

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

ZAVRŠNI RAD

Petra Širol



Sveučilište u Zagrebu
Grafčki fakultet

Smjer: Tehničko - tehnološki

ZAVRŠNI RAD

MEHANIČKA OTPORNOST TERMOKROMNIH BOJA OTISNUTIH NA METALIZIRANE PAPIRE I NALJEPNICE

Mentor:
doc. dr. sc. Sonja Jamnicki Hanzer

Student:
Petra Širol

Zagreb, 2020.

ZAHVALE

Velike zahvale mentorici doc. dr. sc. Sonji Jamnicki Hanzer na uloženom trudu, vremenu te stručnoj pomoći prilikom izrade završnog rada. Također bih se željela zahvaliti doc. dr. sc. Raheli Kulčar na stručnoj pomoći prilikom izrade eksperimentalnog dijela završnog rada.

Rad je nastao u okviru Potpore istraživanjima Sveučilišta u Zagrebu „Modifikacije konvencionalnih grafičkih materijala nanočesticama i kromogenim materijalima i njihova zdravstvena ispravnost“.

Petra Širol

SAŽETAK

U ovom završnom radu provedeno je ispitivanje otpornosti otisaka termokromnih boja prema otiranju. Otiskivanje tehnikom sitotiska izvršilo se na različitim tiskovnim podlogama koje su se razlikovale u svojstvima i obradi površine (samoljepljivi premazani papiri i metalizirani papiri različitih tekstura). U eksperimentalnom dijelu rada odredila se postojanost prema otiranju za dvije UV sušeće boje, te za dvije boje na vodenoj bazi. Za ispitivanje otpornosti otisaka prema otiranju korišten je tribometar Hanatek RT4 Rub and Abrasion tester, kod kojeg se koristi sustav rotacije disk na disk. Prije provedbe testa otiranja izvršena su ispitivanja glatkosti i upojnosti za samoljepljivi premazani papir, budući da ti podaci nisu unaprijed bili poznati. Nakon provedbe testa otiranja, stupanj prijenosa boje na podlogu za otiranje procijenjen je vizualnom metodom. Osim vizualne procjene, izvedena su i kolorimetrijska mjerenja na otiscima prije i nakon njihovog izlaganju otiranju kako bi se utvrdila razlika u obojenju i eventualna oštećenja. UV sušeće termokromne boje pokazale su najveću otpornost prema otiranju za razliku od boja na vodenoj bazi koje su pokazale neujednačene rezultate postojanosti prema abraziji.

KLJUČNE RIJEČI

termokromna boja, leuko bojila, otpornost otisaka prema otiranju, promjena obojenja

Sadržaj

1 UVOD.....	1
1.1 Cilj rada.....	2
2 TEORIJSKI DIO	3
2.1 Tiskarske boje.....	3
2.1.1 Sastav tiskarske boje	3
2.1.2 Sušenje tiskarskih boja	7
2.2 Površinska svojstva papira	10
2.3 Test otiranja	11
2.4 Kromogene boje.....	11
2.5 Termokromne boje.....	12
2.5.1 Termokromne boje na bazi tekućih kristala	14
2.5.2 Termokromne boje na bazi leuko bojila	15
2.5.3 Tehnike tiska termokromnih boja	15
3 EKSPERIMENTALNI DIO	17
3.1 Plan rada i metodologija istraživanja.....	17
3.2 Korišteni materijali.....	18
3.3 Korišteni uređaji i metode	20
3.4 Rezultati istraživanja	24
3.4.1 Rezultati ispitivanja glatkosti i upojnosti premazanog samoljepljivog papira.....	24
3.4.2 Otiranje	25
4 DISKUSIJA REZULTATA.....	29
5 ZAKLJUČAK	31
6 LITERATURA.....	32
7 POPIS SLIKA I TABLICA	34
8 PRILOG.....	36
8.1 Plava boja na bazi vode – Technical Data Sheet.....	36
8.2 Roza boja na bazi vode – Technical Product Information	40
8.3 UV boje – Data Sheet	46

1 UVOD

Razvojem grafičke industrije dolazi do značajnog razvoja tiskarskih boja koje, prateći trendove, nastoje biti inovativne, visokokvalitetne i široko primjenjive. Stoga se tiskarske boje danas koriste na cijelom nizu različitih proizvoda i materijala, od ambalaže, komercijalnog tiska i zaštitnih dokumenata do keramike i tekstila. Otvaraju se nova tržišta koja su donedavno bila rezervirana isključivo za klasične tehnike tiska. Termokromne boje, s tog stajališta, omogućavaju kvalitetan otisak ali i kreativnost i personalizaciju koja je danas sve traženija.

Svaki kvalitetan tisak, pogotovo ambalažni, podrazumijeva otiske koji trebaju imati zadovoljavajuću otpornost na otiranje, savijanje i sljepljivanje. Otiranje je jedan od čimbenika koji može bitno utjecati na kvalitetu i izgled finalnog proizvoda (otiska). Do otiranja može doći prilikom pakiranja, distribucije i uporabe proizvoda [1].

Termokromne boje, koje se ponekad nazivaju i dinamičkim bojama, su boje koje prilikom promjene temperature mijenjaju svoje obojenje. Mogu se nalaziti u dva optička stanja, obojenom i neobojenom, te se sastoje od najmanje tri komponente: bojila (koloranta), kolor razvijачa i otapala. Kako bi se postigao željeni efekt komponente su pomiješane u točno određenim omjerima te inkapsulirane kako bi se sustav zaštitio za kasnije primjene. Upravo se zbog postupka mikroenkapsulacije raspon aplikacija znatno povećao jer ih štiti od neželjenih reakcija s okolinom. Dva su tipa termokromnih tiskarskih boja: na bazi tekućih kristala i leukobojila. Boje na bazi leukobojila češće se koriste i svoju primjenu nalaze uglavnom u tisku tzv. pametne ambalaže. Najčešće se koriste kao indikatori svježine i temperature u prehrambenoj industriji (na bocama pića ili ambalaži za hranu), no česta je primjena i u sigurnosnom tisku (na čekovima, ulaznicama i lijekovima), kao i za komercijalne svrhe (promotivni materijali i dekorativne svrhe).

S druge strane, termokromne boje, zbog specifičnih mikroenkapsuliranih koloranata, znatno su osjetljivije na abraziju od konvencionalnih tiskarskih boja.

Na kvalitetu termokromnih otisaka, također mogu nepovoljno utjecati UV zračenje, temperatura iznad otprilike 200 – 230 °C i agresivna otapala. Njihova slaba tolerancija na oštre mehaničke uvjete ograničava proizvode da budu dulje vrijeme izloženi vanjskim uvjetima [2].

1.1 Cilj rada

U radu će se ispitati otpornost termokromnih boja prema otiranju, otisnutih na različite metalizirane papire i naljepnice. Ispitivanju će se podvrći otisci, otisnuti s četiri termokromne boje, tehnikom sitotiska na dva metalizirana papira različitih tekstura i jednom premazanom samoljepljivom papiru – naljepnici.

Budući da su koloranti u termokromnim bojama mikroenkapsulirani i stoga osjetljiviji na abraziju, ne preporuča se izlaganje takvih otisaka oštrim mehaničkim uvjetima. No, budući da se termokromne boje najčešće primjenjuju u tisku ambalaže, od njih se, osim visoke kvalitete, zahtjeva i visoka otpornosti prema otiranju, struganju i grebanju.

Istraživanje koje će se provesti u ovom radu dati će nam više informacija o mehaničkoj otpornosti sitotiskarskih termokromnih boja na bazi leuko bojila s ciljem definiranja kvalitete otisaka kako bi se za primjenu tih boja odredila optimalna tiskovna podloga.

2 TEORIJSKI DIO

2.1 Tiskarske boje

Tiskarske boje, još poznate pod nazivom grafičke boje, su mješavine pigmenata i veziva, odnosno složeni koloidni i/ili molekularni disperzni sustavi koji posjeduju sposobnost da se vežu za tiskovnu podlogu za vrijeme tiska. Sastav tiskarske boje čine pigmenti i/ili bojila, veziva, punila, sušila te razni dodaci (voskovi, ulja, tvari za močenje itd). Osnovna klasifikacija tiskarskih boja je prema vrsti tiska što ujedno diktira i konzistenciju (gustoću) tiskarske boje. Prema vrsti tiska tiskarske boje dijelimo na boje za visoki tisak, boje za duboki tisak, boje za plošni tisak, boje za sitotisak, boje za digitalne tehnike tiska te specijalne boje, a prema konzistenciji dijele se na pastozne (guste) i fluidne (tekuće, rijetke). Za dobivanje kvalitetnog otiska sastav i svojstva tiskarske boje moraju biti prilagođena tehnici tiska, načinu razribavanja, brzini otiskivanja, tiskovnoj podlozi, debljini nanosa na otisku i sl [3].

2.1.1 Sastav tiskarske boje

Tiskarske boje su složeni koloidni i/ili molekularni disperzni sustavi koji se sastoje od:

- pigmenta i/ili bojila
- punila (pomoćnog pigmenta)
- veziva (ulja, smola, otapala)
- sušila (sikativa)
- različitih dodataka

Pigmenti i bojila predstavljaju kolorante tiskarskih boja.

Pigmenti (*engl.* pigment) su krute kemijski čiste tvari koje su nositelji obojenosti. Pigmenti, za razliku od bojila nisu topivi u vodi i/ili vezivima, već su dispergirani u finom usitnjenju sve do nanometarskih čestica tvoreći tako koloidne disperzije. Najvažnije svojstvo pigmenata je njihova boja, koja ovisi o

apsorpciji, odnosno refleksiji vidljivog dijela spektra. Pigmenti daju obojenje na temelju selektivne apsorpcije i refleksije svjetlosti budući da bijeli pigmenti reflektiraju gotovo sav spektar dok ga crni apsorbiraju, a obojeni jedan dio apsorbiraju dok ostatak spektra reflektiraju. Pri proizvodnji tiskarskih boja pigmenti moraju posjedovati određena svojstva kao što su svjetlostalnost, otpornost prema vodi, pokritnost i izdašnost, jasan i čist ton i sl [3].

Osim boje, jednako važno svojstvo pigmenta jest svojstvo dobrog dispergiranja u smolno – uljnom vezivu te ostalim vezivima koji se koriste u proizvodnji boja dok istovremeno vezivo mora dobro močiti (kvasiti) pigmente. Ovo svojstvo direktno utječe na kvalitetu tiskarske boje jer se močenjem prekidaju kohezione sile između pigmentnih čestica (veća mogućnost obavijanja svake čestice pigmenta s vezivom) čime se postiže adhezija između krute i tekuće površine.

Pigmenti se prema podrijetlu dijele na prirodne i umjetne (sintetičke), dok se prema kemijskom sastavu dijele na anorganske i organske. Što se boje i strukture tiče, dijele se na akromatske (crne i bijele) i kromatske (obojeni ili šareni) te amorfne (nepravilna struktura) i kristalne (pravilna kristalna rešetka). Možemo ih također kategorizirati i prema namjeni na optičke (oni koji daju obojenje) te na pigmente sa specijalnim svojstvima (magnetski i fluorescentni).

