

Efikasnost mikrovalnog fiksiranja reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24 u digitalnom tisku pamučnih tkanina

Dr.sc. **Branko Neral**, dipl.ing.

Prof.dr.sc. **Sonja Šostar Turk**, dipl.ing.

Dr.sc. **Reinhold Schneider**, dipl.ing.*

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilne materiale in oblikovanje
Maribor, Slovenija

*Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung/Institut für Textilchemie und Chemiefasern
Denkendorf, Deutschland

e-mail: branko.neral@uni-mb.si

Prispjelo 26.06.2006.

UDK: 677.016.4:677.027.5

Izvorni znanstveni rad

Istražena je efikasnost mikrovalnog fiksiranja reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24, tiskanog na pamučnoj tkanini tehnologijom digitalnog tiska. Pamučne tkanine bile su impregnirane otopinom ugušivača, alkalije, uree i oksidacijskog sredstva. Nakon impregnacije slijedilo je sušenje, tisak reaktivnog bojila digitalnim printerom, fiksiranje, pranje i sapunanje. Rezultati fiksiranja bojila zasićenom parom i vrućim zrakom uspoređeni su s karakteristikama tiska fiksiranih mikrovalovima. Ispitan je utjecaj vremena i snage mikrovalova na promjenu karakteristika impregniranih tekstilnih supstrata. Na temelju rezultata može se zaključiti da su karakteristike mikrovalno fiksiranog tiska usporedive s karakteristikama digitalnog tiska reaktivnim bojilima, koji su bili fiksirani konvencionalnim metodama.

Ključne riječi: efikasnost mikrovalnog fiksiranja, reaktivna bojila, digitalni tisak

1. Uvod

Tehnologija tiska za tekstil mijenja se brzo i intenzivno. Zbog neprekidnih zahtjeva tržišta, tekstilna industrija je primorana tražiti i razvijati rješenja koja skraćuju vrijeme proizvodnje, smanjuju troškove, povećavaju stupanj kakvoće proizvoda i usluge, nude veću raznolikost proizvoda i smanjuju opterećenje okoliša.

Digitalne tehnologije tiska već se nekoliko godina upotrebljavaju u industriji tekstilnog tiska jer su se pokazale učinkovitima. Uvođenje digitalnoga tiska na tekstil u proizvodni proces može se podijeliti u tri vremenska razdoblja. Početkom 1990. godina tisak mlazom tinte (ink-jet) pretežno se upotrebljavao samo za tisak kolekcija uzoraka. S razvojem tehnologije glava na printerima i bojila u drugoj polovici devedesetih, tisak mlazom tinte

se počeo upotrebljavati u proizvodnim fazama pripreme tekstila za tisak i za tisak malih metraža, osnova za transfer-tisak sportske odjeće, zastava i propagandnih poruka. Tako se upotrebljavala tehnologija tiska kontinuiranim mlazom i isprekidanim mlazom, odnosno kapi-ma tzv. DOD tehnologija (bubble-jet, piezo printeri) s rezolucijama od 150 do 300 dpi i malim proizvodnim kapacitetima, koji su iznosili do 5 m²/h. Proizvođači su nudili i za ovaj tisak na tekstilu razvili reaktivna, kisela i disperzna bojila. Značajka treće faze, tj. faze današnjeg razvoja i uvođenja digitalnog tiska na tekstil, su piezo printeri s kapacitetom tiska do 200 m²/h, rezolucijom 720 dpi i mogućnošću tiska reaktivnim, kiselim, disperznim i pigmentnim bojilima [1].

Bez obzira na prednosti digitalne tehnologije tiska tekstila, za sada se

ne mogu izbjeći sve one faze naknadne obrade tiska koje su poznate u konvencionalnim procesima tiska tekstila. Digitalne otiske reaktivnih bojila na celuloznim vlaknima još uvijek treba sušiti i fiksirati zasićenom ili pregrijanom parom, ispirati i sapunati kako bi se postigla zahtijevana kakvoća tiska, briljantnost i postojanost obojenja, jasnoća uzoraka i opipa.

Poznato je da reaktivno bojilo nakon nanosa treba fiksirati zasićenom, suhom ili pregrijanom parom, što se izvodi u parionicima i rasteznim sušionicima. Para služi kao izvor topline i vlage koja prelazi na vlakno i na tiskarski nanos, što uzrokuje bubrenje ugušivača i vlakna kao i otapanje reaktivnog bojila i njegovo difundiranje u vlakno [2]. U pravilu su parionici velikih dimenzija i obujma što zahtjeva dosta vremena za pripremu i za-

grijavanje. Oscilacija homogenosti topline i vlage u različitim komorama parionika odražava se na mijenjanje kakvoće tiska reaktivnim bojilom. Ove činjenice dovode do primjene i razvoja odgovarajućih tehničkih rješenja koja će ukloniti nedostatke konvencionalnih tehnoloških rješenja fiksiranja. Jedna od tehnologija, čije se upotreba već dokazala u ostalim procesima oplemenjivanja tekstila, nesumnjivo je tehnologija dielektričnog zagrijavanja, koja se dijeli na tehnologiju radiovalnog i mikrovalnog zagrijavanja [3, 4].

Mikrovalno zagrijavanje temelji se na svojstvu materije da apsorbira elektromagnetsku energiju i pretvara je u toplinu. Osnovne prednosti upotrebe mikrovalne tehnologije sušenja pokazale su se u većoj brzini sušenja, uštedi energije, boljoj kontroli procesa, selektivnosti zagrijavanja i poboljšanju kvalitete proizvoda.

U elektromagnetskom spektru područje mikrovalnog zračenja nalazi se između infracrvenih i radiofrekventnih valova, što odgovara valnim duljinama od 1 cm do 1 m, odnosno frekvencijama između 10^9 i $3 \cdot 10^{11}$ Hz. Mikrovalni valovi u mnogočemu su srodni ostalim vrstama zračenja. Metalni materijali ih odbijaju, neki dielektrici ih apsorbiraju, a drugi materijali ih propuštaju [5].

Industrijske kao i kućne mikrovalne pećnice rade pri frekvenciji od 2,45 GHz (12,25 cm), što odgovara energiji fotona od 0,0016 eV (0,155 kJ mol⁻¹). Poznato je da su mikrovalovi neionizirajući te nemaju dovoljnu energiju da potaknu kidanje kemijskih veza koje iznose od 0,2 do 5,2 eV. Interakcija izmjeničnog električnog polja visokofrekventnog mikrovalnog zračenja i materije odgovorna je za učinak zagrijavanja. U fizikalnom smislu električno polje inducira polarizaciju naboja unutar materije, dok njegova orijentacija u mikrovalnom spektru ovisi o vremenu s frekvencijom od 2,45 GHz. Vektor električnog polja mi-

jenja smjer približno svakih 10^{-12} s. Djelovanje izmjeničnog električnog polja potiče rotaciju polarnih molekula, kao npr. molekula vode, no njihovo kretanje nije uvijek dovoljno brzo te one ne mogu slijediti brze izmjene smjera polja. To kašnjenje molekula za izmjeničnim električnim poljem, dovodi do prelaženja elektromagnetske energije u toplinsku energiju koja je posljedica rotacije dipola ili ionske vodljivosti. Rotacija dipola je interakcija tijekom koje polarne molekule rotacijom nastoje slijediti smjer izmjeničnog električnog polja, a njezina jakost ovisi o polarnosti molekula i njihovoj sposobnosti da slijede brze izmjene smjera. Ionska vodljivost se javlja ako su prisutni slobodni ioni ili ionske vrste u mediju na koji djeluje mikrovalno zračenje, te dolazi do njihovog kretanja djelovanjem izmjeničnog električnog polja [6, 7].

