

Antioksidans se dodaje tiskarskom bojilu jer brzo reagira s kisikom i tako ubrzava oksidaciju sušivih ulja. Na taj način ubrzava sušenje bojila u ambalaži ili na valjcima tiskarskog stroja.

Tvari za močenje u optimalnim količinama pospješuju disperziranje pigmenata u vezivu i ubrzava zgrušavanja (aglomeraciju) pigmenata.

Mirisi u tiskarskom bojilu prekrivaju neugodne mirise ulja, sušila i drugih tvari. Miris u bojilo dodaje proizvođač ili tiskar prije otiskivanja. Dodatak mirisa ne smije promijeniti reološka svojstva tiskarskih bojila.

Modifikatori se rabe u malim količinama kako bi modificirali potrebna svojstva bojila. Tijekom proizvodnje bojila dodaju se svi potrebni dodaci kako bi se gotova bojila mogla odmah rabiti u tisku. Kao modifikatori dodaju se tvari protiv stvaranja kožice, voskovi, reducensi, otapala itd. Tvari protiv stvaranja površinske kožice dodaju se u neka bojila kako bi se spriječilo zasušivanje bojanika i valjaka za obojenje.

Različiti voskovi rabe se za smanjenje ljepljivosti bojila i povećanje otpornosti na otiranje otisaka. Dodatak voska „skraćuje“ bojilo. Neki sastojci voska migriraju na površinu tijekom sušenja i tako otežavaju prihvaćanje sljedećeg bojila. Ostali sastojci voska mogu se rabiti u prvom otisnutom bojilu bez problema sa prihvaćanjem. Mješavina hidratiziranog magnezijeva karbonata i magnezijeva hidroksida ponekad se dodaje da bi se smanjila ljepljivost te spriječilo čupanje papira.

2.4.1. Podjela ofsetnih bojila

Ofsetnih bojila ima različitih vrsta. Međutima prema njihovoj upotrebi možemo ih podijeliti na: standardna, bojila sa visokim sjajem, bojila sa poboljšanom otpornošću, bojila za bezvodni ofsetni tisak, bojila za tisak na neupojnim podlogama, bojila za rotacijski tisak, bojila za novinski tisak, UV svjetleća bojila, IR sušeća bojila.

Standardna ofsetna bojila upotrebljavaju se kod tiska zahtjevnih višebojnih reprodukcija. Sušenje se obavlja apsorpcijom, hlapljenjem i oksidacijom. Dobro se

ponašaju na premazanim i nepremazanim tiskovnim podlogama. Njihovo sušenje se može ubrzati IR-zračenjem.

Bojila s visokim sjajom upotrebljavaju se kod tiska samo na premazanim tiskovnim podlogama. Sušenje se obavlja apsorpcijom i oksidacijom. Sušenje se može ubrzati IR-zračenjem.

Bojila s poboljšanom otpornošću na otiranje upotrebljavaju se u tisku ambalaže i na nepremazanim i slaboupijajućim tiskovnim podlogama. Sušenje se obavlja apsorpcijom, hlapljenjem i oksidacijom. Sušenje se može ubrzati IR-zračenjem.

Bojila za bezvodni ofsetni tisak upotrebljavaju se kod tiska s posebnim tiskovnim formama. Vrlo su slična standardnim ofsetnim bojilima. Međutim, mogu kao dodatke sadržavati silikonska ulja.

Bojila za tisak na neupojnim podlogama upotrebljavaju se kod tiska na metaliziranim papirima i folijama. U tom slučaju sušenje je moguće samo oksipolimerizacijom.

Bojila za rotacijski tisak (heat-set) upotrebljavaju se kod tiska na revijalnim rotacijama kod kojih se sušenje vrši toplim zrakom. Pritom sadržavaju posebna mineralna ulja, što omogućuje tisak na različitim tiskovnim podlogama.

Bojila za novinski tisak su specijalna vrsta bojila koja se upotrebljavaju kod tiska novina. Moraju imati povećanu otpornost na otiranje. Sušenje se obavlja apsorpcijom i hlapljenjem.

UV svjetleća bojila koja se upotrebljavaju kod tiska na ambalaži i etiketama. Sušenje se obavlja pod UV-lampama.

IR sušeća bojila koja se upotrebljavaju kod tiska iz arka. Sušenje se obavlja pomoću lampi koje emitiraju infracrven izvor svjetlosti.

2.4.2. Zlatna i srebrna ofsetna bojila

Razvoj ofsetnog tiska je označen povećanjem kvalitete tiska i sve većom potrošnji bojila. Četverbojni tisak je danas standard, međutim sve više i više se traže posebna bojila, lakiranje u svakom obliku, reljefno utiskivanje i prirodni zlatni efekti ili efekti metaliziranja.

Rad sa pravim zlatnim i srebrnim pigmentom je jedna specijalna metoda, malo poznata ali ima mogućnost postizanja vrhunskih efekata nanašanja zlata i srebra. 1818. godine Alois Senefelder je izdao knjigu o litografskom tisku gdje je na stranicama 314 i 315 dao tehničke upute o tisku zlata i srebra u litografskom tisku. Pri tome se nije tiskalo sa zlatnim i srebrenim bojilima niti se bronciralo. Tiskalo se sa srebrenosivom i zlatnom podložnom bojom koja se sastojala od firnisa, fine krede i malo čađe. Nakon otiskivanja mjesta su oblagana sa zlatnim i srebrenim listićima koji su se upotrebljavali za pozlaćivanje. Preko njih se stavljao list papira da ne odlete sa otiska. Tisak metaliziranim bojilima moguće je na dva načina: bronciranjem, te tiskanjem zlatnim i srebrnim bojilima. Najbolje i najsajnije djelovanje se postiže sa zlatnom broncom i bronciranjem [11].

Danas se zlatni otisci bronciraju čime se postiže isti efekat ali sa manjom cijenom. Na ovakav način realiziraju se: etikete, sklopive kutije za kozmetičku industriju i omoti za prehrambenu ambalažu i cigarete. Ofsetni se tisak prilagođava bronciranju iako je njegov trend u opadanju. Općenito se bronciranje smatra nužnim zlom jer je tehnički postupak povezan sa prljavošću i prašinom. Iako se sve više i više prakticira tisak sa zlatnim i srebrenim tiskarskim bojilima, za mnoge tiskare nije rutinski posao. Svaka ofsetna tiskara tako treba znati sva važna tehničko-tehnološka pravila ali i svojstva zlatnih i srebrnih bojila. Brončani prah se mora pomiješati s odgovarajućom pastom i specijalnim firnisom. To će dovesti do značajnog utjecaja loma svjetlosti i time gubitka metalnog efekta. Ipak, danas u ofsetnom tisku koriste se usavršena zlatna i srebrna tiskarska bojila koja svojim sjajom na premazanom papiru postižu izvanredne rezultate.

Preporuča se pravi omjer miješanja firmisa. Kod dvokomponentnih bojila mora točno odgovarati podacima i preporukama pojedinih proizvođača bojila. Osim toga slijedeće se mora uzeti u obzir:

1. Dvokomponenta bojila se treba smješati neposredno prije početka rada.
2. Dovod vode mora biti neznatan, prije svega kod zlatnih tiskarskih bojila. Zbog opasnosti od oksidacije trebaju se izbjegavati kiseli dodaci u vodi za pranje tiskove forme ili se smiju koristiti samo specijalne zlatna i srebrna bojila. Tiskovne forme se trebaju prati običnom vodom.
3. Trimetalne ploče, odnosno višeslojne metalne ploče se preporučuju, iako se s predoslojenim ofsetnim pločama kod malih i srednjih naklada mogu postići dobri rezultati.
4. Ne smiju se koristiti nikakvi dodaci bojilima koje proizvođači ne odobre. Mnogi proizvođači ne savjetuju neka pomoćna sredstva, posebno sušila, jer postoji opasnost od oksidacije.
5. Češće se treba mijenjati boja u bojaniku, jer dugim stajanjem boja privlači vlagu i kisik što utječe na gubitak sjaja. Prije dodavanja svježeg bojila, staru se treba ukloniti iz bojanika. To je prednost naročito kod male potrošnje bojila. Preporuča se uređaj za miješanje bojila u bojaniku.
6. IR sušenje je moguće i preporuča se jer povećava metalni sjaj.
7. Može se preporučiti lakiranje za poboljšanje prijanjanja zlatnog i srebrnog tiskarskog bojila i za sprečavanje osjetljivosti na otiranje. Uljni lakovi smanjuju sjaj i zato su lakovi na bazi vode bolji.
8. Površina tiskovne podloge utječe na kvalitet tiska sa zlatnim i srebrenim tiskarskim bojilima. Zato se preporučuju dobro premazani papiri ili specijalno premazani papiri [11].