Bojila (*engl.* dye, dyestuff) su krute organske tvari koje tiskarskim bojama daju obojenje. Bojila su uglavnom topiva u vezivu (otapalu) s kojima tvore molekularnu disperziju. To im svojstvo pridonosi izdašnosti, velikoj tinktorijalnoj moći i transparentnosti. Glavna podjela bojila je, prema podrijetlu, na prirodna i umjetna. Kako se bojila biljnog i životinjskog podrijetla danas gotovo ne koriste (zbog visoke cijene i slabije učinkovitosti) vodeću ulogu preuzela su umjetna bojila koja su jeftinija i kvalitetnija te se dobivaju raznim organskim sintezama kemijske industrije. Zbog male molekularne mase i transparentnosti potrebno je otiskivati u debelim slojevima kako bismo dobili zadovoljavajući otisak, što je ujedno i najveći nedostatak bojila. Upravo zbog tog razloga tiskarske boje uglavnom sadrže pigmente, dok se bojila koriste za neke fleksografske boje, boje za ink jet tisak i za specijalne boje. S druge strane, prednost bojila je ta što

su čestice u potpunosti otopljene u vezivu pa ne može doći do taloženja čestica u tekućini što nije slučaj kod pigmentata [3].

Punila (*engl.* extenders) su tvari koje djelomično zamjenjuju skupe pigmente i time mijenjaju reološka svojstva boja i smanjuju im cijenu pa se zato još nazivaju pomoćni pigmenti. Po sastavu su to krute anorganske tvari koje mogu biti prirodnog ili umjetnog podrijetla. Punila u pravilu ne bi trebala utjecati na ton tiskarske boje, no mogu negativno utjecati na intenzitet obojenja, tj. smanjiti intenzitet obojenja. Budući da su prirodna punila uglavnom obojena onečišćenjima najčešće se koriste umjetna (sintetička) punila. Uglavnom se dobivaju taloženjem teško topivih soli čime dobivamo bijeli, fino zrnati prašak koji pomiješan s vezivom na bazi ulja daje transparentnu disperziju. Pošto punila nisu topiva u vezivu moraju se u njima dobro raspršiti (dispergirati) i moćiti ih, na što može utjecati kemijski sastav, čistoća i veličina čestica punila (srednja veličina čestica 0.01-1.0 μm). Na moćenje punila s vezivom može se naknadno utjecati kemijskom obradom površine čestica punila. Isto tako, vrlo važno svojstvo punila je njihova otpornost prema vezivu. Naime, nakon određenog vremenskog perioda punila ne smiju kemijski reagirati s vezivom jer na taj način dolazi do stvaranja sapuna što znatno utječe na reološka svojstva tiskarske boje [3].

Veziva (*engl.* binder) su uz pigmente i bojila jedna od najvažnijih sastavnica tiskarske boje. Vezivo je tekuća komponenta koja tiskarskoj boji daje plastičnost, viskozitet i tečenje i tako omogućuje prijenos boje iz bojanika do tiskovne forme te naposljetku do tiskovne podloge. Glavna uloga veziva je da izolira čestice pigmentata, prekidajući tako kohezione sile između njih, i drži ih u jednoličnoj disperziji. Sukladno vrsti tiskarske tehnike odabire se prikladno vezivo (zbog različite brzine tiska, vrste strojeva, tiskovne podloge itd). Veziva osim što moraju biti ljepljiva (osigurava vezivanje boje za podlogu), moraju biti bistra i potpuno kemijski inertna, odnosno ne smiju utjecati na čistoću i ton boje niti reagirati s bilo kojom sastavnicom tiskarske boje. Shodno tome, veziva moraju imati definiranu brzinu sušenja (tek kada je boja na tiskovnoj podlozi) te nikako ne smiju sadržavati lako hlapljiva organska otapala koja su štetna za

ljudski organizam. Sastavnice veziva su najčešće kombinacija ulja, smole i otapala [3].

Sušila (*engl. siccative*) su organski spojevi koji se dodaju tiskarskoj boji s ciljem ubrzavanja njezine sušivosti. Sušila su po kemijskom sastavu najčešće oleati, rezinati i naftenati kobalta, mangana i olova. Djeluju samo na one boje koje suše oksipolimerizacijom (boje koje sadrže ulja ili veziva koja oksidiraju) tvoreći tako suhi film na površini otiska. Učinkovitost sušenja ovisit će o vrsti i količini sušila (preveliki dodatak sušila može uzrokovati suprotan učinak), temperaturi i udjelu vlage. Prema konzistenciji, sušila dijelimo na pastozna i tekuća. Iako bitne razlike između kvalitete ove dvije vrste sušila nema, pastozna sušila se najčešće dodaju rijetkim bojama i prvim bojama kod višebojnog tiska jer na otisku stvaraju mekani film na koji se sljedeća boja bolje prihvaća [3].

Dodaci tiskarskih boja su tvari koje se lako povezuju s vezivom i poboljšavaju određena svojstva, ili pak otklanjaju nepoželjne pojave tiskarske boje. Dodaci poput i voskova, ulja, masti, antioksidansa, tvari za močenje i sl. mogu se implementirati u već gotovu tiskarsku boju. Dodatkom masti, ulja ili voska tiskarskoj boji se smanjuje ljepljivost te joj se povećava otpornost na otiranje. Tiskarskoj boji se pomoću antioksidansa usporava oksidacija sušivih ulja jer brzo apsorbiraju kisik i na taj način inhibiraju (usporavaju) sušenje boje u ambalaži ili na valjcima tiskarskog stroja. Dodavajući tvari za močenje, u optimalnoj količini, pospješuje se dispergiranje pigmenata u vezivu dok se istodobno sprječava aglomeracija. Tvari za močenje djeluju na način da smanjuju površinsku napetost između pigmenata i veziva te ujedno smanjuju količinu mehaničkog rada potrebnu za dispergiranje. Među takve dodatke još ubrajamo tvari protiv sljepljivanja otisaka koji reduciraju sljepljivanje na način da lagano hrapave površinu tek otisnutog otiska (primjerice dodavanjem škroba) te tvari koje uklanjaju neugodne mirise ulja, sušila i dr. Mirisi se dodaju neposredno prije otiskivanja i ni u kojem slučaju ne bi smjeli utjecati na reološka svojstva boje [3].

2.1.2 Sušenje tiskarskih boja

Sušenje je proces koji direktno utječe na kvalitetu otiska, odnosno na njegovu otpornost prema otiranju, brisanju i pritisku. Podrazumijeva sve procese koji se odvijaju nakon prijenosa boje na tiskovnu podlogu. Adekvatno i brzo sušenje iznimno je važno za kvalitetan otisak, a kvalitetan otisak je onaj koji posjeduje čvrstu vezu između tiskarske boje i podloge na koju se tiska. Sušenje ne samo da utječe na kvalitetu otiska već i na rad tiskarskih strojeva; naime ne smije doći do sušenja boje na valjcima za vrijeme tiska ili u periodima kratkog mirovanja stroja. Sušenje se dijeli na dvije faze: početno sušenje (*engl.* set) kojim otisak postaje suh na dodir i završno sušenje (*engl.* dry) kojim je otisak u potpunosti suh. Ovisno o vrsti i sastavu veziva razlikujemo četiri glavna mehanizma sušenja: sušenje oksidacijom veziva, sušenje prodiranjem (upijanjem) veziva u tiskovnu podlogu, sušenje hlapljenjem (isparavanjem) otapala i sušenje taloženjem. U praksi se tiskarske boje najčešće suše kombinacijom navedenih mehanizama. Osim o vrsti i sastavu veziva, brzina sušenja još ovisi o temperaturi, svojstvima upojnosti podloge na koju se tiska, debljini otisnutog sloja boje, konzistenciji boje, vlažnosti itd. Već spomenuta temperatura vrlo je važan čimbenik koji znatno utječe na brzinu sušenja. Naime, viša temperatura pogoduje sušenju zbog toga jer ubrzava proces polimerizacije, smanjuje viskozitet boje (pa se time pospješuje prodiranje) te ubrzava hlapljenje otapala [3].

a) Mehanizam sušenja penetracijom (prodiranjem)

Najjednostavniji način sušenja je sušenje prodiranjem, odnosno penetracijom veziva u tiskovnu podlogu jer taj proces ne uključuje nikakvu kemijsku promjenu veziva. Javlja se prilikom otiskivanja na svakoj upojnoj podlozi te se dijeli na primarnu i sekundarnu penetraciju. Dok primarna penetracija traje svega 10 do 20 minuta zbog brzog prodiranja veziva u pore tiskovne podloge dok njegov manji dio zaostaje na površini i veže pigment, sekundarna penetracija može trajati mjesecima jer podrazumijeva prodiranje veziva u kapilarne šupljine tiskovne podloge. Boje koje suše ovim mehanizmom suše se vrlo brzo ukoliko se tiskaju na odgovarajućoj podlozi, a neki od čimbenika koji mogu utjecati na

brzinu sušenja su tečljivost tiskarske boje, močenje vlakanaca bojom te upojnost tiskovne podloge. S druge strane, ako je upojnost tiskovne podloge prevelika, može doći do prebrzog prodiranja veziva u podlogu dok na površini zaostaje samo pigment, a takav se otisak lako otire i gubi sjaj. Boje koje suše isključivo ovim mehanizmom su roto boje, „cold set“ boje za offsetne rotacije i neke jeftine boje za duboki tisak [3].

b) Mehanizam sušenja oksipolimerizacijom

Sušenje oksipolimerizacijom karakterističan je način sušenja za tiskarske boje u kojima vezivo sadrži sušiva ili polusušiva ulja. Ulje apsorbira kisik iz zraka te polimerizira u kruti, čvrsti film na površini otiska. Proces oksipolimerizacije možemo ubrzati dodavajući malu količinu sušila (sikativa), koji služe kao katalizatori, ili zagrijavanjem. U suvremenom tisku proces sušenja boje oksipolimerizacijom je prespor i koristi se samo u specijalnim slučajevima za tisak s offsetnim bojama ili bojama za visoki tisak na neupojnim podlogama gdje nije moguće otiskivati s brzосуšećim bojama. Također, boje koje suše oksipolimerizacijom nisu prigodne za tisak prehrambenih proizvoda jer se oslobađaju nusprodukti neugodnih mirisa i tjednima nakon što je otisak prividno suh. Isto tako, velika relativna vlažnost zraka i neadekvatan pH papira ($\text{pH} < 7$) mogu dodatno usporiti proces sušenja. Proces oksipolimerizacije nastavlja se i nakon otiskivanja araka, pa se izloženi arci posipavaju finim praškom koji stvara zračni jastuk među kupovima araka i na taj način pospješuje oksipolimerizaciju te sprječava nastajanje kontraotisaka na poleđini araka. No, valja pripaziti s količinom i veličinom zrna posipanog praška jer može doći do abrazije i gubitka sjaja otisaka [3].