Zagrijavanje i sušenje pomoću mikrovalova bitno se razlikuje od konvekcijskog, kondukcijskog ili radijacijskog načina zagrijavanja. Dok konvencionalne metode ovise o polaganom kretanju topline od površine materijala prema unutrašnjosti, zagrijavanje mikrovalnom energijom je volumetrijsko [8]. Kada se sve molekule pod utjecajem elektromagnetskog polja počnu kretati jednakom brzinom, cijeli se materijal istovremeno zagrije, i to od iznutra prema van, čime se istovremeno izbjegavaju svi nedostaci sušenja od površine prema unutrašnjosti. Nastala toplina zbog dielektričnih gubitaka obuhvati cijeli materijal jednakomjerno, neovisno o debljini i provodljivosti materijala [9, 10].

Dosta je istraživanja u tekstilnim procesima provedeno upotrebom i učinkovitošću dielektrične tehnologije. Rezultati istraživanja potvrdili su opravdanost i učinkovitost dielektričnoga fiksiranja u procesima bojadisanja pamučnih, vunениh i PES vlakana [11-15]. Upotreba novorazvijene mikrovalne tehnologije za fiksiranje različitih apretura na celuloznoj tkani-

ni dala je zadovoljavajuće rezultate, u određenim slučajevima čak i bolje nego što ih daju konvencionalni postupci fiksiranja [16-19].

Jedno od prvih istraživanja namijenjeno dielektričnom fiksiranju bojila na tisku tekstila provedeno je u tvrtki Dawson Int. Ltd. (UK) [20]. Oni su razvijali i ispitivali tehnologiju radiofrekventnog fiksiranja bojila primjenom transfernog tiska i ustanovili da tehnološka rješenja omogućavaju minimalnu potrošnju vode i optimalno iskorištavanje energije kod mokrih postupaka transfernog tiska na tekstilu. Jednako su tako bila istraživanja visokofrekventnog fiksiranja reaktivnih bojila tiskanih na vunenoj tkanini. Ukazala su na probleme osiguravanja homogenosti raspoređivanja električne energije u tkanini i s tim povezanu egalnost tisaka [21, 22].

Istraživanjima u ovome radu željelo se provjeriti i ocijeniti efikasnost mikrovalnog fiksiranja reaktivnog C. I. Reactive Red 24 bojila digitalno tiskanog na pamučnoj tkanini i usporediti ih s karakteristikama termofiksiranih i fiksiranih zasićenom parom. Za tu je svrhu pripremljena otopina bojila i nanescena tehnologijom digitalnog tiska na impregniranu tkaninu, fiksirana i oprana.

2. Eksperimentalni dio

Za dostignuće postizanja postavljenih ciljeva istraživanja upotrijebljena je pamučna tkanina, kupelj za impregniranje, digitalni printer, otopina reaktivnog bojila, mikrovalna pećnica, prototipna mikrovalna laboratorijska sušilica kao i naprave i metode za ocjenjivanje učinkovitosti fiksiranja otisaka.

2.1. Ispitivana tkanina

Za tisak je upotrijebljena 100%-tna pamučna tkanina u platnenom vezu s gustoćom osnove 28 cm⁻¹, gustoćom potke 26 cm⁻¹ i površinske mase 120 g/m². Tkanina je bila odškrobljena, bijeljena i mercerizirana te pripremljena za bojadisanje i tisak. Stupanj bjeline WI_{CIE} pa-

mučne tkanine iznosio je 83,10 jedinica, stupanj požućenja YI_{E313} 7,14 jedinica, dok je pH vodenog ekstrakta po ISO 3071 [23] iznosio 8,16.

2.2. Apretura tkanine

Tiskarska pasta za direktan tisak tekstila reaktivnim bojilima sadrži osim bojila, ugušćivač, alkaliju,

hidrotropno sredstvo i ostala pomoćna sredstva potrebna, za tisak i vezivanje bojila na celulozno vlakno. Zbog visoke viskoznosti klasičnih tiskarskih pasta, nemoguće ih je nanositi upotrebom printera s tehnologijom tiska mlazom tinte (ink-jet) jer bi došlo do trenutnog začepljenja mlaznica glava printera. Tako se kemikalije i tiskarska pomoćna sredstva u vodenoj otopini nanese na celuloznu tkaninu apretiranjem, nakon čega slijedi digitalni tisak reaktivnim bojilima.

Pamučna tkanina bila je apretirana vodenom otopinom alginatnog ugušćivača srednje viskoznosti, sode, uree i oksidacijskog sredstva. Impregniranje tkanine otopinom bilo je izvedeno na laboratorijskom fularu s efektom cijedenja 80%, nakon čega je slijedilo sušenje na zraku u sobnoj temperaturi. Sastav apretiranih kupelji prikazan je u tab.1, dok su uvjeti apretiranja dani u tab.2.

Tab.1 Sustav kupelji za impregniranje pamučne tkanine

| Oznaka tkanine | Koncentracija ugušćivača (g/L) | Koncentracija uree (g/L) | Koncentracija sode (g/L) | Koncentracija oksid. sredstva (g/L) |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| A1 | 0 | 0 | 30 | 10 |
| A2 | 0 | 100 | 30 | 10 |
| A3 | 0 | 150 | 30 | 10 |
| A4 | 0 | 200 | 30 | 10 |
| B1 | 100 | 0 | 30 | 10 |
| B2 | 100 | 100 | 30 | 10 |
| B3 | 100 | 150 | 30 | 10 |
| B4 | 100 | 200 | 30 | 10 |

Tab.2 Faze i uvjeti fiksiranja reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24 digitalno tiskanih uzoraka

| Faza | Uvjeti | |
|-----------------|--|--|
| | Konvencionalno fiksiranje | Mikrovalno fiksiranje |
| Impregniranje | Laboratorijski fular Mathis HVF (Švicarska) Pritisak: $1,5 \cdot 10^5$ Pa Brzina: 3 m/min Efekt cijedenja: 80% | |
| Sušenje | Laboratorijski sušionik Mathis DHE (Švicarska) Vrući zrak, 2 min na 60°C | |
| Tisak | Ink-jet printer 1500 TX Encad (SAD) Tehnologija tiska: DOD impulsni toplinski način nastajanja mlaza kapljica Rezolucija: 300 dpi Smjer tiska: dvosmjerni Kvaliteta tiska: način Textile Programska oprema: TextPrint V9.1 RIP Sophis (Švic.) | |
| Sušenje | Laboratorijski sušionik Mathis DHE Vrući zrak, 2 min na 100°C | |
| Fiksiranje | Laboratorijski sušionik Mathis DHE zasićena para, 8 min na 102°C ili vrući zrak, 4 min na 140°C | Optiquick CK3 Moulinex (Francuska) Snaga: 850 W Frekvencija: 2 450 MHz ili Prototipna mikrovalna naprava Mikrowellen Trockner (Njemačka) Snaga: 4,5 – 6,0 kW Brzina trans. trake: 0,28 m/min Frekvencija: 2 450 MHz |
| Naknadna obrada | Hladno ispiranje Vruće ispiranje Sapunanje: 15 min na 90°C , KO 1:50, 2 g/L Hladno ispiranje | |

2.3. Reaktivno bojilo za digitalni tisak tkanina

Upotrijebljeno je crveno reaktivno bojilo C. I. Reactive Red 24 proizvođača CHT Bezema (Švicarska), koje je namijenjeno za tisak na celuloznim vlaknima. Bojilo C. I. Reactive Red 24 je monofunkcionalno bojilo sa monoklortriazinskom reaktivnom skupinom, koja u alkalnom mediju po načelu nukleofilne supstitucije reagira s $-\text{OH}$ skupinama celuloze, te tako postiže kemijsku kovalentnu vezu. Bojilo C. I. Reactive Red 24 nanese tiskom može biti fiksirano zasićenom parom, pregrijanom vodenom parom, kao i vrućim zrakom [24].