Zlatne bronce se proizvode specijalnim postupkom iz bakra i cinka lijevanjem, nabijanjem i višestrukim prosijavanjem. Pri tome se mogu dobiti razni tonovi zlatne boje kao na primjer izdašna zlatna (zelenkasto zlatna), olovno zlatna (crvenkasto zlatna) i ton u sredini između ova dva spomenuta tona. Crvenkasti zlatni tonovi sadrže visoki udio bakra dok zelenkasti tonovi imaju samo mali udio bakra ali zato veći udio cinka. Pronalazak brončanog praha se pripisuje Albertu Huberu iz Furtha koji je 1760. došao na ideju usitniti sav otpad listićavih metala, i da ga primjeni za premazivanje [11].

Da bi se napravila buduće zlatno bojilo kao pigment koristit će se (70-90%) bakar i (10-30%) cink. Nakon toga slijedi njihovo taljenje kako bi nastao mesing. Rastaljeni mesing se raspršuje stvarajući pritom zlatnobrončani prah, te se u rotacionoj centrifugi oblikovati u sitni granulat. Na samom kraju izvodi se poliranje kako bi se dobili listići što većeg sjaja (slika 10).



Slika 10. Shematski prikaz izrade mesingastog praška koji se koristi za simuliranje zlata

Izvor: W. Walenski, *Das papier buch*, Verlag Beruf+Schulle Belz, 1999., str. 204.

Nasuprot postojećem bronciranju, postoje i gotova metalizirana bojila gdje su pigmenti čestice metala kod zlatnog i srebrnog bojila. Pritom pigmenti moraju biti finiji, jer se moraju vezati sa vezivom koji će omogućiti transport iz bojanika ofsetnog stroja preko uređaja za obojenje, tiskovne ploče i gumene navlake na površinu papira ili kartona.

2.4.3. Princip izvođenja bronciranja

Da bi se brončani prahio nanio i fiksirao na tiskovnom araku potrebno je otiskivati s tzv. podložnim bojilom. Ona ima zadatak vezivanja i zadržavanja bronce. Jaka podložna bojila tako mogu često izazvati čupanje pa ih se stoga mora vrlo pažljivo razrijediti sa specijalnim rijetkim firnisom. Ponekad pomaže ukapavanje lanenog ulja. Ni u kojem se slučaju ne smiju dodavati tiskarska ulja, tiskarske paste, ofsetne paste jer postoji opasnost da se odbijaju vezivna sredstva i da zlatna bronca loše prijanja za površinu (lako se skida s papira). Danas se u praksi mora ustanoviti koja se podložna bojila i papiri mogu koristiti za bronciranje s obzirom na čupanje.

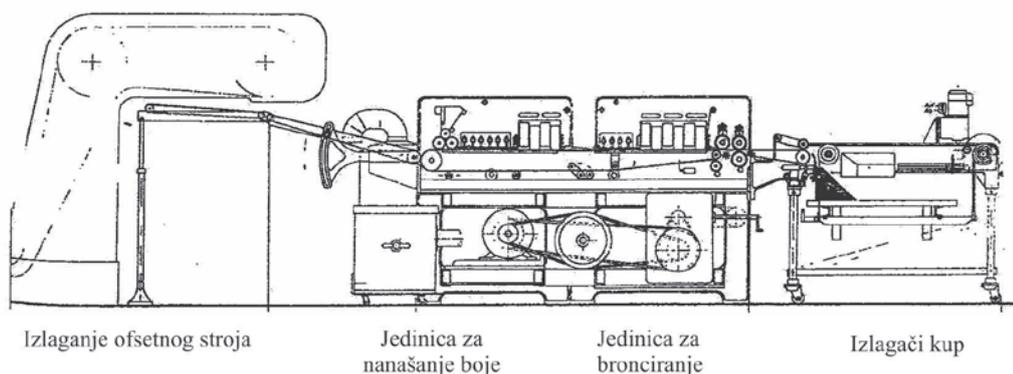
Arci papira se tijekom tiska vode preko transportnih traka sve do izlagačkog stola. Oni se pritom izlažu valjcima za nanošenje bronce koji su presvučenim plišem. Baš u toj funkciji bronciranja leži izvor mnogih grešaka (arci koso ulaze u stroj pa se loše ili nejednako posipaju s prahom). Najpoznatija i najčešća greška je slabo prijanjanje bronce na podložno bojilo. Čak i kod najnježnijeg nanosa bronca otpada. Tako je cijeli posao neupotrebljiv i mora se spašavati lakiranjem.

Prijanjanje bronce na podložno bojilo primarno je pitanje nanosa bojila. U mnogim slučajevima i samo podložno bojilo je jače nanešeno, a samim time je i ljepljivije. To je ujedno i veća sigurnost prijanjanja bronce. Čak ni samo podložno bojilo ne može držati broncu ako je nanos mali. Međutim, prejaki nanos bojila se može prepoznati na bronciranim dijelovima tako što su fini dijelovi predebeli. Osim toga stvara se na otisku hrapavost. Pomoću denzitometra mogu se danas stvoriti standardizirani uvjeti i stvoriti veća sigurnost za bolje nanašanje bronce [11].

Ponekad se primijećuje sporost u sušenju. Ne samo da se bronca može obrisati nego i podložno bojilo može ostati vlažno. Pri tome se kod otisaka mogu primijetiti zamrljana suha mjesta ili zamrljana vlažna mjesta. Prije svega pH vrijednost tiskovne podloge u čistom području igra važnu ulogu kao i kiseli dodaci za tekućinu za vlaženje. Kod bronciranja dodaje se vrlo malo pufera u tekućinu za vlaženje. Eksperti za bronciranje smanjuju nanos otopine za vlaženje tako da se otisak zaustavi kratko prije ulaza na sušenje.

Važna je veza oksidacije i korozije s pH vrijednosti. Kod bronciranih naklada to se može vidjeti u raznim pojavama. Bronca postaje crvenija, jer tamnjenjem gubi prvobitni ton, a u najgorim slučajevima može nastati tamnosiva ili crna. Čak i u tim slučajevima može se pretpostaviti da pH vrijednost igra odlučujuću ulogu i to uvijek onda kad se radi o kiselom području (pH manjim od 7). Zbog toga se ne smiju upotrebljavati kiseli dodaci u tekućini za vlaženje, te se mora kontrolirati i pH vrijednost tiskovne podloge. Mora se misliti i na poleđinu otiskanog arka kad se arci nađu u kupu u tijesnom kontaktu.

Kod bronciranja često se pojavljuju teškoće u obliku neželjenog prijanjanja čestica bronce na tiskovni arak. Nažalost na neotisnutim dijelovima arka mogu se naći slobodne čestice bronce. Razlozi za to mogu biti različiti. Oni su većinom u nedovoljnoj podešenosti sistema za oprašivanje ili stroja za bronciranje. Loši rezultati oprašivanja mogu nastati zbog statičkog elektriciteta tiskovne podloge. Moguća pomoć je u povećanju relativne vlažnosti zraka (pomoću ovlaživača ili ponovljenim vlaženjem tiskovne podloge). Također se može nanjeti mješavinu glicerina i vode (1:3). To se i prakticira onda kad se pojave problemi sa prašenjem [11].