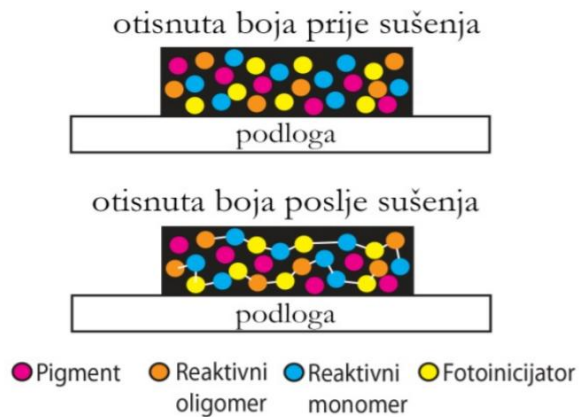
c) Mehanizam brzog sušenja (*engl.* quicksetting)

Mehanizam brzog sušenja je složeni mehanizam koji se sastoji od penetracije i oksipolimerizacije. Boje koje suše na ovaj način sastavljene su od dvije komponente: vrlo viskozne otopine krute smole u sušivom ulju te mineralnog ulja male viskoznosti u kojem dispergira prva komponenta. Kod ovog mehanizma dolazi do brzog početnog sušenja jer mineralno ulje selektivno

penetrira u tiskovnu podlogu, a smolasta komponenta s pigmentom zaostaje na površini tiskovne podloge gdje oksipolimerizira. Pri separaciji komponenata ljepljivost otisaka povećava se do maksimuma nakon čega se smanjuje do nule u suhom otisku. Kako bi spriječili sljepljivanje araka i stvaranje kontraotisaka, koriste se prašci protiv sljepljivanja ili se sušenje ubrzava IR zračenjem [3].

d) Mehanizam sušenja UV zračenjem

Sušenje ultraljubičastim valovima spada u kategoriju sušenja različitim energijama elektromagnetskog zračenja u prilagođenim sušionicama. UV boje ostaju u tekućem stanju do trenutka izlaganja UV zračenju odgovarajuće valne duljine kada dolazi do lančane reakcije čija je posljedica trenutno sušenje. Za razliku od konvencionalnih boja, ove specijalne boje sastoje se od pigmentata, oligomera (tzv. reaktivne smole), monomera (razrjeđivača), fotoinicijatora (započinju fotopolimerizaciju) i aditiva. Važno je napomenuti da UV boje ne mogu sušiti na klasičan način, već moraju biti izložene visoko koncentriranom ultraljubičastom zračenju pod kojim fotoinicijatori mijenjaju kemijske veze tvoreći grupe slobodnih radikala. Različite vrste fotoinicijatora reagiraju na različite valne duljine pa se u praksi najčešće koriste različite kombinacije kako bi se osiguralo efikasno očvršćivanje boje. Kada UV zračenje dođe u kontakt s otisnutom površinom dolazi do kemijske reakcije kojom se različiti sastojci u UV boji međusobno povezuju tvoreći tako čvrsti film. Spomenuti proces naziva se fotopolimerizacija. Budući da UV boje ne sadrže otapala koja isparavaju sva boja koja se otisne na podlogu ostaje u sloju očvrsnute boje. Otisci koji suše ovim mehanizmom imaju jako dobru otpornost prema abraziji, stabilnost boje je vrlo velika, mogu se odmah dorađivati te nema emisije hlapivih otapala kao u fleksotisku, dubokom tisku i sitotisku [4].



Slika 1. Proces fotopolimerizacije

2.2 Površinska svojstva papira

Papir je porozni materijal koji se sastoji od biljnih vlaknaca te dodataka poput keljiva, punila i boja koja međusobno tvore mrežastu strukturu. Površinska svojstva papira kao što su upojnost, glatkost i hrapavost ne utječu direktno na nesmetano odvijanje tiska, ali znatno utječu na konačnu kvalitetu otiska [5].

Pod glatkošću neke površine podrazumijevamo približavanje te površine idealnoj ravnini, a vrijedi pravilo da se s povećanjem glatkosti papira, povećava i kvaliteta otisnute reprodukcije. Hrapavost bi, prema istom principu, definirali kao devijaciju od idealne ravnine. Glatkost ovisi o rasporedu vlaknaca na površini, količini i finoći punila, stupnju mljevenja celuloznih vlaknaca i načinu glačanja papira te je važno napomenuti da papir uglavnom nema istu glatkost s obje strane. Dvostranost je posebno izražena kod nepremazanih papira. Glatkost za tisak se očituje pod određenim pritiskom do kojeg dolazi prilikom tiska, stoga je za kvalitetnu reprodukciju važna ne samo glatkoća, nego i mekoća papira. Različitim eksperimentima dokazano je da je mekši, manje gladak papir pogodniji za tisak od tvrdog ali glađeg papira. Razlikujemo metodu određivanja glatkosti prema Bekku i metodu određivanja hrapavosti prema Bendtsenu za brojčano određivanje stupnja glatkosti ili hrapavosti [6].

U listu papira nalaze se šupljine koje utječu na prodiranje tekućine u papir, odnosno na njegovu upojnost. Što je više šupljina, to papir ima veću upojnost.

Razlikujemo površinsku upojnost ili upojnost okomitu na ravninu lista i kapilarnu upojnost koja je paralelna s ravninom lista. Ukoliko je upojnost premala dolazi do mazanja svježeg otiska jer boje ne mogu dovoljno brzo prodrijeti u podlogu. Kod prevelike upojnosti dolazi do otiranja otisaka jer vezivo prebrzo prodire u list papira, a pigment zaostaje na površini. Na upojnost možemo utjecati tijekom izrade papira, dodavanjem veće ili manje količine punila i keljiva, odabirom vrste vlaknaca i sl. ovisno o tome želimo li povećati ili smanjiti upojnost [7].

2.3 Test otiranja

Adekvatna otpornost na otiranje važna je karakteristika za sve vrste otisaka, a od posebnog je značaja za otiske na ambalaži kao i za otiske na koricama knjiga, časopisa, bilježnica i sl. Kod takvih je proizvoda otisak izložen svakojakim vanjskim čimbenicima koji mogu utjecati na mrljanje, habanje ili razmazivanje boje prilikom transporta, distribucije ili uporabe. Provođenjem testa otiranja ispituje se otpornost suhog otiska na skidanje (razmazivanje) sloja boje uslijed trenja, bilo prilikom trljanja dvaju otisaka ili trljanja ispitivanog otiska i nekog drugog materijala. Sastav i svojstva tiskarske boje, vrsta sušenja te količina voska u tiskarskoj boji samo su neki od čimbenika koji utječu na otiranje. Osim aditiva (poput voska) u tiskarskoj boji, na otpornost prema otiranju znatno utječe i podloga na koju tiskamo. Ispitivanja su pokazala da papiri s glatkom površinom (npr. sjajno premazani papiri) imaju puno veću otpornost prema otiranju od nepremazanih (hrapavijih) papira. Također, veliku važnost treba pridodati i kvalitetnom sušenju otisaka. Preporučuje se da se otisci na premazanim papirima trebaju sušiti najmanje 24 sata prije njihove dorade ili transporta, dok se za nepremazane papire to vrijeme udvostručuje [8].

2.4 Kromogene boje

Kromogeni materijali su materijali u kojima dolazi do kromizma, odnosno do reverzibilnog ili ireverzibilnog procesa promjene boje nekog spoja. Kromizam se temelji na promjeni elektronskog stanja u molekuli. Kromogene boje mijenjaju obojenje kao odgovor na vanjske podražaje. Takve se boje sve češće koriste u

području sigurnosnog tiska, te u području tzv. „pametne“ ambalaže. Razlikujemo nekoliko tipova kromogenih boja, a klasificiraju se prema vrsti podražaja koji uzrokuje promjenu:

- termokromne boje – mijenjaju obojenje pod utjecajem temperature,
- fotokromne boje – mijenjaju obojenje pod utjecajem svjetla,
- elektrokromne boje – mijenjaju obojenje promjenom električnog polja,
- piezokromne boje – mijenjaju obojenje pod utjecajem različite jačine pritiska,
- halokromne boje – mijenjaju obojenje pod utjecajem različite pH vrijednosti,
- biokromne boje – mijenjaju obojenje pod utjecajem biokemijske reakcije[9].

Od gore navedenih kromogenih boja, na tržištu se najviše pojavljuju, istražuju i koriste fotokromne i termokromne boje. Prema trajanju same promjene, kromogene boje dijele se na reverzibilne i ireverzibilne boje. Reverzibilne boje mijenjaju ton boje za vrijeme trajanja uzroka promjene, dok ireverzibilne boje zadržavaju promijenjeni ton boje i nakon prestanka djelovanja uzroka promjene boje.

Za primjenu u tiskarskim bojama, kromogene materijale potrebno je zaštititi mikrokapsulama koje su i do 10 puta veće od konvencionalnih pigmenata u tiskarskim bojama. Mikrokapsule nisu sasvim inertne i netopive što dodatno utječe na trajnost boje i otiska. Takve se tiskarske boje danas koriste za kojekakve proizvode, od ambalaže, komercijalnog tiska i zaštitnih dokumenata do keramike i tekstila [9].

2.5 Termokromne boje

Termokromne boje mijenjaju obojenje prilikom izlaganja otisaka na određene temperature, a prema trajnosti mogu biti ireverzibilne kod kojih je promjena boje jednokratna i trajna te reverzibilne kod kojih je promjena boje višekratna i povratna. Ireverzibilne boje mogu u početku biti neobojene ili obojene, a kada ih

izložimo visokim temperaturama intenzivno mijenjaju obojenje te se pri hlađenju više ne mogu vratiti u prvobitno stanje. Takve su boje izrazito korisne u prehrambenoj i medicinskoj industriji gdje diskoloracija označava da proizvod nije na predviđenoj temperaturi i nije siguran za konzumaciju [10].



Slika 2. Primjena termokromne boje

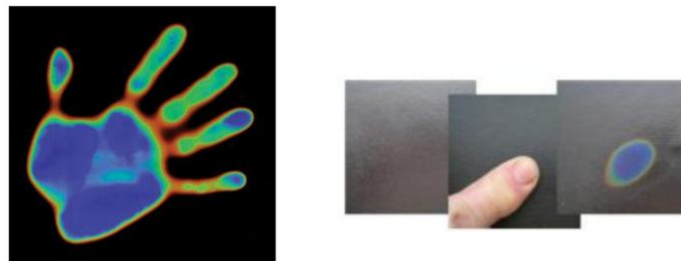
Tiskarske boje s višom aktivacijskom temperaturom daju stabilnije i intenzivnije boje. Za različite primjene koriste se i različite temperature aktivacije. Temperatura aktivacije je granična temperatura pri kojoj dolazi do promjene obojenja.

Termokromizam se može pojaviti u različitim tipovima materijala, kao što su termoplasti, duroplasti, gelovi, tiskarske boje te različiti premazi pa se upravo zbog tog svojstva može primijeniti u različitim industrijama. U prehrambenoj industriji služe kao indikatori svježine, na bocama piva, vina, vode i sl. upućuju na idealnu temperaturu za korištenje, a mogu također služiti kao indikatori svježine, npr. na mlijeku. U području sigurnosnih dokumenata koriste se za jednostavnu i laku identifikaciju te kao sredstvo protiv krivotvorenja dokumenata. U komercijalnim svrhama mogućnosti primjene su mnogobrojne, od dekorativnih šalica, promotivnih letaka i plakata pa sve do nakita. Termokromne tiskarske boje mogu se također aplicirati na tekstil tehnikom sitotiska.

Razlikujemo dva tipa termokromnih tiskarskih boja: na bazi tekućih kristala i leuko bojila. Najčešće se koristi onaj na bazi leuko bojila zbog lakšeg rukovanja, veće izdržljivosti i niže cijene [2].

2.5.1 Termokromne boje na bazi tekućih kristala

Molekule tekućih kristala mogu se međusobno izvijati i kretati zadržavajući istodobno geometrijski red. Dovođenjem topline dolazi do narušavanja geometrije pri čemu se pojavljuju promjene u valnim dužinama reflektiranog svjetla i kristali mijenjaju boju; promjena obojenja započinje crvenom bojom, koja porastom temperature prelazi u narančastu, žutu, zelenu, plavu i potom ljubičasto plavu boju [11].



