

## Digitalni tekstilni tisk

Članek opisuje današnje stanje digitalne tehnologije tekstilnega tiska. Po uvodu, v katerem opiše tržno pogojene vzroke prodora digitalne tehnologije v tekstilne tiskarne, preide na opis digitalnega tiska, od principa delovanja, različnih tehnik brizganja barvila na blago, računalniškega deseniranja, obdelovanja vzorca in koloriranja, kolekcioniranja in industrijske proizvodnje. V posebnem poglavju opiše barvila za digitalni tekstilni tisk, nato pa preide na opis strojne in programske opreme, ki je danes na voljo. Pri tem navede izdelovalce tekstilnih digitalnih tiskalnikov s kratkim tehničnim opisom ter navede nekatere kooperacije, ki ponujajo celotni know-how s tega področja. Članek zaključuje z izglede za bodočnost razvoja in prodora digitalnega tiska v tekstilno industrijo.

**Gljučne besede:** digitalni tiski, brizgalni, elektrostatični tisk, digitalni tiskalnik, raster scan metoda, binarna metoda, impulzni tisk, piezo tehnika, bubble-jet tehnika, barvila za digitalni tisk, dobavitelji digitalnih tiskalnikov

### Digital Textile Printing

*The article presents the actual state of digital textile printing technology. The introduction in which the reasons for introducing this technology into textile printing houses are presented is followed by the description of digital printing, from the principle of operation, various techniques of dyestuff spraying on fabric, computer designing, design processing and coloring, collection making to industrial production. In a special chapter printing dyestuffs – inks are described as well as available hardware and software. The author presents major producers of textile digital printers, gives short technical descriptions of printers and mentions some co-operations that offer a complete know-how in this field. The article concludes with prospects for further development and penetration of digital printing into textile industry.*

**Keywords:** digital, spray, ink-jet printing, digital printers, electrostatic printing, raster scan method, binary method, impulsive printing, piezo technique, bubble-jet technique, printing inks, suppliers of digital printers

UDK 677.027.5

### 1.0 UVOD

Leta 1995 je firma STORK prikazala na svetovni razstavi Itma '95 nov način tiskanja tekstila v digitalni tehniki Jet Printer TCP 4000, ki podobno kot princip Millitron ali Chromjet brizgalnega tiska bivše firme P. Zimmer iz Kufsteina v Avstriji tiska blago brez uporabe šablon, z nanašanjem posameznih barvil s pomočjo brizgalnih šob.<sup>[1]</sup>

Na Itmi '99 v Parizu pa se je pokazalo, da se je nova tehnologija tiska s curkom črnila (ink-jet), ki je bila do sedaj poznana le v papirno-grafični industriji, dokončno in nepovratno ugneznila tudi v tehnologijo tekstilnega tiska. V Parizu so številne znane firme, ki izdelu-

jejo tekstilne tiskarske stroje, kot npr. Stork, Zimmer, Ichinose, Arioli, prikazale svoje konstrukcije digitalnih tiskalnikov (Amethyst, Zircon, Amber, Image Proofer, Chromjet itd.).<sup>[2]</sup>

Jasno je bilo prikazano, da bo digitalni tisk konvencionalnega bistveno dopolnjeval in obogatil. O tem, da ga bo popolnoma izpodrinil, takrat še ni bilo govora, bila pa je slutnja. Če se je digitalna tehnologija že uveljavila v predilnicah in tkalnicah, se je ta tehnologija takrat začela vtihotapljeti tudi na področje tekstilnega tiska. Medtem ko se je pred 15 leti zdel digitalni tisk mogoč izključno za tiskanje papirja in je tisk na blago veljal kot nemogoča naloga, so se z izboljšavo digitalne tehnologije, predvsem pa z razvojem ustrezne pro-

gramske opreme (software), odprle vse možnosti nje-nega prodora tudi na tekstilno področje. K temu so pripomogli proizvajalci strojne opreme, ki razumejo tekstilno tehnologijo, pa tudi izdelovalci ustreznih oblik barvil za digitalni tisk.<sup>[3]</sup>

K temu prodoru je pripomogel oziroma ga je zahteval predvsem položaj na tržišču tiskanega blaga. Modni trendi so s svojimi naraščajočimi zahtevami po ekskluzivnosti desenov in njihovi individualnosti, krajšimi metražami desenov in njihovih barvnih variant ter krajšimi dobavnimi roki privedli do tega, da so se te metraže skrajšale pod 1000 m na barvno varianto<sup>[4]</sup>, mnogokrat pa so znašale komaj več kot 20 m<sup>[5]</sup>. Če upoštevamo, da traja ciklus izdelave potiskanega blaga od izbire desena do vzorčnega tiskanja 17 do 29 dni (4 tedne), skupaj s proizvodnjo pa do 8 tednov<sup>[6]</sup>, potem je jasno, da je treba poiskati nove možnosti: po eni strani v cenejši proizvodnji, zaradi česar se evropske tiskarske kapacitete vztrajno selijo v Azijo, kjer je delo cenejše, uvoz od tam pa dumpinški<sup>[5]</sup>, na drugi strani pa v cenejši tehnologiji, ki omogoča doseganje bistveno krajših dobavnih rokov. Ena takih rešitev je tehnologija digitalnega tiska, ki celotni ciklus izdelave skrajša na največ 6 tednov<sup>[6]</sup>.