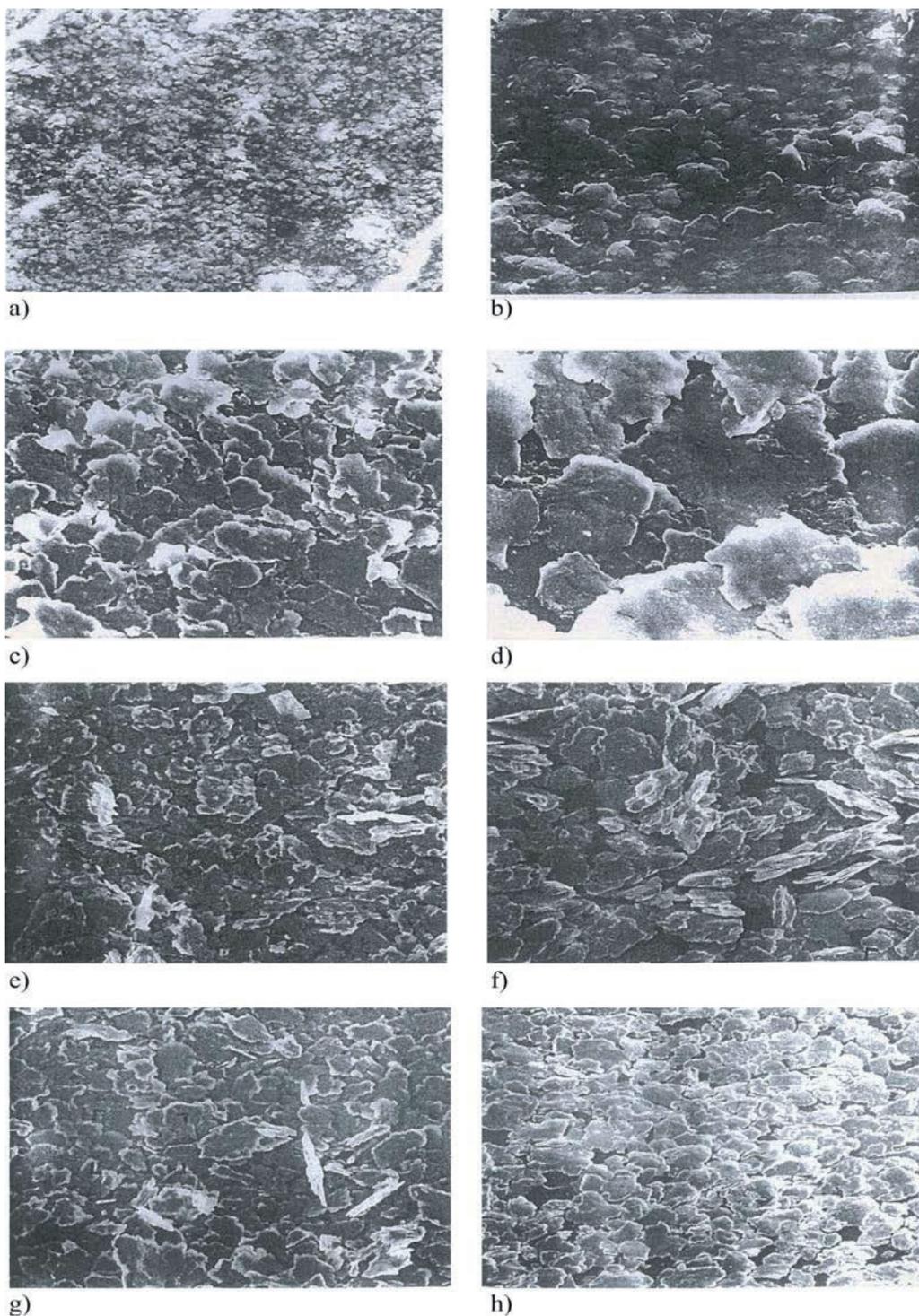


*Slika 11. Konstrukcioni princip modernog stroja za bronciranje Dreissig
Izvor: W. Walenski, Das papier buch, Werlag Beruf+Schulle Belz, 1999., str. 205.*

2.4.4. Bronciranje s praškom plemenitih metala

Posebno vrijedna varijanta izrade zlatnih i srebrnih efekata u ofsetnom tisku je upotreba pravog zlatnog ili srebrnog praha. Ona se malo koristi te nudi mogućnost izrade posebno vrijednih radova. Način rada je u principu identičan kao i u normalnom bronciranju, međutim efekt sjaja je puno bolji. Na slici 12 prikazani su karakteristični zlatni tonovi.

Djelovanje čistog zlata odlikuje se briljantnim sjajem i zatvorenom glatkom pokrivenošću. Da bi se to ostvarilo prvo se mora otiskati uobičajeno zlatno bojilo (podloga). Nakon toga se umjesto prašenja broncom, nanaša pravi zlatni prah. Kod vrlo malih naklada to se radi vrlo pažljivo i oprezno (ručno), a ponekad i strojno sa specijalnim strojem za nanošenje. Prednost je u nastalom plemenitom, glatkom i briljantnom izgledu zlatnih dijelova, bez opasnosti da će oni kasnije pocrniti i oksidirati. Ista ova procedura koristi se i kod srebrnog praha [11].



Slika 12. Zlatni otisci povećani mikroskopom: a) otisak zlatnim bojilom; b) otisak nastao bronciranjem; c) zlatno tiskarsko bojilo, povećanje 1000x; d) otisak nastao bronciranjem, povećanje 1000x; e) nanos zlatnog bojila praškasto zlatne nijanse; f) nanos zlatnog bojila praškasto žuto zlatne nijanse; g) nanos zlatnog bojila crvenkasto zlatne nijanse; h) otisak nastao nanašanjem čistog zlatnog praha ručnom metodom.

Izvor: W. Walenski, *Das papier buch*, Verlag Beruf+Schulle Belz, 1999., str. 206. i 207.

2.5. Upravljanje i osiguranje kvalitete tiska

Osim deformacija rasterskih elemenata koje se mogu dogoditi za vrijeme tiska, a koje smanjuju kvalitetu grafičkog proizvoda, utjecaj na kvalitetu imaju i drugi faktori. Za njihovo praćenje koriste se alati koji se zovu kontrolni stripovi. Kontrolni stripovi zapravo su mala polja koja se tiskaju na dio arka koji se na kraju obrezuje. Građeni su tako da su sposobni reproducirati točno uvijek definirane rastertonske vrijednosti (40% RTV i 80% RTV). Jedan je od najčešće korištenih klinova je PMS klin ili UGRA PCW 1984 klin [12].

Uz pomoć kontrolnih stripova pogreške je moguće ustanoviti vizualno jer stripovi povećavaju greške u tisku. Tako je moguće ustanoviti greške u smicanju, dubliranju, razmazivanju, zatim grešku tona, sivoću boje, prihvaćanje boje, relativni tiskovni kontrast, sivi balans, prijenos rasterskih elemenata, razlučivost tiskovnih formi itd. Osim vizualne kontrole kvalitete tiska, stalnu kvalitetu tiska moguće je provoditi i denzitometrijskim mjerenjima. Standardizacija ofsetnog tiska moguća je kada se zadovolje uvjeti kompatibilnosti sustava unutar dijelova proizvodnje te tehnička i tehnološka mogućnost izvedbe propisanih standarda. Standardi u grafičkoj struci propisani su međunarodnim preporukama koje mogu biti definirane kao *ISO* standardi ili kao preporuka nekih znanstvenih i istraživačkih institucija. Kada se govori o standardizaciji ofsetnog tiska, praćenjem ostvarivanja uvjeta dobiva se kvalitetan i standardiziran proizvod. To je omogućeno definiranjem ulaznog formata, karakteristika različitih prijenosnih uređaja i medija, definiranjem rastriranja, definiranjem izrade tiskovnih formi i praćenjem tiskarskih parametara kao što su: gustoće obojenja punog polja, prirasta *RTV-a*, *CIELAB* vrijednosti otisaka, *CIELAB* vrijednosti tiskovnih podloga i ΔE devijacije obojenja.

Pojava prirasta rastertonskih vrijednosti problem je koji se gotovo uvijek događa u tisku. Može se riješiti tek nakon što se prvo ustanovi vrijednost prirasta rastertonskih vrijednosti, a koja se kasnije korigira. Uz standardan nanos bojila i standardnu gustoću obojenja punog polja prirast *RTV-a* može se određivati prirastom gustoće obojenja.

Rezultat tiska ukupnog prirasta rastertonskih vrijednosti može se pokazati se kao produkt [12]:

$$R_{CMYK}(x,y,l) = R_C(x,y,l)R_M(x,y,l)R_Y(x,y,l)R_K(x,y,l) \quad (3)$$

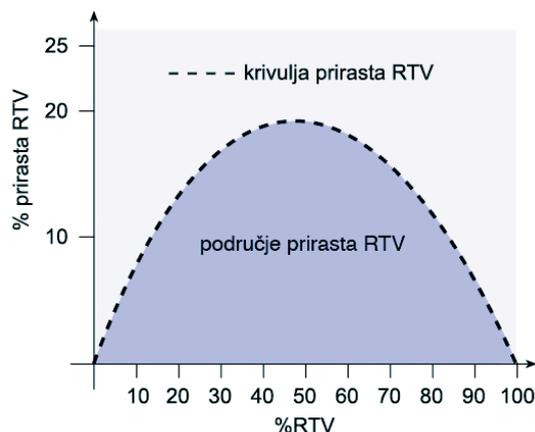
odnosno, kada se želi izračunati stvarna rastertonska vrijednost određenog polja Fa , tada se primjenjuje Murray-Davies jednadžba [12]:

$$Fa = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_{PP}}} \times 100\% \quad (4)$$

gdje je D_R gustoća obojenja polja koje se mjeri, a D_{PP} gustoća obojenja punog polja. Vrijednost prirasta rastertonske vrijednosti definirana je kao razlika teorijske F_F i stvarne pokrivenosti F_D [13]:

$$DG(\%) = F_D(\%) - F_F(\%) \quad (5)$$

U realnoj grafičkoj proizvodnji od presudne je važnosti važno ustanoviti mogući pad kvalitete. Otežavajuća okolnost prilikom takvog ustanovljavanja krije se u tome da se pad kvalitete može dogoditi u tisku na vrlo maloj površini. Isto tako, pad kvalitete pojavljuje se u tisku zbog vrlo sporog djelovanja, što može uzrokovati tijekom vremena pojavu greške.



