

bijelu, sivu i crnu, i 10 kromatskih boja: ružičastu, crvenu, narandžastu, smeđu, žutu, maslinastu, zelenu, modru, ljubičastu i purpurnu. Tim se imenima boje mogu grubo identificirati na prvom nivou tačnosti. Grupe kromatskih boja podijeljene su u podgrupe koje nose imena kao: žučkastoružičasto, crvenkastonarandžasto, crvenkastosmeđe, narandžastožuto, žučkastosmeđe, maslinastosmeđe, zelenkastožuto, žutozeleno, maslinastozeleno, žučkasto zeleno, modrikasto zeleno, zelenkastomodro, purpurastomodro, crvenkastopurpurno, purpurastocrveno i purpurastoružičasto. Tim se imenima mogu identificirati boje na drugom nivou tačnosti. Na trećem nivou tačnosti boje su dalje podijeljene u podgrupe s imenima koja se tvore od imena prvog i drugog nivoa s pomoću pridjeva koji opisuju svjetlinu i zasićenost boje: živo, sjajno, jarko, sočno, vrlo sočno, vrlo svijetlo, svijetlo, umjeren, zagasito, vrlo zagasito, vrlo blijedo, blijedo, sivkasto, tamnosivkasto i crnkasto. Dio bojenog tijela označen imenom »sivo« podijeljen je na tri manja dijela s imenima svijetlosivo, srednjesivo i tamnosivo. Vrlo svijetle boje nose ime »bijelo« s pridjevom izvedenim iz imena prvog nivoa, npr. ružičasto-bijelo. Na četvrtom nivou boje se mogu identificirati s pomoću Munsellova atlasa. Taj sadržava oko hiljadu uzoraka s cjelobrojnim oznakama valencije po Munsellovu sistemu; boje kojima valencije leže između valencija uzoraka u atlasu mogu se označiti decimalnim brojevima tačno na petinu stupnja tonalnosti (hue), na desetinu stupnja svjetline (value) i na trećinu stupnja zasićenja (chroma), odn. šestinu razmaka između dvije zasićenosti uzoraka, koji razmak redovito iznosi 2 stupnja (v. prilog u bojama). Time se broj boja koje se mogu identificirati s pomoću oznaka Munsellova atlasa (»Munsell notation«) povećava za faktor $5 \times 10 \times 6 = 300$, dakle na 300 000. Granice blokova sistema ISCC-NBS povučene su po granicama među stupnjevima Munsellovih parametara, tako da su ta dva sistema integrirana. Želi li se boja identificirati još tačnije, treba je — na petom nivou tačnosti — analizirati spektrofotometrijski ili kolorimetrijski i odrediti joj kolorimetrijske koordinate x , y , Z ili λ , p , Y . Te se koordinate mogu danas odrediti tačno na dvije decimale, a ima mnogo izgleda da će se uskoro moći odrediti na tri, a možda i četiri decimale s pomoću spektrofotometara spregnutih s elektroničkim računalima. Na taj način moći će se vjerojatno tačno identificirati svaka moguća primjet-

oznaka (»Munsell renotation«) s odgovarajućim brojem decimala. Time je i na petom nivou tačnosti sistem identifikacije boja integriran s naprijed spomenutim sistemima na prva četiri nivoa. Za specijalne svrhe postoje također atlas i zbirke materijalnih standarda kojima su danas već valencije određene i izražene kolorimetrijskim parametrima (odn. kao Munsell renotation) pa se mogu namjesto Munsellova sistema upotrijebiti na četvrtom nivou tačnosti.

K. L. Kelly proširio je sistem ISCC-NBS, izraden za boje tijela, i na boje izvorâ svjetla. Sl. 20 pokazuje imena boja svjetala prema Kellyju.

LIT.: G. Klappauf, Einführung in die Farbenlehre, Berlin 1949. — D. B. Judd, Color in business, science and industry, New York 1952. — M. Déribéré, La couleur dans les activités humaines, Bruxelles 1955. — A. Adlešić, Svet svetlobe in barv, Ljubljana 1957. — F. W. Sears, Optika, Beograd 1963 (prijevod s engleskog).

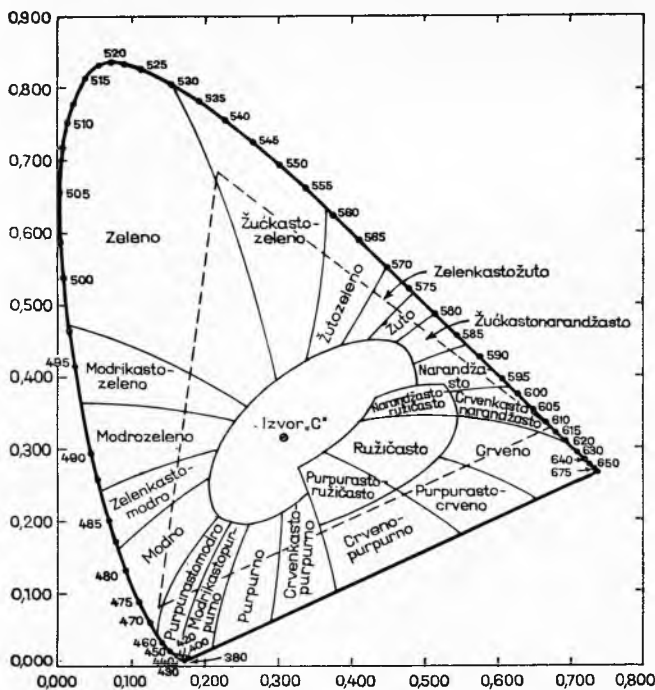
R. Podhorsky

BOJADISARSTVO I TISAK TEKSTILA, grane dorade tekstila: bojadisarstvo je vještina i nauka bojadisanja tekstilnog materijala u cijelosti jednom bojom, a tisak tekstila prenošenje jednog bojila ili više njih samo na pojedina mjesta tekstilnog materijala, u prethodno određenim šarama. Pri tome bojadisati tekstil znači vezati bojilo na tekstilno vlakno nedolično u cijelom supstratu, tj. ne samo na površini nego i u unutrašnjosti vlakna, i to tako da je dobiveno obojenje željene boje i otporno prema određenim utjecajima. Bojadisanjem se osobine tekstilnog materijala u biti ne mijenjaju; sa stajališta funkcionalnosti ono većinom ne bi bilo potrebno. Tekstilni se materijal bojadiše da se udovolji prirodnim estetskim potrebama čovjeka, a i zbog toga što je nebojadisani materijal manje praktičan u upotrebi; npr. i najmanja nečistoća je na njemu mnogo više vidljiva nego na bojadisanom. Stvaranjem obojenja koja su u skladu s ukusom i modom, a istovremeno su ekonomična i odgovaraju namjeni tekstilnog materijala, bavi se *koloristika*.