C. I. Reactive Red 24 bojilo za tisak digitalnim printerom bilo je pripremljeno kao otopina sa 63% vode, 15% bojila, 20% propilenglikola i 2% pomoćnih tvari za podešavanje pH vrijednosti, površinske napetosti, viskoznosti i sredstva koje sprječava nastajanje i rast mikroorganizama u vodenim otopinama.

Važnije fizikalne karakteristike upotrijebljene vodene otopine C. I.

Tab.3 Karakteristike različitih kvaliteta tiska mlazom tinte (ink-jet) printerom 1500 TX Encad

| Način | Broj prolaza | Smjer tiskanja | Nanos bojila (mL/m ²) | Brzina tiska (min/m ²) |
|----------|--------------|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Textile | 6 | Jednosmjerno | 11,5 | 21 |
| Enhanced | 6 | Jednosmjerno | 6,5 | 34 |
| Quality | 6 | Dvosmjerno | 6,5 | 21 |
| Normal | 4 | Dvosmjerno | 6,5 | 13 |
| Draft | 3 | Dvosmjerno | 6,0 | 9 |

Reactive Red 24 bojila za digitalni tisak bile su: pH 7,52, električna vodljivost 9,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$, viskoznost 28,65 mPas (kod 62,1 s⁻¹ i 25±0,5 °C), površinska napetost 26,33 mN/m (25±2 °C), te maksimalna apsorpcija kod 530 nm.

Uzorci tiska C. I. Reactive Red 24 bojilom na impregniranoj tkanini nakon sušenja na zraku su fiksirani zasićenom parom ili vrućim zrakom u laboratorijskom parioniku. Nakon faze fiksiranja slijedilo je hladno i vruće ispiranje, sapunanje i hladno pranje, čime su bila odstranjena sva pomoćna sredstva kao i ostaci bojila, koja se nisu vezala za celulozno vlakno.

2.4. Digitalni tisak

Za postupak tiska impregniranih tkanina upotrijebljen je digitalni printer 1500 TX Encad, koji pripada skupini DOD printera s toplinskom (bubble-jet) tehnologijom tvorbe niza kapljica. Takvi su se printeri najčešće upotrebljavali početkom ovog stoljeća zbog relativno niske nabavne cijene, dosta velike brzine tiska i visoke kakvoće tiska u boji. Ink-jet printeri 1500 TX Encad su namijenjeni tiskanju pojedinačnih dijelova tekstita kao i tiskanju kolekcija i dezena na malim metražama.

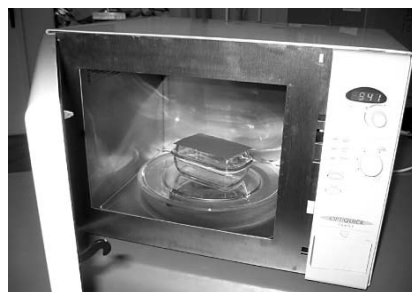
Digitalni printer 1500 TX Encad omogućuje pet različitih kvaliteta tiska, tab.3. Tisak na način Draft je najbrži (9 min/m²), ali je slabije kakvoće, dok je tisak na način Enhanced nešto sporiji (34 min/m²), ali zato znatno bolje kakvoće. Može se zaključiti da se brzina tiska smanjuje od načina Draft do načina Enhanced, dok kakvoća tiska istovremeno

menom raste. Budući da je digitalni printer 1500 TX Encad razvijen prije svega za tisak tekstita, dodan mu je još jedan način tiska, tzv. Textile. Primjenom Textile načina tiska količina nanesenog bojila je veća i iznosi 11,5 mL/m², čime se postižu otisci povećane jakosti boje.

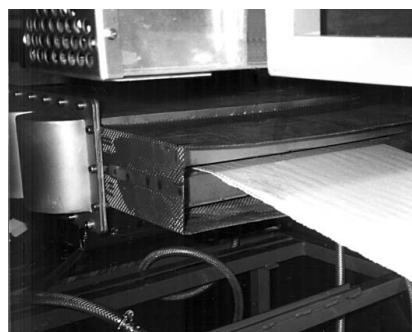
Uvjeti tiska pamučnih tkanina prikazani su u tab.2.

2.5. Mikrovalno fiksiranje

Nakon postupka impregniranja pamučne tkanine i digitalnog tiska slijedilo je fiksiranje u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex (F) uz konstantnu snagu 850 W i s različitim vremenom fiksiranja, sl.1. Glavni dijelovi mikrovalne



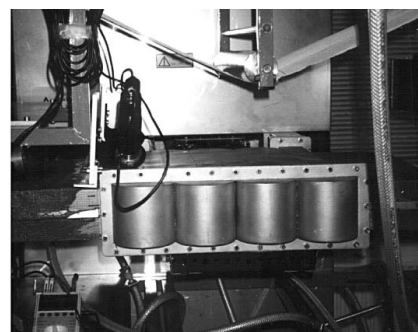
Sl.1 Mikrovalna pećnica Optiquick CK3 Moulinex



Sl.2 Prototipna laboratorijska mikrovalna naprava za fiksiranje bojila otisnutih uzoraka

pećnice su: magnetron, valovod te prostor za zagrijavanje. U magnetronu, koji se sastoji od cilindrične katode oko koje je smještena cilindrična anoda sa šupljinama koje predstavljaju rezonatore, nastaje mikrovalno zračenje snage oko 1 kW koje se prenosi valovodom i usmjerava kroz šupljine u rezonantnu kutiju paralelopipednog oblika tj. prostor za zagrijavanje [25]. Tu se mikrovalovi odbijaju od glatkih, metalnih stijena, padaju na uzorak koji ih apsorbira i pretvara u toplinsku energiju. Da bi prostor za zagrijavanje funkcionirao kao rezonator u kojem nastaju stojni valovi, njegove dimenzije moraju biti usklađene s frekvencijom valova [26]. Mikrovalnom zračenju u mikrovalnoj pećnici bio je najprije izložen neobrađeni, i kasnije impregnirani supstrat, nakon čega je slijedilo fiksiranje digitalno tiskanog C. I. Reactive Red 24 bojila na pamučnoj tkanini.

Uzorci tkanine tiskani bojilom C. I. Reactive Red 24 mlazom tinte fiksirani su s mikrovalnom prototipnom napravom Mikrowellen Trockener (D), sastavljenom od mikrovalnog generatora snage zračenja od 4,4 do 6,0 kW, valovodom, transportnom trakom za dovođenje otisnutih uzoraka, sustavom vodenog hlađenja generatora i sustavom zaštite korisnika od mikrovalnog zračenja, sl.2. Na dva magnetrona priključeni su valovodi kvadratnog presjeka, koji prenose elektromagnetske valove te ih prisiljavaju da se rasporede uzduž njihove osi, reflektirajući se od stijene do stijene [27].