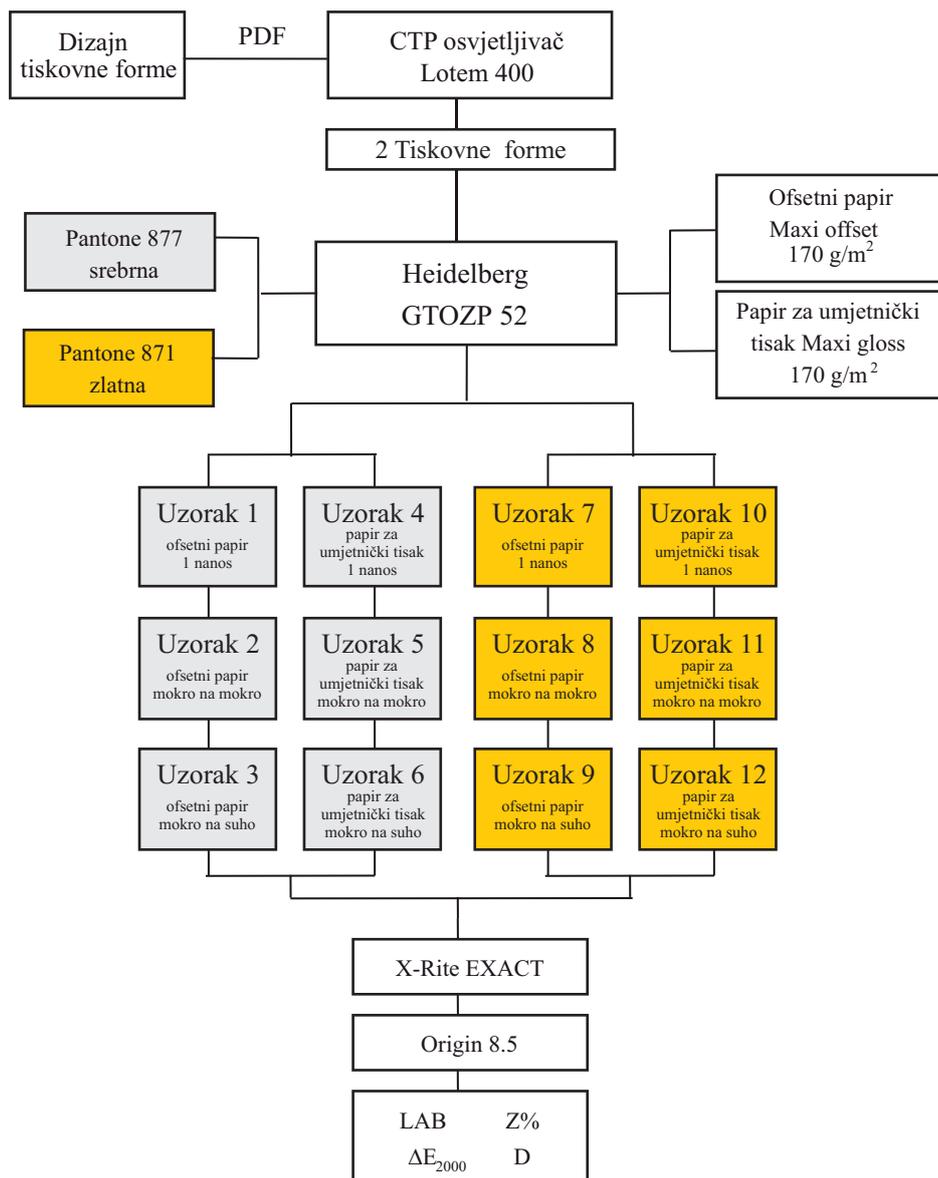
Slika 13. Krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti u ofsetnom tisku

Izvor: I. Zjakić, *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*, HSN, Zagreb, 2007., str 50.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Plan eksperimenta

Za ispitivanje je konstruirana posebna tiskovna forma. Osim mjernih i vizualnih stripova, na formi će se nalaziti otisnuta i polja za određivanje restertonske vrijednosti i višetonske ilustracije. Tiskovnu formu smo osvjetlili na Lotem 400 termalnom fotoosvjetljivaču, pri čemu smo izradili 2 identične tiskovne forme. Za tisak smo koristili 2 vrste papira, ofsetni papir i papir za umjetnički tisak sjajni. Otiskivanje smo vršili na dvobojnom ofsetnom stroju Heidelberg GTOZP 52, otiskivajući tako prvo srebrno bojilo (Pantone 877) i zlatno bojilo (Pantone 871). Na taj način dobili smo ukupno 12 uzoraka, koje smo otiskivali sa 1 nanosom, sa dva nanosa principom mokro na mokro i 2 nanosa otisnutih principom mokro na suho. Na dobivenim smo otiscima spektrofotometrom X-rite Excact izmjerili puna polja (100% nanos bojila) te polja od 10 – 90% RTV, na temelju kojih je određen prirast rastertonske vrijednosti (Z%). Dodatno je izvršena i kolorimetrijska analiza pri čemu su određene CIE Lab vrijednosti i razlika u obojenju ΔE_{2000} . Nakon mjerenja, u aplikaciji Origin 8.5 su se izradili grafovi za sve navedene vrijednosti.



Slika 14. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

3.2. Upotrebljavani strojevi i uređaji

3.2.1. CTP Kodak Lotem 400

Tiskovne forme koje su korištene za otiskivanje osvijetljene su na termalnom CTP-u marke Kodak Lotem 400. Kao tehnologiju za osvijetljavanje koriste se laserske diode koje kojih je u stroju 24, te tehnologija vanjskog bubnja. Brzina osvijetljavanja je 15 ploča maksimalnog formata 622 x 749 mm na sat, a minimalni format ploče je 311 x 288 mm. Izrada tiskovne forme na ovom tipu osvijetlivača temelji se na načinu djelovanja infracrvenog zračenja koje izaziva fizikalno kemijske promjene u svojstvima kopirnog sloja. Hidrofilna i hidrofobna svojstva mijenjaju se pod djelovanjem toplinske energije, te dobivamo odvojene slobodne i tiskovne površine.



Slika 15. CTP Kodak Lotem 400

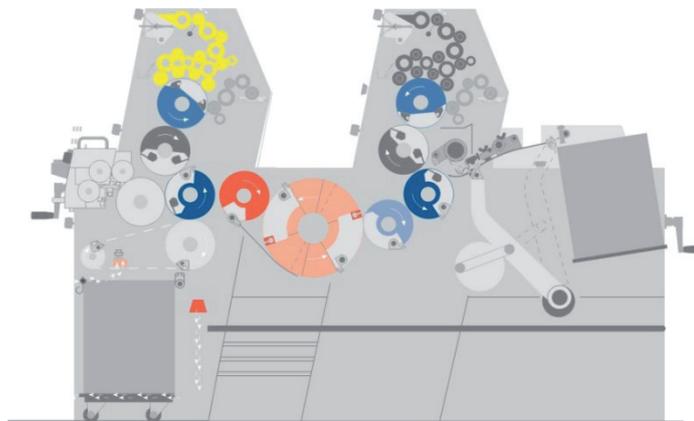
Izvor: <http://img.machinio.com/ms/1412969.jpg>

Tablica 1. Tehničke karakteristike CTP Kodak Lotem 400

Tehnologija	Eksterni bubanj
Rezolucija	1524-3556 dpi
Laser	Thermal 810 nm
Broj dioda	24
Tip ploča	Termalne ofsetne ploče
Maksimalna veličina ploče	622x749 mm
Minimalna veličina ploče	228.6 x 311 mm
Brzina	15 ploča na sat
Debljna ploča	0,15-0,30 mm

3.2.2. Heidelberg GTOZP 52

Eksperimentalni otisnuti uzorci dobiveni su na 2-bojnom ofsetnom tiskarskom stroju Heidelberg GTOZP 52, koji primjenjuje redosljed otiskivanja 2/0 ili 1/1. Ovaj stroj je namijenjen za tisak malih naklada do formata B3 i debljine papira do 350 gr/m². Brzina tiska je maksimalno do 8000 dvobojnih otisaka na sat. Stroj ima velike mogućnosti dodatnih operacija kao što su: numeracija, perforacija, lakiranje, izrezivanje uz upotrebu posebnih uređaja koji se po potrebi ugrađuju na stroj.



Slika 16. Shematski prikaz Heidelberg GTOZP 52

Izvor: <http://www.heidelberg.com>

Tablica 2. Tehničke karakteristike Heidelberg GTOZP 52

Najveći arak	360x 520 mm
Najmanji arak	105 x 180 mm
Najveći otisak	340 x 505 mm
Veličina ploče	400 x 510 mm
Najveća debljina materijala	0,15 mm
Maksimalna brzina tiska	8.000 araka/sat
Minimalna tiska	3.000 araka/sat
Visina ulagača	400 mm
Visina izlagača	493 mm

3.2.3. X-rite Exact

Sva mjerenja u ovom radu su se provodila pomoću denzitometra i spektrofotometra XriteExact. Sa njime su se tako odredile vrijednost prirasta rastertonske vrijednosti i oscilacije tonova rastera. Uređaj može raditi samostalno ili u komunikaciji sa računalom putem USB veze.