BOJADISARSTVO

Najstariji obojeni tekstilni materijal nađen je u Kini i potječe iz — II tisućljeća. O tehnici bojenja u tim starim vremenima veoma je malo poznato. Plinije govori o metodama bojenja starih Egipćana; oni su umjeli s pomoću »materija koje upijaju boje« istim bojilom postići razna obojenja. Metode i postupci bojadisanja uvijek su bili držani u tajnosti i prelazili su od oca na sina. Najstariji priručnik o bojadisarstvu napisao je Rosetti u Veneciji oko 1540. Do sredine XIX st. upotrebljavala su se bojila biljnog i mineralnog porijekla; bojadisanje je bilo čisti ručni rad i vršilo se u jednostavnim posudama, uvijek u istima bez obzira na to da li se radilo o bojadisanju vlakana, prede ili tkanina. Tek po pronalasku industrijskih postupaka dobivanja potrebnih pomoćnih kemikalija i sintetičkih bojila, bojadisarstvo se počelo brže razvijati. Prodiranje pamuka u Evropu, i s time u vezi porast potroška tekstila, zahtijevalo je od bojadisara da promijeni svoje postupke i da ih prilagodi povećanim zahtjevima. Tako su bili konstruirani prvi mehanički uređaji za bojadisanje prilagođeni obliku materijala koji se bojadiše. Naučno tretiranje bojadisarstva počelo je tek početkom XX st. Nove grupe bojila i sve veće količine tekstila zahtijevale su nove postupke bojadisanja i strojeve s većim kapacitetima, prilagođene tim postupcima. Prve Prvog svjetskog rata pojavili su se prvi postupci kontinuiranog bojadisanja tkanina, i to u vezi s pronalaskom netopljivih azobojila koja se razvijaju na samom vlaknu. Sve veća upotreba regeneriranih celuloznih vlakana — osobito nakon Prvog svjetskog rata — zahtijevala je konstrukciju strojeva koja odgovara smanjenoj čvrstoći ove vrste vlakana u mokrom stanju. Karakteristično za period poslije Drugog svjetskog rata je uvođenje bojadisanja na visokim temperaturama, tj. iznad 100 °C, što je opet izazvalo potrebu da se konstruiraju novi uređaji za sve oblike prerade tekstilnog materijala. Specijalizacija tekstilnih tvornica za određene artikle povoljno je utjecala na razvoj kontinuiranog bojadisanja tkanina i danas se sve vrste tekstilnog materijala mogu polukontinuirano ili kontinuirano bojadisati svim grupama bojila.

Teorije bojadisanja. Jedinstvena teorija bojadisanja ne postoji: način stvaranja obojenja zavisi od kemijske konstitucije vlakna i od vrste bojila. Načelno postoje tri mogućnosti vezanja bojila na vlakno: fizička adsorpcija, mehaničko vezivanje i kemijska reakcija. *Fizička adsorpcija* predstavlja bazu za bojadisanje celuloznih vlakana direktnim bojilima i nastajanje obojenja najbolje je ispitano na ovoj grupi bojila. Preduvjet je za ravnomjerno raspoređivanje bojila na vlaknu da se vlakno nalazi u nabubrenom stanju. Celulozno vlakno građeno je od molekularnih kompleksa, tzv. micela. Ove micelle stvaraju submikroskopske kanale koji se u dodiru s vodom šire (vlakno bubri). Sposobnost bojila da prelazi na vlakno i da se tu veže zove se *supstantivnost*. Svako u vodi topljivo azobojilo ima svojstvo supstantivnosti, ali da bi supstantivnost bila dovoljno velika za praktično bojadisanje, molekula bojila treba da je što dulja i da sadrži velik broj dvostrukih veza u lancima između aromatskih jezgara položenih u istoj ravni; sulfogrupe koje čine molekulu u vodi topljivom treba da budu što dalje od dvostrukih veza. Što je veća molekula bojila to je veći i afinitet prema vlaknu. Sile koje utječu na prijelaz bojila iz



SL. 20. Imena za boje svjetala prema Kellyju

ljiva nijansa boje unutar bojenog tijela. Kolorimetrijske koordinate Munsellova atlasa poznate su i, obrnuto, izraden je idealni Munsellov sistem u kojemu svakoj valenciji određenoj kolorimetrijskim koordinatama odgovara jedna idealna Munsellova

kupelji na vlakno proizlaze iz konjugiranih dvostrukih vezova, iz vodikovih mostova između molekula bojila i iz hidroksilnih grupa glavnog valentnog lanca celuloze. Zbog svog negativnog naboja celuloza ne može primati anione bojila, nego samo elektroneutralna bojila, i to u molekularnodisperznom obliku. Otopine direktnih bojila tvore polidisperzne sisteme u kojima se nalaze uz molekule i agregati molekula raznih veličina. Prema današnjem shvaćanju, sposobnost direktnih bojila da se agregiraju važna je za proces bojadisanja, ali ne za primanje i vezanje bojila na vlakno. Površinski vezano bojilo difundira u unutrašnjost vlakna i stvara u amorfnom području vlakna tzv. koordinativne komplekse. U njima su vjerojatno određene grupe molekula bojila s hidroksilnim grupama celuloze vezane preko vodikovih mostova. Na sve odnose pri bojadisanju utječu još i temperatura, vrijeme, koncentracija bojila i soli, zatim niz međusobno povezanih ravnoteža prouzrokovanih prisustvom bojila, pomoćnih sredstava i soli u kupelji, kao i odnosi između ovih ravnoteža u vodi i u vlaknu.

Dok se direktna bojila nalaze u vlaknu u monomolekularnom obliku, redukciona bojila nakon oksidacije i azobojila razvijena na vlaknu stvaraju veće agregate, tj. pošto se fizički apsorbiraju, ona se *mehanički vežu*. Direktna bojila su u vodi topljiva, tako da u dodiru s vodom izlaze iz vlakna dok se ne uspostavi ravnoteža između obojenja i kupelji; topljivost u vodi uzrok je loših postojanosti tih bojila u mokrom stanju (mokrih postojanosti). Redukciona bojila i naftolna bojila, koja u krajnoj fazi postaju netopljivi pigmenti, pokazuju dobre postojanosti u mokrom stanju. Mehaničko vezivanje nastaje i pri pigmentnom bojadisanju, gdje se bojilo s pomoću veziva mehanički pričvrsti na vlakno.