Danes se ta tehnologija uveljavlja predvsem na področju vzorčenja in kolekcioniranja, da skrajša pripravljalne čase teh opravil pri konvencionalnem tisku, ki so zaradi kolekcioniranja na ploskem ali rotacijskem stroju zelo dolgi. Stremi pa se za tem, da bi tudi industrijska proizvodnja potekala v digitalni tehnologiji, torej brez zamudne izdelave in uporabe šablon. Danes je ta tehnologija že tako izpopolnjena, da je le vprašanje časa, kdaj se bo to zgodilo.

Če je bilo potrebno prej izdelati letno 2–3 kolekcije, danes tržišče zahteva 4–5 kolekcij letno, kar povzroča velike pritiske na roke dobav<sup>[3]</sup>. Pri tem pa je treba upoštevati dejstvo, da po izkušnjah sodeč le pri 40–60 % na novo izdelanih deseni pokrijejo stroške s fiksnimi naročili. Velike stroške izdelave tiskarskih pomagala (šablon ali graviranih valjev) je mogoče pokriti le z naročilom velikih metraž enega desena. Po drugi strani pa se načini konvencionalnega tiskanja in sami tiskarski stroji v zadnjih letih niso bistveno spremenili v smeri nadaljnje racionalizacije. Rešitev nam torej nudi digitalna tehnologija tiskanja<sup>[6]</sup>, ki predstavlja novo obdobje v tekstilnem tisku.

## 2.0 TEHNOLOGIJA DIGITALNEGA TISKA

### 2.1 Princip

Pri digitalnem tiskarskem postopku (ink-jet tehnologija: ink = črnilo, jet = brizganje, ink-jet = postopek brizganja črnila) se slika, ki jo želimo tiskati, tvori z brizganjem kapljic barvila na blago, po potrebi le na

tista mesta, ki jih določa sam vzorec. Predpisan odtenek nastane z mešanjem procesnih barv – to so 4 barve: rumena, magenta, cian modra in črna (t. i. kvadrokromija). Ta način je običajen v grafičnem tisku. Digitalni tiskalniki pa imajo poleg 4 tiskarskih glav (za 4 procesne barve) lahko še dodatne tiskarske glave, tako da imajo skupno 8 do 12 glav, tudi za tisk dodatnih, matičnih barv iz konvencionalne tiskarske palete. Pri tem ne potrebujemo ne šablon, ne globoko graviranih valjev, niti ostankov odpadnih barv, ne odpadnih vod od čiščenja stroja, ne nobenih drugih odpadkov (npr. neregularno potiskanega blaga). Procesna pa tudi dodatna matična barvila so vodne raztopine ali disperzije in se razlikujejo glede na svoje karakteristike na osnovi skupine barvil ali pa so mešanice barvil ali odtenkov iz katalogov tekstilnih tiskarn. Barvila za digitalni tisk so prirejena posebej za to vrsto tiska in se nahajajo vsaka v svojem zbiralniku, ki ga vstavijo v tiskalnik. Posameznih barvil se porabi točno v takih količinah, kot jih zahteva površina, ki jo je potrebno pokriti<sup>[4]</sup>. Barvilo se iz kartuše porabi do zadnje kaplje.

Desen, ki se nahaja na podatkovnem nosilcu (npr. na CD), vnesemo v računalnik, ga na prikazovalniku pregledamo in oblikujemo v videz, ki se bo tiskal na blago, ter ga prirejenega vstavimo v tiskalnik. Enako oblikujemo in koloriramo barvne variante desena. Na ta način je možno na blago prenesti vse od konvencionalnih vzorcev tekstilnega značaja, vključno z vmesnimi toni in poltoni s pomočjo (do 12) tiskarskih glav, do reprodukcij umetniških slik in fotografij – torej vzorcev grafičnega značaja. Pri tem uporabljamo kvadrokromijo (cian, magenta, rumena + črna)<sup>[8]</sup>, kar pa je za doseganje konvencionalnih tekstilnih vzorcev premalo. Zato jim dodajajo še druga barvila, kot npr. oranžno, rdečo, vijolično, zeleno, mornarsko modro, zlatorumeno, sivo itd.<sup>[9]</sup> Kot vir podatkov lahko uporabimo tudi internet, kar pomeni globalno omrežje ponudbe in povpraševanja<sup>[8]</sup>.

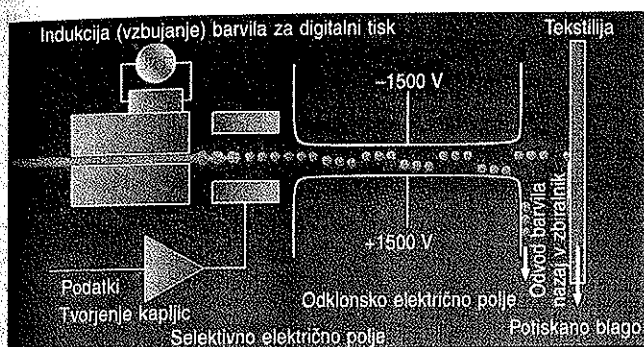
### 2.2 Tehnike brizganja

Kot je bilo že omenjeno, se desen na blagu tvori z brizganjem kapljic barvila – črnila na blago na tista mesta, ki jih določa sam vzorec. Na mestih, kjer barva ni potrebna, se curek kapljic barvila prekine ali odkloni. Glede na način tvorjenja in brizganja kapljic na blago ter na način prekinitve ali odklona curka kapljic razlikujemo elektrostatični in impulzni tisk.

