

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

**POLÜMEERMATERJALIDE INSTITUUT
TEKSTIILITEHNOLOOGIA ÕPPETOOL**

**TEKSTIILIMATERJALIDE VIIMISTLEMINE: SIIDITRÜKK
JA DIGITAALTRÜKK**

Bakalaureusetöö

Kristiina Loit

Juhendaja: Anti Viikna, Tekstiilitehnoloogia õppetool, professor

Materjalitehnoloogia õppekava KAOB02/09

2014

SISUKORD

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----------|
| SISSEJUHATUS | 5 |
| 1. SIIDITRÜKK..... | 6 |
| 1.1 AJALUGU | 6 |
| 1.2 SIIDITRÜKI TEHNOLOOGIA | 7 |
| 1.3 SIIDITRÜKI MEETODID | 9 |
| 1.3.1 Käsitsi siiditrükk..... | 9 |
| 1.3.2 Poolautomaatne siiditrükk | 10 |
| 1.3.3 Täisautomaatne tasapinnalise trafaretiga siiditrükk | 11 |
| 1.3.3.1 Raakelsüsteemid | 12 |
| 1.3.3.2 Katkendlik liikumine | 12 |
| 1.3.4 Silindrilise trafaretiga siiditrükk | 13 |
| 1.3.4.1 Raakelsüsteemid | 13 |
| 1.3.4.2 Ettevalmistus trükiks | 14 |
| 1.3.4.3 Teki ja trafareti ülekanne | 15 |
| 1.3.4.4 Suured kordused | 15 |
| 1.4 SIIDITRÜKIGA PEALE TRÜKITAVAD MATERJALID JA TOOTED | 15 |
| 1.4.1 Vaipade trükkimine | 16 |
| 1.5 TRÜKIVÄRVID | 16 |
| 1.5.1 Plastisol..... | 17 |
| 1.5.2 Veebaasil tindid | 17 |
| 1.5.3 Efektivärvid | 18 |
| 1.6 ARVUTI SÜSTEEMID JA SEADMED | 19 |
| 1.6.2 CAD | 19 |
| 1.6.3 Skaneerimine | 20 |
| 1.6.4 Värvide vähendamine | 20 |
| 1.6.5 CAD-i operatsioonid..... | 21 |
| 1.6.6 Immutamine | 21 |
| 1.7 MEETODI PUUDUSED | 22 |
| 1.7.1 Trükimasinas tekkivad probleemid | 22 |
| 1.7.2 Probleemid tekstiilkangastega | 23 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.7.3 Trükivärvide puudused | 24 |
| 1.7.3.1 Plastisolvärv | 24 |
| 1.7.3.2 Veebaasil tint | 24 |
| 1.7.3.3 Fibrillatsioon ja matistamisefekt | 25 |
| 1.7.4 Keskkonda mõjutavad tegurid | 25 |
| 2. DIGITAALTRÜKK | 26 |
| 2.1 AJALUGU | 26 |
| 2.2 DIGITAALTRÜKI KLASSIFITSEERIMINE | 28 |
| 2.2.1 Tindipritsiga trükkimise tehnoloogia..... | 28 |
| 2.2.2 Pidev trükkimine..... | 29 |
| 2.2.3 Trükkimine nõudmisel..... | 29 |
| 2.3 DIGITAALSELT PEALE TRÜKITAVAD MATERJALID | 30 |
| 2.3.1 Vaipade ja lõngade trükkimine..... | 31 |
| 2.3.1.1 Tindipritsiga trükkimine | 31 |
| 2.3.1.2 Digitaalne tindipritsiga trükkimine..... | 31 |
| 2.4 TRÜKIVÄRVID | 33 |
| 2.4.1 Tindipritsiga trükkimise tootmisprotsess..... | 33 |
| 2.4.2 Happevärvid..... | 34 |
| 2.4.3 Reaktiivvärvid | 34 |
| 2.4.3 Dispersioonvärvid..... | 34 |
| 2.4.4 Sublimatsioonvärv | 35 |
| 2.4.5 Lisandid | 35 |
| 2.4.6 Valgetint | 36 |
| 2.4.7 Kanga eeltöötlus | 36 |
| 2.4.8 Trükivärvi fikseerimine | 37 |
| 2.5 ARVUTISÜSTEEMID JA MASINAD | 37 |
| 2.5.1 Tarkvara: CAD ja CAM | 38 |
| 2.5.2 CAD, redigeerimine ja informatsiooni mälusüsteemid | 38 |
| 2.5.3 Piksli ja kujutise kujunemine tindipritsiga trüki printeritega | 39 |
| 2.5.4 Printerid | 40 |
| 2.5.5 Produktiivsuse parandamine..... | 40 |
| 2.5.6 Masina tulemuslikkuse seire..... | 41 |
| 2.6 MEETODI PUUDUSED..... | 41 |

| | |
|---------------------------------------------|-----------|
| 2.6.1 Trükivärvid | 42 |
| 2.6.2 Trükipead | 42 |
| 2.6.3 Kõrge resolutsiooniga kujutised | 42 |
| 2.6.4 Eeltöötlus | 43 |
| 2.6.5 Laadimismehhanism | 43 |
| 2.6.6 Jooksev kulu | 44 |
| KOKKUVÕTE | 45 |
| SUMMARY | 46 |
| KASUTATUD KIRJANDUS..... | 47 |

SISSEJUHATUS

Käesoleva bakalaureuseõppe lõputöö teema käsitleb tekstiilmaterjalide viimistlemise kahte meetodit: siidi- ja digitaaltrükk. Selle töö eesmärk on kirjeldada üldiselt siiditrüki ja digitaaltrüki tehnoloogiat. Uuritud ja selles töös käsitletud informatsiooni põhjal tuuakse kokkuvõttes välja argumendid, kuidas on üks meetod teisest efektiivsem.

Teema valikuks osutub huvi tekstiilmaterjalide viimistlemise vastu. Tähelepanu alla jäi siiditrükk, mida peetakse traditsiooniliseks trükiviisiks. Seejärel tekkis soov võrrelda traditsioonilist meetodit kaasaegsema tehnoloogiaga. Huvi pakkus trükimeetodite tehnoloogia, nendes kasutatavad trükivärvid (nende omadused, ohtlikkus keskkonnale ja sobivus erinevate tekstiilmaterjalidega), nende päritolu ja modernsus ning meetodite puudused.

Töö on jaotatud kahte osasse.

Esimene osa kirjeldab siiditrüki tehnoloogiat, tema päritolu, erinevaid meetodeid, rakendusi, trükivärvide valikut, selles meetodis kasutatavat tarkvara, ning puudusi. Siiditrüki aktuaalsus seisneb selles, et selle meetodi põhimõtteid on tuntud sajandeid. Trükimeetod on siiani väga populaarne ning rakendatakse erinevates valdkondades.

Teine osa hõlmab digitaaltrüki tehnoloogiat, tema arengut aegade jooksul, rakendusi, erinevaid trükivärve, kanga töötlemist trükiprotsessi jooksul, selles meetodis rakendatavat tarkvara, ning meetodi puudusi. Digitaaltrükk saavutab tähelepanu sellega, et sellise meetodi valdamine on olnud lühike võrreldes siiditrükiga, kuid digitaaltrüki areng on olnud kiirem, arvestades tehnoloogia keerukust.

Püstitatud hüpotees on järgmine: siiditrükimeetod on digitaaltrükist efektiivsem mitmetes aspektides. Siiditrüki tehnoloogia on vähem keerukam, tootlikkus on suurem ja odavam, trükivärvid on universaalsemad ja keskkonnale ohutumad ning trükitud kujutised/mustrid on kvaliteetsemad.

Selles töös on kasutatud palju internetist leitud materjale. Suuremas osas on kasutatud andmebaasi Knovel[®] ning raamatuid “Textile Printing” (1994) ja “Digital Printing of Textiles” (2006).

1. SIIDITRÜKK

1.1 Ajalugu

Siiditrüki ajalugu algab vanast Hiinast. Aastatest 960-179 e.m.a. pärinevad esimesed viited trükile läbi siidi. Selline meetod levis puulõike ja käsitsi maalimise kõrval ka teistesse Aasia riikidesse. [7]

Lääne-Euroopasse jõudis siiditrükk 18. sajandi teisel poolel. See tehnoloogia aga ei saavutanud suurt populaarsust, kuna siid ise oli kallis materjal ja seda ei olnud vabalt saada. 19. sajandiks oli selline tekstiili trükkimismeetod levinud üle maailma. [7][18]

19. sajandi keskel hakkasid Prantsuse trükkijad kasutama kootud siidkangast, et tagada konstantne tugi paberist trükivormi jaoks. Parima tulemuse jaoks venitati kangas üle raami ja sellest kombinatsioonist sai trafarett. Sellega tagati kindlad sidemed ja värvi kogust sai jälgida. [18]

Sellest ajast peale muutusid siiditrüki head küljed aina märkimisväärsemateks, eriti moehoonetes. Kujutisi oli suhteliselt kerge üle kanda siirdematerjalile ja raami suurust sai kergelt muuta. Lahti saadi kitsatest vaskrullidest. Peale suunatud rõhk oli palju madalam. Tänu sellele kinnitusid trükivärvid kangale paremini ning tekstureeritud pinnad ei saanud kahjustada. [18]

Siiditrüki arengus keskenduti trafarettide täiustamisele. Mitmevärviliste kujutiste trükkimine nõudis stabiilsemaid trafarette. Siirdekangad on valmistatud hüdrofiilsest materjalist, näiteks siid, puuvill, viskoos või tselluloosdiatsetaat, kuid need on aldis läbipaindumisele veebaasil trükivärviga kokku puutudes. Stabiilsete trafarettide tootmise tegi võimalikuks uute hüdrofiilsete kiudude leiutamine: nailon ja polüester. Need suutsid pingule jääda ka märjaks saades. Nende suur tõmbetugevus võimaldas kangal venida kompaktsemalt üle trafareti. Täiendavad edusammud tulid koos metallist raami arendamisega. Sellega asendati puidust raamid, kuigi neid kasutatakse tänapäevalgi. [18]

Tugevad ja stabiilsed trafaretid võimaldasid mehhaniseerida käsitsi siiditrüki protsessi. Hakati kasutama liikuvat vedu, millega trafaretid on paigaldatud ühe kaupa. Raakel oli lastud üle

trafareti veole mootori abil. Selles meetodis on trükitud kangas kinnitatud pikkadele laudadele ja värvid trükitakse ükshaaval. [18]

1950. aastatel paistsid silma Buser, Stork ja Johannes Zimmer oma automatiseeritud tasapinnaliste siiditrüki masinatega. Need trükkisid kõiki värve üheaegselt mööda lõputut tekki. Tekk ja kangas on trükkimisprotsessi ajal paigal, kuid nad liiguvad edasi, kui trafaretid on üles tõstetud. Sellest tuleneb kanga vahelduv liikumine. [18]

Järjepidev trükkimine on kõige paremini saavutatud, kui kasutatakse silindrilisi trafarette. Mitmete katsete sooritamise käigus muudeti lõpuks lamedad traatsõelad silindrilisteks. [18]

Traatsõelad olid trükkimiseks liiga avatud. Varasemad Aljaba elektroodsadestatud vasktrafaretid täitsid auke osaliselt, kuid hiljem sellest protsessist loobuti. See asendati mittekootud nailonvoolikuga. Pärast Aljaba vabriku sulgemist tutvustas W. Sword uut traatsõela versiooni: *Durascreen*, mille augud olid sõelas osaliselt täidetud painduva elektroforeeskatte polümeeriga. [18]

Tähtis innovatsioon oli Aljaba vabriku poolt loodud kahepoolsed masinad. Kangas jooksis vertikaalselt üles trafareti paari vahelt, trükkimis pasta tungis läbi trafarettide metallist silindrilise kummiraakli abil. [18]

Elektroodsadestatud niklist trafarett oli leiutus, mis põhjustas silindrilise trafaretiga siiditrüki järsu laienemise. Peter Zimmer tutvustas galvanosõela aastal 1961, Stork oma trafaretti aastal 1963. Need trafaretid tõestasid lähiajal oma kõrget kvaliteeti. Kui Stork tutvustas oma masinat 1963. a aset leidnud Rahvusvahelisel Tekstiili Masinate Näitusel (*International Textile Machinery Exhibition, ITMA*), saavutas see kohese edu, nii et Stork otsustas lõpetada automaatse lameda trafaretiga masinate tootmise. 1964. ja 1972. aastate vahel müüs Stork maailmas 600 pöörlevate osadega masinat. [18]

Masinad, mis kasutavad varrast või rullraaklit, on väga edukad trükkimiseks laiematel alustel, näiteks vaipadel. Hetkel on silindriliste trafarettidega siiditrükk kõige enam kasutatud meetod maailmas. [18]

1.2 Siiditrüki tehnoloogia

Siiditrüki peamised osad on värv, raakel, trükivorm, fotoemulsioon, trükiraam ja trükitud kujutis. Elastse raakliga surutakse värv läbi siidivormi materjalile. [11]