Kemijska reakcija nastaje pri bojadisanju celuloznih vlakana reaktivnim bojilima: reaktivna se grupa bojila kemijski veže s hidroksilnim grupama celuloze.

Bojadisanje keratinskih vlakana sastoji se od fizičkih i kemijskih procesa. Pri bojadisanju kiselim bojilima u kiseloj kupelji bojilo se u prvoj fazi adsorbira na površini vlakna, a u drugoj fazi molekula bojila difundira u unutrašnjost vlakna. Kiselina upotrijebljena u kupelji — tzv. bezbojna kiselina — brže difundira u vlakno nego kiselina bojila; bezbojna kiselina cijepa odgovarajući dio ionskih mostova keratina i stvara vunsku sol s oslobođenim aminogrupama. Kiselina bojila koja slijedi istisne anione kiseline iz prethodno stvorene soli i stvara sol s vunom; ova sol teško disocira, što povećava mokru postojanost obojenja. Metalkompleksna bojila tipa 1 : 1 reagiraju preko sulfo-grupa slično kiselim bojilima, ali se pored toga veže između bojila i vlakna dalje učvršćuju stvaranjem kompleksne soli između baznih grupa vune i metala (kroma) bojila. Stvaranje kompleksa razlog je boljim mokrim postojanostima u usporedbi s mokrim postojanostima obojenja kiselim bojilima. Metalkompleksna bojila tipa 2 : 1 također stvaraju komplekse, i to između kompleksa bojila i vlakna. U tom je slučaju veza metal-bojilo čvršća nego u bojila tipa 1 : 1. Kako u tim bojilima nema sulfogrupe, ne stvaraju se soli. Osim opisanog načina vezivanja bojila pretpostavlja se da nastaju i čvrste otopine bojila u keratinu. Pri bojadisanju kromnim i drugim moćilskim bojilima vezuju se sulfogrupe bojila na aminogrupe vune, ali i metali na vlakno; u daljem toku se stvara bojeni lak kemijskom reakcijom između metala i bojila. Bojeni lak u bojadisarskom smislu nastaje ako se bojilo i metalna sol topljiva u vodi kemijski vežu reakcijom s vlaknom tako da je nastali produkt teže topljiv od prvobitno upotrijebljenog bojila.

Za bojadisanje celuloznih acetata ne dolaze u obzir u vodi topljiva bojila uobičajena za celulozna vlakna. Međumicelarni prostori nabubrenog vlakna su preuski da bi dopustili prodiranje molekula bojila u unutrašnjost vlakna. Pri bojadisanju celuloznih acetata disperzionim bojilima smatra se da nastaju čvrste otopine bojila u vlaknu. Stvaranje čvrstih otopina dolazi u obzir i pri bojadisanju sintetičkih vlakana disperzionim bojilima.

Mnogobrojne mogućnosti vezanja bojila na vlakno zahtijevaju i različite postupke bojadisanja. Postupak je zavisen od grupe bojila, ali i od vrste vlakana. Prema tome se među sobom razlikuju i postupci bojadisanja raznih vrsta vlakana bojilima iste grupe i postupci bojadisanja iste vrste vlakana različitim bojilima.

Definicije osnovnih pojmova u bojadisarstvu. Količina bojila koja se upotrebljava za postizavanje određene dubine tona

izražava se po pravilu u postocima od težine materijala koji se bojadiše. Ostale upotrijebljene kemikalije, tzv. *dodaci*, također se izražavaju po pravilu u postocima. Katkada se količine dodataka i bojila izražavaju i u gramima ili mililitrima na liter vode upotrijebljene za bojadisanje. Otopina bojila i svih dodataka je *kupelj za bojadisanje*. Zapremina kupelji izražava se u odnosu prema masi materijala, npr. »omjer kupelji 1 : 20« znači da se na 1 kg materijala upotrebljava 20 l vode. *Izdašnost* bojila je količina bojila koja je potrebna za postizavanje određenog tona obojenja, a različita je za različite grupe bojila. *Sposobnost egaliziranja* je svojstvo bojila da ravnomjerno prelazi na vlakno. Rijetko se kada kupelj za bojadisanje potpuno iscrpe. Prema stupnju iscrpenosti govori se o bojilima s visokom ili niskom *sposobnošću prelaženja*, a ova se izražava u postocima upotrijebljene količine. Iscrpe li se bojilo u velikoj mjeri, treba svaku partiju bojadisati u svježoj kupelji; zaostane li veća količina bojila u kupelji, može se slijedeća partija bojadisati u staroj kupelji uz nadoknađivanje potrošenog bojila. Može se bojadisati i ne iskorišćavajući sposobnost prelaženja; taj se način bojadisanja zove *impregniranje* (fulardiranje, klocanje, njem. »klotzen«, engl. »padding«).

Priprema materijala za bojadisanje. Tekstilni materijal bojadiše se samo u izuzetnim slučajevima u sirovom stanju, redovito se mora za bojadisanje pripremiti. Priprema materijala razlikuje se prema vrsti vlakna koja se prerađuje. Prirodne masnoće i nečistoće pamuka odstranjuju se alkalnim kuhanjem, eventualno uz dodatak sredstava za rastapanje masnoće. Za svijetle nijanse treba pamučno vlakno bijeliti. Pamučne tkanine se moraju smuditi i odškrbljavati. Mercerizacija, između ostalog, povišuje i afinitet pamuka prema bojilima te se njome smanjuju potrebne količine bojila do 25%. S regenerirane celuloze se sastoji zaostali od procesa predenja odstranjuju iskuhavanjem sa sredstvima za pranje. Tkanine od rejonu mogu se smuditi, a isto tako i tkanine od celvlakna ako se radi o pamučnom tipu. Odškrbljivanje takvih vlakana vrši se prema upotrijebljenim sredstvima za škrobljenje. Manje količine tkanina odškrbljuju se, peru i bijele na strojevima za bojadisanje. Acetatni rejon zahtijeva samo pranje bez bijeljenja. Vuna dolazi na bojadisanje već u opranom stanju, ali obično sadrži alkalije od pranja ili kiselinu od karbonizacije, što se mora uzeti u obzir pri sastavljanju kupelji za bojadisanje. Pri bojadisanju prede ili tkanina od vune treba ulje za mašćenje odstraniti sredstvima koja odgovaraju njegovu karakteru, jer nedovoljno odstranjeno ulje za mašćenje izaziva nejednoliko (neegalno) obojenje i lošu postojanost prema trljanju. Sa prirodne svile treba prije bojadisanja ukloniti sericin s pomoću sapuna u otopini koncentracije ~ 20 g/l (degumiranje). Sintetička vlakna su mahom termoplastični materijal, pa stoga zahtijevaju prethodno termofiksiranje (v. dalje). Bojadisanju prethodi pranje radi odstranjivanja preparacija iz procesa predenja. Upotrebljavaju se sintetička sredstva za pranje (detergenti) ionogenog ili neionogenog karaktera.