#### 2.2.1 Elektrostatični tisk

Elektrostatični tisk oziroma tisk s kontinuirnim curkom kapljic je možen na dva načina. Po prvi metodi, imenovani tudi »*raster scanning*« metoda, dosežejo

kapljice barvila blago le na mestih, kjer je ta barva potrebna. Curek kapljic poteka skozi elektrostatično polje visoke napetosti in te potrebne kapljice se naelektrijo. Tiste kapljice, ki pa v danem trenutku niso potrebne, se ne naelektrijo, se odklonijo in se vrnejo v zbiralnik. Pri drugi, binarni metodi (slika 1), pa blago dosežejo nenaektrene kapljice barvila, naektrene pa se odklonijo in se vrnejo v svoj zbiralnik. Tiskarska glava brizga do 625.000 kapljic/sekundo s hitrostjo 10 do 50 m/s, gostota šob v tiskarski glavi pa se giblje med 120 in 300 dpi (*dots per inch* število točk na inch) [7]. Metoda se imenuje tudi KT – konstantna tehnika oziroma metoda stalnega dotoka.

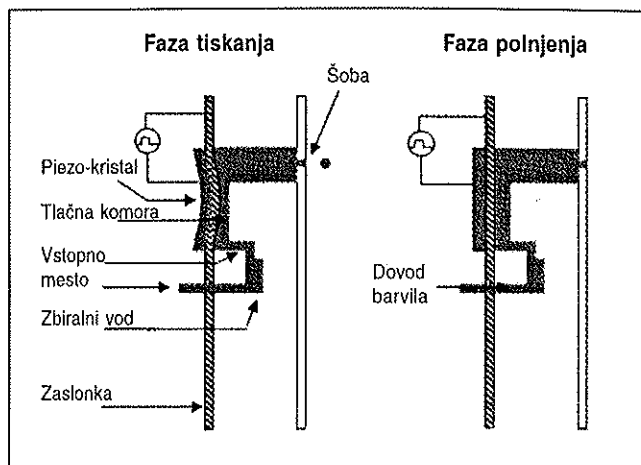


Slika 1: Princip delovanja binarne metode elektrostatičnega kontinuirnega brizgalnega tiska [14]

## 2.2.2 Impulzni tisk

Tudi pri tem postopku, ki se imenuje tudi »kapljica na zahtevo« (DOD = *Drop on Demand*), razlikujemo dva načina. Prva metoda temelji na tvorjenju kapljic s pomočjo piezo kristala – t. i. piezo metoda, pri kateri kapljice nastajajo s pomočjo aktivnega elementa, piezo kristala in dosežejo blago le na izrecni poziv, po potrebi, kot jo zahteva desen, sicer curka kapljice ni (slika 2). Pri drugi metodi pa kapljice nastajajo pod vplivom visoke temperature 280–300 °C. Metoda se imenuje »*bubble jet*«. Pri tem se barvilo močno segreje, začnejo se tvoriti mehurčki, ki povzročijo izstop kapljic barvila iz šobe, zopet le po potrebi, ki jo zahteva vzorec. Tiskarska glava brizga na blago do 5.000 kapljic/sekundo (*bubble jet*) oziroma do 20.000 kapljic/sekundo (Piezo metoda) pri hitrosti 10 m/sek in pri resoluciji 300–720 dpi.

Poleg že omenjenih tehnoloških parametrov, kot so hitrost kapljic in njihovo število na sekundo ter šob z določeno ločljivostjo (dpi), so pomembni parametri še: število kapljic vsakega barvila na en piksel, kar omogoča enakomeren prehod med poltoni in pri senčenju (15 kapljic vsakega barvila/1 piksel pri kontinuirnih tiskalnikih ter 1 kapljica/1 piksel pri impulznih), premer šob v tiskarski glavi (10 do 100 mikronov) [7] in teža kapljic, ki je izražena v pikogramih (1 piko-gram =  $10^{-12}$  grama).



Slika 2: Princip delovanja impulznega brizgalnega tiska po metodi kapljice na zahtevo (DOD) s pomočjo piezo-kristala [23]

## 2.2.3 Prednosti in pomanjkljivosti

Oba načina imata prednosti in pomanjkljivosti. DOD postopek je tehnično enostavnejši in ga je mogoče lažje realizirati, nagiba pa se k nevarnosti zamašitve šob. Ta problem je pri kontinuirnem postopku redkejši, curek barvila ujeti, ga odkloniti in ga vrniti v zbiralnik pa je tehnično bolj zahtevno in komplicirano. To je tudi vzrok, da večina izdelovalcev ponuja svoje agregate, ki delujejo po načelu DOD [9]. Pri tem večinoma uporabljajo piezo tehnike, saj je mogoče z večjim številom kapljic črnila v eni sekundi in z višjo resolucijo doseči boljše in natančnejše tiskarske učinke kot s termično metodo, ki poleg tega še zahteva, da so tiskarska barvila obstojna pri visokih temperaturah. Piezo tehnika bo v bodoče zamenjala *bubble-jet* tehnologijo, ker imajo njene tiskarske glave daljšo življenjsko dobo. V primerjavi z *bubble-jet*, kjer je frekvenca izbrizganih kapljic 5000 v sekundi, učinkujejo piezo šobe s frekvenco 1.000.000 izbrizganih kapljic v sekundi [25].