Siiditrükis on kõige tähtsamad trükivorm ja trükkiva raakli ehitus, millest oleneb väga palju trükise kvaliteet. Kontakti kohal antakse värv edasi trükitavale pinnale. Trükiaparaadi parameetriteks on tehnoloogiline vahe, raakli kaldenurk ja raakli liikumiskiirus trükivormi suhtes. Trükivorme võib siiditrükiks valmistada fotomehaaniliselt ja tänapäeval ka laserit kasutades. Kõige levinum on trükivormide valmistamine fotomehaanilisel teel. Sealjuures on aluseks metall- või puuraamile tõmmatud polümeerist valmistatud võrk. Selleks, et täita trükieleemendid värviga ja luua kontakt trükitava pinnaga, kasutatakse raaklinuga. Trükkimisel paindub võrgu pind, ja trükikontakti hüdrodünaamiline surve värvib raakli ja võrgu vahel. [11]

Hea kvaliteedi saavutamiseks peab vahe trükivormi ja trükitava eseme vahel olema minimaalne. Samuti peab olema raaklil ühesugune surve. [11]

Siidivorm kujutab endast raamile pingutatud poorset kangast. Tänapäeval kasutatakse ehtsa siidi asemel sünteetilisi materjale nagu nailon ja polüester. Uusim leiutus on veel metallvõrk, mis oma vastupidavuselt ja trükikvaliteedilt on hetkel tehnoloogia viimane sõna. [8]

Võrgusilma suurus valitakse vastavalt edasiantava kujutise iseloomule, kasutatavale materjalile ja trükivärvide kvaliteedile. Mida peenemad on kasutatava võrgu avad, seda täpsemini antakse edasi kujutist, kuid samas on raskem trükki teostada. [8]

Siidivormi valmistamise peamised etapid on järgmised:

1. Trükivorm kaetakse valgustundliku emulsiooniga mõlemalt poolt.
2. Valmistatakse vastava värvi originaal film-kalka.
3. Asetatakse film-kalka trükivormile.
4. Valgustatakse vormi läbi filmi vastavalt valgustundlikule emulsioonile etteantud valgustugevuse ja ajaga.
5. Eemaldatakse film ja pestakse vormilt valgustamata osa maha.
6. Vorm kuivatatakse hoolikalt ja teostatakse järelvalgustus. [8]

Antud protsessi eelduseks on see, et siidiraam on juba olemas. Kui see aga puudub, siis tuleb siid raamile korralikult peale pingutada. [8]

Üks tähtis komponent siiditrükis on raakel, millega surutakse värv läbi siidivormi. [8]

Alati peale tööd tuleb raakel puhastada ja jätta 24 tunniks seisma/hingama. Selliselt talitades väljuvad raakli pinnalt kõik lahusti värvi elemendid ja raakli eluiga on tunduvalt pikem. Samuti soovitatakse hoida neid pimedas tasase pinnaga kapis. Tänapäeval valmistatakse

raaklid spetsiaalselt värvidele ja lahustitele vastupidavast materjalist nagu kummi või polüuretaan. Väga tähtis on raakli suhteline kõvadus ja geomeetriline kuju. [8]

Raakli kõvadus oleneb trükitava materjali pinnast. Mida karedam on trükitav pind, seda pehmem peab raakel olema. Raakli kujust oleneb aga trüki tulemuse täpsus. Nii kannab näiteks ümmargune raakel üle rohkem värvi kui kitsas terava kujuga raakel. Samal ajal väheneb aga ümmarguse raakli puhul trükitava kujutise teravus ja koos sellega ka täpsus. [8]

1.3 Siiditrüki meetodid

1.3.1 Käsitsi siiditrükk

Trükkimine viiakse läbi tasapinnalisel laual, mis on kaetud vetruva vildist kihiga ja pestava tekiga, mis on tavaliselt kaetud neopreense kummiga. Kanga trükkimisel tekitatakse kuum õhk kas teki all või kuumaõhu ventilaatoritega. [18]

Tekstiil laotatakse lauale ja kinnitatakse tekile kasutades kas vees lahustuvat või poolpüsivat liimainet. Alternatiiviks on tekstiili kombineerimine alusriidega, mis imab endasse trükitava kanga trükivärvi. Mõnikord kombineeritakse kangas ja alusriie enne lauale fikseerimist, kasutades liimainet ja spetsiaalset kohandatud pesuväänamise rullplokki. Kombineerimine sobib kõige paremini väikese massiga kanga trükkimisel, kus on oht määrdumine või liimaine kadu suure värvipasta koguse tõttu. [18]

Enne kujutise trükkimist peab see olema trafarettidele sobivas mõõdus. Üks trafarett vastab ühele värvile. [18]

Trükkimisprotsessis surutakse viskoosne värvipasta läbi sõela kummiraakliga. Raakli kummist tera, mis on kinnitatud metallist või puidust toele, liigutatakse üle trafareti konstantse nurga ja rõhu all. Kui trafareti laius ei võimalda teisel trafaretil temast mööduda, siis võivad kaks operaatorit koos töötada: üks ühel pool, teine teisel pool lauda. [18]

Trükipasta kogust saab kontrollida järgnevalt:

- trafareti kanga võrk või raster. Tihedam võrk laseb rohkem trükipastat läbi voolata.
- Sõela riide avade fraktsioon, mis ei olene ainult võrgust, aga ka lõnga diameetrist ja järgnevate töötluste efektist, näiteks kalandreerimine.

- Kummiraakli tera kõvadus ja ristlõige. Kõva ja terava ristlõikega kummiraakel sobib kontuurideks. Pehme ja ümara teraga trükitakse rohkem trükipastat ja see sobib laikude trükkimiseks.
- Trükilaua tugevus. Kui laud on tugev, siis on sobilik kasutada pehmet kummiraaklit. Vetruga laua puhul eelistatakse tugevamat kummiraaklit.
- Trükipasta viskoossus. Trüki täpsuse piiramisel võib viskoossus erineda: lahjendatud värvipasta läheb kergemini läbi sõela kui viskoosne.
- Kummiraakli liigutuste arv. Tavaliselt piisab 2-4 liigutusest.
- Kummiraakli nurk ja rõhk.
- Kummiraakli kiirus. [18]

Enne trükkimist peab trafarett olema kangale ettevaatlikult asetatud. Täpsema trüki sissekandmise saavutamiseks kinnitatakse tavaliselt raamile klamber, mis ei lase kangal nihkuda. [18]

Käsitsi trükkimisel vahelduvad kujutise kordused tavaliselt mööda laua pikkust. See võimaldab trükipastal kangast läbi tungida ja osaliselt kuivada enne, kui raam läheb järgmisesse trükialasse. Kui kujutis sisaldab ka kontuure, siis need trükitakse kõigepealt, et saavutada maksimaalne elegantsus ja oleks kergem täpsemalt värvid sisse kanda. [18]

1.3.2 Poolautomaatne siiditrükk

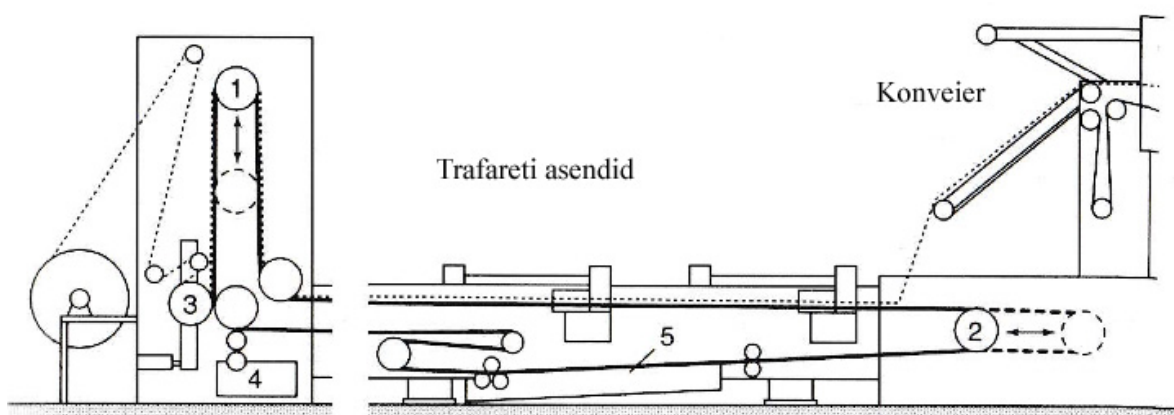
Poolautomaatne tasapinnalise trafaretiga siiditrükk on siiani väga populaarne, kuid tootmise ulatus ei ole kõrge. Poolautomaatses siiditrükis asetatakse trafarett veole, ja kummiraakel veetakse üle trafareti. Selles kasutatakse pikka lauda, mille mõõdud on 20-60 m. Poolautomaatse lame trafaretiga siiditrükis trükitakse värvid ükshaaval kuivamisajaga. Eelnevat meetodit kasutades saavutatakse selgemad tulemused kui trükkides värvid kiiremas järjestuses ehk märga materjali immutades. [18]

Lame trafaretiga siiditrüki automatiseerimise tase on viimasel ajal palju edasi arenenud. Tasapinnalise statsionaarse laua asemel on liikuv tekk. Kangale trükitakse esimese trafaretiga ja seejärel liigub kangas ümber laua, enne kui teise trafaretiga trükitakse. Head liimainet kasutatakse olukorra vältimiseks, kus kangas võib jääda kinni tema pea peale pööratud liikumises. [18]

1.3.3 Täisautomaatne tasapinnalise trafaretiga siiditrükk

Tasapinnalise siiditrüki kiiruse tõstmiseks hakati kõiki värve trükkima üheaegselt. Täielikult automaatse tasapinnalise trafaretiga siiditrüki masinate puhul kantakse värv läbi sõela, kui kangas on liikumatu. [18]

Joonisel 1.1 on välja toodud tüüpilise täisautomaatse siiditrüki masina lihtsustatud skeem. Joonisel 1.1 on positsioonil 1 ja 2 rullikud, mis tagavad teki konstantse liikumise, 3 on surverullik, 4 on liimi perioodilise pealekandmise seade, 5 on tekiriide pesuseade. [18]



Joonis 1.1. Tüüpilise täisautomaatse siiditrüki masina lihtsustatud skeem

Kõik trafaretid asetatakse täpselt mööda pikka lõputut tekki. Masinal, mis on trükivad mööblile traditsioonilisi kujutisi, on ruumi 15-le või enamale trafaretile. [18]

Kangas liimitakse tekile ja liigub tekiga koos perioodiliselt: kordamööda ühe trafareti korduse kaugusest. Kõik kujutise värvid trükitakse üheaegselt, samal ajal on kangas liikumatu. Seejärel tõstetakse trafarett üles, kangas ja tekk liiguvad edasi. Kui kangas jõuab teki pöördepunktini, siis tõmmatakse kangas pealt ära ja liigub edasi kuivatamisprotsessi. Määratud tekk pestakse ja kuivatatakse tema tagasiliikumise hetkel. [18]

Selles meetodis kasutatakse veepõhist liimainet. Liimikiht laotakse laiali kummiraakliga, kangas pressitakse surverulliga vastu liimist tekki. Mõnikord kasutatakse kuumõhkuivatit, et liim jõuaks kuivada enne kangale trükkimist. [18]

Mõnes olukorras kasutatakse poolpüsivat või püsivat liimainet. Sellised liimid põhinevad tihti akrüülpolümeeridel. Need taluvad pesemist, mis on vajalik üleliigse trükipasta eemaldamiseks. Neid tuleb vahetada pärast paari nädalat kasutamist. Termoplastilised

liimained on sobilikumad. Need kantakse tekile ja on kleepuvad ainult kuumutatult. Kuumust lastakse kas otse liimainekihile või kangale, et saavutada nõutud side. Sellised termoplastilised liimained võivad säilida mitme tuhande meetri kanga trükkimisel. [18]

1.3.3.1 Raakelsüsteemid

Kui trükkimisel kasutatakse lamedaid trafarette, siis saab värvipastat laiali laotada üle kogu trafareti. Üks, kaks või rohkem kummiraaklit saavad mööduda üksteise kõrvalt. Kaks kõige populaarsemat raakelsüsteemi on kirjeldatud allpool: dubleeritud teraga ja magnetrulliga raakel. [18]

Dubleeritud teraga raaklid asetsevad paralleelselt trafaretil ning neid liigutatakse üle sõela. Ainult tagumisel raaklil on kontakt trafaretiga. Juhtiv raakel on trafareti pinnast natuke üles tõstetud. Kui järgmist liigutust sooritatakse, siis liigub juhtiv raakel esimesel möödumisel tagumiseks raakliks. Dubleeritud teraga paigutus on kergem konstrueerida kui kasutada üksikut raaklit, kuna üksikut kummiraaklit tuleb tõsta iga liigutuse lõpus. [18]

Zimmeril oli täielikult teistsugune lähenemine. Tema leiutas rullikuga raakli, mis liikus vahelduvalt teki all elektromagneti abil. Sellist tüüpi raaklit kasutatakse Zimmeri lameda ja silindrilise trafaretiga masinates. Täielikult automatiseeritud lameda trafaretiga masinates veereb rullik pikkupidi, ja ühest möödumisest piisab, et saavutada ühtlane ja piisav kate. Rulliku diameeter peab olema piisavalt väike, et kogu pind oleks kaetud värvipastaga ühe möödumisega. [18]