Voda u bojadisarstvu. Svi postupci bojadisanja zbivaju se u vodenim otopinama i zato je sastav vode vrlo važan za uspješno bojadisanje. Voda mora biti bistra i ne smije sadržavati ni tragove suspendiranih onečišćenja. Štetno djeluje pri bojadisanju ako su u vodi prisutni teški metali, kao željezo i mangan, jer prisutnost tih metala u vodi može utjecati na nijansu obojenja. Razne grupe bojila različito reagiraju na tvrdoću vode. Tvrdu vodu treba izbjegavati pri bojadisanju direktnim, redukcionim i naftolnim bojilima. Izuzetak čine redukciona bojila za vunu. Pri bojadisanju vune iz kiselih kupelji potrebno je tvrdu vodu »korigirati«, tj. pretvoriti kalcijeve i magnezijeve hidrokarbonate u topljive acetate dodatkom octene kiseline. Sumporna kiselina s kalcijevim solima stvara netopljiv sulfat, koji čini vunu tvrdom. Ako postoji opasnost stvaranja netopljivih kalcijevih spojeva, preporuča se dodati sredstva za dispergiranje, da ne bi došlo do taloženja tih spojeva na materijalu. Jeftino i efikasno sredstvo za dispergiranje je tutkalo, koje djeluje i kao zaštitni koloid. U svim procesima gdje se upotrebljava sapun prije je potrebno upotrebljavati mekanu vodu. Ako bojadisaonica ne raspolaže uređajima za mekšanje vode, treba kupeljima dodati sredstva koja kalcijeve i magnezijeve ione vežu u spojeve topljive u vodi. Takva sredstva dolaze na tržište pod raznim trgovačkim imenima i po kemijskom sastavu su ili natrijev heksametafosfat, ili drugi polifosfati, ili spojevi dobiveni djelovanjem monokloroctene kiseline na amo-

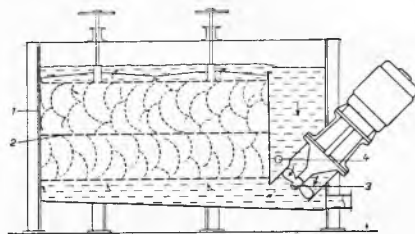
nijak (Trilon A) ili na etilendiamin (Trilon B). Trilon B kompleksno veže i teške metale.

Postojanosti obojenja. Od svakog obojenja se traži da mu se pod određenim uvjetima ne mijenjaju intenzitet i nijansa. Razlikuju se dvije vrste postojanosti: proizvodne i upotrebne. Proizvodne postojanosti su one koje moraju odgovarati svim postupcima izrade materijala, a upotrebne postojanosti su one koje dolaze u obzir pri praktičnoj upotrebi. Od proizvodnih postojanosti dolaze u obzir: postojanost prema kloru (važna pri izradi šareno tkanih tkanina kad je jedna komponenta neobojena, a tkanina se mora nakon tkanja bijeliti), prema kiselinama i alkalijama (mercerizacija obojenog materijala, valjanje vune), prema formaldehidu (naknadna obrada obojenja i visoko oplemenjivanje), prema sredstvima za smanjenje gužvanja, prema vodi i pranju. Od upotrebni postojanosti najvažnije su: postojanost prema svjetlu, vodi (morskoj vodi), pranju na raznim temperaturama, znoju, glačanju i habanju. Postoje još specijalne postojanosti, kao npr. prema kemijskom čišćenju, prema utjecaju odušnih plinova itd. Postojanosti nisu zavisne samo od kemijske konstitucije bojila, već i o tome na kojem materijalu se bojadise. Ispitivanje postojanosti vrši se prema tačno određenim propisima, koji imaju internacionalni karakter, s eventualnim malim odstupanjima u pojedinim zemljama. U Jugoslaviji su ispitivanja postojanosti obuhvaćena u propisima JUS. Postojanosti se ocjenjuju prema promjenama u dubini tona, i to brojevima: za postojanosti na svjetlu od 1 do 8, a za druge postojanosti od 1 do 5; maksimalna postojanost označena je najvećim brojem. Također se ocjenjuje promjena nijanse, što se označava početnim slovom smjera izmjene. Pri određivanju mokrih postojanosti ispituje se i prelaz bojila na isti ili na drugi bijeli tekstilni materijal. U kartama uzoraka što ih izdaju proizvođači bojila postojanosti su označene u odnosu na određene dubine tonova, koje su obično također navedene u tim kartama. Samo postojanost na svjetlu označuje se za razne dubine tona u odnosu $\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : 1 : 2$, gdje 1 označuje standardnu dubinu tona. To je potrebno jer se postojanost povećava s povećanjem dubine tona. Za određivanje stepena postojanosti služe tzv. »tipovi za osvjetljavanje«: na standardiziranoj vunenoj tkanini izvedeno je obojenje sa osam raznih modrih bojila koja pokazuju ravnomjerni geometrijski pad postojanosti. Obojenje koje se ispituje osvjetljava se uvijek zajedno s ovim tipovima. Postojanost obojenja na svjetlu ispituje se na sunčanom svjetlu u propisanom okviru. Konstruirani su i aparati koji se služe umjetnim izvorima svjetla, ali rezultati dobiveni s njima mogu odstupati od rezultata dobivenih na suncu. Najpoznatiji su takvi aparati »Fadeometer« i »Xenotest«.