Grafični tiskalniki, ki so opremljeni le s 4 tiskarskimi glavami, tiskajo 4 procesne barve po principu trikromija + črna. S temi štirimi osnovnimi barvami pokrijemo celotno koloristično paletu, na tekstilnem področju pa 60 % celotnega barvnega spektra, značilnega za tekstil [10]. Če želimo doseči konvencionalni, tekstilni videz, je tem štirim osnovnim barvam treba dodati vsaj še 4 dodatne barve, da tako z 8 barvami pokrijemo že 85 %, s skupno 12 barvami pa se že močno približamo celotnemu spektru tekstilnih barvnih nians [10]. Seveda to zahteva ustrezen program, ki poskrbi za ustrezno barvno upravljanje [5].

## 3.0 DESENIRANJE IN KOLEKCIJONIRANJE

Digitalni tisk tekstilij se danes uporablja na naslednjih področjih (področja so navedena po velikosti deleža, ki ga ta tisk danes zavzema):

1. deseniranje (izdelava vzorca)
2. kolekcioniranje (vzorčenje in izdelava kuponov)
3. butična proizvodnja (ekskluzivni deseni)
4. industrijska, masovna proizvodnja.

Medtem ko se na prvih dveh področjih ta tehnologija v svetu že uporablja in se na področje izdelave ekskluzivnih desenov že počasi vtihotaplja, je njegova uporaba za industrijsko proizvodnjo šele na začetku uveljavljanja. Tudi srednjeročno digitalni tisk ne bo konvencionalnega popolnoma izključil iz industrijske proizvodnje. Kadar bo potrebno potiskati več 100 m<sup>2</sup> blaga v eni varianti oziroma bodo naročila desenov dolga okoli 1000 m, bo še vedno aktualen konvencionalni način tiskanja. Kjer pa bodo glavno vlogo igrale zahteve po kratkih metražah, po fleksibilnem vzorčenju, modnih vzorcih in kratkih rokih menjave kolekcije itd., se bo digitalni tisk že kmalu popolnoma uveljavil [22].

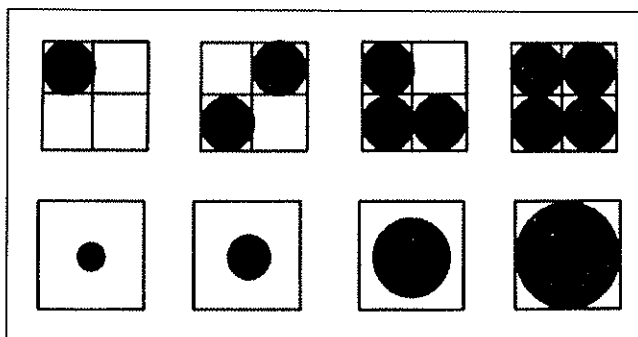
Konvencionalna izdelava kolekcij, od vzorca do vzorčne metraže (kuponov) potiskane kolekcije z več deseni in njihovimi barvnimi variantami, je povezana z dolgim pripravljalnim časom in izredno visokimi stroški. Čas od ideje do potiskane kolekcije znaša v najugodnejšem primeru 1–1,5 meseca. Če je treba v eni kolekciji potiskati 20 desenov s povprečno po 8 barvnimi niansami, pomeni to čas do 3 mesecev in strošek več kot 60.000 EUR [3]. Ena izmed realnih rešitev, da se temu izognemo, je digitalna izdelava vzorcev. Ta tehnika namreč pri današnjem stanju strojne (*hardware*) in programske (*software*) opreme nima več nobenih omejitev [3].

### 3.1 Obdelava vzorca

Da so osnutki vzorcev primerni za nadaljnjo digitalno obdelavo in tisk, so potrebne številne delovne operacije. Natančno pregledan ali v nekem oblikovalskem programu izdelan desen (skeniran), tj. preveden v tehnološke dimenzije, raportiran, retuširan, izoblikovan v poltonih, torej obdelan na prikazovalniku, od umetniškega akvarela do tiskarsko tehnološke oblike, spremeni v temeljito precizirane slikovne podatke in jih prenesejo na nosilce podatkov (CD). Nadaljnja obdelava je ločevanje (separacija) barv. Rezultati ločevanja barv se kasneje lahko uporabijo pri izdelavi šablon – ploskih ali rotacijskih ter za izdelavo receptur za tiskarske barvne gošče, če se bo desen tiskal na konvencionalnih tiskarskih strojih. Predhodno pa je mogoče desene s pripadajočimi barvnimi variantami digitalno potiskati bodisi na papir bodisi na blago, da jih kupec lahko vidi, jih morebiti popravi in na osnovi tega izvede trdno naročilo, še preden izdelamo šablone. Naročilo lahko nastane torej že na osnovi digitalno odtisnjenih vzorcev, brez večjih stroškov in izgube časa in v vzorčni sobi, kjer je digitalni tiskalnik lahko nameščen. Vse barvne in druge korekture je mogoče izvesti na licu mesta [3].