Slika 17. X-rite Exact

Izvor: <http://www.x-rite.com>

Tablica 3. Osnovne karakteristike X-Rite Exact

Točnost	<1 Δ E max., <5 prosjek
Spektralni senzor	DRS spectral engine
Spektralni opseg mjerenja	400 – 700 nm u intervalima od 10 nm
Ponovljivost	0,2 Δ E max
Brzina mjerenja	2 s po mjerenju
Interno instrumentsko slaganje	<1 Δ E max., <0,5 prosjek
Mjerna geometrija	45°/0°, ISO 5-4:2009(E)
Izlaz	31 točka spektralnih podataka,
Dimenzije / masa	7,6 x 7,8 x 18 cm / 700 g
Izvor svjetlosti	Plinom punjeni volfram (tip A) i UV LED (D50)
Kut promatranja po CIE	D50/2°
Uvjeti mjerenja	ISO 13655:2009, Filter M1, Papirna podloga uključena u mjerenje, CMYK+PANTONE
Mjerni zaslon	LCD touch screen

3.3. Materijali za tisak

3.3.1. Bojila

Za potrebe eksperimenta koristili smo tiskarska bojila proizvođača Michael Huber-Njemačka koje imaju zajednički trgovački naziv Huber Alchemy za zlatno i srebrno bojilo. Huber Alchemy ofsetna bojila najbolje efekte imaju na sjajnim papirima, a pogodne za dobivanje metaliziranog efekta na širokom spektru tiskovnih podloga od etiketa, ambalaže i brošura. Kod Huber Alchemy jednokomponentnog bojila (Pantone srebro 877), pigment je na bazi aluminija, dok se kod Huber Alchemy jednokomponentnog bojila (Pantone zlato 871), pigment sastoji od 70% bakra i 30 % cinka [14,15].

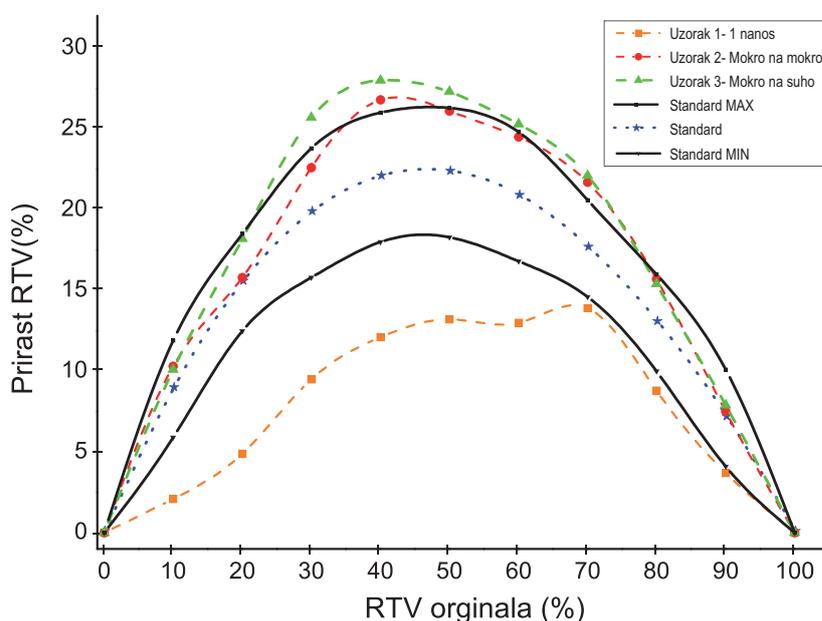
3.3.2. Korištene tiskovne podloge

Za potrebu eksperimenta korišteni su dva tipa papirnih tiskovnih podloga. To su: sjajni papir za umjetnički tisak Igepa Maxi gloss 170 gr/m² i bezdrvni ofsetni papir Igepa Maxi ofset 170 gr/m². Igepa Maxi ofset naravni je papir njemačkog proizvođača Igepa. Bazična površina ovog papira smanjuje površinsku napetost između bojila i tekućine za vlaženje, što ga čini idealnim za tehniku ofsetnog tiska. To je ekološki prihvatljiv papir koji se najčešće koristi kod tiska knjiga, publikacija, obrazaca, memoranduma, blokova i sl. Posjeduje veliku bjelinu i otpornost prema čupanju. Papiri su gramature od 80-300 gr/m², volumena 1,10 cm³/g i bjeline 97% [16].

Igepa Maxi gloss je papir za umjetnički tisak njemačkog proizvođača Igepa. Sadrži: bezdrvnu pulpe, recikliranih vlakana i mali dio recikliranih pročišćenih vlakana. Namijenjen je izradi ilustriranih knjiga, časopisa, kataloga i višebojnih umjetničkih reprodukcija u tehnici ofsetnog tiska. S obje strane premazan je tankim slojem mineralnog pigmenta (kaolin) i vezivnog sredstva (škrob). Udio mineralnog pigmenta iznosi od 5 gr/m² do 15gr/m² čime se stvara površinska glatkoća prikladna za prihvaćanje ofsetnog bojila. Gramature su od 80-350 gr/m², volumena 0,74 cm³/g i bjeline 95% [16].

4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati kretanja reprodukcije rastertonskih vrijednosti (polutonovi otisnutih uzoraka sa srebrnim i zlatnim bojilom) prikazani su kao prirast rasterskih elemenata Z (%) u odnosu na rastertonsku vrijednost originala (RTV_{org}). Sva mjerenja izvršena su u 5 ponavljanja na temelju kojih je izračunata srednja vrijednost. Pritom su analizirani zlatno i srebrno tiskarsko bojilo, koje su otisnute na tri načina: otiskivanje u 1 nanosu, otiskivanje u dva prolaza principom mokro na mokro i otiskivanjem u dva prolaza principom mokro na suho.



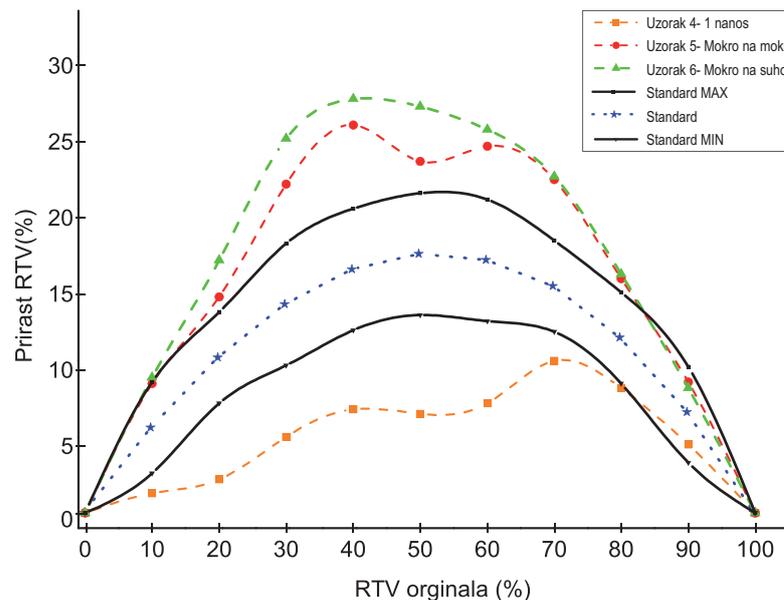
Slika 18. Krivulje prirasta RTV srebrnog otiska na ofsetnom papiru

Kod uzorka 1 koji je tiskan sa 1 nanosom uočljivo je da se kod srednjih tonova (50% RTV) krivulja reprodukcije otiskuje ispod standardnih vrijednosti. Njih će biti potrebno korigirati tako da se poveća prirast RTV za 9,1%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) krivulju reprodukcije trebati će povećati za 10,6%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) korekcija će iznositi 4,2%. Sukladno tome prilagodit će se i ostale rastertonske vrijednosti čime će se stvoriti izgladen oblik.

Kod uzorka koji je tiskan mokro na mokro (uzorak 2) uočeno je da se kod srednjih tonova (50% RTV) krivulja reprodukcije otiskuje iznad standardnih vrijednosti. Njih će

biti potrebno smanjiti da se poveća prirast RTV za 3,8%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) također treba korekcija (smanjenje za 0,3%), dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) zahtjeva smanjenje za 2,5% .

Uzorak 3 tiskan je mokro na suho. Pritom će nastati i najveća odstupanja. Kod srednjih tonova (50% RTV) one iznose $Z=27\%$ korigirati tako da se poveća prirast RTV za 5%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) također treba korekcija (smanjiti za 3%) što je i slučaj i u vrijednosti (80% RTV) (smanjenj za 2,4%).



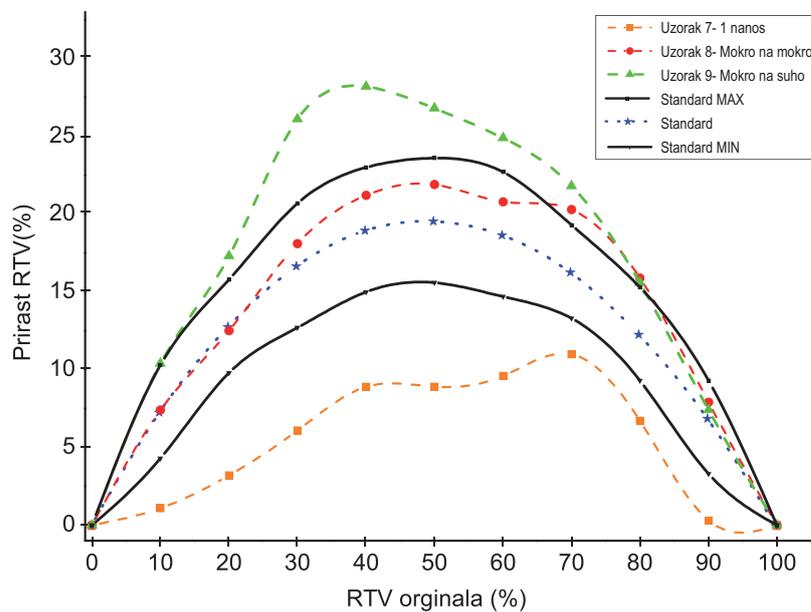
Slika 19. Krivulje prirasta RTV srebrnog otiska na papiru za umjetčki tisak

Kod uzorka 4 koji je tiskan sa 1 nanosom na ofsetnom papiru također je uočljivo da se srednji tonovi (50% RTV) otiskuju ispod ofsetnog standarda. Njih će biti potrebno korigirati da se poveća prirast RTV za 10,5%. Područje od 20% RTV trebati će povećati za 8%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) ta korekcija iznosi 3,3%.