Uređaji za bojadisanje. Bojadisarstvo se danas služi uglavnom mehaničkim metodama rada. Načelno se mogu razlikovati *aparati* za bojadisanje i *strojevi* za bojadisanje. Aparati za bojadisanje su naprave u kojima kupelj cirkulira a materijal miruje; strojevi za bojadisanje su naprave u kojima kupelj miruje a materijal se pokreće. Na aparatima se po pravilu bojadišu vlakna, trake od vlakana, pređa i čarape, a na strojevima tkanine, pustovi, formirano i neformirano pletivo. No postoje i strojevi za bojadisanje prede i aparati za bojadisanje tkanina na visokoj temperaturi. U najnovije vrijeme postepeno se uvodi i kontinuirano bojadisanje vlakana, traka od vlakana i pređa na strojevima.

Bojadisanje vlakana. Za celulozna vlakna služi aparat koji je shematski prikazan na sl. 1. Kupelj cirkulira jednosmjerno a perforirani stup je ravnomjerno razdjeljuje. Kupelj se grije direktno ili indirektno. Vlakna se mogu bojadisati svim vrstama bojila; obojenja nisu uvijek egalna, ali to se pri naknadnom pre-

denju djelomično izjednačuje. Za vunu služi aparat prema sl. 2. Materijal je upakovan u aparatu rahlo da bi se spriječilo puštenje; smjer cirkulacije kupelji može se mijenjati. Aparat služi za bojadisanje kiselim i kromno-kiselim bojilima. Za redukcionala bojila služi poseban aparat u kojemu vuna pliva. Za kontinuirano bojadisanje vlakana sviju vrsta služi *Williamsov stroj*. U njemu se vlakna nalaze između dvije beskraje mreže koje prolaze kroz kupelj; pri izlazu iz kupelji odvajaju se mreže od vlakana i ova sada



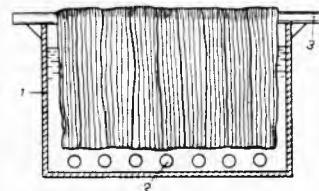
Sl. 2. Aparat za bojadisanje vune. 1 posuda za materijal, 2 međustijenka, 3 propeler za pokretanje kupelji, 4 indirektno grijanje

ulaze među dva valjka za cijedenje pa ponovo među dvije mreže koje ih vode u slijedeću kadu na ispiranje. Nakon ponovnog cijedenja vlakna ulaze konačno u komoru za sušenje. Danas postoje i strojevi u kojima se mogu bojadisati vlakna svake vrste (vuna i mješavine, celulozna i poliamidna vlakna). Jedan od takvih uređaja sastoji se od otvarača (stroja za razrahljivanje vlakna), stroja za impregnaciju vlakna otopinom bojila i tzv. klipnog parionika, građenog u obliku cijevi kroz koju materijal prolazi, i to za redom kroz zone pregrijanja, parenja i fiksiranja. Voda se u materijalu zagrije tako da se proces bojadisanja odvija na temperaturi ključanja.

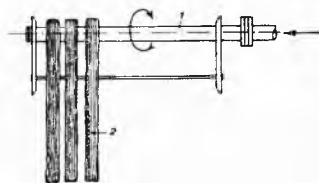
Bojadisanje prediva i češljanih traka. Češljana traka je tekstilni polufabrikat u obliku trake u kojoj su vlakna približno paralelna. Bojadisanje vlakana u traci bolje je od bojadisanja slobodnih vlakana zbog toga što se u tom obliku bojadisana vlakna lakše dalje prerađuju. Aparati za bojadisanje traka sastoje se od okruglih ili pravokutnih kada za materijal u kojima se nalazi nekoliko perforiranih cijevi spojenih s vanjskom kadom za kupelj preko pumpe ili propelera za cirkulaciju kupelji. Trake su namotane na perforirane tuljke, tzv. *bobine*, a ove se nataknu na pomenute perforirane cijevi. Kupelj cirkulira tako da odozdo iz kade ulazi u perforirane cijevi pa se prošavši kroz trake na bobiinama vraća u kadu. Kad se bojadišu vunene trake, kupelj se održava u pokretu propelerom, bez pritiska; pamučne češljane trake bojadišu se u zatvorenim aparatima i kupelj je pod pritiskom pumpe. Egalnost obojenja je dobra. Ima i aparata za bojadisanje češljanih traka u kojima ih je do 30 uporedo namotano na umetnuti perforirani valjak.

Jedan suvremeni uređaj za bojadisanje češljanih traka koristi se takozvanim »Cibaphasol«-postupkom bojadisanja vune. Od stalka za prihvata namotaja materijal se odmotava, prelazi u stroj za impregnaciju otopinom bojila i odande ulazi u parionik. Parionik je građen u obliku čizme (J-box) i njiše se u vertikalnoj ravnini, da bi se traka u njemu jednolično slagala. Na dnu parionika se razvija vlažna para; prodirući kroz materijal, ona ga zagrijava na 97 ... 98°C, na kojoj se temperaturi bojilo fiksira na vlaknu. Iza parionika priključen je stroj za parenje, sušionik s bubnjevima i naprava za odlaganje trake u lonce.

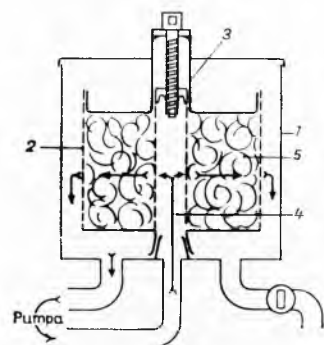
Bojadisanje prede. Pređa se bojadiše u obliku vitica ili križno namotana na perforirane tuljke. Najjednostavniji način je ručno bojadisanje u obliku vitica na kadi (sl. 3). Vitice se objese na štapove i urone u kupelj. U toku bojadisanja, rukom se vitice okreću tako da pri svakom okretanju dolazi u kupelj onaj dio vitice koji je dotad bio izvan nje. Štapovi mogu biti i u obliku



Sl. 3. Kada za bojadisanje vitica. 1 kada za prihvata kupelji, 2 direktno ili indirektno grijanje, 3 štapovi s viticama



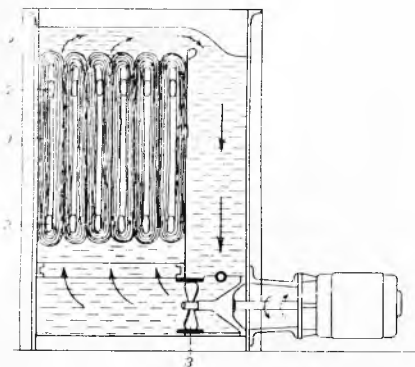
Sl. 4. Bojadisanje vitica na aparatu za štrcanje kupelji