Tehnička izvedba valovoda sastoji se od ravnih dijelova i koljena valovoda. Na bočnim stijenama ravnih dijelova valovoda nalaze se otvori za dovod uzoraka koji se izlože homogenoj raspodjeli mikrovalne energije. Da bi se spriječila oštećenja megnetrona zbog refleksije neapsorbirane mikrovalne energije, na kraju valovoda nalaze se zaključni otpori (tekuća voda) koji apsorbiraju ostatak energije.

Frekvencija mikrovalova kako u mikrovalnoj pećnici Moulinex, tako i kod prototipne laboratorijske naprave bila je 2 450 MHz. Uvjeti mikrovalnog fiksiranja su navedeni u tab.2.

2.6. Metode ispitivanja

Postojanost obojenja fiksiranih otisaka na pranje na 60 °C ispitano je prema normi EN 20105-C03 [28], dok je postojanost obojenja na trenje u suhom i mokrom stanju ispitano u skladu sa SIST ISO 105-X12 [29].

Za specificiranje karakteristika obojenih supstrata, njegovih impregnacija i fiksiranih digitalno tiskanih uzoraka crvenog bojila, upotrijebljen je spektrofotometar Spectra-Flash SF 600 Plus Datacolor (Švicarska), čiji su sastavni dijelovi: ksenonska žarulja, refleksijsko-difuzijska jedinica (Ulbrichtova kugla), konkavna holografska mrežica i detektor s 32 fotodiode. Mjerenja refleksije izvedena su u području valnih dužina od 400 do 700 nm, s mjernim otvorom promjera 12 mm, geometrijom mjerenja d/8 i uključanim sjajem. Na temelju izmjerenih vrijednosti refleksije s programskom opremom Datamaster V 2.0 Datacolor izračunate su L^*_{ab} , C^*_{ab} , h_{ab} CIE i K/S vrijednosti za D65/10. Uz pomoć Microsoft Excel programa i u skladu s preporukama i uputstvima CIE i ASTM izračunate su vrijednosti stupnja bjeline WI_{CIE} i stupnja požućenja YI_{E313} ASTM [30].

Vrijednosti dubine tona obojenja tj. K/S vrijednosti izračunate su na osnovi jednadžbe (1),

$$K/S = ((1 - \beta_\lambda)^2 / 2\beta_\lambda) - ((1 - \beta_{sr})^2 / 2\beta_{sr}) \quad (1)$$

gdje je K apsorpcijska konstanta, S konstanta rasipanja svjetlosti, β_λ remisija otiska kod valne duljine λ i β_{sr} remisija netiskane pamučne tkanine kod valne duljine λ .

Ocjenjivanje stupnja bjeline WI_{CIE} izvedeno je na temelju spektrofotometrijskih mjerenja remisije i izračuna prema jednadžbi (2),

$$WI_{CIE} = Y + 800 (x_0 - x) + 1700 (y_0 - y) \quad (2)$$

gdje je WI_{CIE} stupanj bjeline CIE, Y standardna vrijednost boje CIE, x_0 , y_0 koordinate akromatične točke svjetlosti D65 CIE i spektralne osjetljivosti oka CIE mjereno pod kutom od 10° ($x_0=0.3138$, $y_0=0.3310$), i x , y standardni udjeli boje CIE.

Stupnjevi požućenja YI_{E313} ocijenjeni su prema ASTM E313 pomoću jednadžbe (3),

$$YI_{E313} = 100 (1 - ((0,847 Z) / Y)) \quad (3)$$

gdje je YI_{E313} stupanj požućenja ASTM E313 i Z , Y standardne vrijednosti boje CIE.

Udio fiksiranoga bojila D (%) na tkanini određen je na osnovu mjerenja K/S vrijednosti otisaka i izračuna jakosti boje.

Jakosti boje uzoraka izračunate su prema jednadžbi (4) [31, 32],

$$f_k = \sum_{\lambda=400}^{\lambda=700} (K/S)_\lambda (\bar{x}_{10,\lambda} + \bar{y}_{10,\lambda} + \bar{z}_{10,\lambda}) \quad (4)$$

gdje je f_k faktor jakosti boje, K/S Kubelka-Munk vrijednost, \bar{x} , \bar{y} i \bar{z} spektralna osjetljivost oka CIE pod kutom od 10°. Slijedio je izračun prema jednadžbi (5),

$$D = (f_2 / f_1) 100 \quad (5)$$

gdje je D udio fiksiranog bojila, f_2 faktor jakosti boje otiska nakon pranja, f_1 faktor jakosti boje prije pranja.

3. Rezultati i rasprava

Ispitana je efikasnost mikrovalnog fiksiranja reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24, nanesenog na pamučnu tkaninu tehnologijom digitalnog tiska. Pamučne tkanine su bile impregnirane otopinom ugušćivača, alkalije, uree i oksidacijskog sredstva. Nakon impregniranja slijedilo je sušenje, tisak digitalnim printerom, fiksiranje i pranje.

3.1. Karakteristike klasično fiksiranih digitalnih otisaka

Nakon pripreme vodenih kupelji s različitim koncentracijama uree i alginatnog ugušćivača, slijedilo je impregniranje, digitalni tisak C. I. Reactive Red 24 bojila, fiksiranje zasićenom parom ili vrućim zrakom i ocjenjivanje učinka. Rezultati su prikazani u tab.4.

Iz rezultata fiksiranja reaktivnog bojila zasićenom parom, tab.4 evidentno je da sa porastom količine uree u kupelji s kojom je bila tkanina impregnirana, raste zasićenost C^*_{ab} , te dolazi do promjena boje, odnosno vrijednosti h_{ab} . Najviše vrijednosti boje imaju uzorci s oznakama A3 ($C^*_{ab}=64,05$, $h_{ab}=20,76$, $K/S_{530}=26,79$, 150 g/L uree) i B3 ($C^*_{ab}=64,03$, $h^*_{ab}=16,73$, $K/S_{530}=25,46$, 100 g/L ugušćivača i 50 g/L uree). Iznenađuje činjenica da otisci serije uzoraka B, koji su fiksirani zasićenom parom, imaju niže vrijednosti udjela fiksiranog bojila nego uzorci A, što se pripisuje alginatnom ugušćivaču koji je očito zapreka difundiranju reaktivnog bojila iz površine pamučne tkanine u njenu unutrašnjost i niskoj reaktivnosti monoklortriazinskog bojila. Najviši stupanj fiksiranja zasićenom parom otisaka C. I. Reactive Red 24 dostignut je kod uzoraka A3 (81,23%) i B3 (85,14%).