Slika 3. Izgled termokromne boje na bazi tekućih kristala

Hlađenjem se molekule vraćaju u svoje prvobitne položaje pa se tako i samo obojenje vraća u početnu boju. Termokromne boje na bazi tekućih kristala mogu se otiskivati na razne materijale poput plastike, papira i kartona, no za postizanje boljeg vizualnog efekta boje treba promatrati nasuprot crnoj podlozi. Tekući kristali se koriste rjeđe nego leuko bojila jer zahtijevaju visoko specijaliziranu tehniku rukovanja i otiskivanja. Osjetljiviji su na temperaturne promjene što znači da se koriste kod delikatnih eksperimenata i proizvoda gdje moraju biti zabilježene i najmanje temperaturne promjene. Također, sam materijal je puno skuplji u usporedbi s konvencionalnim bojama [11].

2.5.2 Termokromne boje na bazi leuko bojila

Reverzibilni termokromni materijali se najčešće sastoje od najmanje tri komponente: bojila (koloranti), kolor razvijača i otapala. Komponente su pomiješane u točno definiranim omjerima kako bi dobili željeni efekt. Promjena boje odvija se kroz dvije reakcije; između bojila i razvijača te između otapala i razvijača. Reakcija između bojila i razvijača odvija se na nižim temperaturama, na kojima se otapalo nalazi u krutom stanju, a povećanjem temperature prelazi u tekuće stanje. Otapalo u tekućem stanju uzrokuje raspad kompleksa bojila i razvijača, što sustav pretvara u bezbojno stanje. Druga reakcija, između otapala i razvijača, smatra se najvažnijom za postizanje termokromnog efekta. Temperatura na kojoj se odvija proces obojenja i obezbojenja ovisi o temperaturi na kojoj se otapa otapalo, a naziva se temperatura aktivacije (T_A). Iako su termokromne tiskarske boje na bazi leuko bojila dostupne s različitim aktivacijskim temperaturama, od -15°C do 65°C , većina aplikacija je ograničena na tri standardna temperaturna područja: hladno ($\sim 10^{\circ}\text{C}$), temperatura ljudskog tijela ($\sim 31^{\circ}\text{C}$) i vruće ($\sim 43^{\circ}\text{C}$) [11]. Neke leuko tiskarske boje se mogu mijenjati iz jedne u drugu boju, što se postiže kombinacijom leuko bojila i procesnih tiskarskih bojila. Budući da leuko bojila apsorbiraju svjetlost, za postizanje boljeg vizualnog efekta najbolje ih je otisnuti na što svjetlijoj, idealno bijeloj podlozi. Navedene se boje mogu otiskivati na različitim materijalima, najčešće se koriste za sigurnosni tisak, baterije, razne testere i sl. Kvaliteta leuko bojila značajno se smanjuje ukoliko su u kontaktu s nekim otapalima ili ako su izložene vrlo visokim temperaturama [2,11].

2.5.3 Tehnike tiska termokromnih boja

Termokromne boje mogu se otiskivati svim glavnim tehnikama tiska: ofsetom, sitotiskom, fleksotiskom i dubokim tiskom. Pokritnost termokromnih boja je mala pa su potrebni deblji nanosi boje za dobivanje što boljeg rezultata, stoga najbolje rezultate daje sitotisak dok ofsetni tisak daje najslabije. Glavna prednost sitotiska je ta što je primjena ove tehnike vrlo široka, odnosno moguće je tiskati na gotovo bilo koji materijal i format. Koristi se u komercijalne svrhe

(plakati, naljepnice, etikete i sl.), ambalažni tisak, kao i tisak na staklenim i plastičnim kutijama i vrećicama. U industrijskim primjenama pomoću sitotiska se otiskuje površina CD-a i DVD-a, keramičke pločice, prijenosna računala i komponente tiskane elektronike. Također, koristi se i u tekstilnoj industriji [12].

3 EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Plan rada i metodologija istraživanja

Cilj ovog istraživanja je ispitati otpornost termokromnih boja otisnutih tehnikom sitotiska na različitim etiketnim papirima – naljepnicama, prema otiranju. U tu svrhu, kao tiskovne podloge, korištena su dva metalizirana papira različitih tekstura i jedan bijeli premazani samoljepljivi papir (naljepnica). U ispitivanju su se koristile četiri termokromne boje na bazi leuko bojila (ljubičasta, žuta, plava i roza), koje su se, osim po različitim aktivacijskim temperaturama, razlikovale i po različitim efektima termokromne promjene: pa su korištene dvije reverzibilne boje, jedna semi-ireverzibilna i jedna ireverzibilna boja. Također, boje su se razlikovale i po sastavu veziva i načinu sušenja. Na metaliziranim podlogama otisnute su dvije sitotiskarske UV sušeće boje koje suše mehanizmom fotopolimerizacije, dok su na samoljepljivom papiru otisnute dvije sitotiskarske boje na vodenoj bazi koje su se sušile upijanjem u podlogu i isparavanjem dijela otapala. Prije provedbe testa otiranja, na bijelom samoljepljivom premazanom papiru – naljepnici, prethodno je utvrđena površinska upojnost metodom po Cobbu (ISO 535), te glatkost površine metodom po Bekku (ISO 5627), budući da nam ti podaci nisu unaprijed bili poznati. Testovi ispitivanja otpornosti otisaka prema otiranju provedeni su na tribometru Hanatek sukladno standardu BS 3110. Ovo ispitivanje provodi se na principu rotacije disk na disk uz točno definiran pritisak i broj okretaja (otiranja), pri čemu se ispitivani otisak stavlja pod gornji, a bijeli nepremazani papir na donji disk. Ovakvom vrstom ispitivanja može se odrediti prikladnost tiskovne podloge prema određenoj tiskarskoj boji. Ispitivani uzorci potom su podvrgnuti vizualnoj procjeni stupnja otiranja i kolorimetrijskim mjerenjima. Vizualna procjena izvršena je pod standardnim dnevnim svjetlom (Illuminant D 65) u Macbeth Judge II uređaju. Svrha kolorimetrijskih mjerenja bilo je utvrđivanje eventualnog oštećenja na otiscima, kao posljedice otiranja, koja se manifestiraju promjenom u obojenju. Iz tog razloga kolorimetrijska su se mjerenja izvodila prije i nakon provedenih testova

otiranja. Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama. Usporedbom dobivenih rezultata donesen je zaključak ovog istraživanja.

3.2 Korišteni materijali

Za provođenje testa otiranja odabrana su dva metalizirana papira različitih tekstura i jedan samoljepljivi premazani papir. U tablicama 1 i 2 prikazane su osnovne karakteristike metaliziranih tiskovnih podloga (gramatura, debljina, glatkost i upojnost) dobivene od proizvođača B&B (Brigl & Bergmeister).

Tablica 1. Osnovna svojstva tiskovne podloge Alukett Spezial

Alukett Spezial		
Svojstva	Standard	Rezultat
Gramatura (g/m ²)	ISO 536	71 +/- 4%
Debljina (µm)	ISO 534	64 +/- 5%
Glatkost po Bekku (s)	ISO 5627	800 +/- 4%
Upojnost po Cobbu (g/m ²)	ISO 535	6 max.

Alukett Spezial je metalizirani papir dizajniran prvenstveno za tiskanje etiketa u tehnici dubokog tiska, no vrhunska kvaliteta postiže se i otiskivanjem u svim ostalim standardnim tehnikama tiska. Prikladan je za lakiranje i reljefno utiskivanje. Najčešće se koristi za izradu etiketa u pivarskoj industriji.

Tablica 2. Osnovna svojstva tiskovne podloge Alukett Spezial Fashion

Alukett Spezial Fashion		
Svojstva	Standard	Rezultat
Gramatura (g/m ²)	ISO 536	71 +/- 4%
Debljina (µm)	ISO 534	65 +/- 5%
Glatkost po Bekku (s)	ISO 5627	600 +/- 4%
Upojnost po Cobbu (g/m ²)	ISO 535	6 max.

Alukett Spezial Fashion je teksturirani metalizirani papir koji se najčešće koristi za tisak etiketa u fleksotisku i ofsetu. Također je prikladan za reljefno utiskivanje.

U tablici 3. prikazana su svojstva premazanog papira, odnosno naljepnice. Budući da svojstvo upojnosti i glatkosti nismo dobili od proizvođača ta smo svojstva naknadno odredili.

Tablica 3. Osnovna svojstva premazanog papira

Premazani samoljepljivi papir – naljepnica		
Svojstva	Standard	Rezultat
Gramatura (g/m ²)	ISO 536	185 +/- 4%
Debljina (µm)	ISO 534	165 +/- 3%

Korišteni uzorci otisnuti su tehnikom sitotiska s četiri termokromne boje nabavljene od tri različita proizvođača. Korištene boje formulirane su na bazi leuko bojila s različitim aktivacijskim temperaturama i s različitim efektom termokromne promjene.

Na metaliziranim tiskovnim podlogama tehnikom sitotiska otisnute su dvije termokromne UV sušeće boje proizvođača CTI® koristeći mrežicu linijature 62-64 lin/cm. Boje su se nakon otiskivanja sušile u UV sušioniku principom fotopolimerizacije. Na otisnutim bojama, ljubičastoj i žutoj, termokromni efekt se javljao pri različitim aktivacijskim temperaturama. Tako je, ljubičasta boja na temperaturi od 31°C prelazila u rozu boju, dok se žuta boja mijenja u narančastu pri temperaturi od 12°C. Za obje boje bilo je karakteristično da počinju mijenjati obojenje povećanjem temperature kod oko 4°C s donje granice aktivacijske temperature. Boja se ponovno vraća u prvobitno stanje kada je temperatura spuštена na otprilike 3°C s gornje granice aktivacijske temperature, čineći je tako reverzibilnom termokromnom bojom.

Na samoljepljivom premazanom papiru otisnute su dvije termokromne boje na bazi vode, roza i plava, koje su se za razliku od UV boja sušile na zraku (pretežno mehanizmom penetracije). Roza boja, proizvođača TMC Hallcrest, otisnuta je tehnikom sitotiska na mrežici linijature 62-64 lin/cm, dok se plava otiskivala pomoću nešto gušće mrežice, 120 lin/cm. Ireverzibilna roza boja pri temperaturi od 60°C mijenja obojenje u magentu i ta je promjena trajna. Plava boja, proizvođača NCC, spada u skupinu semi-ireverzibilnih boja jer se pri

temperaturi od 40°C obezbojuje, a hlađenjem na temperaturu od oko 7°C ponovno se vraća u početno obojenje, odnosno u plavu boju.

Sve navedene boje, izuzev semi-ireverzibilne, su kombinacija termokromnih koloranata (leuko bojila) i najvjerojatnije konvencionalnih pigmenata budući da na temperaturi aktivacije prelaze iz jedne boje u drugu.

3.3 Korišteni uređaji i metode

Ispitivanje glatkosti prema TAPPI standardu T479 provedeno je na uređaju PTI-Line Bekk.