Kod tiska mokro na mokro (uzorak 5) otisci su otisnuti tako da su vrijednosti RTV-a iznad standardnih vrijednosti. Zbog toga ih je sve potrebno smanjiti. Tako će se srednji tonovi morati smanjiti za 6,1%, svjetli za 4% i tamni za 3,9%.

Otisci otisnuti mokro na suho (uzorak 6) također su više od propisanog standarda. Međutim, njihove vrijednosti imaju najveću devijaciju od tiska mokro na mokro

srednjih tonova (50% RTV) krivulju reprodukcije trebati će smanjiti za 9,7%, a kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) za 6,4%, a kod tamni tonovi za 4,2%.

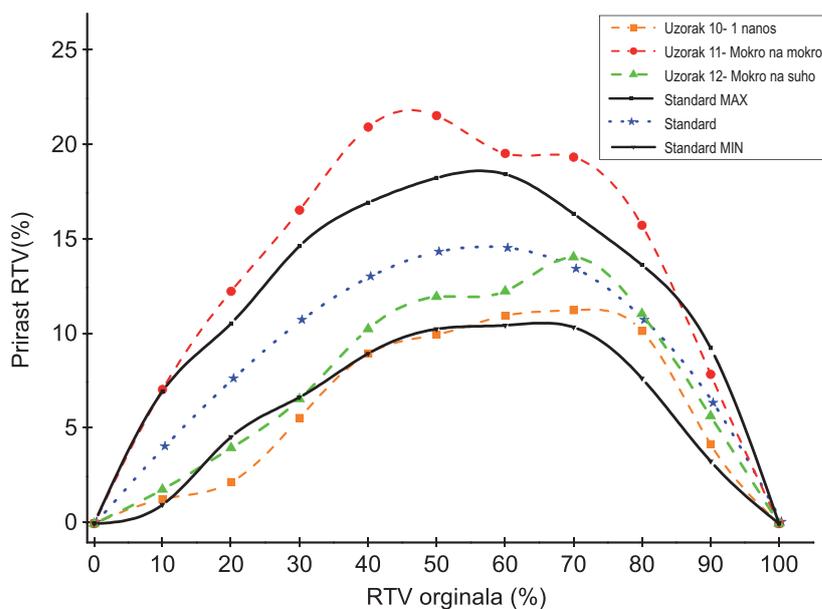


Slika 20. Krivulje prirasta RTV zlatnog otiska na ofsetnom papiru

Zlatni otisci mnogo su bolje otisnuti. Pritom su otisci sa dva nanosa mokro na mokro unutar tolerancija. Uzorak 7 koji je tiskan sa 1 nanosom ima srednje tonove (50% RTV) otisnute ispod standardnih vrijednosti. Njih će biti potrebno korigirati povećanjem prirast RTV za 10,7%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) korekcija će biti za 9,6%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) zahtjeva povećanje za 5,6%.

Kod uzorka 8 (otisnut mokro na mokro) su zadovoljavajući. Međutim ako želimo točnu vrijednost srednje tonove (50% RTV) trebati će smanjiti za 2,3%, svjetle tonske vrijednosti (20% RTV) se ne korigiraju, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) treba izvršiti smanjenje za 3,3% RTV-a.

Otisci otisnuti mokro na suho, znatno odstupaju u odnosu na standard, te ih je sve potrebno smanjivati. Kod srednjih tonova (50% RTV) to iznosi 7,2%, kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) treba korigirati i smanjiti za 4,5%, a kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) za 3% .



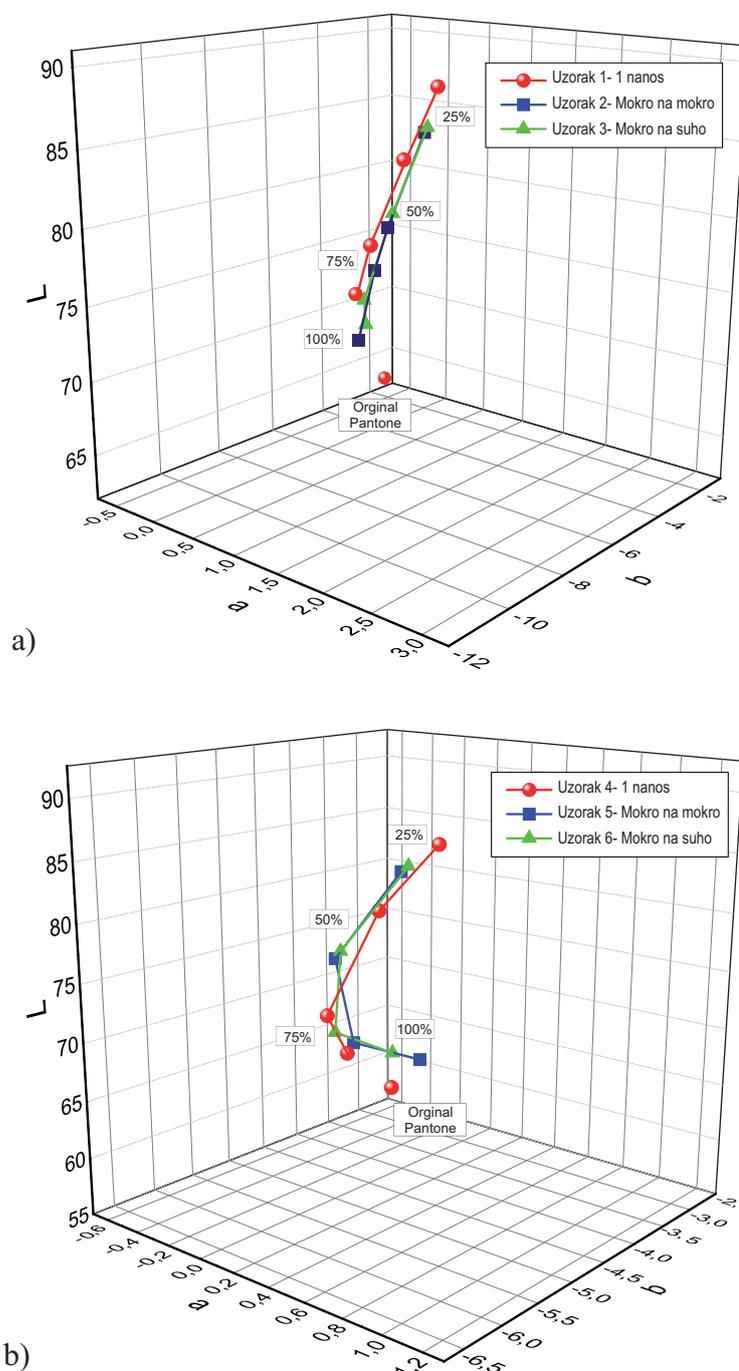
Slika 21. Krivulje prirasta RTV zlatnog otiska na papiru za umjetnički tisak

Kod uzorka 10 koji je tiskan sa 1 nanosom uočljivo je da se kod srednjih tonova (50% RTV) negdje na donjoj granici za idealnu vrijednost ofsetnog tiska. Njih će biti potrebno korigirati za 4,3%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) korekcija mora biti veća i iznosi 5,4%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) ne treba korekcija.

Kod uzorka 11 (otisnut principom mokro na mokro) rastertonske vrijednosti su iznad definiranog standarda, te ih je potrebno smanjiti. Kod srednjih tonova (50% RTV) krivulju reprodukcije treba smanjiti za 7,3%, svjetle tonske vrijednosti (20% RTV) treba korigirati 4,7%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) za 5,1%.

Kod uzorka 12 koji su otisnuti tiskom mokro na suho potrebno je korigirati smanjivanjem RTV-a. Kod srednjih tonova (50% RTV) krivulju reprodukcije treba korigirati povećati za 2,3%. Kod svjetlih tonskih vrijednosti (20% RTV) krivulju reprodukcije treba povećati za 3,6%, dok kod tamnih tonskih vrijednosti (80% RTV) krivulju reprodukcije ne treba dirati.