Najveće vrijednosti zasićenosti, dubine tonova obojenja tiskanih uzoraka i količine fiksiranih bojila C. I. Reactive Red 24 (tab.4) su kod termofiksiranih uzoraka A4 i B4,

Tab.4 Karakteristike digitalnog tiska reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24 različitih postupaka fiksiranja (102 / 8 – fiksiranje zasićenom parom, 140 / 4 – termofiksiranje)

| Fiksiranje (°C/min) | Uzorak | L^*_{ab} | C^*_{ab} | h_{ab} | K/S_{530} | D (%) | Postojanost obojenja | |
|---------------------|--------|------------|------------|----------|-------------|---------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | Pranje 60 °C | Trenje/mokro |
| 102 / 8 | A1 | 40,61 | 60,56 | 15,54 | 18,24 | 77,99 | 4 | 4-5 |
| | A2 | 38,99 | 61,78 | 17,94 | 22,82 | 72,98 | 4-5 | 4-5 |
| | A3 | 38,35 | 64,05 | 20,76 | 26,79 | 81,23 | 4-5 | 5 |
| | A4 | 39,79 | 63,32 | 17,36 | 24,01 | 67,69 | 4-5 | 4 |
| 102 / 8 | B1 | 46,93 | 62,01 | 10,72 | 11,74 | 48,57 | 3 | 3 |
| | B2 | 39,97 | 62,38 | 15,82 | 22,48 | 66,68 | 4-5 | 4 |
| | B3 | 39,88 | 64,03 | 16,73 | 25,46 | 85,14 | 4-5 | 5 |
| | B4 | 40,85 | 63,98 | 14,69 | 24,92 | 62,35 | 4-5 | 4 |
| 140 / 4 | A1 | 51,27 | 58,33 | 4,65 | 7,58 | 28,41 | 2 | 2 |
| | A2 | 39,61 | 61,32 | 17,09 | 22,38 | 68,07 | 3-4 | 4 |
| | A3 | 37,94 | 62,26 | 19,53 | 26,18 | 77,02 | 4 | 4-5 |
| | A4 | 37,54 | 61,60 | 20,59 | 26,63 | 79,40 | 4 | 4-5 |
| 140 / 4 | B1 | 50,76 | 59,29 | 6,94 | 8,00 | 31,98 | 3 | 3 |
| | B2 | 39,23 | 61,27 | 16,60 | 22,71 | 69,16 | 4-5 | 4 |
| | B3 | 38,63 | 62,54 | 18,32 | 25,46 | 69,69 | 4-5 | 4-5 |
| | B4 | 37,49 | 62,66 | 19,67 | 28,59 | 83,94 | 5 | 5 |

gdje je sadržaj uree u impregnirnim kupeljima bio najviši (200 g/L). Stupanj fiksiranja bojila kod uzorka A4 dostiže 79,40%, a kod uzorka B4 83,94%.

Najviše postojanosti obojenja tiskanih uzoraka na pranje i trenje u mokrom imali su uzorci fiksirani zasićenom parom A3 i B3, dok se među termofiksiranim uzorcima ističu uzorci A4 i B4.

3.2. Utjecaj mikrovalova na karakteristike pamučne tkanine

Neobrađene i impregnirane tkanine serije A i B bile su u klimatiziranom prostoru na 20 °C i 65% relativnoj vlazi 24 h, nakon čega je slijedilo gravimetrijsko određivanje upijene vlage, zagrijavanje u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex snage 850 W tijekom 2, 3 i 4 min.

Promjena stupnja bjeline i stupnja požućenja u ovisnosti o vremenu djelovanja mikrovalova snage 850 W prikazana je u tab.5 i 6. Valja napomenuti da vremena fiksiranja predstavljaju ukupna vremena u kojem je generator proizvodio mikrovalove. Na sl.3 je prikazan gubitak mase uzoraka koji su bili izloženi mikrovalovima snage 850 W u mikrovalnoj pećnici.

Mjerenja masa uzoraka pokazala su da uzorci kroz 24 h u klimatizira-

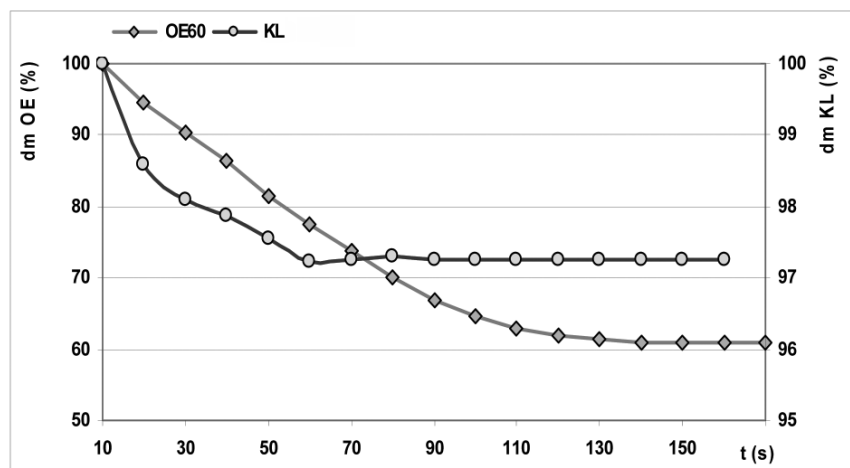
Tab.5 Karakteristike neimpregniranih tkanina (SUB) koje su bile izložene utjecaju mikrovalova snage 850 W u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex

| Uzorak | Vrijeme fiksiranja (s) | L^*_{ab} | C^*_{ab} | h_{ab} | WI_{CIE} | YI_{E313} |
|--------|------------------------|------------|------------|----------|------------|-------------|
| SUB | 0 | 92,85 | 0,41 | 303,28 | 83,10 | 7,14 |
| | 90 | 92,68 | 0,38 | 288,64 | 82,69 | 7,03 |
| | 135 | 93,54 | 0,32 | 49,70 | 84,66 | 8,20 |
| | 180 | 93,14 | 0,20 | 306,99 | 83,74 | 7,40 |

nim uvjetima upijaju 4,67% vlage, uzorci serije A od 6,36 do 6,85% i uzorci serije B od 5,01 do 7,96% vlage.

Utvrđeno je da izlaganje pamučne tkanine mikrovalovima snage 850 W kroz dulje vrijeme ne uzrokuje

bitne promjene stupnja bjeline WI_{CIE} (tab.5), čije vrijednosti zauzimaju interval između 82,69 i 84,66, što važi i za stupanj požućenja YI_{E313} . Niti vizualna ocjena nije potvrdila promjene bjeline i požućenja, što bi ukazivalo na pojave degradacije



Sl.3 Promjena mase (dm) klimatiziranog supstrata (KL) i supstrata nakvašenog vodom (OE60) pod utjecajem mikrovalova snage 850 W u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex

Tab.6 Karakteristike impregniranih tkanina (slijepe probe) koje su bile izložene utjecaju mikrovalova snage 850 W u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex

| Uzorak | Vrijeme fiksiranja (s) | L^*_{ab} | C^*_{ab} | h_{ab} | WI_{CIE} | YI_{E313} |
|--------|------------------------|------------|------------|----------|------------|-------------|
| A1 | 0 | 92,19 | 3,41 | 91,28 | 56,60 | 13,66 |
| | 90 | 91,99 | 3,76 | 91,27 | 56,15 | 14,29 |
| | 135 | 92,59 | 3,18 | 95,17 | 57,50 | 13,05 |
| | 180 | 92,04 | 3,63 | 90,27 | 56,25 | 14,10 |
| A2 | 0 | 92,79 | 2,61 | 90,79 | 57,95 | 12,26 |
| | 90 | 91,75 | 3,27 | 90,79 | 55,61 | 13,46 |
| | 135 | 92,39 | 3,04 | 91,28 | 57,03 | 13,00 |
| | 180 | 92,53 | 3,72 | 91,98 | 57,35 | 14,15 |
| A3 | 0 | 92,56 | 1,92 | 94,09 | 56,96 | 10,95 |
| | 90 | 93,07 | 2,62 | 93,42 | 58,59 | 12,17 |
| | 135 | 92,30 | 2,65 | 93,27 | 56,85 | 12,26 |
| | 180 | 92,28 | 2,83 | 96,51 | 56,78 | 12,41 |
| A4 | 0 | 92,95 | 1,79 | 98,06 | 56,82 | 10,58 |
| | 90 | 93,40 | 2,23 | 85,12 | 59,34 | 11,71 |
| | 135 | 93,50 | 3,13 | 98,47 | 59,57 | 12,76 |
| | 180 | 93,45 | 3,34 | 96,43 | 59,45 | 13,20 |
| B1 | 0 | 92,42 | 3,35 | 95,54 | 57,12 | 13,32 |
| | 90 | 93,15 | 3,22 | 100,45 | 58,78 | 12,79 |
| | 135 | 92,64 | 3,42 | 98,44 | 57,61 | 13,27 |
| | 180 | 92,81 | 2,99 | 100,00 | 57,98 | 12,47 |
| B2 | 0 | 93,36 | 1,98 | 101,29 | 57,80 | 10,76 |
| | 90 | 92,65 | 3,08 | 97,57 | 57,63 | 12,74 |
| | 135 | 93,04 | 3,11 | 100,95 | 58,53 | 12,60 |
| | 180 | 92,36 | 3,09 | 101,21 | 56,98 | 12,56 |
| B3 | 0 | 93,23 | 2,07 | 102,43 | 58,95 | 10,88 |
| | 90 | 93,43 | 2,92 | 98,88 | 59,41 | 12,39 |
| | 135 | 93,15 | 2,82 | 100,80 | 58,76 | 12,13 |
| | 180 | 92,99 | 3,52 | 101,77 | 58,41 | 13,17 |
| B4 | 0 | 93,28 | 2,11 | 102,39 | 59,06 | 10,95 |
| | 90 | 93,16 | 3,70 | 99,72 | 58,80 | 13,60 |
| | 135 | 93,44 | 3,43 | 99,88 | 59,44 | 13,14 |
| | 180 | 93,03 | 4,15 | 98,92 | 58,49 | 14,38 |

vlakana kao posljedice djelovanja topline ili mikrovalnog zračenja. Isto otkriće se potvrdilo i kod zračenja supstrata u prototipnoj mikrovalnoj napravi.

Na temelju rezultata prikazanih u tab.6 može se zaključiti da impregnacije utječu na smanjenje stupnja bjeline WI_{CIE} u prosjeku za 27 jedinica serije A, i da se neznatno mijenjaju prilikom izlaganja mikrovalovima. Mikrovalno djelovanje utječe na promjenu stupnja požućenja YI_{E313} , koji raste s rastućom koncentracijom uree. Tako mikrovalna obrada utječe na porast stupnja požućenja kod uzorka A1 za 0,44 jedinice, kod uzorka A2 za 1,89 jedinica, kod uzorka A3 za 1,46 jedinica i kod uzorka A4 za 2,62 jedinice.

Slična otkrića mogu se utvrditi kod analize rezultata utjecaja mikrovalova na karakteristike obojenja tiskanih uzoraka impregniranih tkanina serije B, tab.6. Mikrovalovi snage 850 W ne utječu na promjenu stupnja bjeline, dok se stupanj požućenja zamjetno promijeni i iznosi za uzorak B1 0,86 jedinica, za uzorak B2 1,8 jedinica, za uzorak B3 2,29 jedinica i za uzorak B4 3,43 jedinice. Veći porast stupnja požućenja kod uzoraka serije B moglo bi se pripisati ugušćivaču, koji okružuje vlakno s tankim polimernim filmom te jakim apsorpcijskim sposobnostima uree. Činjenica je da porast količine uree u impregnaciji tkanina serije B uzrokuje i porast količine apsorbirane

vode, što uzrokuje i veću količinu nastale topline prilikom djelovanja mikrovalova na polarne molekule vode u vlaknu.

Iz sl.3 može se zaključiti da zagrijavanje kondicionirane pamučne tkanine s mikrovalovima snage 850 W uzrokuje zagrijavanje i ishlapljivanje upijene vlage za 60 s, dok sva voda u uzorku koji je bio nakvašen vodom (60% OE) ispari u 130 s.

3.3. Karakteristike digitalnog tiska mikrovalno fiksiranog reaktivnog bojila

Prva ispitivanja fiksiranja reaktivnog bojila na digitalno tiskanim uzorcima provedena su u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex. S obzirom na činjenicu da je bila upotrijebljena mikrovalna pećnica za kućanstvo, u njoj je bila staklena posuda napunjena vodom i pokrivena staklenom pločom jer bi u suprotnom slučaju moglo doći do kvara generatora mikrovalova. Prije provođenja svakog mikrovalnog fiksiranja staklena posuda se napunila sa 150 mL hladne vode. Zbog poznate nehomogene raspodjele jakosti mikrovalnog polja u pećnici, svi uzorci su se mikrovalno obrađivali na istoj poziciji prostora za zagrijavanje, koja je određena na osnovi metode opisane u [8, 33]. Nakon tiskanja pamučne tkanine odmah je uslijedilo mikrovalno fiksiranje kako bi uzorak izgubio što manju količinu vlage.

Karakteristike obojenja tiskanih uzoraka, udio fiksiranog bojila, postojanost obojenja na pranje na 60 °C i postojanosti obojenja na trenje u mokrom u smjeru osnove mikrovalno fiksiranih otisaka sa snagom 850 W prikazani su u tab.7. Prikazana su samo ona vremena fiksiranja kada je generator mikrovalova radio. Promjene postojanosti obojenja tiskanih uzoraka na trenje u mokrom u smjeru potke, prikazane su uz promjene obojenja ispitivane po osnovi. Vrijednosti dubine obojenja fiksiranih uzoraka A1 (tab.7) su niske, što važi kako za udio fiksiranog

Tab.7 Karakteristike uzoraka digitalnog tiska reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24 fiksiranih mikrovalovima snage 850 W u mikrovalnoj pećnici Optiquick CK3 Moulinex

| Uzorak | Vrijeme fiksiranja (s) | L^*_{ab} | C^*_{ab} | h_{ab} | K/S_{530} | D (%) | Postojanost obojenja | |
|--------|------------------------|------------|------------|----------|-------------|---------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | Pranje 60 °C | Trenje/mokro |
| A1 | 90 | 68,62 | 42,89 | 350,77 | 1,35 | 7,96 | 2 | 2 |
| | 135 | 66,34 | 44,16 | 351,59 | 1,59 | 9,75 | 2 | 2 |
| | 180 | 62,75 | 50,52 | 354,97 | 2,46 | 14,62 | 2 | 2-3 |
| A2 | 90 | 57,22 | 55,13 | 0,25 | 4,18 | 25,25 | 2 | 2-3 |
| | 135 | 54,07 | 55,58 | 1,08 | 5,31 | 32,49 | 2-3 | 2-3 |
| | 180 | 49,45 | 58,73 | 5,62 | 8,73 | 51,93 | 3-4 | 3-4 |
| A3 | 90 | 52,38 | 57,76 | 3,35 | 6,56 | 39,28 | 3 | 3 |
| | 135 | 52,39 | 57,60 | 3,26 | 6,63 | 39,14 | 3 | 3 |
| | 180 | 49,74 | 62,25 | 5,54 | 10,13 | 57,72 | 4 | 4 |
| A4 | 90 | 50,81 | 58,38 | 5,08 | 7,62 | 45,94 | 3-4 | 3 |
| | 135 | 50,11 | 59,60 | 5,79 | 8,57 | 50,79 | 3-4 | 3 |
| | 180 | 50,75 | 57,93 | 4,64 | 7,65 | 45,54 | 3-4 | 3 |
| B1 | 90 | 65,88 | 46,04 | 354,76 | 1,75 | 10,72 | 2-3 | 2 |
| | 135 | 66,67 | 45,78 | 353,72 | 1,64 | 9,94 | 2 | 2 |
| | 180 | 64,16 | 48,06 | 355,13 | 2,09 | 12,64 | 2 | 2 |
| B2 | 90 | 55,63 | 56,50 | 1,53 | 4,84 | 29,60 | 2-3 | 2 |
| | 135 | 53,44 | 58,47 | 3,16 | 6,27 | 37,00 | 2-3 | 2-3 |
| | 180 | 53,12 | 57,92 | 3,21 | 6,33 | 37,68 | 3 | 2-3 |
| B3 | 90 | 52,47 | 61,63 | 6,22 | 8,29 | 46,71 | 3 | 3 |
| | 135 | 51,37 | 61,31 | 5,25 | 8,77 | 49,87 | 3-4 | 3-4 |
| | 180 | 51,87 | 61,16 | 5,53 | 8,27 | 47,69 | 3-4 | 3 |
| B4 | 90 | 52,98 | 59,16 | 2,90 | 6,67 | 39,49 | 3 | 3 |
| | 135 | 50,27 | 61,51 | 5,54 | 8,52 | 48,53 | 3-4 | 3-4 |
| | 180 | 51,09 | 58,69 | 3,55 | 7,45 | 44,83 | 3-4 | 3 |