Slika 4. Uređaj PTI – Line Bekk

Uređaj je namijenjen mjerenju glatkosti papira i sličnih materijala prema Bekk metodi. Uređaj se sastoji od jedne mjerne glave, staklene pločice na koju se postavlja uzorak te integriranog računala i zaslona osjetljivog na dodir za grafički prikaz rezultata. Ispitivanje je moguće izvoditi s tri različita volumena zraka: 10 ml (1/1), 1 ml (1/10) i 0.5 ml (1/20). Broj glatkosti se izražava u sekundama gdje veći broj predstavlja glađu površinu papira. Ispitivanje se provodi tako da se uzorak postavlja na staklenu pločicu, sa stranom koju se ispituje okrenutom prema dolje, iznad koje se nalazi mjerna glava. Pritiskom na tipku „start“ mjerna se glava spušta na uzorak pritišćući ga na staklenu pločicu masom od 10 kg. Zatim se, pomoću vakumskih pumpi, isprazni spremnik za

zrak do ciljanog tlaka od 50.7 kPa. Preostali zrak između staklene pločice i uzorka se usisava u spremnik sve dok tlak ne padne na 48.0 kPa. Vrijeme potrebno da se usiše potrebni volumen zraka (10 ml) predstavlja glatkost papira. Ispitivanje se provodi na 5 uzoraka dimenzija 50 x 50 mm sa svake strane (donje – sitove i gornje - pustene). Ovim se ispitivanjem određuje glatkost površine papira dok se on nalazi pod umjerenim pritiskom s točnošću rezultata od 0.01 sekundi [13].

Za određivanje površinske upojnosti papira koristili smo Cobb metodu prema standardu ISO 535:2014.



Slika 5. Uređaj za određivanje površinske upojnosti

Cobb test se upotrebljava za određivanje površinske apsorpcije vode koju apsorbira 1 m² papira pod pritiskom vodenog stupca od 10 mm, pri čemu voda ne smije probiti na drugu stranu papira. Uređaj se sastoji od podnožja presvučenog gumenom navlakom na kojem se nalazi metalni cilindar pričvršćen vijcima. Između metalnog cilindra i podnožja, odnosno cilindra i postavljenog uzorka, postavlja se gumeni prsten koji dodatno sprječava curenje vode prilikom izvođenja testa. Prije samog ispitivanja potrebno je uzorke pravilno pripremiti, odnosno mora ih se klimatizirati u standardnim uvjetima prema ISO 187 (50% relativna vlažnost zraka, 23°C). Minimalna dimenzija uzorka mora biti 125 x 125 mm te se kao takvi važu na analitičkoj vagi prije provođenja ispitivanja. Nakon vaganja, uzorak se postavlja na podnožje, zatvara i pričvršćuje pomoću vijaka te se u cilindar ulijeva destilirana voda do visine od 10 mm [6]. Nakon 60 sekundi voda se izlijeva, a preostala voda na površini uzorka se uklanja

bugačicom. Uzorak se ponovno važe. Cobb vrijednost izračunava se prema slijedećoj formuli:

$$C(t) = \frac{(m_2 - m_1)}{P} \times 10000 \dots\dots\dots(1)$$

gdje je:

$C(t)$ = Cobb vrijednost u $[g/m^2]$

t = vrijeme djelovanja vode na površini (60 sekundi)

m_2 = masa epruvete poslije djelovanja vode u $[g]$

m_1 = masa epruvete prije djelovanja vode u $[g]$

p = površina epruvete izložena djelovanju vode / $100 \text{ cm}^2 / u$ $[cm^2]$

Za ispitivanje otpornosti otisaka prema otiranju po standardu BS 3110 korišten je uređaj Hanatek RT4 Rub and Abrasion Tester.



Slika 6. Uređaj Hanatek Rub and Abrasion Tester

Pomoću tribometra Hanatek određuje se otpornost suhog otiska na skidanje sloja boje uslijed trenja, koje nastaje trljanjem ispitivanog otiska i nekog drugog materijala prilikom transporta, distribucije ili uporabe. Uređaj se sastoji od temeljnog dijela kojeg čine dva diska različitih polumjera koji se dodiruju cijelom površinom. Diskove pokreće elektromotor te se oni kreću istom kutnom

brzinom. Na disk većeg polumjera postavlja se bijeli papir koji služi kao podloga za otiranje, a na disk manjeg polumjera postavlja se otisnuti uzorak koji je „licem“ okrenut prema bijelom papiru. Test se provodi tako da se stvara trenje između diskova, odnosno između otisnutog uzorka i bijele podloge. Ukoliko dolazi do otiranja, na bijeloj podlozi ostat će vidljivi ostaci boje. Tlak među diskovima možemo regulirati postavljanjem utega različite mase na gornji disk pa sukladno tome on može iznositi 3.5, 6.9 i 13.8 kPa. Broj okretaja se također može mijenjati (npr. 20,40), no za potrebe provođenja ovog eksperimenta, sukladno standardu, postavljen je na 50 okretaja. Nakon provedenog testa, uzorci i podloga za otiranje se vizualno procjenjuju i valorizira se stupanj otiranja. Vizualna procjena stupnja otiranja izvršena je pod standardnim dnevnim svjetlom (Illuminant D 65) u Macbeth Judge II uređaju. Prijenos tiskarske boje s ispitivanog uzorka na bijeli papir pokazuje je li otpornost na otiranje zadovoljavajuća ili ne [14,15].

Za pouzdane rezultate testa otiranja uzorci moraju biti pravilno pripremljeni. Kao podlogu za otiranje izrezujemo uzorke kružnog oblika bijelog nepremazanog papira promjera 115 mm, dok promjer otisnutog uzorka, također kružnog oblika, iznosi 50 mm. Za svako testiranje potrebno je izrezati nove uzorke s istim (ili približno sličnim) otisnutim motivom. Ispitivanje se provodi s jednim ili više ponavljanja.

Osim vizualne procjene stupnja otiranja, uzorci su podvrgnuti i kolorimetrijskim mjerenjima prije i poslije provedbe testa otiranja, kako bi se utvrdila eventualna oštećenja. Kolorimetrijske vrijednosti određuju se spektrofotometrom Ocean Optics USB 2000+ pomoću Ocean Optics Spectrasuite softvera u CIELAB prostoru boja pod rasvjetom D65 i 10° standardnog promatrača [1]. Pomoću izmjerenih vrijednosti određena je kolorimetrijska razlika tj. vrijednost CIEDE2000 prema formuli:

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)} \dots (2)$$



Slika 7. Mjerenje kolorimetrijskih promjena pomoću spektrofotometra Ocen OpticsUSB 2000+

3.4 Rezultati istraživanja

3.4.1 Rezultati ispitivanja glatkosti i upojnosti premazanog samoljepljivog papira

U tablici 4. su prikazani rezultati ispitivanja glatkosti papira određene metodom po Bekku i površinske upojnosti određene metodom po Cobbu za premazani samoljepljivi papir (naljepnicu).

Tablica 4. Rezultati ispitivanja glatkosti i upojnosti premazanog samoljepljivog papira

Premazani samoljepljivi papir		
Svojstva	Standard	Rezultat
Glatkost po Bekku (s)	ISO 5627	1110
Upojnost po Cobbu (g/m ²)	ISO 535	25,4

3.4.2 Otiranje

a) Rezultati vizualne procjene otpornosti otisaka na otiranje

Nakon provedenih serija otiranja u kojima je broj okretaja bio namješten na 50 i pritisak na diskove varirao između 3.5 i 6.9 kPa, obavljena je vizualna procjena.

Stupanj otiranja vrednuje se prema kriteriju:

- 1 – neprimjetno otiranje otisaka (nema otiranja)
- 2 – male naznake otiranja otisaka
- 3 – vidljivo otiranje otisaka
- 4 – izraženo otiranje otisaka
- 5 – vrlo izraženo otiranje otisaka.

Za svaki uzorak (kombinaciju boje/podloge) napravljena su 2 ispitivanja te su rezultati u tablicama 5., 6. i 7. prikazani kao prosjek za dva provedena mjerenja.

Tablica 5. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za metalizirani AS papir

Metalizirani AS	3.5 kPa	6.9 kPa
Žuta _R	1	1
Ljubičasta _R	1	1

AS – Alukett Spezial

R – reverzibilna boja

Tablica 6. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za metalizirani ASF papir

Metalizirani ASF	3.5 kPa	6.9 kPa
Žuta _R	1	1
Ljubičasta _R	1	1

ASF – Alukett Spezial Fashion

R – reverzibilna boja

Tablica 7. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za premazani samoljepljivi papir

Premazani samoljepljivi papir	3.5 kPa	6.9 kPa
Roza _I	1	1
Plava _{SI}	4	5

I – ireverzibilna boja

SI – semiireverzibilna boja

b) Kolorimetrijske promjene na otiscima nakon izlaganja otiranju

U tablicama 8., 9. i 10. su prikazane CIE LAB vrijednosti uzoraka prije i nakon izlaganja otiranju te kolorimetrijske promjene boje CIEDE 2000. Na svakom otisnutom uzorku provedeno je pet mjerenja, s tim da je za svaku kombinaciju otisnute boje/podloge napravljeno po jedno ponavljanje, stoga rezultati u tablici prikazuju aritmetičku sredinu deset mjerenja. Mjerenje je provedeno na temperaturi od 20°C.

Tablica 8. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na metaliziranom AS papiru

Metalizirani AS										
boja	pritisak	Prije otiranja				Nakon otiranja				CIEDE 2000
		L*	a*	b*	C	L*	a*	b*	C	
žuta _R	3.5 kPa	87,6	-8,4	52,6	52,9	87,8	-9,3	54,9	54,9	0,8
	6.9 kPa	87,8	-8,3	52,7	53,4	88,1	-9,5	56,6	57,3	1,2
Ljubičasta _R	3.5 kPa	33,2	23,8	-34,1	41,5	32,9	23,2	-32,0	39,8	1,0
	6.9 kPa	32,6	22,1	-31,5	38,5	32,6	21,9	-29,9	36,0	0,9

Tablica 9. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na metaliziranom ASF papiru

Metalizirani ASF										
boja	pritisak	Prije otiranja				Nakon otiranja				CIEDE 2000
		L*	a*	b*	C	L*	a*	b*	C	
žuta _R	3.5 kPa	86,9	-7,8	51,0	51,6	86,9	-7,0	51,2	51,9	0,5
	6.9 kPa	87,0	-7,9	51,7	52,3	87,8	-9,1	52,6	53,4	0,9
Ljubičasta _R	3.5 kPa	33,2	22,4	-34,5	41,7	32,7	22,4	-31,5	38,7	1,7
	6.9 kPa	32,5	21,8	-30,7	42,1	31,9	20,8	-28,8	37,6	1,0

Tablica 10. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na premazanom samoljepljivom papiru

Premazani samoljepljivi papir										
boja	pritisak	Prije otiranja				Nakon otiranja				CIEDE 2000
		L*	a*	b*	C	L*	a*	b*	C	
Roza	3.5 kPa	68,1	37,5	4,5	37,8	68,0	38,8	0,4	38,8	2,4
	6.9 kPa	68,6	36,7	4,6	36,9	68,3	37,8	0,8	37,8	2,3
Plavaši	3.5 kPa	34,0	34,2	-66,7	75,0	36,0	32,7	-65,8	73,4	1,7
	6.9 kPa	34,2	33,6	-66,3	73,9	36,4	32,0	-65,0	72,4	1,9

Na temelju dobivenih rezultata ukupne razlike boje CIEDE 2000 moguće je direktno odrediti kvalitetu reprodukcije, odnosno razinu oštećenja otisaka, prilikom čega se možemo voditi smjericama prikazanim u tablici 11.

Tablica 11. Kriteriji za ukupnu razliku boje

Vrijednost CIEDE 2000 razlike boja	Opis
< 1	Prosječno ljudsko oko ne vidi razliku
1 -2	Vrlo mala razlika, može ju primijetiti samo iskusno oko
2 – 3,5	Umjerena razlika
3,5 – 5	Očita razlika
> 5	Velika razlika

4 DISKUSIJA REZULTATA

Iz rezultata određivanja glatkosti (Tablica 4) može se primijetiti da premazani samoljepljivi papir posjeduje najveću glatkost površine u iznosu od 1110 s. Kod metaliziranih papira veća vrijednost glatkosti detektirana je kod Alukett Spezial papira (800 s), dok je kod Alukett Spezial Fashion papira glatkost nešto manja (600 s).