1.3.3.2 Katkendlik liikumine

Katkendlik liikumine viitab mitmele probleemile, mis tulevad ette nii inseneridel kui ka printeritel. Need probleemid on võetud kokku allpool. [18]

Arengu staadiumis avastati, et teki liikumist ei saa tagada masinas ainult mootorjuhitava rulliga. Tekk kaldus libisema ja üle jooksma. Neopreeniga lamineeritud teki venitamine põhjustas samuti ebatäpsusi. Mõned varajased masinad sisaldasid metallist ribasid, mis asusid teki servades, et vähendada teki venivust ja takistada nihkumist. Kaasaegsed masinad

kasutavad tihti elektromagneetiliselt või hüdrauliliselt opereeritud klambrite komplekte, mis haaravad servad ning juhivad tekki täpselt ühe korduse kauguseni, ilma et see veniks. [18]

Veebaasil liimide kasutamisel tekib liimainet liiga palju iga teki seiskamise korral. Teki tagasiliikumisel võib juhtuda, et tekk pestakse üle. Šveitsi ettevõtte Buser on tutvustanud geniaalset meetodit, kuidas nendest raskustest üle saada. Sellega võimaldatakse teki järjepidev kontroll tagasiliikumisel. Mõlemas otsas olevad juhttrumlid toimivad kompensaatoritena tagades üheaegse, katkendliku ja järjepideva voo. [18]

Pärast trükkimist läheb kangas kuivatisse. Selles olukorras võib katkendlik liikumine tekitada järgnevaid probleeme: venimine ja ülekuivatamine. Ideaalselt peab kangas liikuma läbi kuivati konstantsel kiirusel. [18]

1.3.4 Silindrilise trafaretiga siiditrükk

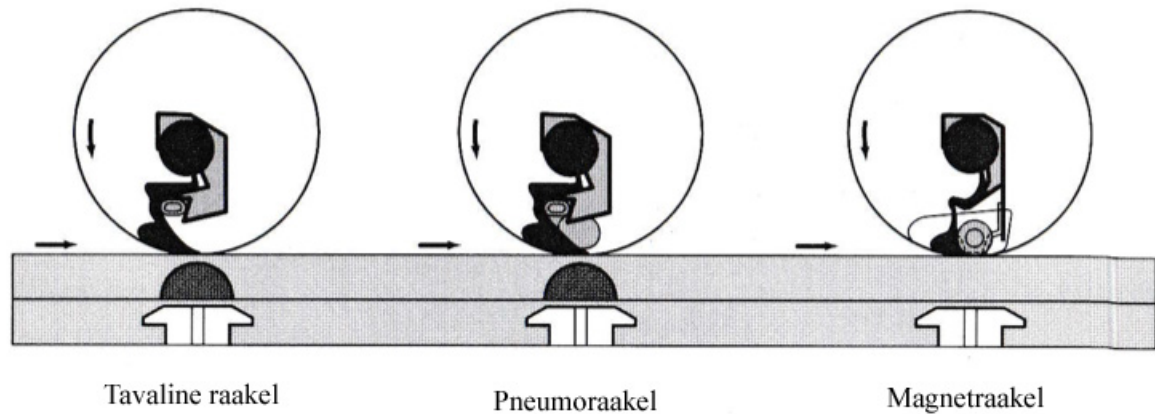
Tasapinnalise siidtrafaretiga trükkimist ei saa lugeda pidevaks protsessiks, sest värvide pealekandmisel seisab trükitav kangas paigal ja liigub siis, kui trükkimist ei toimu. Kanga pidev liikumine trükkimise ajal on võimalik vaid siis, kui kangaga koos liigub ka trafarett. Trafarett saab pidevalt liikuda siis, kui see on silindriline ja veereb trükitava kanga pinnal. Sellist trafaretti nimetatakse silindriliseks siiditrafaretiks. [20]

1.3.4.1 Raakelsüsteemid

Esimesed raaklid, mida kasutas Stork, olid kummist, kuid jätkuval liikumisel need kulusid ülemääraselt. Lisaks hakkasid kulunud raaklid lohisema, mis põhjustas trafarettide deformeerumist. Kõige eelneva tõttu pidi sellele alternatiivi leidma. Kummi asendati painduvate ja roostevabast terasest teraga. [18]

Kui raakliga kantakse ebahütlane rõhk, siis hakkab trükipasta kogus varieeruma. Hästi laiade kangaste trükkimisel on see olukord kõige tõsisem. Selle jaoks kasutatakse erimeetmeid. Näiteks, Reggiani raakelsüsteem sisaldab fosfor-pronks raaklit, mille varras pressitakse vastu täispuhutud kotti, millega tagatakse hütlane rõhk. [18]

Joonis 1.2 illustreerib silindrilise trafaretiga trüki raakelsüsteeme. [18]



Joonis 1.2. Silindrilise trafaretiga siiditrükis kasutatavad raakelsüsteemid

1.3.4.2 Ettevalmistus trükiks

Kuigi õmblusteta niklist trafarettide seinad on ainult 0,1 mm paksud, on nad siiski piisavalt tugevad et pöörelda, eeldades et nad on pandud pikkupidi pinge alla. Kerged alumiiniumsulamist rõngad on paigaldatud trafareti lõppu, hoolitsedes selle eest, et rõnga tasapind on õige nurga all trafareti pöörlemistelje suhtes. Kui raakli komplekt ja tase sobivad, nad on kohandatud ning painduvad värvitorud on ühendatud, siis on kõik trafaretid positsioonil. [18]

Trafareti rõngad mahuvad tavaliselt suletud laagritesse, kuid Peter Zimmeri masinad sisaldasid avatud laagrite süsteemi. See võimaldab järsku trafareti muutmist ning kergelt kohandada erinevaid trafareti rõnga diameetreid. [18]

Kui trükkida mitmevärvilist mustrit, siis kohendatakse trafarette nende pöörlemishetkel nii, et kantakse sisse kujundi kõik värvid. Paljud kanga meetrid lähevad raisku. Sellest probleemist on jagu saanud Saksa masinate tootja MBK, kes on tutvustanud lasertrafareti sissekandmismeetodit, et saavutada silindrilise trafareti täpsem joondumine enne trükkimist. Kiiratakse punast heelium/neoon laserkiirt ja reguleeritakse trafaretti, kuni kiir kiirgab läbi märgitud asukoha. [18]

1.3.4.3 Teki ja trafareti ülekanne

Osad silindertrafaretid on juhitud trafareti mõlemast otsast, et vältida keerdumist ja painutamist. Kui teki ja trafareti vahel on otsene kontakt, siis tuleb protsessi korrektselt reguleerida, ennetades teki libisemist pöörlevatel rullidel. Mida lähem on pöörleva masina tekk ja nende pidev liikumine, seda olulisemalt väheneb teki pikenedamine ja külgsuunas nihkumine. [18]

Üldjuhul klappivad mustrid pikendatud trükkimisel vähe, eriti laiade kangaste puhul, kanga hunniku või vaiba trükkimisel. Selle selgitas lahti Peter Zimmer, väites et need materjalid rakendavad olulist jõudu trafarettidele, tõmmates need õrnalt oma positsioonist välja. Õmbluskohal venib trafarett tagasi, millest tingitult on mustri sissekandmine mõjutatud. Zimmer väitis ka seda, et sellest probleemist on võimalik lahti saada nii, et trafaretti peab juhtima teki liikumiskiirusest aeglasemini. Stork rakendas sama viisi oma kõige hilisemal masinal, mis sisaldas iseseisvat kiiruse juhti iga trafareti kohta. [18]

1.3.4.4 Suured kordused

Tekstiili trükkimisel on silindrikujulise niklist trafareti standardne sisemine ümbermõõt: 640.0-640.1 mm. Pöörleva trafareti ümbermõõdud on järgmised: 518, 537 640, 668, 688 725, 801, 819, 914 ja 1018 mm. Need on kõige standardsemad. Isegi suurim trafarett ei taga sama suurt kordust kui suur tasapinnaline trafarett või vaiba kudumismasin. Peter Zimmer lahendas suurte korduste probleemi kasutades vahelduvat süsteemi: tõstes ja lastes alla trafaretti. Mustri värvi võidakse trükkida sektsioonide kaupa kahe või kolme trafaretiga. Kujundi piirkonnad ei hõlma tervenisti trafareti ümbermõõtu. [18]

1.4 Siiditrükiga peale trükitavad materjalid ja tooted

Siiditrükis saab kujutisi peale kanda polümeeridele, klaasile, metallile, puidule, tekstiilile ja loomulikult ka paberile ning papile. Erineva geomeetrilise kujuga pindadele on võimalik peale trükkida kasutades siiditrükki: tasapinnalised ja silindrilised. [17]

Tüüpilised tooted, mille peal kasutatakse siiditrüki meetodit, on postrid, kleepsud, kontrollpaneelid ja märgistused arvutitel. Lisaks nendele kasutatakse seda viisi tekstiilmaterjalidel: T-särgid jm rõivaesemed, vaibad, arvutihiirematid. [17]

1.4.1 Vaipade trükkimine

Vaipade trükkimine sai algues 50-ndate aastate alguses, kui alustati taftingvaipade tootmisega. Taftingvaipade tootmisprotsess ei võimaldanud saada piisavalt mustrilisi vaipu, mistõttu töötati välja trükimeetodid. Umbes pooled taftingvaipadest on trükitud mustriiga vaibad. [20]

Tasapinnalises siiditrükis (lameda trafaretiga) kasutatakse kahte trükiviisi:

- BDA-trükiviis dubleeritud kummiraakliga,
- Zimmeri trükiviis rullaaklitega. [20]

BDA-trükiviis oli kasutusel kuni 1990. aastateni. Zimmeri masina tööpõhimõte seisneb selles, et kasutatakse kahte elektromagnetiga käivitavat rullaaklit, mille vahel paikneb trükipasta. Rullaakli läbimõõt on 80 mm. Trükipasta surutakse rullaakli rullikute abil läbi mustriiga polüestervõrgu vaiba karvasusele. Trükitav vaip liigub kiirusega 2-4 m/min. Rullaakli erinevate värvidega komplekte võib olla, olenevalt mustrist ja kasutatavate värvitoonide arvust, palju – tavaliselt 6-7. [20]

1.5 Trükivärvid

Siidivärvid on ilmselt üks peamisi põhjuseid, miks seda tehnoloogiat siiski kasutatakse. Väga lai diapason eriotstarbelisi ja uskumatute omadustega värve on kasutusel seni ainult siiditrükis. Üks põhjuseid on just värvihulk, mis kantakse materjalile. Siit tuleb ka eripära, et trükki on võimalik käega tunda. [8]

Tekstiili trükkimisel kasutatakse peamiselt kahte trükivärvi: plastisolvärvi ja veebaasil värvi. Peale nende kahe on võimalik siiditrükimeetodiga peale kanda söövitus- ja isekuivavaid lahusti baasil värve. Kõigil neil on suures valikus erinevaid efektvärve, millega saab lahendada ka kõige ainulaadsemaid ning isikupärasemaid disainitud kontseptsioone. [2][14]

1.5.1 Plastisol

Plastisoltint on PVC-baasil süsteem, mis enamasti ei sisalda solventi, ja on termoplast. See on tahke tindisüsteem. Selle kasutamisel on tähtis kuumutada trükitindi kile temperatuurini, mis on piisavalt kõrge, et PVC molekulid saaksid luua vaigu ja plastifikaatori, mis omakorda ühinevad, ja sealjuures tahkestuvad või kõvenevad. Temperatuur, mille juures plastisol kõveneb tekstiilile trükkimisel, on 149-166°C. [2]

Plastisoltinti trükitakse enamasti järgnevatele tekstiiltoodetele: T-särgid, dressipluusid, jakid, kotid. [2]

Plastisoli peetakse kasutajasõbralikuks, sest seda on kerge käsitleda. Plastisoli võib jätta trafaretile pikemaks perioodiks ilma, et polümeer ummistaks võrgusilmi. Seda saab tõenäoliselt hakata otsekohe kasutama konteinerist välja võttes. Lisaks on plastisoltindi taaskasutus kerge. [2]

Kuna plastisolil on väga vähe või lausa puudub solvent, siis ta ei kuiva. Selline omadus lubab jätta tindi anuma kaane peale panemata, kuid siis satub tolm tindi sisse. Trükkimise lõpus saab üle jäänud tindi tagasi konteinerisse valada järgnevaks kasutuseks. [2]

Plastisol on mitmekülgne selles osas, et printerid ei pea tinti muutma. Nad on võimelised kasutama seda, ilma et peaks viskoossust korrigeerima. Plastisol võib olla läbipaistev või läbipaistmatu ja enamikel printeritel on saadaval erinevad versioonid olenevalt trükitava kanga tüübist ja tindi värvitoonist. Tindi läbipaistmatused varieeruvad suurelt hinna poolest: kõige läbipaistmatum on kõige kallim. See sõltub enamasti pigmendi koguse hinnast. [2]