bojila tako i za postojanost na pranje i trenje. S povećanjem koncentracije uree u kupelji za impregniranje i produljenjem vremena fiksiranja raste i K/S vrijednosti, udio fiksiranog bojila, kao i razine postojanosti. Najviše vrijednosti ima uzorak A3 (100 g/L), koji je bio mikrovalno fiksiran sa 850 W 180 s, nakon čega slijedi uzorak s oznakom A4 (150 g/L), fiksiran 135 s.

Sličan utjecaj povećavanja koncentracije uree i vremena fiksiranja na trend rasta K/S vrijednosti te stupnja fiksiranja zapaža se i kod mikrovalno fiksiranih uzoraka serije B (tab.7), iako njihove vrijednosti zaostaju za vrijednostima uzoraka serije A. Relativno niske stupnjeve udjela fiksiranih bojila i kao posljedica toga također niske stupnjeve postojanosti može se pripisati djelovanju

i konstrukciji mikrovalnog generatora pećnice. Naime, generator pri punoj nazivnoj snazi nije djelovao neprestano, nego u vremenskim intervalima od 20 s, što je nedvojbeno utjecalo na dozu i homogenost djelovanja mikrovalnog polja na pamučnu tkaninu. Na osnovi analize rezultata fiksiranja s mikrovalovima snage 850 W izvedeno je još i fiksiranje na pro-

Tab.8 Karakteristike uzoraka digitalno tiskanog reaktivnog bojila C. I. Reactive Red 24 fiksiranih prototipnom mikrovalnom napravom Mikrowellen Trockner brzinom fiksiranja 0,28 m/min

| Uzorak | Fiksiranje (min) | L^*_{ab} | C^*_{ab} | h_{ab} | K/S_{530} | D (%) | Postojanost obojenja | |
|--------|------------------|------------|------------|----------|-------------|---------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | Pranje 60 °C | Trenje/mokro |
| A1 | 4,5 | 46,16 | 60,24 | 10,17 | 14,04 | 49,53 | 2-3 | 2 |
| | 5,0 | 44,65 | 61,85 | 10,40 | 15,95 | 56,32 | 3 | 2-3 |
| | 6,0 | 43,88 | 62,68 | 11,58 | 17,90 | 62,26 | 3 | 3 |
| A2 | 4,5 | 45,37 | 61,60 | 9,40 | 14,88 | 52,49 | 3 | 2-3 |
| | 5,0 | 44,90 | 61,70 | 10,25 | 15,35 | 54,55 | 3 | 2-3 |
| | 6,0 | 41,47 | 63,34 | 15,42 | 22,00 | 79,34 | 4 | 4 |
| A3 | 4,5 | 41,54 | 63,04 | 14,86 | 21,28 | 75,69 | 3-4 | 4 |
| | 5,0 | 40,01 | 61,11 | 14,98 | 22,03 | 80,39 | 4 | 4-5 |
| | 6,0 | 39,14 | 59,89 | 14,68 | 22,87 | 83,36 | 4-5 | 5 |
| A4 | 4,5 | 41,90 | 62,99 | 13,93 | 21,14 | 73,49 | 3-4 | 4 |
| | 5,0 | 39,96 | 59,34 | 12,55 | 21,43 | 75,83 | 4 | 4 |
| | 6,0 | 39,67 | 60,35 | 13,91 | 23,07 | 81,46 | 4-5 | 5 |

totipnoj mikrovalnoj laboratorijskoj napravi, s ravninskim gibanjem mikrovalova u valovodima, te homogenoj raspodjeli intenziteta energije duž cijele širine uzoraka. Neposredno nakon digitalnog tiska slijedilo je mikrovalno fiksiranje s 4,5, 5 ili 6 kW uz konstantnu brzinu dovodnog traka koja je iznosila 0,28 m/min. Najbolja svojstva pokazali su mikrovalno fiksirani uzorci serije A. Na osnovi prikazanih rezultata u tab.8 može se ponovno zaključiti da povećanje koncentracije uree i jakosti mikrovalova povoljno utječe na karakteristike uzoraka digitalno tiskanog reaktivnog bojila C.I. Reactive Red 24. Uzorak A3 (100 g/L uree), fiksiran s mikrovalovima snage 6 kW, tako je postigao najvišu K/S vrijednost (22,87), udio fiksiranja (83,36) kao i postojanosti obojenja na pranje (4-5) i trenje u mokrom (5). Očito je da je nanese-no bojilo brzo difundiralo u unutrašnjost vlakna natopljenog s ureom i alkalijom, gdje je pod utjecajem mikrovalova došlo do uspješnog kovalentnog vezivanja na celulozno vlakno.

Mikrovalno fiksiranje uzoraka serije B se nije pokazalo najuspješnijim s prototipnom laboratorijskom napravom, što se može pripisati otežanom difundiranju bojila s površine vlakna kroz sloj alginatnog ugušćivača u amorfnu područja celuloznog vlakna.

4. Zaključak

Rezultati izvedenog istraživanja upućuju na zaključak da je upotreba mikrovalne tehnologije za fiksiranje reaktivnog C. I. Reactive Red 24 bojila tijekom digitalnog tiska efikasna. Kakvoća mikrovalno fiksiranih uzoraka na pamučnoj tkanini je po svojim karakteristikama boje obojenja, kao i s obzirom na stupanj fiksiranog bojila i postojanosti obojenja, usporediva s karakteristikama termofiksiranih otisaka i otisaka fiksiranih zasićenom parom.

Ekološka problematika uree ne može se izbjeći ni u slučaju mikrovalnog fiksiranja reaktivnih otisaka. Pokazalo se da mikrovalno fiksiranje impregniranih pamučnih tkanina postiže optimalne rezultate sa sadržajem od 100 g/L do 150 g/L uree. Bilo bi logično dalja istraživanja usmjeriti u djelomičnu ili cjelovitu zamjenu uree s alternativnim kemikalijama (diciandiamid, ciklodekstrin) kao i s uvođenjem postupka dvofaznog fiksiranja ili sustava za vlaženje i nanošenje dodatne vode na otisak neposredno prije fiksiranja [34]. Dakako, bilo bi potrebno istražiti i efikasnost mikrovalnog fiksiranja digitalnih otisaka višefunkcionalnih reaktivnih bojila i razviti on-line tehnološka rješenja mikrovalnog fiksiranja digitalno tiskanog tekstila.