U tablici 4. su također prikazani rezultati mjerenja površinske upojnosti premazanog samoljepljivog papira ($25,4 \text{ g/m}^2$) te se može uočiti da on ima najveću upojnost od svih korištenih podloga (što je bilo i za pretpostaviti budući da su ostale korištene podloge metalizirani papiri). Oba metalizirana papira imaju istu površinsku upojnost u iznosu od 6 g/m^2 .

Kod vizualne procjene otiranja (Tablice 5-7) nije primijećeno otiranje niti na jednom metaliziranom papiru kao niti na premazanom samoljepljivom papiru otisnutom rozom ireverzibilnom bojom. Nasuprot tome, premazani samoljepljivi papir otisnut plavom semiireverzibilnom bojom prikazuje izuzetno lošu otpornost prema otiranju, odnosno zabilježeno je vrlo izraženo otiranje otisaka čak i pri najmanjem pritisku (3.5 kPa). Ako bi rezultate promotrili s aspekta podjele termokromnih boja prema načinu sušenja, UV sušeće boje otisnute na metaliziranim podlogama pokazale su izuzetno dobru otpornost prema otiranju, a boje na vodenoj bazi dale su neujednačene rezultate, roza ireverzibilna boja pokazala je veliku otpornost, dok se plava semiireverzibilna boja pokazala potpuno neadekvatnom za odabranu tiskovnu podlogu (samoljepljivi papir).

Iz rezultata kolorimetrijskog određivanja promjene boje otiska nakon izlaganja otiranju (Tablice 8-10) uočava se da je na otiscima metaliziranog papira razlika u obojenju vrlo mala ili nikakva (prosječnom oku neuočljiva). Na premazanom samoljepljivom papiru razlika u obojenju je nešto veća, no i dalje gotovo neprimjetna. Iako je premazani papir otisnut plavom bojom prilikom vizualne procjene pokazao najmanju otpornost prema otiranju, radi utvrđenog velikog stupnja prijenosa boje na podlogu za otiranje, kolorimetrijsko mjerenje ipak pokazuje da je ukupna razlika boje mjerena na otisku vrlo mala. Možemo

pretpostaviti da je razlog tome dosta debeli sloj boje na otisku ostvaren tehnikom sitotiska, pa je vjerojatno radi toga, bez obzira na visoki stupanj otiranja, otisak ostao relativno neoštećen.

5 ZAKLJUČAK

Na temelju istraživanja koje je provedeno donesen je sljedeći zaključak.

Od svih ispitivanih uzoraka metalizirani papiri pokazali su se kao optimalna podloga za odabrane UV sušee termokromne boje, dok je premazani samoljepljivi papir također pokazao dobru otpornost prema otiranju samo za jednu od ukupno dvije ispitane termokromne boje na vodenoj bazi. Vizualnom procjenom i kolorimetrijskim mjerenjem, na tim uzorcima, nije utvrđeno otiranje, odnosno na otiscima tih boja detektirane su vrlo male, gotovo neprimjetne, razlike u obojenju.

Semiireverzibilna termokromna boja na vodenoj bazi otisnuta na samoljepljivi premazani papir nije pokazala adekvatnu otpornost prema otiranju, te ju iz tog razloga ne bi preporučili tiskati na takvu podlogu.

6 LITERATURA

1. Jamnicki Hanzer, S., Šprem L., Perica E. (2019). *Otpornost termokromnih ofsetnih boja prema otiranju*, dostupno na: http://www.tiskarstvo.net/printing&design2019/clanci/Jamnicki/Jamnicki%20Hanzer_Sprem_Perica.pdf, 3.12.2019.
2. Kulčar R., (2010). *Kolorimetrijska analiza i parametri stabilnosti UV-termokromnih boja*, Doktorski rad, Grafički fakultet
3. Jamnicki Hanzer S., (2019). *Nastavni tekst*, dostupno na: https://moodle.srce.hr/2018-2019/pluginfile.php/2589652/mod_resource/content/1/Tiskarske%20boje_na_stavni%20tekst_2019.pdf, 21.11.2019.
4. The Sericol Guide to UV Screen Printing, 2nd edition. (2005)., dostupno na: <http://www.eko-ing.com/wp-content/uploads/rjesenja%20sito%20stampa/06%20scrn7.pdf>, 13.11.2019.
5. Svojstva i ispitivanja papira, vježbe iz kolegija Papir, dostupno na: <http://materijali.grf.unizg.hr/media/uvodna%20vjezba%20-%20SVOJSTVA%20I%20ISPITIVANJA%20PAPIRA.pdf>, 12.11.2019.
6. Golubović A., (1993). *Svojstva i ispitivanje papira*, Viša grafička škola, Zagreb
7. Šušić T., (2014). *Istraživanje utjecaja različitih vrsta i gramatura papira na kvalitetu forme bešavnog uveza*, Diplomski rad, Grafički fakultet
8. Otiranje tiskarske boje (2010)., dostupno na: <http://ambalaza.com/hr/croprint/2010/6/otiranje-tiskarske-boje,148,4420.html>, 20.11.2019.
9. Kromogene tiskarske boje, dostupno na: <http://materijali.grf.unizg.hr/media/Kromogene%20tiskarske%20boje.pdf>, 9.12.2019.
10. Homola J., (2003). *Color Change Corp.; Color-Changing Inks, Brighten your bottom line*, dostupno na: <http://www.xslabs.net/color-change/how-stuff-works.htm> , 17.11,2019.
11. Jakovljević Strižić M., (2018). *Termokromne tiskarske boje na bazi tekućih kristala*, Doktorski rad, Grafički fakultet
12. Smithers P., (2013). *Thermochromic inks and reducing household food waste – Final report – Background study*, dostupno na: <https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Using%20thermochromic%20inks%20to%20reduce%20household%20food%20waste.pdf>, 14.11.2019.
13. Svojstva površine papira, dostupno na: <http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%203.pdf>, 7.12.2019.
14. *Rub Tester and Abrasion Tester (RT4)*, dostupno na <https://www.hanatekinstruments.com/product/rub-and-abrasion-tester-rt4/>, 18.12.2019.

15. Otiranje otisaka, vježba iz kolegija Tiskarske boje, dostupno na:
http://materijali.grf.unizg.hr/media/otiranje_vjezba%205.pdf, 18.12.2019.

7 POPIS SLIKA I TABLICA

SLIKE

Slika 1. Proces fotopolimerizacije (str. 10)

Slika 2. Primjena termokromne boje (str. 13)

Slika 3. Izgled termokromne boje na bazi tekućih kristala (str. 14)

Slika 4. Uređaj PTI – Line Bekk (str. 20)

Slika 5. Uređaj za određivanje površinske upojnosti (str. 21)

Slika 6. Uređaj Hanatek Rub and Abrasion Tester (str. 22)

Slika 7. Mjerenje kolorimetrijskih promjena pomoću spektrofotometra Ocen OpticsUSB 2000+ (str. 24)

TABLICE

Tablica 1. Osnovna svojstva tiskovne podloge Alukett Spezial (str. 18)

Tablica 2. Osnovna svojstva tiskovne podloge Alukett Spezial Fashion (str. 18)

Tablica 3. Osnovna svojstva premazanog papira (str. 19)

Tablica 4. Rezultati ispitivanja glatkosti i upojnosti premazanog papira (str. 24)

Tablica 5. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za metalizirani AS papir (str. 25)

Tablica 6. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za metalizirani ASF papir (str. 26)

Tablica 7. Rezultati ispitivanja otpornosti suhog otiska prema otiranju (vizualna procjena otiranja) za premazani papir (str.26)

Tablica 8. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na metaliziranom AS papiru (str. 27)

Tablica 9. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na metaliziranom ASF papiru (str. 27)

Tablica 10. Kolorimetrijske promjene na otiscima prije i nakon izlaganja otiranju na premazanom papiru (str. 28)

Tablica 11. Kriteriji za ukupnu razliku boje (str. 28)

8 PRILOG

8.1 Plava boja na bazi vode – Technical Data Sheet



崇裕科技股份有限公司
NEW PRISMATIC ENTERPRISE CO., LTD.

台北總公司/235台北縣中和市建一路3號9樓
9F., No.3, Jian Yi Rd., Chung Ho City, Taipei County 235, Taiwan
Tel:+886-2-82213701 Fax:+886-2-22261838 www.colorchange.com.tw

Technical Data Sheet

Thermochromic material series

Product name: Thermochromic Slurry 50-0 Blue

Item number: TM-MSL W50-0-3431

Introduction :

TM-MSL W50-0-3431 is one of our thermochromic products. **TM-MSL W50-0-3431** can display different colors based on the temperature difference. **TM-MSL W50-0-3431** will become colorless when temperature is above 40°C, and change to blue when temperature is under 7°C.

TM-MSL W50-0-3431 is micro-capsulated product. The diameter of **TM-MSL W50-0-3431** is between 1 to 3µm, and its appearance is color or colorless slurry.

TM-MSL W50-0-3431 can be used in many industries, such as Ink, Paint... and so on. Basically, **TM-MSL W50-0-3431** can be used as water base dyes.

Appearance :

TM-MSL W50-0-3431 is slight blue slurry when temperature is above 40°C, and is blue slurry when temperature is under 7°C.

IT-DT :

Color Change Start (Temperature Increase)	>40°C
Color Change Start (Temperature Decrease)	<7°C

Storage :

TM-MSL W50-0-3431 should be kept in a dry place under room temperature and do not expose to sunlight.

Toxicity & Safety :

TM-MSL W50-0-3431 has passed the EN-71 test.

Application in Ink & Paint :


- **TM-MSL W50-0-3431** can disperse in ink and paint, avoid to dilute with polar solvent as alcohol, acetone.
- **TM-MSL W50-0-3431** can apply in water type resin.
- Proper PH value of selected substrate for **TM-MSL W50-0-3431** is 7-9.
- Suggested usage of **TM-MSL W50-0-3431** is 5%~60% (w/w).
- **TM-MSL W50-0-3431** is suitable for screen, gravure, and flex graphic printing ink.
- Suggested printing backgrounds are white or light color series.
- **TM-MSL W50-0-3431** can be applied as water base dyes.
- Choose proper resins or bases when use **TM-MSL W50-0-3431** on different substrates.

Application in Dyeing & Finishing :

- **TM-MSL W50-0-3431** can mix with water base binder, then can apply to Dyeing or Finishing
- Suggested usage of **TM-MSL W50-0-3431** is 0.5%~10.0% w/w.
- Suggested dyeing clothing is white or light color series.
- **TM-MSL W50-0-3431** can be used with other basic or acid dye.
- Choose proper binders or bases when use **TM-MSL W50-0-3431** on different substrates.
- Finishing reagent of our company-- **Siltex2000** have good performance in soft effecting and anti-washing.