### 3.2 Koloriranje

Vzorce pa lahko na novo koloriramo, če je to na željo kupca potrebno oz. zaželeno. V tej fazi obstojnosti barvil niso pomembne. Če imamo izdelane digitalne barvne kataloge na osnovi receptur iz barvne kuhinje, lahko vedno znova posežemo po teh katalogih ali pa s spremembami receptur ustvarjamo nove nianse in jih vnesemo v digitalni katalog. Tako digitalno ločene barve desena povzamemo z zaželenimi niansami iz našega proizvodnega kataloga ali pa iz standardnih katalogov, kot je npr. ameriški Pantone. Pri tem pa je za potrebe konvencionalne proizvodnje potrebno upoštevati tudi že obstojnosti barvil, ki jih bomo uporabili [3]. Število barv določenega desena je pri konvencionalnem tisku omejeno na število šablon, pri digitalnem tisku pa na število tiskarskih glav. Tako pri kvadrokromiji kot pri uporabi matičnih barv omejitev števila nians skoraj ni. Tu nianse mešamo neposredno na blagu. Tudi različne globine nians dosežemo pri digitalnem tisku drugače kot pri konvencionalnem, kjer svetlejše tone dosežemo enostavno s kupiranjem. Pri digitalnem tisku delamo s konstantnimi koncentracijami barvil, sivo (globinsko) lestvico tu dosežemo s t. i. »Dithering« postopkom, z združevanjem več tiskarskih točk v enem pikslu.



**Slika 3:** Doseganje globinske lestvice (poltonov) po »Dithering« postopku (zgoraj – združevanje kapljic ene poleg druge) in po postopku prekrivanja (spodaj – združevanje kapljic ene nad drugo) (Vir: *Textilveredlung*, vol. 30, 1995, no. 3–4, str. 74, slika 2)

Predpogoj za tak način dela (digitalno vzorčenje in konvencionalni tisk) pa je, da imamo definiran, nespremenljiv sklop podatkov, ki so potrebni za kasnejše graviranje šablon. To je tudi garancija, da bo na tiskarskem stroju konvencionalno potiskani desen videti enako kot vzorec, simuliran in potiskan na digitalnem tiskalniku.

### 3.3 Ponovljivost (reprodukcija)

Da bi prišlo do primerljivega ujemanja digitalnega tiska s konvencionalnim, je potrebno standardizirati vse komponente, ki sodelujejo pri tisku, namreč predhod-

no in končno obdelavo blaga, barvila za digitalni tisk in tiskarske barvne gošče, barvne izvlečke iz digitalnega tiska in gravirane šablone ter vse primerljive tehnološke in tehnične parametre obeh tiskarskih tehnologij. Vse posamezne odtise je treba oceniti barvnometrično in po ostalih merilih da bi dosegli optimalno primerljivost obeh vrst tiskarskih tehnik. Glavno vlogo pri tem ima računalnik, njegova zmogljivost in ustrezna programska oprema [9]. Eden takih sistemov fotometričnega preračunavanja štirih procesnih barv (kvadrokromije) in dodatnih barv glede na število tiskarskih glav tiskalnika v recepture konvencionalnih tiskarskih gošč predstavlja Cibin sistem »Colpoca« [11]. Vse to je namreč potrebno v primeru, če kolekcioniramo digitalno, proizvodne količine pa tiskamo konvencionalno. Če pa tiskamo digitalno tudi v proizvodnji, potem je potrebno že pred vzorčenjem upoštevati tudi to, da morajo barvila za digitalni tisk brezpogojno ustrezati materialu, ki ga tiskamo in morajo imeti ustrezne obstojnosti [3].

#### 4.0 TISKANJE – PROIZVODNJA

Če uporabljamo digitalne tiskalnice le za izdelavo kolekcij oziroma kontrolnih, komercialnih odtisov desenov in barvnih variant, je delo sorazmerno nezahtevno. Če pa hočemo na teh tiskalnikih proizvajati, nastajajo številne nove zahteve. Enostavna komercialna floškula, da imamo lahko tiskarno v pisarni ali doma v garaži [6] je v tem primeru danes še utopija [8]. Blago, ki ga hočemo tiskati na digitalnem tiskalniku, mora biti pred tiskom ustrezno predobdelano, odvisno od surovinske sestave in vrste barvil ali disperzij, po tisku pa ustrezno fiksirano, oprano, posušeno in apretirano. Vse to je potrebno, da bi dosegli dober videz barvnih nians, njihov izplen, obstojnosti in prijeten otip; skratka vse lastnosti, ki jih dosežemo pri običajnem, konvencionalnem tekstilnem tisku. To pa je možno izvesti le v klasičnih oplemenitilnicah.

#### 4.1 Predhodna obdelava tekstilij

Poleg v prejšnjem poglavju naštetih zahtev po predhodni obdelavi je blago potrebno obdelati še zaradi posebnih zahtev, ki jih narekujejo digitalna tehnika in uporaba barvil za digitalni tisk zaradi:

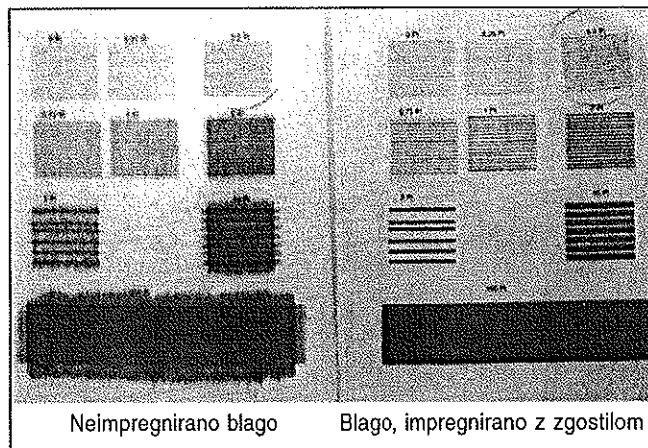
- doseganja boljše ostrine konture in
- doseganja večje globine barvnega tona.