Literatura :

[1] Tyler D.J.: Textile digital printing technologies, Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2005, 20-24
 [2] Miles L.W.C.: Textile printing, Society of Dyers and Colourists, West Yorkshire (1994) 153-172
 [3] Mock G.: Electrotechnology applications in textile manufacturing, <http://www.ntcresearch.org.>, 5.12.2005
 [4] Burkinshaw S.M.: Textile application of dielectric heating, Colourage Annual (1986), 83-86
 [5] Đonlagić D. et al: Fotonika, Univerza v Mariboru, Maribor 1997, 53-57
 [6] Zrinski I., M. Eckert-Maksić: Primjena mikrovalnog zračenja u organskoj sintezi, *Kem. Ind.* **54** (2005.) 11, 469-476
 [7] Haghi A.K.: Application of Microwave Techniques in Textile Chemistry – A Review, *Asian J. Chem.* **17** (2005) 2, 639-654
 [8] Sander A., A. Glasnović: Procjena karakterističnih veličina u procesu sušenja, *Kem. Ind.* **53** (2004.) 3, 109-115
 [9] Soljačić I. i sur.: Osnove oplemenjivanja tekstila, Knjiga I, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1992., 48

[10] Lindtner V.: Tehnologija aperture, I. del, Univerza v Ljubljani; Ljubljana 1971, 251
 [11] Haggag K.: Fixation of Pad-Dyeings Of Cotton Using Microwave Heating, *American Dyestuff Report* **78** (1990) 8, 26-30
 [12] Delany M.: Microwave Heating for Dye Fixation, *JSDC* **89** (1993) 3, 296-297
 [13] Gibson M.: The application of radio frequency heating techniques in woll processing, *Wool Science Review* **45** (1973) 16, 16-27
 [14] Haggag K. et al: Dyeing Polyester With Microwave Heating Using Disperse Fyestuffs, *American Dyestuff Report* **84** (1995) 3, 22-36
 [15] Corsi L. et al: New finishing processes to impart functional properties on textile surfaces, <http://www.fashionnet.org>, 12.12.2005
 [16] Katović D. i sur.: Primjena mikrovalova u procesima oplemenjivanja, *Tekstil* **54** (2005.) 7, 319-325
 [17] Katović D. i sur.: Microwaves in Chemical Finishing of Textiles, <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10745/33869/01613471.pdf>, 20.6.2006
 [18] Bischof Vukušić S. i sur.: Nove ekološke obrade visokog oplemenjivanja tekstilija primjenom mikrovalova, Zbornik radova XVIII. Hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera, HDKI – HKD, Zagreb 2003., 296
 [19] Pourová M., J. Vrba: Microwave Drying of Textile Materials and Optimization of a Resonant Applicator, *Acta Polytechnica* **5** (2006) 46, 3-7
 [20] Smith G.A.: Radio Frequency Methods of Wet Transfer Printing, *Textilveredlung* **12** (1977) 5, 217-220
 [21] Schumacher-Hamedat U. et al: Untersuchungen zur HF-unterstützten Textilausrüstung in konstanter Dampf-atmosphäre, *Melliand Textilbereich* **4** (1996) 243-250
 [22] Hakeim O.A. et al: Greener printing of natural colour using microwave fixation, *Indian Journal of Fibre and Textile Reserach* (2003) 2, 216-220

- [23] ISO 3071:2005. Textiles - Determination of pH of aqueous extract, Geneve, 2005
- [24] Reactive printing, Tehnička dokumentacija, Bezema AG., 2004
- [25] ...: Moulinex microwave oven, <http://www.comlab.ox.ac.uk/>, 29.9.1999
- [26] Voršič J., J. Bratina: Elektrotermija, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Maribor 2000, 119-127
- [27] Smrkić Z.: Mikrovalna elektronika, Školska knjiga, Zagreb 1990., 207-265
- [28] EN 20105-C03:1996. Textiles – Tests for colour fastness – Part C03: Colour fastness to washing: Test 3, Geneve, 1996
- [29] SIST ISO 105-X12:1993. Textiles – Tests for colour fastness – Part X12: Colour fastness to rubbing, Geneve, 1993
- [30] ASTM E313-00:1993. Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinations, 1993
- [31] Baumann W. et al: Determination of relative colour strength and residual colour difference by means of reflectance measurements, *JSDC* **103** (1987) 2, 100-105
- [32] Golob V. i sur.: Bojadisarska svojstva bifunkcionalnih monofluoros-triazinskih reaktivnih bojila, *Tekstil* **47** (1998.) 10, 501-506
- [33] Kraishah M.A.M. et al: Microwave and Air Drying I. Fundamental Considerations and Assumptions for the Simplified Thermal Considerations and Assumptions for the Simplified Thermal Calculations of Volumetric Power Absorption, *Jour. of Food Engi.* **33** (1997) 207-219
- [34] Dawson T.L., C.J. Hawkyard: A new millennium of textile printing, *Review of Progress in Coloration* **30** (2000) 7, 12

SUMMARY

Efficiency of Microwave Fixation of Digital Prints of the Reactive Dyestuff C.I. Reactive Red 24

*B. Neral, S. Šostar Turk, R. Schneider**

The efficiency of microwave fixation of prints of the reactive dye C.I. Reactive 24 applied to a cotton fabric using the digital print technology has been investigated. Cotton fabrics were impregnated with a solution of thickener, alkali, urea and oxidizing agent. After impregnation, drying, printing of the reactive dye by the digital printer, fixation, washing and saponification were carried out. The results of the fixation of prints with saturated steam and hot air were compared with the characteristics of the microwave-fixed prints. The effects of time and microwave power on a change in characteristics of impregnated textile substrates were tested. Based on the results obtained it may be concluded that the characteristics of microwave-fixed prints comparable with the characteristics of digital prints are of reactive dyes fixed by classic methods.

Key words: efficiency of microwave fixation, digital print, reactive dyes

University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering

Institute for Textile Materials and Design

Maribor, Slovenia

**Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung/Institut für Textilchemie und Chemiefasern*

Denkendorf, Deutschland

e-mail: branko.neral@uni-mb.si

Received June 26, 2006

Effizienz der Mikrowellenfixierung der Digitaldrucke mittels des Reaktivfarbstoffs C.I. Reactive Red 24

Die Effizienz der Mikrowellenfixierung von Drucken des Reaktivfarbstoffs C.I. Reactive Red 24 aufgetragen auf einen Baumwollstoff mittels der digitalen Drucktechnik ist untersucht worden. Baumwollstoffe wurden mit einer Lösung aus Verdickungsmittel, Alkali, Harnstoff und Oxidationsmittel imprägniert. Nach der Imprägnierung folgten Trocknen, Druck des Reaktivfarbstoffs mit dem Digitaldrucker, Fixierung, Waschen und Verseifung. Die Ergebnisse der Fixierung von Drucken mit gesättigtem Dampf und Heißluft wurden mit den Merkmalen der mikrowellenfixierten Drucke verglichen. Die Wirkung der Zeit und Mikrowellenkraft auf eine Änderung der Merkmale von imprägnierten Textilsubstraten wurden getestet. Aufgrund der Ergebnisse kann es geschlossen werden, dass die Merkmale von mikrowellenfixierten Drucken mit den Merkmalen der digitalen Reaktivfarbstoffdrucken vergleichbar sind, die durch klassische Methoden fixiert wurden.