Material Safety Data Sheet

SECTION I – IDENTIFICATION OF PRODUCT	
ITEM NUMBER TM-MSL W50-0-3431	EMERGENCY TELEPHONE NO. +886-2-82213701
COMPANY New Prismatic Enterprise CO.,LTD	DATE PREPARED 02/02/2017

SECTION II – HAZARDS IDENTIFICATION
<p>Classification Skin sensitization, Category 1</p> <p>Label element</p>  <p>Symbol: Signal word: Warning</p> <p>Hazard statement: May cause sensitization by skin contact.</p> <p>Precautionary statements: Avoid contact with skin. Wear suitable protective gloves..</p>

SECTION III – CHEMICAL COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS					
PRODUCT NAME Thermochromic Slurry-W50-0 Blue					
CHEMICAL NATURE	Wt%	CAS NO.	ECS NO.	Symbol	R-Phrases
Melamine Formaldehyde Resin	1~3%	68002-20-0	--	--	--
3-(4-Diethylaminophenyl)-3-(1-ethyl-2-methyl-imidazol-5-yl)phthalide	1~5%	75805-17-3	--	--	--
Aromatic Ester	25~45%	--	--	--	--
Water	50~60%	7732-18-5	231-792-2	--	--

SECTION IV – FIRST AID MEASURES	
<p>SKIN CONTACT No adversely harmful effects anticipated. Wash exposed areas with soap and water. See a physician.</p>	<p>EYE CONTACT Immediately flush eyes with water for 15 minutes. See a physician if the irritation persists.</p>
<p>INHALATION Remove from exposure immediately. Use a bag valve mask or similar device to perform artificial respiration (rescue breathing).</p>	<p>INGESTION Induce vomiting immediately. See a physician.</p>

SECTION V – FIRE-FIGHTING MEASURES
<p>EXTINGUISHING MEDIA Dry chemical, dry foam, sand, CO₂</p> <p>SPECIAL FIRE-FIGHTING PROCEDURES Wear full protective clothing and self contained breathing apparatus.</p>

SECTION VI – ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Wear respirator, chemical safety goggles, rubber boots and heavy rubber gloves. Sweep up, place in a bag and hold for waste disposal. Avoid raising dust. Ventilate area and wash spill site after material pickup is complete.

SECTION VII – HANDLING AND STORAGE**HANDLING**

Avoid spilling. Maintaining good housekeeping standards to avoid accumulation of dust.

STORAGE

Store in a sealed container in a cool, dry place. Avoid dispersion of dust in to the air to reduce potential explosion hazard. Avoid contact with liquids. Eliminate ignition sources. Avoid static charge build-up.

SECTION VIII – EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**TECHNICAL PROTECTIVE**

Practice good personal hygiene.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Safety glasses with side shields recommended for normal handling, dust proof goggles recommended for dust, environments. Use protective gloves. Eyewash facility.

INDUSTRIAL HYGIENE

Wash clothes, hands, and other exposed areas, before eating, drinking, smoking, and when leaving work.

PROTECTION AGAINST FIRE AND EXPLOSION

N/A

SECTION IX – PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

FORM	Emulsion	ODOUR	odorless
COLOUR	Blue or Colorless Slurry	pH	5~6
BOILING POINT (DEGREES CELSIUS)	100	SPECIFIC GRAVITY (WATER=1)	1
VAPOR PRESSURE (mm. OF MERCURY)	29.6mmHg, 25°C	PERCENT VOLATILITY (BY VOLUME)	52%
VAPOR DENSITY (AIR=1)	Not applicable	EVAPORATION RATE (ETHYL ETHER=1)	Not applicable
SOLUBILITY IN WATER	Soluble	EVAPORATION RATE (BUTYL ACETATE=1)	Not applicable

SECTION X – STABILITY AND REACTIVITY

THERMAL DECOMPOSITION	350°C	DANGEROUS REACTION	N/A
------------------------------	-------	---------------------------	-----

SECTION XI – TOXICOLOGY INFORMATION

ACUTE ORAL TOXICITY	N/A
SKIN IRRITATION	Slight skin irritation. No data found on skin absorption.
EYE IRRITATION	Serious eye irritation. Slight inhalation hazard particulates/dust.

SECTION XII – ECOLOGICAL INFORMATION

ELIMINABILITY	N/A
----------------------	-----

SECTION XIII – DISPOSAL CONSIDERATIONS

DISPOSAL	Land fill solids at permissible sites.
IN CASE OF SPILL	Potential dust explosion hazard. Sweep gentle to avoid dust with an ordinary broom. Clean exposed area with soap and water. Potential slip hazard.

SECTION XIV – TRANSPORT INFORMATION	
No classification assigned by IATA.	

SECTION XV – REGULATORY INFORMATION	
TSCA inventory status	Y
TSCA 12(b) export notification	Not listed

SECTION XVI – OTHER INFORMATION	
Recommended used and restrictions	None

DISCLAIMER of LIABILITY	
<p>The information in this SDS was obtained from sources which we believe are reliable. However, the information is provided without any warranty, express or implied, regarding its correctness. The conditions or methods of handling, storage, use or disposal of the product are beyond our control and maybe beyond our knowledge. For this and other reasons, we do not assume responsibility and expressly disclaim liability for loss, damage or expense arising out of or in any way connected with the handling, storage, use or disposal of the product. This SDS was prepared and is to be used only for this product. If the product is used as a component in other product, this SDS information may not be applicable.</p>	

8.2 Roza boja na bazi vode – Technical Product Information

TMCHallcrest

Advanced Thermographic Technologies

Thermographic Measurements Ltd.
Riverside Buildings, Dock Road,
Connah's Quay, Flintshire,
CH5 4DS
Tel: +44 (0)1244 818348
Fax: +44 (0)1244 818502
Email: sales@t-m-c.com
Web: www.t-m-c.com

Technical Product Information

Thermochromic Function: Irreversible
Product Name: Kromagen™ Magenta MB60-NH
Last Revision: 11/02/2015

Kromagen Magenta MB60-NH can be supplied as a Concentrate, Water Based Screen ink or Water Based Flexographic Ink.

Kromagen Magenta MB60-NH Concentrates.

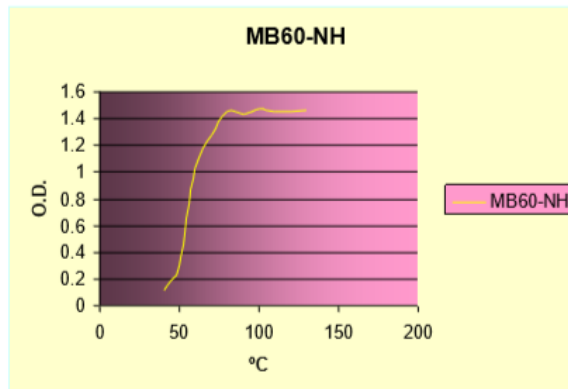
A water based irreversible thermochromic pigment concentrate to allow formulation of aqueous inks. Supplied as an acrylic based pigment dispersion with optimised particle size to formulate flexographic and screen inks.

Application

The concentrates are primarily intended for use in the formulation of inks by addition of water based resins or binders. In certain circumstances they may be used directly as coatings or inks. The concentrates should be stirred thoroughly before use as settlement on standing may occur. They may then be added into water based varnishes. The compatibility of the any additives or varnishes should be established by the user.

Colour Change Properties

The colour change profile for Magenta MB60-NH Concentrate is shown below. Magenta MB60-NH changes colour gradually over a temperature range. The chart is based on 1 minute heating periods.



Registered in England and Wales Registration No. 1161376 BS EN ISO 9001 : 2008 CERTIFICATE NO FM 35672

INVESTORS | BUDDSODDWYR
IN PEOPLE | MEWN POBL

Recommended Formulation Guidelines

Solvents

Avoid ketones such as acetone which will cause the generation of colour. Isopropyl alcohol may be used. Glycols and glycol ethers should be avoided. Once a varnish is added, check for compatibility. Check that no premature colour is generated in the liquid ink, or as it is dried on printing. Establish the colour change on heating is not inhibited. Too high a binder level in the ink can reduce the strength of colour change.

Dilution

Should the concentrate need to be thinned to suit application then water or a mixture of isopropanol and water mixed at a 1:1 ratio can be added. Over dilution will reduce colour strength. No other diluents should be used as these can damage the thermochromic ink functionality and ink performance.

Drying

The ink should be cured using minimum heat to dry the print but not trigger an irreversible colour change. Slow air drying is recommended.

Cleaning recommendations

Equipment can be cleaned with water or a standard commercial general purpose detergent cleaner/wash. Care should be taken not to contaminate the thermochromic ink with any cleaning solution as this can inhibit the thermochromic function.

Handling

Always refer to the SDS before initial use. Kromagen Irreversible Water Pigment Concentrate is a 1 part ink system that will remain stable if kept in the supplied container and stored in the correct storage conditions.

Mixing Instructions

Contents may settle on transit. Ink should be thoroughly mixed using a mechanical stirrer prior to application.

Storage

Kromagen Irreversible Water Pigment Concentrate should be stored away from solvents, sources of UV light, frost and high temperature to retain optimum performance from the product. The concentrate will settle on standing and should be thoroughly mixed before use. It is a water based product and it is important to keep the containers tightly shut to avoid evaporation and skinning of the product.

Shelf Life

6 Months

Do not store in temperatures in excess of 25°C / 77°F. Do not freeze. Please consult SDS prior use.

Information in this Product Data Sheet is compiled from our general experience and data obtained from various technical publications. While we believe that the information provided herein is accurate at the date hereof, no responsibility for its completeness or accuracy can be assumed. Tests at TMC HALLCREST are carried out under controlled laboratory conditions. Information is given in good faith, but without commitment as conditions vary in every case. The information is provided solely for consideration, investigation and verification by the user. TMC HALLCREST do not except any liability for any loss, damage or injury resulting from its use (except as required by law). Please refer to the Material Safety Data Sheet before using products to ensure safe handling.

Registered in England and Wales Registration No. 1161376 BS EN ISO 9001 : 2008 CERTIFICATE NO FM 35672



Kromagen Magenta MB60-NH Screen INK

Water based thermochromic ink for plastic films or absorbent paper and board substrates. The screen ink is supplied as a single pack ink to give optimum shelf life and on press flexibility for control of colour intensity, opacity and press performance.

Application

Screen printing ink ideally suited to flat bed screen printing processes. The printed effect is dependent upon several factors including press speed, substrate, drying time/temperature and mesh count. The printed ink exhibits a silk finish when printed. The print is susceptible to damage by abrasion as the ink is relatively soft.

Product Properties

Adhesion

The adhesion of Kromagen Irreversible Water Based Screen Ink depends upon the surface properties. Due to the wide variety of substrates it is recommended that this ink is evaluated fully prior to any commercial use. Cross-linker like Carbodiimide or Aziridine can help improving adhesion. When using Kromagen Irreversible Water Based Screen Ink to over print on a surface pre-printed using offset inks it is recommended that the offset inks are wax free to reduce the risk of ink reticulation.

Rub Resistance

An over varnish or laminate is necessary if any resistance to abrasion is required as resistance to pressure is low. However many varnishes may affect the function of the thermochromic pigments. Water based varnish is preferred and should have a low solids content and applied as thin a coat as possible using a fine mesh. Compatibility should be checked to ensure that the unchanged Thermochromic print is not discoloured or that the temperature sensitivity is not inhibited.

Additional Product Properties

Pigment Content (%)	29 ± 2
Pigment Size (µm)	95% less than 10 microns
Solid Content (%) ¹	42 ± 2.0
Solvent	Water
Supplied Viscosity (cps) ²	2200-9000

¹ AMB50 Moisture Content Analyzer

² Mixed ink measured on a LVT Brookfield Viscometer Spindle #2

Light fastness

Thermochromic inks are inherently susceptible to damage by UV light. They are only recommended for use in applications where there will be minimal exposure to UV light. Where necessary a suitable UV protective varnish should be used to slow degradation caused by UV light.