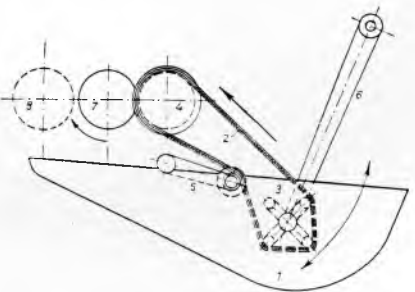
Sl. 1. Shema aparata za bojenje celuloznih vlakana. 1 vanjski plást aparata, 2 perforirana posuda za prihvata materijala, 3 poklopac za pritiskivanje materijala, 4 perforirani stup, 5 materijal (vlakna ili pređa u obliku vitica)

je shematski prikazan na sl. 1. Kupelj cirkulira jednosmjerno a perforirani stup je ravnomjerno razdjeljuje. Kupelj se grije direktno ili indirektno. Vlakna se mogu bojadisati svim vrstama bojila; obojenja nisu uvijek egalna, ali to se pri naknadnom pre-

slova U, tako da se cijela vitica nalazi pod površinom vode. Kade su građene za količine materijala od 5 do 50 kg. Mehanizirano bojadisanje prede prikazuje sl. 4. Vitice (2) nisu uronjene u kupelj već više na horizontalnim perforiranim cijevima (1) iz kojih kupelj povremeno izlazi u mlazovima i ravnomjerno kvasi materijal. Izmjenično se štrca otopina bojila i okreću vitice oko osi perforirane cijevi. Ispod cijevi se nalazi korito za prihvatanje kupelji, koja s pomoću pumpe stalno cirkulira. Veći broj nosača materijala složen je u bateriju. Prema drugoj konstrukciji vitice su stalno uronjene u kupelj a nosači služe jedino za okretanje materijala.

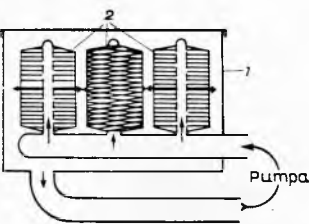


Sl. 5. Aparat za bojadisanje vitica, 1 materijal u obliku vitica, 2 štapovi, 3 propeler za pokretanje kupelji u dva pravca



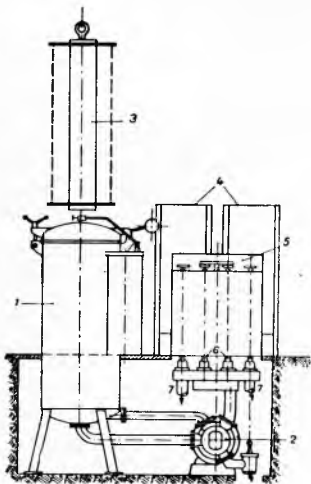
Sl. 6. 'Pasir'-stroj. 1 korito za prihvatanje kupelji, 2 vitice koje se obrađuju, 3 vitlo, 4 pogonski valjak, 5 pomoćni valjak za napinjanje, 6 pogon vitla, 7 valjak za cijedenje, 8 isti valjak odmaknut

prema gore, vitice se podignu, a kad cirkulira odozgo prema dolje, vitice padaju. Time se postiže probojadisanje i onih dijelova vitica koji leže na štapovima. U specijalne svrhe, kao npr. za naftoliranje i sapunanje, služi tzv. *pasir-stroj* (sl. 6). Vitice prede smještene su na jednom vitlu za uronjavanje materijala u korito i na jednom valjku za cijedenje. Uronjavanje i cijedenje slijedi jedno za drugim u određenim vremenskim razmacima. Prije opisani strojevi služe za bojadisanje partija do 300 kg, ovaj stroj može da obradi u jednoj operaciji istovremeno svega 2 kg, ali ukupni dnevni kapacitet je velik jer natapanje i cijedenje ide vrlo brzo. Nakon bojadisanja u opisanim uređajima materijal se odvodnjava, obično vrcanjem na centrifugama i sušenjem u komorama za sušenje.

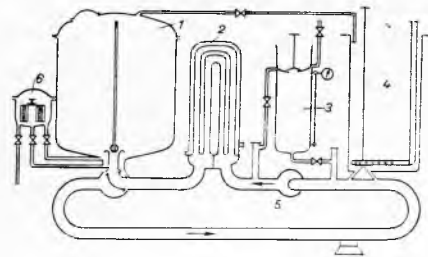


Sl. 7. Shematski prikaz bojenja križnih svitaka u zatvorenom aparatu. 1 tlačni kotao za prihvatanje kupelji i materijala, 2 križni svici

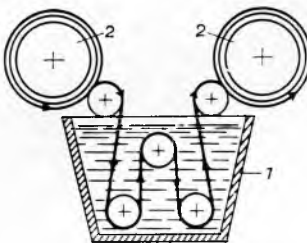
Sl. 8. Aparat za bojadisanje križnih svitaka i osnovnih valjaka. 1 autoklav za prihvatanje nosača materijala, 2 cirkulaciona pumpa, 3 nosač materijala, 4 posude za pripremu kemikalija i boja, 5 ploča s ventilima, 6 dovod u autoklav iz posude za pripremu, 7 ispušt



Najviše se bojadiše preda u obliku križnih svitaka u zatvorenim aparatima od kojih je jedan shematski prikazan na sl. 7. Svići su nataknuti pojedinačno na perforirane cijevi ili je više njih nataknuto na zajedničkoj perforiranoj cijevi u grupama na nosačima. U aparatima za bojadisanje vune kupelj je pokretana propelerom, a u aparatima za pamuk pumpa je utiskuje pod pritiskom. U aparatima za pamuk mogu se bojadisati i osnove koje su namotane na jedan perforirani valjak ili više njih (sl. 8). U autoklav se stavi nosač s materijalom — na sl. 8 prikazan je nosač za osnovu — a pumpa tiska kupelj kroz materijal. Smisao kretanja kupelji se može mijenjati sistemom ventila tako da kupelj struji izvana prema unutra ili iznutra prema van. U prvom slučaju kupelj prolazi kroz pumpu u autoklav i dalje kroz materijal opet u pumpu, u drugom slučaju kupelj prolazi kroz pumpu u perforiranu cijev nosača materijala i dalje kroz materijal u autoklav, pa opet natrag u pumpu. Otopine bojila i kemikalija pripremaju se u priključnim rezervoarima. Aparat se obično sastoji od 3 jedinice: jedna služi za predradnje (iskuhavanje i sl.), druga je upravo opisani zatvoreni aparat za bojadisanje, a treća je uređaj za naknadne obrade, kao pranje, parenje i odsisavanje suviška vode. U starim sistemima materijal se suši u odvojenim komorama, a u novima u sušioniku koji je priključen uz aparat.