1.5.2 Veebaasil tindid

Veebaasil tindid on sellised, mis kasutavad vett peamise solvendina. Tähtis on märkida, et paljud veebaasil tindid sisaldavad kaassolvente, mis võivad olla naftabaasil solvendid. Kaassolvente kasutatakse erinevatel põhjustel, aga peamine argument on oluliselt vähendada aega ja energiat tindikelme kõvendamisel. [2]

Veebaasil tint on hea valik siis, kui soovitakse “kerge käelist” tulemust. Kerge käsi on seisukord, kus tindikelmet ei saa käega kergelt tunda minnes üle kanga pinna. [2]

Veebaasil tint on hea valik olukorras, kus soovitakse tindi läbitungimist kangal, näiteks käterätiku trükkimisel. Rätikutel on kõrge topiline pind, millele tuleb trükkida viisiga, kus tint läheb sellest läbi või lasta läbi joosta kanga põhjani adekvaatse kattekihi saavutamiseks. Veebaasil tindid, mis on mõeldud kangast läbi jooskma, on suurepärased selleks aplikatsiooniks. Tindi läbijooksmine ei ole soovitud enamikel tekstiili trükkimisel, kuna see rikub kujutise ja mitmete värvide sissekandmise. [2]

Veepõhised tindid trükitakse õuemööbli tekstiilile. [2]

1.5.3 Efektvärvid

Söövitus on efekt, mille sooritamiseks kasutatakse eripastat, mis söövitab 100% puuvillasel kangal välja esialgse ehk enne kanga värvimist olnud tooni. Pastat on pigmentidega võimalik toonida. Värvid jäävad pastelsed. Täpse tooni saavutamine pole alati võimalik, kuna kanga värve on erinevalt töödeldud. Trüki tulemus on näha pärast toote välja tulemist tunnelkuivatist. Toote esimese pesuga eralduvad lõplikult kanga söövitus jäägid ning toon muutub lõplikuks. Lõpptulemuseks on trükil identne pehmus kangal. [14]

Efektvärviga saavutatakse reljeefsus. See kantakse kangale läbi paksu emulsioonikihiga kaetud raami. Eriti paksu/kõrge trüki saavutamiseks kantakse üksteise peale mitu kihti värvi. Trükiraamide valmistamiseks on vaja spetsiaalset kapillaarfilmi. [14]

Geel on läbipaistev kolmemõõtmeline värv, mis annab trükkides sileda peegelläikelise pinna. Saavutatakse märg efekt, millega saab trükkida näiteks vee piisad pudeli kujutisele jne. Trükk tumedale pinnale annab parima tulemuse. [14]

Siiditrükis saab luua seemisnähkse efekti. [14]

Puffiga saavutatakse mahuline efekt, mis on ümar ja kolmemõõtmeline. Värvile lisatakse spetsiaalne pasta, mis pärast kuumutatakse. Algselt läikiv toon muutub matiks. [14]

Siiditrükis on võimalik saavutada ka sametiefekt. Sümbolika trükitakse spetsiaalse pastaga ning seejärel pressitakse *flock* paberiga kaetud trükk kuumpressiga. Pinnale, kuhu oli trükitud pasta, kinnitub *flock*-tulemuseks on sametiselt pehme trükk. [14]

Folio efektiga saavutatakse metalne peegelsile läige. Tehnoloogia sarnaneb *flock*-trükile. Sümbolika trükitakse spetsiaalse pastaga ning seejärel pressitakse folio paberiga kaetud trükk kuumpressiga. Pinnale, kuhu oli trükitud pasta, kinnitub folio. [14]

Shimmer (helkiva-) -efekti jaoks kasutatakse pehme tekstuuriga värvi, milles on väikesed säravad/peegelduvad metallosakesed. [14]

Ultravioletne efekt saadakse peitetrüki läbipaistva pastaga, mille helendav efekt tuleb esile UV-valgusega täidetud keskkonnast. Seda on võimalik trükkida ka kattekihina teistele toonidele. [14]

Glitterilaadse välimuse saavutamiseks kasutatakse geeli, milles on metalltooniga eri suuruse ja värviga osakesed, mida on võimalik ka omavahel segada. Peened kujutised, mis on alla 2 mm, ei ole trükitavad, kuna osakesed ei ole siidi läbivad. [14]

Fosforiga saab luua päevavalguses kerge roheka tooniga ning pimedas helendavaid kujutisi. [14]

Helkur on toonilt hõbedane metallik. Helendab pimedas, kui peale suunata valgusvihk. Peamiselt on kasutatav ohutusvaldkonnas. [14]

Siiditrükis saab kasutada ka erinevad sädelevaid, matte ja läikivaid metalliktoone (kuld, hõbe, pronks jne), mida omakorda on võimalik segada, et saavutada soovitud tulemus. [14]

1.6 Arvuti süsteemid ja seadmed

1.6.2 CAD

Kõige olulisem areng trükitehnoloogias on olnud hilistel aastatel CAD-süsteemi (*Computer Aided Design*) arendamine. Koos nendega on ka välja arendatud lasergraveerimine, samuti kujundi immutamine paberile või kangale. Kõik need sõltuvad kujundi edukast digitaliseerimisest. See tähendab, et kujundi informatsiooni konverteeritakse binaarseks koodiks nii, et seda saab säilitada arvuti mällu. [18]

CAD-i kasutamine vähendab tunduvalt aega, mis läheb korduvate visandite, värvi eraldamiste ja värvitoonide redigeerimiseks. [18]

1.6.3 Skaneerimine

Kaasaegne tehnoloogia võimaldab luua kujundeid CAD-süsteemi graafilisel monitoril *Paintboxi* või muud sarnast tarkvara kasutades. Selleks kasutatakse arvutihiirt või ekraanipliiatsit. Enamik disaine luuakse siiski traditsiooniliselt: pintli või värvipihustiga paberile või papile. Originaalne pilt digitaliseeritakse skanneriga. Kujundi informatsioon talletatakse kompuutri mällu üks piksel (pildi element) korraga. Skanner analüüsib disaini üks rida korraga (s.t üks rida piksleid), muutes analoogse värvi info digitaalseks. [18]

Väikeste kujundite jaoks (kuni A3 suurus) piisab tavapärasest skannerist. Tavaliselt kasutavad taolised skannerid üksikut sensorit (*CCD Charge-Coupled Device*) peegeldunud valguse tabamiseks – paralleelselt filtreeritud punane, roheline ja sinine fluorestsentslambid – maksimaalse skaneerimise resolutsiooniga 300 täppi tolli kohta. Skaneerimiskiirus erineb resolutsioonist olenevalt, kuid maksimaalne on 30 ms joone kohta. Sellel kiirusel võtab A4-suuruse disaini skaneerimine 99 sekundit. [18]

Suuremad disainid nõuavad trummelskannerit. Taoline skanner kasutab ksenoon valgusallikat koos punase, rohelise ja sinise filtrite sekkumisega, ning fotokordisti sensorit. Trumli laius on 1160 mm ja übermõõt 1168 mm. Trummel pöörleb kuni 900 pööret minutis ning resolutsioon on horisontaalselt 3-33 täppi mm kohta ja vertikaalselt 5-80 täppi mm kohta. Digitaliseeritud disaini informatsioon saadetakse skannerist CAD-süsteemi. [18]

1.6.4 Värvide vähendamine

Tüüpiline protseduur käib järgnevalt: skaneeritakse disain suhteliselt madalal resolutsioonil, seejärel kuvatakse seda värvimonitoril. Selles staadiumis on iga muutus värvis – kas meelega tehtud või mitte – märgatav, ning tarkvara jagab disaini toonid mitmeks hulgaks. Järgmine samm on värvide vähendamine, mille abil muudetakse disaini toonid hõlpsasti koheldavaks. Pärast edasist töötlemist skaneeritakse disain uuesti kõrgema resolutsiooniga. [18]

1.6.5 CAD-i operatsioonid

Tüüpiline CAD-i tarkvara komplekt annab võimaluse suureks hulgaks manipulatsioonideks. Valikuteks on järgnevad:

- disaini kordus, nt neljaks jagamine lihtsamaks korduseks;
- disaini mõõtmine, et mahuks ekraanile;
- joonistamine ja pintseldamine;
- peegeldus, imiteerimise funktsioonid;
- üleulatumine;
- kopeerimise, liigutamise ja mõõtmise motiivid;
- väikeste alade suurendamine nende töötlemiseks;
- värvidega täitmine;
- toonide muutmine;
- varjutamine ja punkteerimine;
- värvide eraldamine;
- täppide eemaldamine (juhuslike täppide kustutamine värvide lahutamisel). [18]

1.6.6 Immutamine

CAD-süsteemi üks riistvaradest on värviprinter. “Immutamine” on termin, mida kasutatakse algselt värvitud paber kandja tootmisel graafikatööstuses, ja see on nüüd teretunud ka tekstiili valdkonnas. [18]

Arvutiga juhitud värviprintereid on erinevaid. Sinna hulka kuuluvad ka tindiprinter, termiline ja sublimatsiooniprinter. Tindiprinter on nendest enim kasutatav. Tindiprinterite tootjad kasutavad erinevaid viise laialdase värviskaala loomiseks, kuid utiliseerivad tavaliselt lahutavaid põhitoone – tsüaan, fuksiinpunane ja kollane – ja musta trükivärvideks. [18]

Tindiprinteritega immutamisel on kaks suurt puudust. [18]

Pidevas tindiprinteris (CIJ tindiprinter, *continuous inkjet*) voolab tint järjepidevalt. Seega kasutab väike disain suurel valgel pinnal samapalju tinti kui disain, mis katab 100% pinnast. Kallis tint läheb raisku, kui tinti ei ole nõutud konkreetsel momendil. [18]

Teine probleem seisneb düüside ummistumises. Selleks tuleb düüsid puhastada solvendiga siis, kui printer ei ole kasutuses. [18]

Trükitootjad on alati näidanud vastumeelsust kujutise esitamisele paberil. Trükivärvid, mis on disainitud kriidise pinnaga paberi jaoks, ei trüki kangale väga hästi. Selleks on Stork välja arendanud uue tindisüsteemi, mis on disainitud tekstiilile trükkimiseks. Trükivärvid sisaldavad kõrgelt puhastatud reaktiivseid värvaineid ja sobivad spetsiaalselt valmistatud puuvillale, raionile, villale ja siidile trükkimiseks. Immutamised aurutatakse ja pestakse maha. [18]

1.7 Meetodi puudused

Kõige suuremad ja tüüpilisemad probleemid, mis võivad siiditrüki lõpptulemust mõjutada, on välja toodud allpool.

1.7.1 Trükimasinas tekkivad probleemid

Trükimasinas võivad trafaretid kinni kiiluda. See võib olla põhjustatud järgnevatest teguritest: trükipasta kõrge viskoossus, raakli tera vale profiil, ebapiisav trafareti puhtus, paksendaja sadestumine trafareti alla või selle peal ja pidevad seiskamised trükkimisel. [1]

Trükkimise ajal võib hakata laaditud kangas libisema. Üldjuhul nihkub riie paigaldaja ebakompetentsuse tõttu: raamid ei ole pingutatud piisavalt ja kangale on liimaine paigaldatud ebavõrdselt, mis tekitab pinnale mulle. [1]

Kõrvetamist (*scorching*) põhjustab ebasobilik kuumutamine pressil lühivalgustusetapil (*flashing*) või termotöötles. Kõrvetamine võib välja paista mitmetes toonides, peaaegu märkamatu kollasest mustani. Plastisoltindid on kõige vastupidavamad, aga nõuavad termotöötles kuumust. Ebakvaliteetsele tootele viitavad suured kollased või pruunid alad

kujutisel, samas ka rabedad kiud. Kui teatud näitajad – temperatuur ja ajastus – ei ole termotöötlikes tasakaalus, siis võivad tooted kergelt süttida. [1]

Trükkimise lõpptulemus sõltub ka järgmistest faktoritest: trafaretile kantakse ebapiisav rõhk, kulunud termoplastkate, teki nihkumine, ebapiisav trükivärvi kogus trafaretis, mittepiisav temperatuur. [1]

Protsessis võib tekkida trükiviga või isegi puududa kanga õmbluskohtadel. Need on põhjustatud kanga halvast asetusest tekil ja defektsetest suunajatest. [1]

Liigne kokkupuude UV-kiirgusega võib põhjustada kujutise detailide kadumise. Kui emulsiooni valgustatakse UV-kiirgusega, siis ta polümeriseerub ning tekitab ristsidemeid, täites võrgustiku avad. Kui pikemalt valgustada UV-kiirgusega, siis võib see hakata mõjutama ka muid kujutise piirkondi. Selle tulemusena muutuvad kujutise ääred ebaühtlaseks ning need hajuvad. Samuti võib juhtuda, et kujutise servad kaovad üldse ära ja kujutis muutub üheks suureks plekiks. UV-kiirgusega valgustamisel võib muutuda raam tahkeks ja kõvaks emulsiooniks, mida ei ole võimalik pesta ja taaskasutada. [4]

Liigse UV-kiirgusega kokkupuute üheks põhjuseks on asjaolu, et ei kasutata optiliselt läbipaistvaid kilesid. Poolläbipaistmatu kile, nt peen pärgament, nõuab pikemat valgustamise aega. Seega võib UV-kiirgus läbi tungida palju kiiremini ka läbipaistmatutes piirkondades, s.t kujutises. [4]