Light fastness properties of supplied Kromagen colours are as follows:*

Red, Orange & Magenta	1-2
Black, Blue, Purple	2
Turquoise	3

*Rating according to measurement on Blue Wool Scale

Registered in England and Wales Registration No. 1161376 BS EN ISO 9001 : 2008 CERTIFICATE NO FM 35672



Recommended Printing Parameters

Screen Configuration

The optimum screen configuration depends on several factors, the most important of which is the desired opacity and colour of the finished product.

The theoretical ink volume of the screen is crucial for the desired effect. Using a higher theoretical ink volume will increase the intensity of colour of the product when below its activated.

	European / US Measurement
Recommended Mesh Size	120T / 310
Minimum Mesh Size	150T / 379

Do not allow the ink to sit dormant on the screen as this will cause 'drying in' on the screen and affect print definition and quality.

Ink Consumption

Typical ink consumption for Kromagen Irreversible Water Based Screen Ink on a 70T mesh is approximately 30 – 35gms per sqm.

Dilution

The printing ink is supplied in a format that once mixed is at printing viscosity. Should the ink need to be thinned to suit application then water should be used. No alternative thinners should be used as these will affect the thermochromic function and performance of the ink. Usually no more than 15% water should be added to the ink system.

Drying

The ink should be dried avoiding hot air dryers or IR lamps if the irreversible colour change is liable to be triggered in the drying system used. Some force drying may be used, depending on dwell time in the drying area and the rating of the irreversible. Users should carry out their own tests to confirm force drying does not trigger a colour change and spoil the print.

Storage

Kromagen Irreversible Water based screen ink should be stored away from solvents, sources of UV light, frost and high temperature. The concentrate will settle on standing and should be thoroughly mixed before use.

It is a water based product and it is important to keep the containers tightly shut to avoid evaporation and skinning of the product.

Shelf Life 6 Months

Do not store in temperatures in excess of 25°C / 77°F. Do not freeze. Please consult SDS prior use.

Information in this Product Data Sheet is compiled from our general experience and data obtained from various technical publications. While we believe that the information provided herein is accurate at the date hereof, no responsibility for its completeness or accuracy can be assumed. Tests at TMC HALLCREST are carried out under controlled laboratory conditions. Information is given in good faith, but without commitment as conditions vary in every case. The information is provided solely for consideration, investigation and verification by the user. TMC HALLCREST do not accept any liability for any loss, damage or injury resulting from its use (except as required by law). Please refer to the Material Safety Data Sheet before using products to ensure safe handling.



Kromagen Magenta MB60-NH Flexo Ink.

Water based irreversible thermochromics Flexo ink for paper, plastic, film and board substrates. The ink is supplied as a 1 part ink system ready formulated and easy to use allowing flexibility in application and optimisation in appearance of printed article.

Application

The ink is designed for Flexographic in line printing onto paper, plastic, film and carton such as labels, folding carton and flexible paper. The printed effect is dependent upon several factors including press speed, substrate, drying time/temperature and Anilox volume.

Product Properties

Adhesion

The adhesion of Kromagen Irreversible Water Based Flexo Ink depends upon the surface properties. Due to the wide variety of substrates it is recommended that this ink is fully evaluated prior to any commercial use. Cross-linker like Carbodiimide or aziridine can help improving adhesion.

Rub Resistance

The ink itself exhibits moderate rub resistance properties on absorbent and non-absorbent substrates. However abrasion can cause early colour development. If a high level of resistance is required then a suitable over varnish or laminate can be used or a cross-linker (Carbodiimide or aziridine) can be added to the ink. All options should be tested for compatibility with the irreversible ink.

Additional Product Properties

Pigment Content (%)	26 ± 2
Pigment Size (µm)	95% less than 10
Solid Content (%) ¹	40 ± 2.0
Solvent	Water / Propan-2-ol
Supplied Viscosity (DIN 4) ²	45 – 60 seconds

¹ AMB50 Moisture Content Analyzer

² Mixed ink measured on a DIN 4 Cup 25°C / 77°F

Light fastness

Thermochromic inks are inherently susceptible to damage by UV light. They are only recommended for use in applications where there will be minimal exposure to UV light. Where necessary a suitable UV protective varnish should be used to slow degradation caused by UV light.

Light fastness properties of supplied Kromagen colours are as follows:*

Red, Orange & Magenta	1-2
Black, Blue, Purple	2
Turquoise	3

*Rating according to measurement on Blue Wool Scale

Recommended Printing Parameters

Anilox Configuration

The optimum anilox configuration depends on several factors, the most important of which is the desired opacity and colour of the finished product.

Registered in England and Wales Registration No. 1161376 BS EN ISO 9001 : 2008 CERTIFICATE NO FM 35672



8.3 UV boje – Data Sheet



DATA SHEET

THERMOCHROMIC UV SCREEN INK

DESCRIPTION

CTI's thermochromic UV Screen inks, are colored below a specific temperature, and change to colorless or to another, lighter color as they are heated. The color starts to fade with increased temperature at approximately 4° C below the activation temperature and will be in between colors within this temperature range. The temperature above which the ink stops losing color we refer to as the "Clearing Point". The color change is "reversible," i.e., the original color will be restored upon cooling. As the temperature of the ink is lowered from above the Clearing Point, the ink begins to gain color at about 3 C below the clearing point and continues to gain color until about 6 C below the clearing point. We refer to this as the "Full Color Point". These inks are available in various colors, Clearing Points and Full Color Points. Standard Clearing Points are 15, 31 and 45° C (59, 88 and 113° F). Other activation temperatures are also available, from -5° C to 65° C. See Sales Policies Sheet for a complete list of available colors. CTI's UV Screen ink is ideal for document security, promotional items, temperature indicating labels, packaging, games, novelties, etc. Thermochromic inks are not compatible with many different chemicals. Please do not put anything into CTI's products without first consulting a CTI representative.

TYPICAL PROPERTIES

	<u>D12-Flatbed</u>	<u>D13/D16Rotary</u>
Viscosity (at 25° C)	65-110 poise	24-60 poise
Density (Approx.)	8.0 lb./gal	8.0 lb./gal
Appearance	Viscous Liquid	Viscous Liquid
Percent Solids (Approx.)	99%	99%
Percent Volatiles (Approx.)	<1.5%	<1.5%
Yield Range (Approx.)	10,000-50,000 in ² /lb. (depending on film thickness)	
Recommended Substrates	Paper, Film	

STORAGE AND HANDLING

CTI's products should be stored in a cool, dry place and away from sources of UV light. The inks are stable when stored away from heat. The material is combustible and should not be used near open flame. Store Below 80° F. Product must be used within twelve months of purchase. Consult MSDS prior to use.

SPECIAL CARE INSTRUCTIONS

CTI's UV screen ink is simple to use, but different from other UV screen inks. The differences between our ink and regular UV screen inks are outlined below. The instructions below should be followed carefully to achieve optimum results.

- **Ink**-Do not allow CTI UV Screen ink to come in contact with unapproved solvents. To ensure this, always dry the screen completely before adding the ink to the screen. Always be sure that equipment that comes in contact with the ink is completely dry and free of all solvents. Also, when cleaning the screen in the middle of the run, do not allow any solvent to touch the unused ink.
- **Mixing**-Be sure to stir the ink well before and during use.
- **Screen Mesh**-A coating thickness of at least 50 microns is recommended for best results, due to the low opacity of thermochromics. Use lower mesh screens with CTI thermochromic ink. Finer meshes may work with some formulations. Coarse screens, such as an 80-150 mesh are required to achieve the heavy laydown necessary to get good opacity. Rotary screen emulsions can be over-exposed to insure best resistance to emulsion breakdown. You may wish to experiment to achieve the best results.



- **Artwork**- CTI ThermoChromic UV Screen is a translucent ink. For best color, print over white or light colors. CTI's ThermoChromic UV Screen ink prints as a normal translucent ink, not an opaque ink, and can cover or obscure other solid colors only when printed heavily (2-3 mils).
- **Clean Up**-Use normal solvents, but be sure screens are dry before adding CTI ThermoChromic ink.
- **Thinning**-CTI has extenders and thinners should you need them. Use CTI approved thinners only.
- **Curing**-Do not over-cure, to avoid yellowing in the warm state.
- **Substrates**-This ink will work well with most types of coated and uncoated stocks, as well as many plastics. Compatibility of ink, coating and substrate must be determined prior to production runs.
- Recommend printing CTI's UV Screen ink over ink or coatings that do not contain silicones or waxes.
- Thoroughly test applications where thermoChromic ink is die cut or folded to ensure that inks are suitable for a particular application.
- Test adhesion to desired substrate.
- CTI's UV Screen ink cures between 300-400 millijoules.

SENSITIVITY

ThermoChromic materials are sensitive to adverse environmental conditions. These are listed below, along with a description of the nature of the sensitivity, and recommendations.

LIGHT: Long exposure to UV and some fluorescent lights can degrade color intensity and changing characteristics of the ink. Extreme exposure of more than several days of direct sunlight may degrade the color of the ink. Several hundred hours of strong fluorescent light may cause a loss of color and poor color change characteristics. In handling these materials assume that they are similar to fluorescent pigments in terms of light stability.

HEAT: Extended exposure to 100° F or higher, can degrade the color change and intensity of the product. Exposure to extreme heat only has an effect if a given temperature is constantly maintained for a given amount of time. If a printed piece were left in an environment where it remained at 100° F for many days, one might then expect to see a reduction in color. At 400° F the time to degradation might be less than an hour. The effect is time and temperature dependent.

CHEMICALS: ThermoChromic materials are sensitive to certain chemicals. Since it is unlikely that the printed piece will come into contact with damaging chemicals under normal conditions, this is not a serious concern. The wet ink should not come into contact with any solvents, including wash-up solvents. Be sure that the press is clean and dry before adding CTI's product to it to minimize chemical exposure. Never add solvents to our ink without first speaking with a CTI representative.

CONCLUSION: The ink in both wet and printed forms should be stored in a cool, dry place, away from chemicals and direct light, especially sunlight. Wet ink should be used within twelve months of receiving it.

HYSTERESIS: Reversible thermoChromics exhibit what is referred to as "hysteresis" or "thermal memory". If a standard 31C ink is raised to an extreme temperature, then left to cool under normal ambient conditions, the ink may not achieve its full color, even after it reaches room temperature. Once exposed to this kind of temperature "spike," one may need to lower the ink's temperature to below 20° F below the clearing temperature to gain improved behavior. **ALL APPLICATIONS USING CTI'S INKS SHOULD BE THOROUGHLY TESTED PRIOR TO APPROVAL FOR PRODUCTION.**

For further information or assistance, please contact Chromatic Technologies, Inc. at (888) 294-4CTI.

DISCLAIMER: The information and data contained herein are believed to be accurate and reliable; however, it is the user's responsibility to determine suitability of use. Since CTI cannot know all of the applications for the product, or the conditions of use, it makes no warranties concerning the fitness or suitability of its products for a particular use or purpose. Thoroughly test any proposed application of our products and independently conclude satisfactory performance

Revised 12/14



in your application. If the application of the products requires government approval, it is the users responsibility to obtain it. CTI warrants only that its products will meet its specifications. There is no warranty of merchantability or fitness for use, nor any other express or implied warranty. The user's exclusive remedy and CTI's sole liability is limited to refund of the purchase price or replacement of any product shown to be out of claimed specifications. CTI will not be liable for incidental or consequential damages of any kind. Suggestions of uses should not be taken as inducements to infringe any patents.