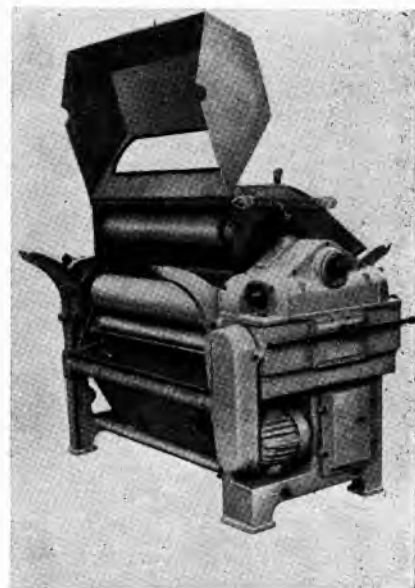
Sl. 9. Aparat za bojenje na temperaturama iznad 100°C. 1 tlačni kotao za prihvatanje kupelji i materijala (križni navici ili osnovni valjci), 2 grijač kupelji, 3 posuda za postizavanje statičkog tlaka, 4 otvorena posuda, 5 cirkulaciona pumpa, 6 naprava za uzimanje uzoraka u toku bojenja



Sl. 10. Shematski prikaz džigera. 1 korito za prihvatanje kupelji, 2 valjci na kojima se tkanina namotava odnosno s kojih se odmotava

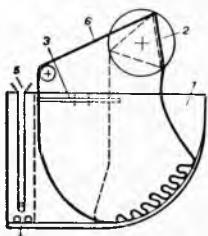
se potiskuje s pomoću pumpe 5 u grijač 2 i kroz materijal u kotlu 1 pod pritiskom koji se postiže u posebnoj posudi 3 uključenoj u sistem cirkulacije kupelji. Volumen kupelji se grijanjem povećava i komprimira uzduh koji se nalazi u gornjem dijelu ekspanzione posude 3; time se tu stvara elastičan uzdušni jastuk koji izjednačuje povišenje napona pare na temperaturi iznad 100°C i time ujedno osigurava nesmetanu cirkulaciju pregrijane kupelji. Uključivanjem otvorene posude 4 aparat se može upotrebljavati i za bojadisanje na temperaturi ispod 100°C.

Bojadisanje tkanina. Za diskontinuirano bojadisanje služe

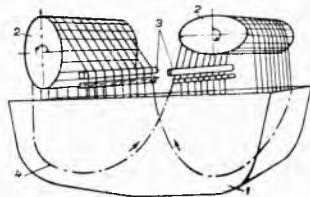


Sl. 11. Džiger ('Kovinar', Krani)

džiger (engl. jigger) i kada s vitlom. Džiger služi za bojadisanje u raširenom stanju a na kadi s vitlom bojadiše se tkanina u obliku pramena. Sl. 10 shematski prikazuje džiger. Tkanina prolazi u raširenom stanju preko valjaka kroz kupelj te se izmjenično namata na jednoj i drugoj strani sve dok nije postignut željeni efekt. Smjer kretanja mijenja se rukom a na modernim strojevima auto-



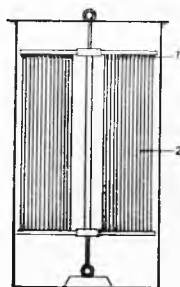
Sl. 12. Kada s vitlom. 1 kada, 2 vitlo (okruglo, ovalno ili višekutno), 3 prečke za usporedno vođenje tkanina, 4 direktno ili indirektno grijanje, 5 naprava za dodavanje bojila i kemikalija, 6 tkanina ili pletivo



Sl. 13. Dvostruka kada s vitlom. 1 kada, 2 vitla, 3 prečke za usporedno vođenje tkanina, 4 tkanina ili pletivo

matski. Za osjetljive tkanine upotrebljavaju se džigeri kojima nije gonjen samo valjak koji namata već i valjak s kojeg se tkanina odmotava. Da bi se štedila para i da se ne bi zamagljivale prostorije, džigeri se zatvaraju kapom. Sl. 11 prikazuje džiger suvremene konstrukcije za bojadisanje osjetljivih tkanina, s automatikom i kapom. Obično se džigeri postavljaju jedan iza drugog, tako da se može raditi pseudokontinuirano.

Za osjetljive tkanine od pamuka, vune, rejonu i cel-vlakana, a i za neformirano pletivo, služi kada s vitlom (sl. 12), koja također može biti građena zatvoreno. Na takvim kada-



Sl. 14. »Zvijezda« za bojenje osjetljivih tkanina. 1 igle za pričvršćivanje tkanine, 2 tkanina

ma bojadiše se veći broj komada sašivenih u beskraje petlje jedan pokraj drugoga. Za polukontinuirano bojadisanje služi dvostruka kada s vitlom (sl. 13). Na tom stroju jedan komad tkanine šiven je za drugi tako da nastane beskrajna traka (pramen), koja u toku procesa neprekidno prolazi kroz stroj. Za osobito osjetljive tkanine s površinskom strukturom upotrebljava se *zvijezda* (sl. 14). Tkanina je u obliku spirale jednostrano obješena ili obostrano pričvršćena iglicama u nosaču i na njemu se uroni u kupelj. Specijalno za bojadisanje tkanina od sintetičkih vlakana na povišenim temperaturama služi *Barotor*, koji u principu predstavlja zvijezdu ugrađenu u autoklav. U istu svrhu služe i perforirani cilindri na koje se tkanine namotavaju i koji se zajedno s njima umetnu u autoklav.