Läbipaistvad kiled lubavad 91% UV-kiirgusest trafaretini, kuid peen pärgament lubab läbi tungida ainult 54,5% kiirgusest. Nende läbilaskvuse suure vahe tõttu peab ühte pikemalt valgustama ning sellega omakorda tõstetaksegi võimalust liigseks UV-kiirguseks. Juba 2-minutiline erinevus võib põhjustada UV-kiirguse tungimist läbipaistmatule alale. [4]

Detailide kadumise põhjustajaks on peale liigse UV-kiirgusega kokkupuute ka vale võrgusilmade arvu ning detailide suuruse omavaheline suhe. Peened jooned vähenevad või kaovad täielikult. Selle veaga võib kokku puutuda nii tööstuses kui individuaalselt kodustes tingimustes. [4]

1.7.2 Probleemid tekstiilkangastega

Probleem võib olla ka tekstiilmaterjalis. Kui värv ei nakku korralikult materjaliga, siis tuleb kas vahetada värvi või siis katta kanga pind *primeriga*. [9]

Polüester toodetel võib tekkida värvi ümberasumiseefekt, sest värvid ei suuda sünteetilise kiuga siduda. See efekt võib ilmuda pärast kujutise kuivamist või nädalaid hiljem. Selle poolt on kõige tuntumad punased valge tindiga särgid. [1]

Samuti võib tüli tekitada ka kanga elastsus. Trükkimise tulemuseks võib olla halvasti peale trükitud kujutis. Ettevaatlikult tuleb ümber käia geomeetriliste kujundite peale trükkimisel, sest nendega tulevad deformatsioonid rohkem nähtavale kui teiste kujutistega. [1]

1.7.3 Trükivärvide puudused

1.7.3.1 Plastisolvärv

Kuna plastisol on termoplast, siis see sulab iga kord, kui puutub kõrge temperatuuriga kokku. Sellel põhjusel ei saa plastisoltrükki triikida. [2]

Plastisoltint loob kelme, mis on käega tuntav. Mida suurem on tindi läbipaistmatus, seda paremini on kelmet käega tunda. [2]

Kui plastisol tuleb eemaldada mittekõvenenud staadiumis, siis kehtivad ohtlike kemikaalide eeskirjad. [2]

1.7.3.2 Veebaasil tint

Paljusid veebaasil tinte saab ka kiiresti kõvendada katalüsaatoritega. Sellega jätkub kõvenemine isegi siis, kui solvent pole tindist täielikult eemaldunud. Katalüsaatorite kasutamisel tuleb trükivärv kindla aja jooksul ära kasutada. Enamik katalüüsitud veebaasil trükivärvide eluiga jääb 4 ja 12 tunni vahele. [2]

Kuna veebaasil tindid sisaldavad vett, siis tuleks vältida trükivärvi kuivamist trafaretil. Isegi lühikese ajaga ummistuvad võrgusilmad, rikkudes trafaretti. Kuigi modernsed veebaasil tindid on vähem aldis sellisele efektile, on see siiski mure. [2]

Veebaasil tint on ka agressiivsem emulsioonide suhtes kui plastisol. Emulsioone kasutatakse trafareti šablooni moodustamisel. Tootjad valmistavad “vett-hülgavaid” emulsioone, mida kasutatakse veebaasil trükivärvidega trükkimisel. Tavalise emulsiooni kasutamisel hävitab

veebaasil trükivärv trafareti mõne minutiga. Ent trafareti eluiga kaldub ikkagi olema lühem hüdrofoobset emulsiooni kasutades. [2]

1.7.3.3 Fibrillatsioon ja matistamisefekt

Teatud trükivärvide kasutamisel võib tootel tekkida fibrillatsioon ja matistamisefekt. See esineb heledatel materjalidel. Efekt on nähtav trükkidel, kus on kasutatud läbipaistvaid trükivärve. Nende pesemisel võivad mõned kiud, kus puudub polümeerkate, välja paista läbi tindi kihi. Tulemuseks on kujutise äraväsimine või matistumine. See on hiljuti muutunud suureks probleemiks, sest turg nõuab suurema kaaluga tooteid. Nendes rasketes riidesemetes olevad kiud on kõige tundlikumad selle efekti suhtes. Protsess on tundlik matistamisele, sest kõik kasutusel olevad tindid (v.a must) on läbipaistvad. [1]

1.7.4 Keskkonda mõjutavad tegurid

Kemikaalid, eriti puhastamisel kasutatavad vedelikud, võivad olla aurustuvad ja toksilised. Seetõttu on vaja head ventilatsioonisüsteemi ja operaatori kaitset. [17]

Levib väärarusaam: kuna vett saab kasutada trafarettide, raaklite ja teiste vahendite puhastamiseks, siis saab jäätmevett valada kanalisatsioonitorusse. Veebaasil tint ei ole kõigest vesi. Selline tint sisaldab oma koostises pigmente, sideaineid, paksendajaid ja vahel ka kaassolvente. Trafareti puhastamise süsteem on soovituslik. Sellega saab kinni püüda tahkes olekus tinti. [2]

Lisaks saab katalüüsivõimata veebaasil tindi valada tagasi oma konteinerisse taaskasutuseks. Kui tint on katalüüsitud, siis tuleb arvestada ohtlike jäätmetega, kui seda pole just võimalik enne ära viskamist välja kuivatada. Kui seda ei saa kuivatada, siis tuleb see panna ohtlike jäätmete hulka. [2]

Trafarettide ja muu varustuse puhastamine plastisolvärvidega võib olla väga ohtlik keskkonnale. Selleks, et muuta trükivärv kergemini eemaldatavaks trafarettidelt, raaklitelt, spaatlitelt ja töö pinnalt, tuleb kasutada solventi. Tindijäätmed ja solvent tuleb eemaldada korrektselt. Õiget meetodit kasutades vähendatakse keskkonnaga kokkupuudet. [2]

2. DIGITAALTRÜKK

2.1 Ajalugu

Selles alapunktis on välja toodud kõige olulisemad sündmused ja avastused, mis on aitanud kaasa tekstiilmaterjalide digitaaltrükkimise loomisele. [19]

Juba 1686. a tunti tindipritsmetodi põhialuseid. Nende kuulutaja oli Edme Mariotte. Koos algteadmistega avaldas Mariotte töö hüdrodünaamikast, mis sisaldas teooriat vedelikutilga moodustumisest düüsist väljumisel. Ebenezer Kinnersley lisas sellele omapoolse teooria, demonstreerides elektri voo liikumist läbi vee (1748). Järgnevatel aastatel toimusid erisugused uuringud, kus katsetati staatilise elektri mõju läbi kapillaartoru. [19]

19. sajandil hakati tootma esimest tindipritssüsteemi (Lord Kelvin 1867) ja tutvustati pindpinevuse rolli piisa formeerimisel (Rayleigh, 1878). [19]

1920. ja 1930. aastatel taotleti patente tindipritsiiga trükkimisseadmete tootmiseks. Selles löid kaasa tunnustatud leiutajad nagu R. H. Ranger ja Francis G. Morehouse, Clarence W. Hansell, Kurt Gemsher. [19]

1951. a tuli Siemens välja esimese kaubanduslikult toodetud tindiprinteriga. 1959. a alustasid Austraalia laborandid oma arendatud leiutise ekspluateerimisega, millega sooviti luua elektrostaatiline pilt vedeltindiga. 1980. aastatel hakati 1930. aastatel leiutatud elektrofotograafia dekoratsioone trükkima kangastele, eriti T-särkidele ja teistele õmmeldud riideesemetele ja aksessuaaridele. [19]

1960. aastatel loodi immutamissüsteem (dr Hertz). Sellist laadi tehnoloogiaga toodetakse väga selgeid piisku väga kõrgel sagedusel, millega saab luua suure resolutsiooniga pilte paljude hallide või pooltoonidega. Kuid sellel süsteemil olid omad puudused: madal trükkimise tootmiskiirus ja tilkade kõrvalekaldumine kujutise alast välja. Lõpuks suutis Stork välja arendada eduka immutamissüsteemi kommertstrükiks. [19]

1967. aastal hakkasid professorid Sweet ja Cummings pidevat tindipritsiiga kahendsüsteemi looma. 1968. a muutis printerite tootja A. B. Dick Sweeti leiutise äriks koos seadmega

Videojet 9600. Selle seadmega loodi digitaalne kodeerimis- ja markeerimistööstus, mida oli võimalik kasutada ka tekstiilmaterjalide peal. [19]

1970. aastate alguses arendati digitaalne vaiba trükkimine, mis jõudis turule 1975. aastal Milliken Millitroni nime all. See seade tulistab värvi pideva voona pihustitest. Ebavajalikud piisad, mis ei osale kujutise loomisel, suunatakse õhuvooluga kõrvale. Ülejäänud tilgad jätkavad teed kandjani. Milliken arendas selle tehnoloogia resolutsiooni 10 dpi-st 70 dpi-ni. [19]

Aastal 1976 kuulutas Zimmer välja oma vaiba trükkimistehnoloogia. [19]

Tänapäeval on enamus kaubanduslikud vaibad trükitud digitaalselt. [19]

1977. a avastas Canoni Endo termilise tindipritsi printsiibi, kui asetati leegi lähedale vedelikuga täidetud pipett ja sealt eraldus tilk. Peagi puutusid uurijad Hewlett-Packardist (HP) kokku sarnase fenomeniga. 1984 tutvustas HP esimese kaubandusliku töölaua tindipritsi (*HP Thinkjet*). Canon arendas *Bubble Jet* tekstiiliprinteri 1990. aastatel, mis trükkis kangast laiusena kuni 1,6 m läbilaskvuskiirusega 1 m²/min. Sellist aparati ei võetud küll turul vastu tema kõrge jaehinna ja madala tootlikkuse tõttu, kuid see demonstreeris uut viisi disainimiseks, tekstiili trükkimiseks ja viimistlemise võimalusteks digitaalselt. [19]

Ichinose hakkas Du Pontiga koostööd tegema, et luua Artistri 2020 printerit. Selles kasutasid nad modifitseeritud piesoelektrilisi trükipeasid ja see seadeldis võeti turul vastu. [19]

1984. a tutvustas Canon digitaalset laserkopeerimissüsteemi. Canon jätkas lasertehnoloogia arendamist ning kolm aastat hiljem tulid nad välja värvilaserkoopjamasinaga. [19]

1980. aastal hakati Jaapanis välja mõtlema tekstiili trükkimise võimalust tindiprinteriga. 1991. a lisati tehnoloogiale tindipritsiga trükkimine. Sellel oli paigaldatud mõnisada piesoseadeldist. Seiren trükib digitaalselt auto sisustusele, spordi- ja ujumisriietustele, plakatitele ja igapäevastele rõivastele. Seiren on laiendanud digitaaltrükki üle kogu maailma oma tootmisteenustega Jaapanis, USA-s, Hiinas, Tais, Itaalias, Belgias ja Brasiilias. [19]

Rahvusvahelisel Tekstiilimasinate Näitusel (1999) esitas Stork oma digitaaltrüki printereid, üheks neist oli seitsmevärviline pideva tindipritssüsteemiga printer Amethyst. Storki idee oli trükkida selle masinaga reaktiiv- ja happevärvidega tselluloos- ja valkkiududele. Amethystiga tekkisid probleemid ning selle tootmine lõpetati, ent brändid Mimaki ja Konica võtsid kasutusele Storki tarkvara. [19]

2.2 Digitaaltrüki klassifitseerimine

Kuna digitaaltrükis on kasutusel erinevaid tehnoloogiad, siis on raske neid viia ühise näitaja alla. Klassifitseerimise põhilisteks näitajateks võiksid olla järgmised: trükiviis, värvus, kasutatavad materjalid. [19]

Selles töös käsitletakse suures ulatuses tindipriitsiga trükkimismeetodit. [19]

Tindipriitsiga trükkimine on tehnoloogia, kus suunatakse vedel tint kandjale teatud distantsilt ehk trükitav kangas ei ole kontaktis trükiseadmega. [20]

Tindipriitsiga trükkimisel on 3 põhilist komponenti:

- trükipea;
- trükivärv;
- kandja (tekstiilmaterjal või mõni muu trükitav materjal). [19]

Kõik osad peavad tegema koostööd, et saavutada vastuvõetavat tulemust. [19]

2.2.1 Tindipriitsiga trükkimise tehnoloogia

Tindipriitsiga trükkimistehnoloogia jaotatakse järgmistesse klassidesse:

- pidev trükkimine (*Continuous Ink Jet, CIJ*);
- trükkimine nõudmisel (*Drop-on-Demand, DOD*). [19]

Pideval trükkimisel pihustatakse trükivärv düüsi kaudu kontsantsel kiirusel ja rõhul. Tilgad satuvad kas kandjale või suunatakse värvikogumissüsteemi. Tilkade kõrvalekaldumiseks kantakse neile elektrivool ja nende liikumistrajektoori juhitakse elektriväljaga. Sõna “pidev” tulenebki operatsioonist, kus trükkimise vältel piserdatakse piiske. Pidevast trükkimisest on rohkem informatsiooni punktis 2.2.2. [19]