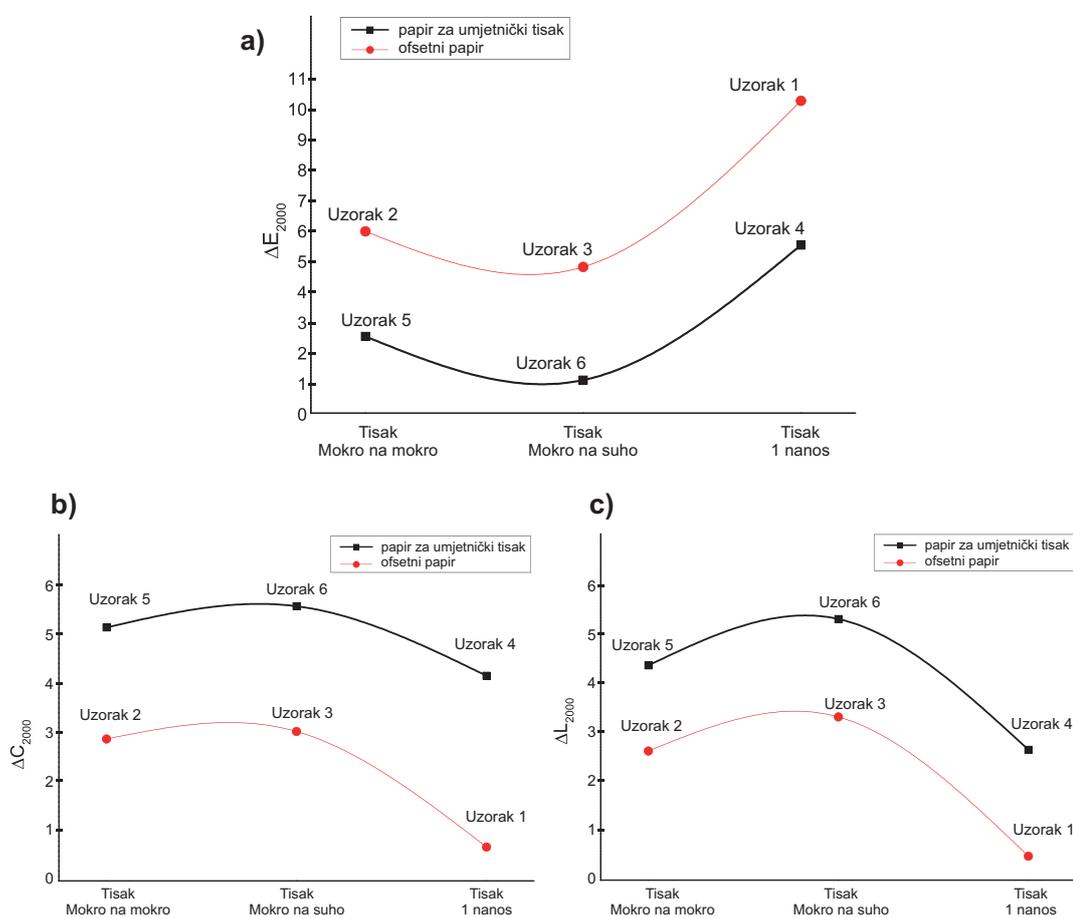
Kod tiska srebrnim i zlatnim bojilima, najvažnije je dobro otisnuti puni ton. Pritom će se ostvarene nijanse boje komparirati kolorimetrijskim uređajem. Na slici 22 prikazane su kolorne promjene srebrnog bojila (Pantone 877) na dvije različite tiskovne podloge, ofsetni papir i papir za umjetnički tisak.



Slika 22. a) LAB prikaz srebrnog otiska na ofsetnom papiru; b) LAB prikaz srebrnog otiska na papiru za umjetnički tisak;

Na srebrnim otiscima tiskanim na ofsetnom papiru uočena je linearna pravilnost koja je ostvarena sa sva tri mjerena otiska. Međutim, otiskivani puni ton nije ostvaren. Najbližu vrijednost definiranoj pantone boji ima puni ton otiskivan mokro na mokro.

Kod papira za umjetnički tisak tiskanim srebrnim bojilom lošije su reproducirani polutonovi. Međutim, puni ton je daleko bolje realiziran u odnosu na ofsetni papir. Da bi se preciznije odredilo kolorno odstupanje punog tona od originalne srebrnog bojila (Pantone 877) puni ton je uspoređen sa eksperimentalnim otiscima. Pritom su promatrani ΔE_{2000} (razlika u obojenju), ΔL_{2000} (razlika u svjetlini) i ΔC_{2000} (razlika u kromatičnosti) (slika 23).

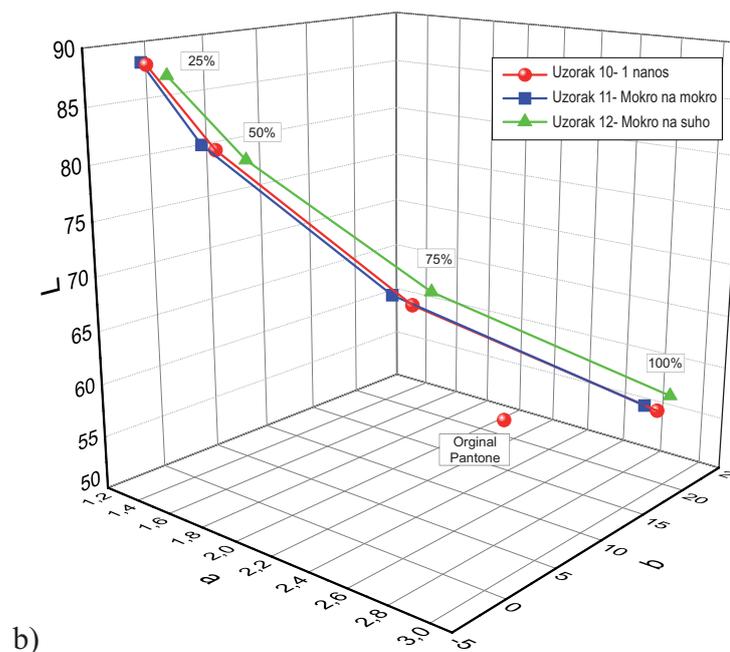
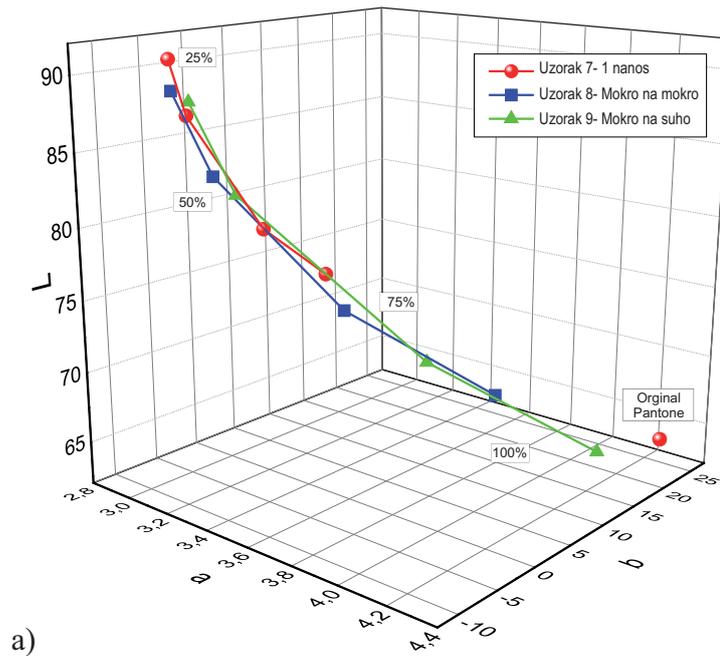


Slika 23. Prikaz odstupanja srebrnih tonova: a) ΔE_{2000} ; b) ΔC_{2000} ; c) ΔL_{2000}

Svi otisci otisnuti srebrnim bojilom (Pantone 877) na ofsetnom papiru imaju kolorno odstupanje veće od $\Delta E > 5$. Ipak razlike postoje, te će uzorak 3 (tisak mokro na suho) biti najbliži željenom rezultatu $\Delta E_{2000} = 4,84$. Najviše će odstupati uzorak 1 (tisak sa 1 nanosom) $\Delta E_{2000} = 10,28$.

Kod papira za umjetnički tisak tiskanih srebrnim bojilom (Pantone 877), otisci manje odstupaju. Vrijednošću se ističe uzorak 4 (tisak sa 1 nanosom) koji i najviše odstupa $\Delta E_{2000} = 5,55$, te uzorak 6 koji ima najmanja odstupanja $\Delta E_{2000} = 1,13$.