Za predhodno obdelavo blaga pri digitalnem tisku velja isto kot za konvencionalni tisk. Optimalna predobdelava je pogoj za uspeh tiskanja: razškrbljenje, alkalno izkuhavanje, beljenje, kar je seveda potrebno pri bombažnih materialih in uporabi reaktivnih barvil.

Ustrezne zahteve veljajo tudi pri ostalih tekstilnih materialih. Posebno pozornost je treba posvetiti smojenju, saj štrleča vlakna lahko povzročijo sledi na tiskarskih glavah, kar ima za posledico progavost tiska. Tudi splošna kakovost tiska je po smojenju boljša. Isto velja tudi za merceriziranje, s katerim izboljšamo globino barvnega tona [23]. Nekateri priporočajo, da se blago pred tiskom kalandrira, kar tudi pozitivno vpliva na kakovost tiska [7].

##### 4.1.1 Ostrina konture

Glede ostrine konture zahteva digitalni brizgalni tisk še dodatne postopke. Poleg ustrezne formulacije tiskarskih barvil je tukaj priporočljiva predhodna impregnacija blaga. Pred tiskom bombažnega blaga z reaktivnimi barvili ga je potrebno predhodno impregnirati z raztopino ustreznega nizkoviskoznega alginatnega ali sintetičnega zgostila v koncentraciji 3–5 %. Vpojnost in kapilarne sile v bombažnih vlaknih povzročajo razlivanje in s tem poslabšanje kakovosti konture. Isto se dogaja tudi pri tiskanju poliestra z disperzijskimi barvili, kjer pride do razlivanja barve na neobdelanem blagu. Po impregnaciji s 5 % zgostila je kontura popolnoma ostra (slika 4). Pri tem vrsta zgostila ni pomembna, pomembno je, da je zgostilo nizkoviskozno in da je njegova koncentracija zadosti visoka [23, 24].



Slika 4: Rezultati tiskanja na tkanino iz poliestra, predhodno neobdelanega (levo) in obdelanega z zgostilom (desno) [24]

##### 4.1.2 Globina barvnega tona

Doseganje globine barvnega tona je pri digitalnem tisku problematično. Količina barvila, nanesena na blago, je pri digitalnem tisku, zlasti pri DOD tehniki, zelo nizka (do 20 g/m<sup>2</sup> pri 10-odstotni koncentraciji reaktivnega barvila, kar znaša največ 2 g barvila/m<sup>2</sup>, to je 5-krat manj kot pri konvencionalnem tisku [23]); zato je težko doseči predvsem temne, globoke barvne tone, prav tako težko pa je doseči tudi zelo svetle mešane

nianse. Posledica tega je, da danes v digitalni tehniki ni mogoče izvajati jedkega in rezervnega tiska na temno obarvanih fondih glede na današnje stanje DOD tehnike<sup>[23]</sup>. Zato je v tem primeru rešitev v povečanju izplena barvil pri fiksiranju, kar poleg predobdelave blaga dosežemo pri reaktivnih barvilih z impregniranjem blaga s sečnino v koncentraciji pod 10 %. Ker sečnina zaradi svoje higroskopičnosti poleg izboljšanja izplena barvil pri fiksiranju vpliva tudi na poslabšanje ostrine konture, je smiselno, da blago impregniramo istočasno s sečnino (pod 10 %) in zgostilom (3–5 %). Če pri tem uporabljamo ustrezno sintetično zgostilo, lahko znižamo potrebno količino sečnine, kar v primeru alginatnega zgostila ni mogoče. Pri optimalni predobdelavi, mercerizaciji in impregniranju s sintetičnim zgostilom se sečnini lahko celo odpovemo<sup>[24]</sup>.

Izboljšanje globine barvnega tona pa lahko dosežemo tudi s kemičnim modificiranjem bombažnega blaga z reaktivnimi kationskimi spojinami, npr. s hidrotropnim 2, 3-epoksiopropil-trimetilamonijevim kloridom (Quab 151). Z naraščajočo količino tega sredstva, ki permanentno izloča kvarterni dušik, se sorazmerno izboljšuje tudi globina barvnega tona<sup>[24]</sup>.

## 4.2 Produktivnost tiskalnikov

Produktivnost digitalnih tiskalnikov je danes argument proti uvedbi te tehnologije v masovno proizvodnjo. Vedno znova ga omenjajo kot veliko pomanjkljivost. Če govorimo o hitrosti 6 m/uro, je to razumljivo, so pa na tržišču strojne opreme že ponudniki, ki zagotavljajo večje hitrosti od 30 do 60 m/uro<sup>[11]</sup>. Zato je kombinacija obeh tehnologij – digitalne za izdelavo kolekcij in komercialnih odtisov ter analogne pri proizvodnji na konvencionalnih tiskarskih strojih – danes atraktivnejša od čiste digitalne proizvodnje<sup>[9]</sup>. To pa je zelo dobra alternativa za butične tiskarne, ki tiskajo kratke metraže ekskluzivnih desenov. Te tiskarne lahko po tej tehnologiji tiskajo svoje lastne kreacije brez posebnih, zlasti ekoloških problemov, potiskano blago pa dajo storitveno v končno obdelavo v industrijske plemenitilnice. V ponudbi strojne opreme so že široki digitalni tiskalniki s prigradenimi napravami za kontinuirno vodenje tekstilnega blaga in ostalo potrebno infrastrukturo, kot npr. naprave, ki preprečujejo vihanje krajev pletenin, tiskarska podloga, premazana s trajnim lepilom, prigraden stroj za sprotno pranje tiskarske podloge, vodenje blaga z navitka na navitek brez gub in v enakomerni napetosti itd. Na tržišču pa so se pojavili že ponudniki, ki nadgrajujejo digitalne tiskalnike s prigradenimi agregati za fiksiranje barvil, pranje in sušenje. Izvirno rešitev problema produktivnosti digitalnih tiskalnikov je ponudila firma TTS GmbH iz Nemčije, in sicer naj bi plemenitilci tokrat uporabili tkalsko logiko in bi enako kot v tkalnici s 50-imi statvami v