Trükkimine nõudmisel on meetod, kus tilgad pihustatakse ainult kujutise formeerimise momendil. Trükkimist nõudmisel kirjeldatakse lähemalt punktis 2.2.3. [19]

2.2.2 Pidev trükkimine

Selles meetodis pihustatakse düüsi trükivärv piiskade kujul. Tilkade suurused määravad pihusti ergastamiskiirus ja –sagedus. [19]

Traditsioonilises pidevas trükkimises kinnitatakse piesoelektriline andur trükipeale. Piiskadele kantakse elektrilaeng. Laengu suurus sõltub trükitud kujutisest. Tilgad läbivad elektrivälja ja hakkavad kõrvale kalduma. Selles meetodis on kaks viisi, kuidas tilgad kõrvale suunata. Kahendsüsteemis kallutakse tilgad kõrvale kas üksikule pikslile või värvikogumissüsteemi. Multisüsteemses kõrvalekaldumismeetodis saab tilgad korraga mitmele pikslile suunata. [19]

On loodud ka kolmas variant. Seda nimetatakse Hertzi meetodiks, kus igale pikslile on kindel kogus trükivärvi määratud. Seda saavutades genereeritakse väikesed tilgad kiirusega umbes 40 m/s, mille ergastamissagedus on üle 1 MHz. Trükkimisele minevatele tilkadele kantakse väiksem laeng, et tilgad ei liituks omavahel pihustamisel. [19]

Terminilisel pideval trükkimistehnoloogial on mitu kõrvalekaldumise mehhanismi. Üks võimalus on kanda tilkadele elektrilaeng. Teise variandi puhul vähendatakse mittevajalike tilkade suurust ning need suunatakse õhuvooluga kogumissüsteemi. Kolmas viis on juhtida lahku tõmmatud tilgad kahte iseseisvalt juhitavasse kuumutajasse. [19]

Pideva trükkimise meetodi keerukuse tõttu – laeng ja kõrvalekaldumine, trükivärvi retsirkulatsioon, survestamine – on trükipeade väärtus kõrge. Seda tehnoloogiat kasutatakse tööstuses. [19]

2.2.3 Trükkimine nõudmisel

Trükkimisel nõudmisel on kaks peamist tilga moodustamise mehhanismi:

- piesoelektriline;
- terminiline tindiprits. [19]

Piesoelektrilise tindipritsiga surutakse trükivärvi tilgad düüsi välja ja trükipea tulistab pidevalt tindipiisku kandja suunas. See saavutatakse tänu düüside pidevale vibratsioonile. Vibratsiooni tekitab piesoelement. [12][19]

Termiline trükkimine sarnaneb plahvatuslega. Meetodis kasutatakse düüsi sisse ehitatud elektrilist kütteseadet. Seadet läbinud elektrivool tõstab tindi temperatuuri üle 300°C. Nii hakkavad õhumullide võimsad tsentrid moodustuma ja paisuma. Paisunud mull jahtub, temas olev rõhk alaneb kiiresti, mull saavutab maksimaalse suuruse ning kukub kokku. Õhumullide plahvatuslik paisumine surub tindi düüsist välja. [19]

Termilisel trükkimisel kasutatakse veebaasil trükivärve, sest mullide kasv on veega veel võimsam kui teiste solventidega. [19]

2.3 Digitaalselt peale trükitavad materjalid

Tekstiilmaterjale on erinevaid: looduslikud, sünteetilised, venivad jne. Igale tekstiilmaterjalile on võimalik digitaalselt peale trükkida, kuid iga trükivärv ei sobi kõikidele kangastele. Milline trükivärv sobib, sõltub tekstiilmaterjali keemiast ja struktuurist: kas kangas on kootud või mittekootud. Allpool olev tabel 2.1 kirjeldab trükivärvide sobivust tekstiilmaterjaliga ja lisatud on ka nende materjalide järeltöötlusviis. [5][15]

Tabel 2.1

Trükivärvide sobivus tekstiilmaterjalidega ja nende järeltöötlemisviis

| | Puuvill | Siid | Polüester | Nailon | Vill |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------------|---------------|-------------|
| HAPPEVÄRV Eeltöödeldud kangas: aur, pesu, kuivatus. | | X | X | X | X |
| REAKTIIVVÄRV Eeltöödeldud kangas: aur, pesu, kuivatus. | X | X | X | | |
| DISPERSIOONVÄRV Eeltöödeldud kangas: kuumõhk. | | | X | | |
| PIGMENTEERITUD VÄRV Mitte-eeltöödeldud kangas: kuumõhk. | X | X | X | X | X |

Logode ja piltide kandmiseks toodetele ja naturaalsele materjalidele saab kasutada erinevaid tehnoloogiaid ja digitaaltrükk on üks nendest. [16]

Lisaks lipukangastele saab digitaaltrükki teostada erinevatele polüestermaterjalidele. [16]

Sisustustekstiilide peal, nt padjad, linikud, laudlinad, kardinad, lambikatted, toolikatted jne, rakendatakse ka digitaaltrükki. Need on kergesti hooldatavad, värvid ei pleegi pesus ega kulu maha. [16]

Valmistada saab ka erinevaid tellija stilistikaga tooteid – kaelarätid, siidised sallid, pikad lipsud, kandekotid, põlled, T-särgid jm. [16]

Visuaalses kommunikatsioonis (nt reklaamid ja bannerid) kasutatakse kõige enam polüesterbaasil kangast. USA-s kasutatakse tihti nailonit. Kaasaegsel turul on standard kootud polüester. [5]

2.3.1 Vaipade ja lõngade trükkimine

2.3.1.1 Tindipritsiga trükkimine

Tindipritsiga trükkimist kasutatakse vaipadele mustri trükkimiseks. Muster trükitakse vaibale nii, et pritsitakse vaiba pinnale mustrikohaselt väga väikesed värvilahuse tilgakesed. Kasutatakse kahte põhilist meetodit. [20]

Esimeses meetodis suunatakse pihustist väljuvad tilgakesed vaibale. Pihusti avanemist ja sulgemist juhitakse vastavalt mustrile arvutiprogrammi abil. [20]

Teises meetodis pihustatakse läbi pika pilupihusti väljuv värvilahusejuga tilgakesteks ja suunatakse vaibale. Värvijoaga risti on paigutatud õhk-juga-puhurid, mis käivituvad momendil, kui värvipihustamine ei ole vajalik. Õhujuga suunab nimetatud osa pihustatud joast erilisse värvipüünisesse ja sel momendil selles kohas värv vaibani ei jõua. Õhk-juga-puhureid juhitakse samuti arvutiprogrammiga. [20]

2.3.1.2 Digitaalne tindipritsiga trükkimine

Arenevaks meetodiks, mis muudab põhimõtteliselt arusaamasid tekstiilmaterjalide dekoreerimist trükkimise teel, on digitaalne tindipritsiga trükkimine. [20]

Tindipritsiga trükkimist on kasutatud nii mõnedki aastad piiratud koguses vaipade trükkimisel (Milltroni[®] protsess), kus kujundi täpsusel ei ole eriti suurt tähtsust. Viimastel aastatel on

arendatud tehnikaid, mis võimaldavad kangale kanda kuni 15 värvipunkti ühele millimeetrile, mille tulemusel saadakse väga peen ja täpse kujutisega muster. [20]

Tindipritsprinter koosneb järgmistest osadest: tindi ettekanne, nelja tindipritsiga trükipea, trükipead liikuma panev mehhanism, mis liigutab viimast risti kogu kanga laiuses edasi-tagasi, CAD-süsteem, mis võimaldab disainida mustrit ja värvitilga moodustumist, värvide segunemist. Tindipritsiga trükkimisel kasutatakse nelja tindipritsi, igauks erineva tindivärviga, mille kokkusegamisel saadakse kangal vajalik värvitoon. [20]

Trükipea neli tindipritsi sisaldavad järgmisi põhivärve:

- tsüaan (helesinine);
- magenta (fuksiinpunane);
- kollane;
- must. [20]

Arvuti juhtimisel pritsib iga tindiprits oma värvilise tindi ettenähtud kohta mustris, kusjuures vajalik värvitoon saavutatakse nende nelja värvi tinditilgakeste segunemisel kangal. [20]

Tindipritsi tähtsamaiks tööorganiks on tindipritsi trükipea, mille tööpõhimõte võib olla kolme tüüpi. [20]

Tindiprits-süsteemide areng liigub mitmes suunas. [20]

Esmalt arendatakse erinevate riidesortide värvimiseks vajaminevaid värve (tinte). Oluline on, et need ei ummistaks pihusti düüse ega kuivaks enne tekstiilmaterjalile jõudmist, sealjuures kinnituksid kangal pesukindlalt. [20]

Teine arendussuund on tarkvara arendus. Arvuti peab olema suuteline juhtima vajaliku mustri tekkimist kangal. Samuti peab arvuti kontrollima trükipeade tööd ja suunama teatud punkti eri kogustes puhtaid põhivärve, et nende segunemisel tekiks vajalik värvitoon. Teisiti öeldes peab arvuti otsustama, mitu tilka peab iga düüs välja pihustama, et kangal tekiks lõplik, mustriiga määratud värvus. [20]

Trükkimisele järgneb, olenevalt trükitava materjali liigist ja kasutatava trükivärvi klassist, kanga järeltöötlemine. See võib sisaldada pesemist, trükivärvi fikseerimist jne eesmärgil tagada trükise valgus- ja pesukindlus. Järeltöötlus toimub viisil, mis on analoogne teiste trükkimismeetodite järel kasutatavate võtetega. [20]

Tindipritsiga trükkimise meetod on ainus, kus trükitav kangas ei ole kontaktis trükiseadmega, sest trükivärv pritsitakse kangale teatud distantsilt. See võimaldab trükkida survele tundlikke kangaid. [20]

2.4 Trükivärvid

Tindipritsiga trükivärvidele esitatakse väga täpsed ja keerulised nõuded. Seni pole suudetud luua värve, mis vastaks kõigile nendele nõuetele. Sellisteks põhinõueteks on järgmised:

- Värvid peavad säilima võimalikult kaua;
- Värvid peavad kergelt voolama läbi peenikeste kapillaaride;
- Värvide vedelik peab keema ja kondenseeruma ilma omadusi kaotamata;
- Värv ei tohi välja voolata kapillaaridest;
- Värvitilgad peavad olema ühesuguste mõõdetega;
- Värv peab võimalikult kiiresti (momentaalselt) kuivama trükipinnal;
- Värv peab hästi kinnistuma trükipinnale;
- Värv peab olema katvate omadustega;
- Värvid ei tohi valguse käes pleekida;
- Värvid peavad omama polügraafiliste triaadvärvide värvusi;
- Värvide pealispind peab olema mehaaniliselt tugev. [13]

Selliste nõuete täitmine on äärmiselt keeruline, kuna nii mõneski punktis on nad vastuolulised. [13]

Valdavalt on tindipritsiga trüki värvid veebaasil valmistatud tindid, milledele on lisatud glütseriini, glükooli, etüülpiiritust ja orgaanilisi vedelaid pigmente. On kasutusel ka tahkeid pigmente. [13]

2.4.1 Tindipritsiga trükkimise tootmisprotsess

Tekstiili digitaaltrükis kasutatakse trükivärvideks kõige enam happe-, dispersioon- ja reaktiivvärve. Peale nende kolme on digitaaltrükis kasutusel ka sublimatsioonvärvid. Nende trükivärvide kohta leidub informatsiooni allpool. [3]

2.4.2 Happevärvid

Trükivärvidest valitakse tekstiili trükkimise jaoks kõige enam vees lahustuvaid värve. Tindipritsiiga trükkimises kasutatakse kõige enam happevärve. Nendega trükitakse põhiliselt villale, valkkiududele, siidile ja polüamiidile. Kasutatavad printerid on piesoelektrilised ja termilised. Need trükivärvid ei blokeeri trükipeasid, mis on suur eelis. Happevärvidel on kõrge värviküllastus ja hea värvifikseerimine. Tänu nendele omadustele saadakse kirevaid värvitoone. [3][19]

2.4.3 Reaktiivvärvid

Reaktiivvärve trükitakse tekstiilkangastele, siidile, villale, nailonile ja keemilistele kiududele. Printeritest saab kasutada piesoelektrilist. [3]

Reaktiivvärvid reageerivad kangas tselluloosaniooniga ja nukleofiilidega. Selline reaktsioon vähendab polümeeriga värvimise efektiivsust. Niimoodi läheb järeltöötlemisetapis osa trükivärvi raisku. Kui järeltöötlemises ei viida väljapesemise protsessi lõpuni, siis ei ole toode pesemisel püsiv. [19]

2.4.3 Dispersioonvärvid

Dispersioonvärvidega saab luua erksaid värve. Neid trükivärve saab suurepäraselt ja lõputult kasutada. [3]

Tindipritsiiga trükis kantakse dispersioonvärve kandjale kahel viisil:

- otsetrükk;
- sublimatsioontrükk. [19]