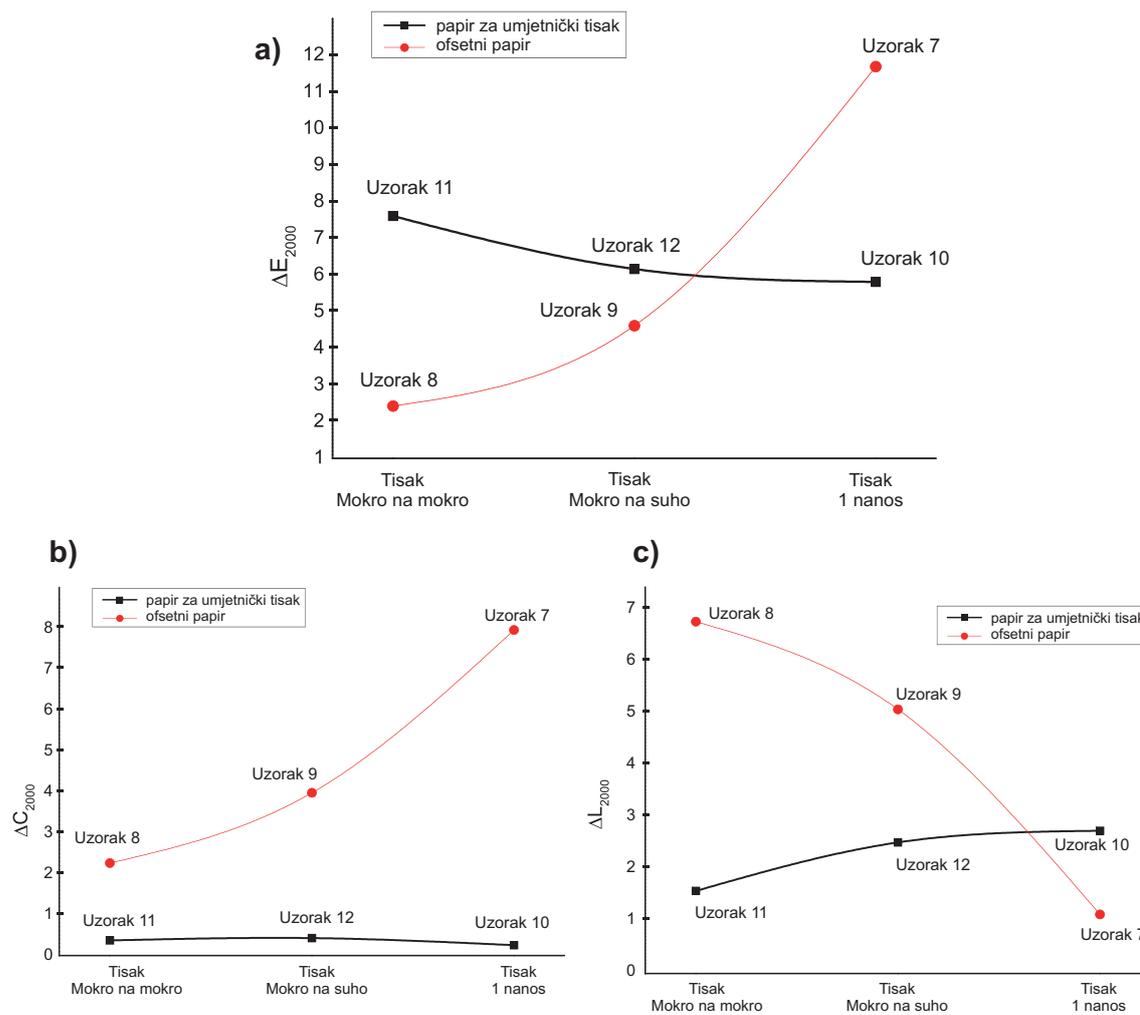
Iz priloženog je vidljivo da otisak tiskan u 1 nanosu nije dovoljan, te ga je potrebno otiskivati ili sa većim nanosom ili većim brojem nanosa. Po tome je najbolja varijanta tiskanja mokro na suho, a sukladno tome i vrijednosti promjene u svjetloći i kromatičnosti.



Slika 24. a) LAB prikaz zlatnog otiska na ofsetnom papiru; b) LAB prikaz zlatnog otiska na papiru za umjetnički tisak

Na zlatnim otiscima tiskanim na ofsetnom papiru također je uočena linearna pravilnost. Međutim, otiskivani puni ton nije ostvaren. Najbližu vrijednost definiranoj pantone boji ima puni ton otiskivan mokro na suho, dok puni ton otiskivan sa 1 nanosom ima najdalju vrijednost definiranoj pantone boji.

Kod papira za umjetnički tisak tiskanim zlatnim bojilom uočena je takođe linearna pravilnost ostvarena sa sva tri eksperimentalna otiska. Međutim, puni ton je ujednačen na sva tri otiska, ali je prilično udaljen od vrijednosti definirane pantone boje. Svi dobiveni otisci kromatski odstupaju i odmaknuti su po koordinati +b (žuta). Najbližu vrijednost definiranoj pantone boji ima otisak tiskan mokro na mokro.



Slika 25. Prikaz odstupanja zlatnih tonova: a) ΔE_{2000} ; b) ΔC_{2000} ; c) ΔL_{2000}

Kod ofsetnog papira tiskanih zlatnim bojilom (Pantone 871), otisci manje odstupaju. Vrijednošću se ističe uzorak 7 (tisiak sa 1 nanosom) koji najviše odstupanje $\Delta E_{2000}=11,69$, te uzorak 8 (tisak mokro na mokro) koji ima najmanja odstupanja $\Delta E_{2000}= 2,42$.

Svi otisci otisnuti zlatnim bojilom (Pantone 871) na papiru za umjetnički tisak imaju kolorno odstupanje veće od $\Delta E_{2000} > 5$. Ali ipak razlike postoje, te će uzorak 10 (tisak sa 1 nanosom) biti najbliži željenom rezultatu $\Delta E_{2000} = 5,81$, dok će najviše odstupati uzorak 11 (tisak sa mokro na mokro) $\Delta E_{2000} = 7,61$.

Iz priloženog je vidljivo da otisak tiskan na ofsetnom papiru u 1 nanosu nije dovoljan, te ga je potrebno korigirati. Kod tiska na ofstnom papiru najbolja varijanta tiskanja mokro na mokro, dok je kod tiska na papiru za umjetnički tisak najbolja varijanata tiska u 1 nanosu. Otisci zlatnim bojilom tako će ostvariti veću kolornu devijaciju od definiranog Pantone uzorka, što je slučaj bez obzira na tip tiskovne podloge. Upravo zbog toga u praksi postoji veći broj Pantone zlatnih bojila koji će dati veću varijaciju tonova.

5. ZAKLJUČCI

Da bi se ostvarile zadovoljavajuća RTV vrijednost, svi otisci trebati će se korigirati u LUT krivulji u CTP uređaju. Pritom će sa RTV nastalim sa jednim nanosom bojila morati povećavati, dok će se otisci sa dvostrukim nanosom smanjivati. Samim time otiskivanje RTV vrijednosti treba izbjegavati i otiskivati samo jednotonske ilustracije.

Najbolji otisci nastali su tiskom zlata principom mokro na suho (papir za umjetnički tisak) te tiskom mokro na mokro (ofsetni papir) čiji su otisci unutar tolerancije propisanim ofsetnim standardom ISO 12674, što za tisak srebrom nije slučaj.

Srebrno Pantone bojilo bolje će se otiskivati od zlatnog boila. Žućkasti ton u zlatu više je podložan promjeni po kromatičnosti što će utjecati na konačnu devijaciju zlatnog tona. Upravo zbog toga i Pantone nudi više nijansi zlata, dok je srebro samo jedno.

Tiskovna podloga značajno utječe na ostvarene rezultate. Pri tome treba preferirati sjajne papire za umjetnički tisak. Pri tom će veći sjaj omogućiti i čišći otisak. Ofsetni papiri nisu pogodni za tisak metaliziranih bojila.

6. LITERATURA

1. Walenski W. (1991). *Offsetdruck*, Polygraph-Handbuch, Buchverlag, Frankfurt am Main
2. Walenski W. (1991). *Der Offsetdruck eine Einfuhrng in Theorie und Praxis*, Dumont Buchverlag, Köln
3. ***multimediaman.wordpress.com/2012/11/14/ira-w-rubel-1860-1908, 20.07.2013.
4. Bolanča S. (1991). *Suvremeni ofsetni tisak*, Školska knjiga, Zagreb
5. Kipphan H. (2001). *Handbook of Print Media*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
6. Bolanča S. (1997). *Glavne tehnike tiska*, Acta Graphica, Zagreb
7. ***http://materijali.grf.unizg.hr/media/predavanje_reologija_2012.pdf, 21.07.2013.
8. Bačić Z. (1971). *Grafičke boje*, Viša grafička škola, Zagreb
9. ***<http://www.studij dizajna.com/tkosic/boje.pdf>, 23.07. 2013
10. ***http://materijali.grf.unizg.hr/media/tiskarske%20boje_sastavnice.pdf, 23.07. 2013.
11. Walenski W. (1999). *Das Papier buch*, Beruf + Schule Belz Kg, Itzehoe
12. Zjakić I. (2007). *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*, HSN, Zagreb
13. Zjakić I., Bates I., Milković M. (2011). *Tehnički vjesnik*, Vol. 18., No. 2., (lipanj, 2011.), 227-235
14. ***<http://www.hubergroup.info/lang/en/tipdf/10201E.PDF>, 25.07.2013.
15. ***<http://www.hubergroup.info/lang/en/tipdf/10202E.PDF>, 25.07.2013.
16. ***<http://www.igepa.de/produkte/index.php/>, 10.08.2013.