proizvodno halo namestili 50 digitalnih tiskalnikov. Po tem, t. i. »*Ink-Jet Multiprint*« konceptu, naj bi pri hitrosti 6 m/uro in pri 150 cm širine blaga potiskali dnevno v eni izmeni 2.000 m blaga. Pri ceni takega tiskalnika, ki znaša ok. 6.000 EUR, bi celotna takšna investicija znašala ca. 300.000 EUR, kar je danes z vsemi prednostmi in omejitvami popolnoma izvedljivo. V bližnji prihodnosti bodo tiskarji pri 100 digitalnih tiskalnikih razmišljali enako kot tkalci s 100-imi statvami<sup>[3]</sup>. Seveda pa lahko v prihodnosti pričakujemo znatno povečanje hitrosti tiskanja digitalnih tiskalnikov, izboljšanje njihove zanesljivosti in ponovljivosti ter znižanje investicijskih stroškov<sup>[6]</sup>.

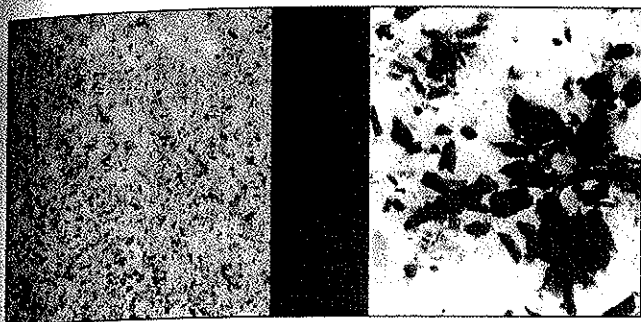
## 4.3 Barvila za digitalni tisk

### 4.3.1 Tehnološke zahteve

Digitalna tehnologija tiskanja postavlja pred barvila posebne zahteve. Če pridejo pri konvencionalnem tisku s pomočjo šablon v poštev kot nosilec barvila viskoviskozne tiskarske barvne gošče, so pri digitalnem tisku uporabi nizkoviskozne vodne raztopine ali disperzije. Formulirane morajo biti tako, da zagotavljajo dober pretok skozi šobe, ki jih ne smejo zamašiti in se v njih zasušiti, kar dosežemo s pravilno izbranimi sistemi pomožnih sredstev. Pri raziskavah, kako najbolje sestaviti tiskarsko črnilo z reaktivnim barvilom, da bi dosegli optimalne rezultate tiskanja, so strokovnjaki ugotovili naslednje<sup>[23, 24]</sup>.

Črnilo mora poleg barvila (do 60 %), raztopljenega v destilirani vodi, vsebovati še higroskopsko sredstvo, ki istočasno skrbi za pravilno viskozno (do 5 mPas, s polialkilenglikolom), tenzid, ki skrbi za omakanje in penetracijo, sredstvo proti mikroorganizmom, pufer za uravnavanje pH vrednosti in druge aditive (tvorce kompleksov, protipenilce itd.). Črnila morajo imeti določeno površinsko napetost (8 do 40 mN/cm), električno prevodnost (6–12 mS/cm (MCT) oz. 20–32 mS/cm (VS)) in morajo biti brez zračnih mehurčkov – odzračevalno obdelana z ultrazvokom. Anorganskih snovi je v črnilu lahko le manj kot 1 %. Pri skladiščenju morajo biti obstojna več mesecev in ne smejo povzročati korozije. Cena 1 l črnila znaša ca. 175 EUR<sup>[23]</sup>.

V primeru vodne disperzije (disperzijska barvila in pigmenti) se pojavijo še nekatere dodatne zahteve, predvsem njihova sedimentacijska stabilnost in velikost delcev. V ta namen dodajajo barvilom na novo razvita in patentirana specialna pomožna sredstva proti sedimentaciji<sup>[4, 7]</sup>. Pomembna pa je tudi velikost delcev dispergirane pigmenta, ki mora biti zanemarljiva glede na premer kanalov šob tiskarske glave, ki znaša 0,015 do 0,04 mm<sup>[13]</sup>. Slika 5 prikazuje mikroskopsko primerjavo velikosti delcev nekega pigmenta v barvilu za digitalni tisk (levo) in normalnega pigmenta v konvencionalni tiskarski barvni gošči<sup>[4]</sup>.