Viimase puhul kasutatakse suhteliselt madala molekulmassiga ja hüdrofoobseid dispersioonvärve. Sublimatsioontrükis trükitakse spetsiaalse siirdepaberile ja kujutis kantakse kangale kuumpressiga. See ei vaja järeltöötlemist nagu aurutamist ega keemilist fikseerimist. [19]

2.4.4 Sublimatsioonvärv

Sublimatsioonvärvide eelis on asjaolu, et värvained seovad kiuga sublimatsioonil või fikseerimisel. Värvid on tekstiili sees, mitte peale kantavas värvikihis ega tekstiili pinnal. Sublimatsioonvärve on kergem peale trükkida, kuid nende puuduseks on kerge kulumine. Nende vastupanuvõime UV-kiirguse suhtes on väike võrreldes dispersioonvärvidega. Veebaasil sublimatsioonvärvide eeliseks on ohtlike komponentide puudumine. [5]

2.4.5 Lisandid

Pindaktiivsed komponendid trükivärvis mõjutavad liikuvust kapillaaris ja tilga moodustumist, värvi homogeensust ja mullitamise vähendamist lahustunud õhu pindpinevust alandades. Teised faktorid, mis mõjutavad solventi ja pindaktiivsete ainete kontsentratsiooni ja nende tüübi valikut, on trükivärvi lahustuvus ja stabiilsus. Tabelis 2.2 on esitatud sagedamini kasutatavad lisandid. [19]

Tabel 2.2

Sagedamini kasutatavad trükivärvide lisandid

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Pindaktiivne aine | UV absorber |
| Antioksidatiivne aine | Hügrokoopiline aine |
| Infrapuna absorber | Fluorestsents valgendav aine |
| Mittekergeisüttiv aine | Püsivuse tugevdaja |
| Lõhnaained | Fikseerimise kiirendaja |
| Antiseptikud | Desinfektsioonivahend |

Neid kasutatakse tekstiiltoote viimistlemisel eeltöötlemisel, tindiprits trükivärvides ja/või järeltöötlemisel. [19]

2.4.6 Valgetint

Ilma valge trükivärvita ei ole võimalik trükkida tumedatele riideesemetele nagu T-särk. Vaatamata tema vajalikkusele on olnud valge trükivärvi areng digitaaltrükis aeglane ja keeruline. Arendamisel on käsitletud varjamist ja väljavoolu. [19]

Väljavoolu eesmärk on mitte lasta nähtaval valgusel absorbeeruda värvi molekulidesse. Väljavoolus kasutatav aine peab sobima värvi molekulide keemiaga. [19]

Varjamisega paigaldatakse substraadi pinnale valgust hajutav kiht, nii et valgus ei absorbeeruks substraati. Valguse hajutamiseks kasutatakse anorgaanilisi või orgaanilisi pigmente. Anorgaanilised pigmendid on metalloksiidid või soolad, nt kõrge murdumisnäitajaga Ti_2O . Orgaanilised pigmendid on suhteliselt kõrge murdumisnäitajaga või õõnsate südamekega tahked helmed. [19]

Ideaalset lahust ei ole veel leiutatud. Piisava valgeduse saavutamiseks kas eeltöödeldakse või kombineeritakse väljavool ja varjamine. [19]

2.4.7 Kanga eeltöötlus

Eeltöötlemise eesmärk on vältida trükivärvi mahavalgumist. Lisaks parandab see trükkimisprotsessi. [19]

Eeltöötlemise materjalid on hüdrofiilsed, mis tähendab, et nad on tundlikud niiske keskkonna suhtes. Seega töödeldud kanga hoiustamisel laos on oluline niiskuse reguleerimine. Eeltöödeldud tekstiilmaterjalide konditsioneerimine enne trükkimist on samuti oluline, et kujutise kvaliteet oleks kõrge. Kui niiskuse sisaldus on madalam, siis värviküllastus ja tihedus vähenevad. [19]

Kiud, mis on korduvate fragmentidega polümeerid, on hüdrofiilsete omadustega. Seega kasutavad nad jõudu ionide tõmbamiseks, kui neid happevärvidega trükkida. Nende omaduste tõttu ei ole alati vaja eeltöötlemist ega fikseerimisainet kasutada. [19]

Kui tekstiilmaterjali trükitakse reaktiivvärvidega, siis sisaldab eeltöötlemise lahus tavaliselt järgnevaid komponente: vees lahustuvat polümeeri, baasi (Na_2CO_3), soolasid

(naatriumalginaat) ja ureat. Ühendid valitakse selle järgi, mis ei reageeri reaktiivvärviga. Vees lahustuvad orgaanilised solvendid reageerivad selliste trükivärvidega. Na_2CO_3 on katalüsaator, mille ülesanne on tõsta pH taset hüdrolüüsides. Naatriumalginaat ja urea muudavad värvimise homogeenseks ning hoiavad kangas niiskust. [19]

Polüester on hüdrofoobne materjal, mida tuleb eeltöelda hüdrofiilse polümeeriga efektiivse trükitud kujutise saavutamiseks. Kujutisi trükitakse polüestriile dispersioonvärvidega. Eeltöeldud materjalid tagavad homogeense märgavuse polüestriile ja trükivärviga kaetavale kihile, saavutades tänu sellele hea kujutise kvaliteedi ning sujuva ülekande kiule. [19]

2.4.8 Trükivärvi fikseerimine

Nagu eeltötlusega on järeltötlus samuti seotud trükivärvi formulatsiooniga. Kui vees lahustuv orgaaniline solvent on ülemäära kontsentreeritud, siis võib kujutis hakata laiali valguma kinnistumisstaadiumis. Happevärvide puhul peab kangast aurutama, pesema ja seejärel kuivatama. Kangas aurutatakse, pestakse ning pärast kuivatatakse kui trükkimisel kasutatakse reaktiivvärve. Dispersioonvärvid vajavad kuivõhuvoolu, et kangale kinnistuda. Dispersioonvärvide järeltöötlemisel saavutatakse erksaid toone ning kujutis on materjalil kauakestev. [3][15][19]

2.5 Arvutisüsteemid ja masinad

Printeriga kaasasolev tarkvara muudab kujutise/mustri andmed printeri jaoks mõistvaks informatsiooniks. Disaini ja saadava kujutise/mustri värvitoonid peavad olema ligilähedased. Tarkvara annab printerile ka mõista tilkade asukoha ning suuruse. Mõned programmid võimaldavad manipuleerida kujutisega. Üks tuntum ja enim kasutatav programm on Adobe Photoshop. [15]

2.5.1 Tarkvara: CAD ja CAM

Tekstiilitööstus on vastu võtnud sellised süsteemid nagu CAD (*Computer Aided Design*), mis on mõeldud mustrite redigeerimiseks, ja CAM (*Computer Aided Manufacture*) et masinate seadeid hõlbustada, pastat trükkida ja kujutisi luua. Vaatamata tindipritsiiga trükiseadmete arendamisele olid CAD-CAM süsteemid loodud esmalt traditsiooniliste trükimeetodite jaoks. [19]

Mitmed tindipritsprinterid olid disainitud algselt paberile trükkimiseks. Tehnilised terminid, mis on seotud punktihedusega nagu täpid või jooned tolli kohta (dpi või lpi), jäeti alles. [19]

Tindipritsiiga trükk on fundamentaalselt erinev kõikidest teistest tekstiilitrüki meetoditest mitte ainult selle poolest, et trükipea ega kandja ei puutu mehhanismis kokku, vaid ka värve toodetakse disainis individuaalselt. Traditsioonilises tekstiilitrükis kasutatakse kujutise loomisel ühte trafaretti iga värvi jaoks. Selle eest valmistatakse ette üksik trükipasta soovitud tooni saamiseks. Igasugused kalkulatsioonid on tindipritsiiga trükis olulised miljonite pikslite tootmiseks terve trükkimise jooksul. [19]

2.5.2 CAD, redigeerimine ja informatsiooni mälusüsteemid

Kaasaegne tehnoloogia võimaldab luua mustreid kasutades vastavat tarkvara koos graafika lauaga, ent eelistatakse ikkagi paberit, pappi, pintsli ja värvipihustit. Paberil või papil olev kujutis skaneeritakse arvutisse redigeerimiseks. [19]

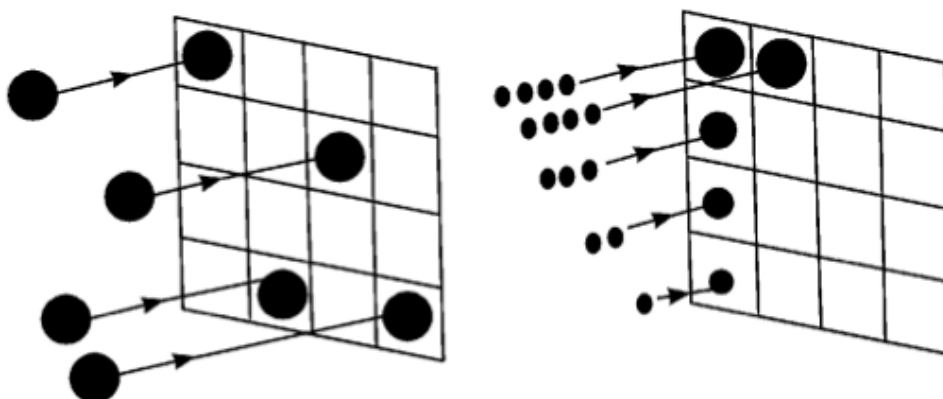
Skanneritest kasutatakse tasaskannerit (kuni formaadini A3) või trummelskannerit suurema (kuni A0) formaadi jaoks. Skannerite resolutsioon on kuni 2000 dpi või rohkem, kuid mustri trükkimiseks tekstiilile piisab 300-600 dpi-ist. Skanner salvestab igat pintsliõmmet ja varju nüanssi, isegi väiksemaid plekke, mida hiljem puhastatakse ja redigeeritakse tarkvaras. Skaneeritud kujutis kuvatakse kompuutri monitoril. Kujutis jaotatakse kindlaks arvuks värvitoonideks (maksimaalne 8-12). Edasi redigeeritakse kujutis korduva mustri jaoks. Neid protsesse sooritatakse järgnevate patenteeritud CAD-i programmide kasutamisega: Adobe Photoshop, Corel Photo-Paint, Jasc Paintshop Pro. [19]

Kui kujutis on jaotatud teatud arvuks värvitoonideks, siis korrigeeritakse neid ühekaupa. Rändama läinud defektid isoleeritakse väikesteks kõrvalisteks piksli gruppideks ning need kustutatakse ära, piirjooned puhastatakse ja silutakse. Pärast värvide jaotamise operatsiooni eksamineeritakse mustri iga tooni elemente kihtidena, kohendatakse mõõtmeid ja seejärel monteeritakse tervikuks. [19]

2.5.3 Piksli ja kujutise kujunemine tindipritsiiga trüki printeritega

Väikesed tilgad moodustatakse tindipritsiiga trükis mehhaanilise pulsiga (pieso) või termiliselt, tekitades konarliku ringikuju pinnale. Tilkade maht on tavaliselt 5-10 pikoliitrit (pl, 10^{-12} liitrit). See sõltub trükipea disainist ja elektriliselt juhitavatest pulsside iseloomust. [19]

Iga piksel moodustatakse paljudest tilkadest. Piksleid, millel on 4*4, 6*6 või 8*8 mudeli struktuurid, nimetatakse superpikslikeks (joonis 2.1) ja nendesse mudeli aladesse suunatakse tilgad. Paljud tindipritsprinterite kahendsüsteemid lasevad ainult ühe tilga igat värvi ühele või rohkemale 16, 36 või 64 mudeli asukohale. Mõned kaasaegsed termilised ja piesotüüpi printerid toodavad pooltooniefekte, projekteerides trükivärvi piisad superpiksli igasse mudeli piirkonda. [19]



Joonis 2.1. Pooltoonimine kahend- ja mitmesüsteemiga.