**Slika 5:** Mikroskopska slika primerjave velikosti delcev barvila za digitalni tisk (levo) in delcev barvila v konvencionalni tiskarski gošči (desno) [4]

Poleg naštetih zahtev pa morajo tiskarska barvila ustrezati tudi tekstilno tehnološkim zahtevam. Barvila morajo ustrezati substratu, ki ga tiskamo, se morajo fizikalno ali kemijsko vezati na vlakna, zadostno fiksirati in morajo imeti zahtevane obstojnosti. Ker se kemikalije, potrebne za fiksiranje barvila (alkalije, sečnina, vezivna sredstva itd.) ne smejo nahajati v barvilu, jih je treba, kot je bilo že omenjeno, na blago nanesti pred tiskom [7].

#### 4.3.2 Izbor barvil za digitalni tisk

Barvila v obliki vodnih raztopin so reaktivna in kislina barvila, disperzijska barvila in pigmenti pa so v obliki vodne disperzije.

Kot primer vodne disperzije so npr. disperzijska barvila za potrebe DOD digitalnega tiska poliestra, črnila Bafixan®, firme BASF. So popolnoma primerljiva z Bafixan barvili za konvencionalni tisk. Njihova viskoznost je 3–5 Pas, površinska napetost znaša 30–60 mN/m, delci pa imajo povprečno srednjo velikost do 200 nm. Barvilo je sedimentacijsko stabilno [4].

Primer barvil za digitalni tisk pigmentov v vodni disperziji so Irgaphor TBI barvila firme CIBA SC iz Švice, namenjena za tisk tekstilij ne glede na surovinsko sestavo, po digitalni metodi DOD. Barvila poleg vseh zahtev, ki jih narekuje digitalna tehnologija, popolnoma ustrezajo Öko-tex 100 standardom. Po tiskanju jih je treba le fiksirati v vročem zraku, 3–6 min. pri 160–180 °C ali z likanjem 1 min. pri 210 °C. Paleta obsega 8 različnih barvil [12]. Kot primer reaktivnih barvil v obliki tiskarskih barvil naj omenimo izbor Procion® Inks firme BASF. Izpopolnjujejo vse v prejšnjem poglavju navedene zahteve in so popolnoma primerljiva s konvencionalnimi tiskarskimi Procion® reaktivnimi barvili. Po tisku jih je treba normalno pariti in prati kot pri konvencionalnem postopku tiskanja [6]. Kot merilo za dobro primerljivost med barvili za digitalni tisk in tiskarskimi barvnimi goščami je, da se v prostorninskem triogramu točno pokrivajo točke vseh barvil iz obeh palet [6].

Preglednica 1 prikazuje izbor možnih barvil v obliki barvila za potrebe digitalnega tiska, ki so trenutno na razpolago (februar 2000). Izbor se nanaša na dva pomembnejša dobavitelja BASF in CIBA SC (Spezialitaet-tenchimie) [3].

**Preglednica 1:** Izbor možnih barvil v obliki barvila za potrebe digitalnega tiska

Tekstilna surovina	Barvilo / Firma
Bombaž in mešanice	Procion® Inks, reaktivna barvila / BASF Cibacron MI, reaktivna barvila / CIBA
Volna	Procion® Inks, reaktivna barvila / CIBA Lanaset SI, kislina barvila / CIBA
Svila	Lanaprint AI, kislina barvila / CIBA
Poliamid	Lanaset SI, kislina barvila / CIBA
Poliester	Bafixan, disperzijska barvila / BASF Terasil DI, disperzijska barvila / CIBA
Vsi tekstilni materiali	Helizarin, pigmenti / BASF Irgaphor TBI, pigmenti / CIBA

Razvoj barvil za digitalni tisk je najintenzivnejši in omenjenih treh skupinah barvil, saj jih v konvencionalnem tisku porabijo 87 % (45 % pigment, 25 % reaktivna barvila in 17 % disperzijska) in pokrijejo 90 % vseh tekstilnih materialov (bombaž in umetna celulozna vlakna 66 % ter poliestri in mešanice 30 %). Podobna situacija naj bi veljala tudi za digitalni tisk [22]. Naj na tem mestu omenimo test, ki se uporablja za ugotavljanje stopnje zamašitve brizgalnih šob v tiskarski glavi. Pri tej, t. i. kogationski metodi, iz vsake šobe spustijo ok. 10 milijonov kapljic barvila in po vsakem milijonu izmerijo srednjo vrednost teže kapljice. Ta se med potekom testa ne sme bistveno spreminjati. Če bi se teža kapljice zmanjševala, bi bil to znak, da se je premer šobe zmanjšal zaradi delne zamašitve [6].

## 5.0 STROJNA IN PROGRAMSKA OPREMA

Digitalna tehnologija tiska izhaja iz papirno-grafične panoge, zato so bili prvi ponudniki digitalnih tiskalnikov prav izdelovalci grafičnih tiskalnikov, ki so tiskali na osnovi kvadrokromije (tri osnovne procesne barve + črna). Vendar pa to kmalu ni več zadovoljevalo zahtev tekstilne industrije, zato so začeli izdelovalci konvencionalnih tiskarskih strojev razvijati in izpopolnjevati svoje tipe digitalnih tiskalnikov. Prva je s to tehnologijo brizganja barvil skozi šobe na substrat, in sicer na talne obloge, predstavila firma Peter Zimmer iz Kufsteina. Pred desetletji je bila to senzacija. Šele mnogo kasneje so se na tržišču pojavili prvi izdelovalci tekstilnih digitalnih tiskalnikov, ki pa so poželi več uspeha, predvsem nizozemska firma Stork N. V. Naj nekatere od teh in njihove tipe tiskalnikov opišemo podrobneje.