Tekstiili trükkimise lineaarne kiirus sõltub järgmistest teguritest:

- Trükipeade maksimaalne reageerimissagedus skaneerimisel üle kanga laiuse ja kas skaneerimine on ühekäiguline või kahesuunaline;
- Kaetud kanga riba laius igal skaneerimisel ja sellest tulenev kanga läbitud teepikkus pärast igat trükipeade möödumist;
- Kanga laius;
- Trükkimise täpsus ja superpiksli mudeli suurus (mida suurem superpiksel, seda aeglasem tootmine). [19]

2.5.4 Printerid

Turul müügil olevaid printereid saab klassifitseerida kiiruse alusel nelja gruppi. [15]

Esimest tüüpi printerid töötavad kiirusel 4-12,5 m²/h. Osad seda tüüpi printerid kasutavad Epsoni trükipeasid, millega saab trükkida kõikide trükivärvidega. Võimalik on trükkida kootud rõivaesemeid, sest printeri teisaldamissüsteem suudab kontrollida kanga venivust teatud piirini. [15]

Teist tüüpi printerid töötavad kiirusel 16-33,5 m²/h. Nendesse on paigaldatud kleepuv lint, millele laaditakse kangas. Osad neist kasutavad samuti Epsoni trükipeasid. [15]

Kolmanda tüüpi printeris liigub kangas 58-334 m²/h. Mõnedesse seda tüüpi printeritesse on paigaldatud Kyocera trükipead. Nendega saab trükkida ainult kolme trükivärviga, milleks on reaktiiv-, happe- ja dispersioonvärvid. [15]

Neljanda tüüpi printer töötab 70 m/min, kasutades fikseeritud Kyocera trükipeade mudelit. [15]

Tekstiilitööstuses kasutatavad tindipritspritnerid on resolutsiooniga tüüpiliselt 300/360 või 600/720 dpi. [19]

2.5.5 Produktiivsuse parandamine

Kunagi asendab digitaaltrükk tavapärase siiditrüki, kui see ületab tootmises 200 m²/h. Hetkel on digitaaltrüki kiirus praktilisel kasutusel 30 m²/h või vähem. Samal ajal, arendades

trükkimise kiirust, tuleb hoida kvaliteeti. 30-50 m²/h saavutamine ja kõrge kvaliteediga (720 dpi) kujutiste trükkimine on hetkel turu poolt kõige enam nõutud, end tindi väärtust tuleb alandada. [19]

2.5.6 Masina tulemuslikkuse seire

Igal masinal on automaatne düüside läbipesutsükkel ebavajalike situatsioonide vältimiseks, nagu kiudude kleepumine düüsi avause plaatidele. Mõned tootjad annavad oma trükipeadele garanteeritud minimaalse eluea, nt Storki printerite Amber ja Zircon düüside garantii on 3000 tundi (umbes 6-12 kuud). Kui on tegemist piesoelektri trükipeadega, siis nende vahetamiseks on vaja tehnikut. Tinditüübi vahetamisel saab piesoelektrilisi trükipeasid läbi pesta spetsiaalse puhastusvedelikuga ja tindi pudelid kiiresti ära vahetada. [19]

2.6 Meetodi puudused

Allpool on välja toodud digitaaltrükis ettetulevad probleemid ja puudused.

- Puuduvad värvid, mis oleks universaalsed kõigi trükimaterjalide kasutamisel;
- Värvid pole harilikult veekindlad;
- Olemasolevad seadmed pole ette nähtud suurte tiraažide trükiks;
- Joonte tekkimine pindade loomisel tindipritsiga trükis. Selle põhjuseks on düüside mõõtmed;
- Tilkade-kaaslaste tekkimine. Need on teelt kõrvalekaldunud tilgad, mis pole sattunud ettenähtud kohtadesse;
- Värvide säilitusaeg on lühike. [12]

Need on vähesed ebasoodsad situatsioonid, mis tekivad digitaaltrükis. [12]

2.6.1 Trükivärvid

Trükivärvide juures mängib olulist rolli nende viskoossus. Tindipritsiga trükis ei võimalda trükipead kõrge viskoossusega trükivärve kasutada. Neid kasutades võivad trükipead ummistuda ja muutuda kasutuskõlbmatuks. [19]

Peale selle võib probleeme tekitada ka ühe kindla värvitüübi puudumine. Tindipritsiga trükis on kasutusel 3 peamist trükivärvi: happe-, reaktiiv- ja dispersioonvärv. Kõikide kangaste puhul ei saa kõiki trükivärve kasutada. Lisaks nõuavad kangad trükivärvi efektiivsemaks fikseerimiseks eeltöötlust, millega kaasnevad lisakulud. Tabel kolm näitab trükivärvi püsivust kangal. [19]

2.6.2 Trükipead

Trükipea valmistamine on keeruline operatsioon, mis toimub mikronite tasemel. Töö on võrreldav tänapäeva elektroonikatööstuse mikroskoopiliste suurustega. Kasutatakse väga õhukesti metalli ja isolatsioonikihte. Kihid töödeldakse laseriga. Selline tootmine nõuab suuri investeringuid ja palju aega keeruka tehnoloogia välja töötamiseks. Selle tõttu valmistavad trükipeasid tindipritsiga trükiks vaid vähesed firmad. [13]

2.6.3 Kõrge resolutsiooniga kujutised

Digitaalselt trükitud kujutise kvaliteet sõltub printeri resolutsioonist, täppide suurustest ja kanga laadimise täpsusest. [19]

Hea kvaliteediga kujutise saamiseks tuleb kontrollida värvi kogust: kandjale ei tohi sattuda liiga vähe ega liiga palju. Kandjale pihustatud tilkade suurus ja kogus määrab värvi mahu pikslis. [19]

Kui kangas laaditakse skaneerimisel nii, et see hakkab kõrvale kalduma, siis võib skaneerimissuunas liikuvale trükkimisel tekkida triibuline muster. Efekt tekib kanga

ebakvaliteetsest paigaldamisest ja kangast tingitud ebaregulaarsustest. Need on põhjustatud järgmistest teguritest:

- kanga libisemine klambritelt;
- kanga muutuv pinge;
- kanga venivus;
- kanga märgpaisumine/kahanemine värvi tõttu;
- kanga libe pind;
- kanga reljeefsus;
- rullitud kanga servade ühtsus. [19]

Laadija peab olema varustatud mehhanismiga, mis väldib kanga libisemist. Kangas tuleb sellest kergelt välja, ilma et tekiks muid tõrkeid. [19]

Laadimine peab toimuma püsiva pinge all. Erilise pinnatötlusega rullik tõmbab kangast vahetult pärast trükkimist. Lindi pinnale asetatakse kleepuv pasta, millele paigaldatakse kangas. Kleepuva pasta ebahütlane kiht põhjustab tõrkeid kanga paigaldamisel. [19]

2.6.4 Eeltöötlus

Trükkimist võib mõjutada ka valitud eeltöötlemise meetod. Kui see ei sobi, siis võib see takistada sujuvat trükkimisprotsessi ja trükivärv hakkab valguma. Aine struktuuri muutmine, riide pingutusraami laius ning kanga vastuvõtmiskiirus ja -võimsus mõjutavad samuti lõpptulemust. Kangas paigaldatakse viltu ja hakkab looklema. [19]

Eeltöötlemispasta mängib olulist rolli kvaliteetses trükkimisprotsessis. Kui seda ei kasutataks, siis on trükivärvi valgumine kangal vältimatu, kuna puudub aine, mis seoks trükivärvi kangaga. Peale selle ei saavutata küllaldast toonimist. [19]

2.6.5 Laadimismehhanism

Kangaid saab grupeerida järgnevalt:

- Tüüp 1: venivad (k.a kootud);
- Tüüp 2: kõrge märgpaisumine/kahanemine;

- Tüüp 3: madal värviläbilöömise vastupanuvõime. [19]

Esimest tüüpi kangad on elastsed ja venivad välisjõudude tõttu. Need kangad peab hoidma minimaalse pingega all. Ilma pingul olekuta hakkab kangas liikuma, eriti kui on talle omane deformeerumine. [19]

Teisele kanga tüübile on omane venitamisel (trükkimisprotsessis) läbipaindumine või kortsud. Sellised kangad kahanevad tekstiili keskelt, parem- ja vasakserv kortsuvad, ning kahanemine toimub kohe pärast trükkimist. Selle tõttu ei hoia trükitud mustri oma kuju, vaid moonduvad. [19]

Kolmanda kanga tüübiga kaasneb asjaolu, kus trükivärv voolab läbi võrgu või kootud kiudude taha. Nii jäävad plekid pressliuguri pinnale. Pleki tekkimise ennetamiseks saab kasutada kontaktivabasüsteemi – kangas ei puutu pressliuguriga kokku – või sünkroniseeritud veosüsteemi – kangas veetakse koos pressliuguriga. [19]

2.6.6 Jooksev kulu

Tabel 2.3 võrdleb tindipritsi trüki tavapärase siiditrükimeetodiga. [19]

Tabel 2.3

Siiditrüki ja tindipritsi trüki võrdlus

| | Tindipritsi trükk | Siiditrükk |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tindi ja trükivärvide väärtus | 150-222 €/kg | 1.48-2.22 €/kg |
| Tindi ja trükivärvide kogus | 0.02 kg/m ² | 0.1 kg/m ² |
| Eeltötluse väärtus | Vajalik | Ei ole vajalik |
| Trafarett | Ei ole vajalik | Vajalik |
| Mõju keskkonnale | Minimaalne | Tõsine |
| Kvaliteedi võrdlus: | | |
| Kontsentratsioon | Vaene | Hea |
| Definitsioon | Hea | Vaene |
| Tekstuur | Vaene | Hea |

KOKKUVÕTE

Töös püstitatud hüpotees seisneb, kas siiditrükk on digitaaltrükist efektiivsem meetod tehnoloogia ja seadmete kasutamise, tootlikkuse, trükivärvide ja ohutuse poolest.

Siiditrükis kasutatavad seadmed ei ole keerulise ehitusega ning on hõlpsamini vahetatavad. Selles meetodis surutakse trükivärv raakliga läbi trafareti trükitava materjali pinnale ning tekib kujutis. Siiditrükis käsitletakse erinevaid viise, kuid nendes kasutatakse sama printsiipi. Digitaaltrükis on palju keerulisemad mehhanismid, näiteks olulist rolli mängivad trükipead kujutise/mustri loomisel. Neid on raske vahetada, kallid ja keeruline toota ning raskesti kättesaadavad, sest vähesed firmad toodavad trükipeasid.

Siiditrükk on suhteliselt kõrge tootlikkusega, eriti tänu silindrilistele trafarettidele, mis tagavad pideva liikumise. Digitaaltrükil on samuti suhteliselt kõrge tootlikkus, kuid selles on püstitatud eesmärk ületada kindel tootmiskiirus, et asendada kunagi siiditrükk.

Siiditrükis kasutatavad värvid on universaalsed ja nende ulatus on suur. Siiditrükk on eriline efektvärvid rakendamise poolest, millega saab luua materjalidele huvitavate tekstuuride ja väljanägemisega kujutisi. Digitaaltrükk ei võimalda seda. Siiditrükis ei ole kanga eelnev töötlus nõutud, sest trükivärvid juba sisaldavad vajalikke lisandeid, et värv kinnistuks kangale paremini. Selle eest on digitaaltrükis kanga eeltöötlus vajalik, sest selles meetodis kasutavad trükivärvid ei sisalda kinnistumiseks mõeldud lisandeid. Sellega kaasnevad digitaaltrükis lisakulud.

Siiditrükk ei ole keskkonnale ohutum. Meetodis kasutatavad värvid on ohtlikumad. Nendest lahtisaamine muudab keeruliseks see, et nad sisaldavad erinevaid lisaaineid, näiteks plastifikaator, katalüsaator, paksendajad jm. Veebaasil värve ei saa valada kanalisatsiooni vaatamata sellele, et ta sisaldab vett.

Siiditrükivärvid võivad olla samuti inimesele ohtlikud, kui töökeskkond ei ole korralikult ventileeritud.

SUMMARY

Finishing of Textiles: Screen Printing and Digital Printing

This work consists of information about textile finishing, which includes screen printing and digital printing. In general it covers the technology, devices, applications, different pastes and inks, software and shortcomings of those two methods.

A lot of online material was used in creating this work.

After choosing the topic the hypothesis was raised. At first table of contents was formed. It consisted of the most important aspects about the printing methods, which are wieldid in this same work. At the beginning of creating this work, the idea was to gather as much information as possible. Of course the least important information was considered at first but later deleted. The most important facts were put together in logical succession. Then there were added references and table of contents.

As a result of the work I proved myself the hypothesis that was established at the beginning of the work. The hypothesis consisted of stating that screen printing is more productive and cost-efficient than digital printing.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. [www]<http://textilelearner.blogspot.com/2013/06/faultsdefectsproblems-causes-and.html>
2. [www]www.pneac.org/sheets/screen/plastisolwaterbase.pdf
3. [www]<http://dyes-pigments.standardcon.com/digital-textile-printing-dyes.html>
4. [www]http://en.wikibooks.org/wiki/Screen_Printing/Common_Problems
5. [www]http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_textile_printing
6. [www]<http://laura.artcol.ee/eope/courses/siiditrykk/?page=sissejuhatus>
7. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/ajalugu2.html>
8. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/materjalid1.html>
9. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/probleemidlahendused.html>
10. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/sissejuhatus.html>
11. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/tehnoloogia1.html>
12. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/tehnoloogia5.html>
13. [www]<http://opiobjektid.tptlive.ee/Trykitehnoloogia/vrv2.html>
14. [www]<http://qualityprint.ee/reklaamtrukk/efektvarvid>
15. [www]<http://www.expandsystems.com/how-digital-textile-printing-works>
16. [www]<http://www.lipuvabrik.ee/trykitud-tekstiiltooted>
17. Ashby, M., Johnson, K., Materials and Design – The Art and Science of Material Selection in Product Design. Elsevier, 2010. 302
18. Miles, L. W. C., Textile Printing, 1994, Society of Dyes and Colorists. 18-43
19. Ujie, H., Digital Printing of Textiles, 2006, Woodhead Publishing. 2-7, 29-34, 36-37, 44-48, 105-108, 110, 121, 147-150, 152-154, 160, 219-222, 231-232, 237, 240-242, 245-246, 248-251
20. Viikna, A., Tekstiilikeemia III, 2005, TTÜ Kirjastus. 13-16, 27-30, 32