Za bojadisanje većih metraža sve se više upotrebljavaju kontinuirane metode bojadisanja. Za impregnaciju tkanine otopinom bojila služi uglavnom *fular* (franc. foulard) u raznim izvedbama. Sl. 15 je najjednostavnija konstrukcija, sl. 16 uobičajena konstrukcija. Osovine valjaka mogu biti položene u okomitoj (kao na slici), kosoj ili vodoravnoj ravnini. Specijalna izvedba »Fibe« firme Benninger (Švicarska) istiskuje uzduh iz tkanine već prije ulaza u kupelj, koja se nalazi između valjaka (sl. 17). Druga specijalna konstrukcija je »Econome« firme Peters (Švicarska) (sl. 18), gdje gornji valjci stvaraju prvo korito za kupelj. Posebni uređaj za impregnaciju je agregat »Williams« (sl. 19), koji ima kadu s valjcima, u kojoj je sadržaj kupelji smanjen s pomoću uložaka između slojeva tkanine. Potpuno novim putevima ide postupak »Standfast«, u kojemu se impregnacija izvodi u rastaljenoj leguri olova, kalaja, bizmuta i kadmija (sl. 20). Tkanina prolazi kroz kupelj i ulazi u rastaljeni metal, na izlazu prolazi kroz otopinu Glauberove soli i ide u daljnje faze obrade. Rastaljeni metal utisne kupelj ravnomjerno u tkaninu, a Glauberova sol služi za to da se odstrani sa tkanine ostatak metala.

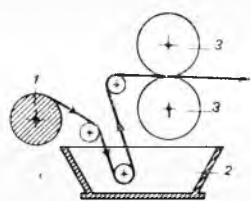
Daljnje faze bojadisanja zbivaju se u uređajima koji odgovaraju primijenjenim bojilima. Ovi uređaji mogu biti sušne komore, parionici, fulari za nanošenje kemikalija, uzdušne pasaže (tj. sistem valjaka na kojem je tkanina izložena uzduhu) i stroj za pranje s većim brojem kada između kojih se nalaze uređaji za

cijedenje. Za direktna bojila se upotrebljava kombinacija prema sl. 21. Za bojadisanje redukcionim bojilima služi kombinacija uređaja prema sl. 22, a za indigosole kombinacija prema sl. 23.

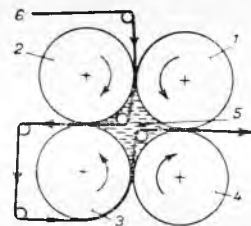
Bojadisanje formiranog pletiva. Radi se uglavnom o čarapama. Najjednostavnije se bojadišu na kadama, obično kao preda, obješene na štapovima, ili u aparatima gdje čarape također vise na štapovima a kupelj se pokreće s pomoću propelera. Najviše se upotrebljavaju *bubnjevi za bojadisanje*, prema sl. 24. Pri bojadisanju čarapa od sintetičkih vlakana unutrašnjost bubnja je podijeljena u nekoliko odjeljenja. Velike partije čarapa od sintetičkih vlakana bojadišu se u aparatima koji rade kontinuirano. Čarape se nataknu na forme u obliku noge i ulaze u aparat sastavljen od više odjeljenja u kojima se uzastopce odvijaju sve potrebne faze rada, kao što su fiksiranje, pranje, bojadisanje i sušenje (stroj »Bellfour-Colorplast«).

Bojadisanje formiranog pusta. Radi se uglavnom o tuljcima za šešire. U aparate jedne vrste ulazu se tuljci a pumpa pokreće kupelj oko njih; u drugim aparatima se tuljci nataknu na perforirane konuse kroz koje se kupelj protiskuje.

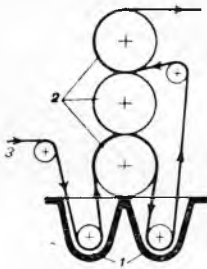
Materijal za gradnju strojeva za bojadisanje. Koji će se materijal upotrijebiti za gradnju strojeva i aparata za bojadisanje zavisi od vrste bojila i kemikalija i od osjetljivosti materijala koji se bojadiše. Za sve vrste bojila može se upotrebljavati drvo (najprikladniji je ariš ili crni bor) ukoliko to dopušta konstrukcija i ako površina materijala nije osjetljiva. Željezo i bakar



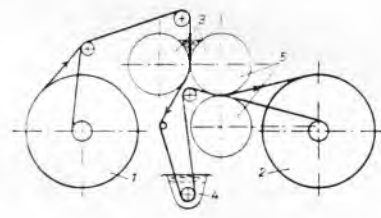
Sl. 15. Dvovaljasti fular. 1 tkanina namotana na vratilo, 2 korito za prihvatanje kupelji, 3 valjci za cijedenje



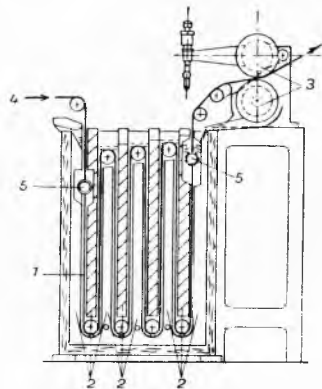
Sl. 17. Četervaljasti fular »Fibe« (Benniger) za bojadisanje tkanina. 1, 2, 3 i 4 valjci za cijedenje koji stvaraju prostor za prihvatanje kupelji, 5, 6 tkanina



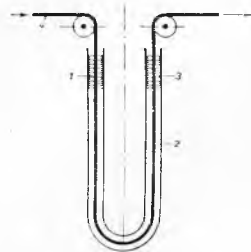
Sl. 16. Trovaljasti fular s dvostrukim koritom. 1 dvostruko korito za prihvatanje kupelji, 2 valjci za cijedenje, 3 tkanina



Sl. 18. Fular »Peters« s duplim uronjavanjem tkanine i duplim cijedenjem. 1 valjak s koga se tkanina odmotava, 2 valjak na koji se tkanina namotava, 3 valjci za cijedenje; između valjaka se nalazi prva kupelj, 4 korito za prihvatanje druge kupelji, 5 valjci za cijedenje



Sl. 19. Kada s valjcima i smanjenim volumenom »Williams Unit«. 1 prostor za prihvatanje kupelji, 2 uložci za smanjenje volumena, 3 valjci za cijedenje, 4 tkanina, 5 grijača tijela



Sl. 20. »Standfast«-uređaj za bojenje tkanina. 1 kupelj, 2 rastaljena legura, 3 otopina Glauberove soli, 4 tkanina

mogu se upotrebljavati u svim slučajevima kad metal ne utječe na bojilo (npr. za sumporna bojila bakar je neupotrebljiv), odnosno gdje se ne upotrebljavaju kemikalije koje korodiraju metal. Suvremeni strojevi i aparati građeni su skoro isključivo od nerđajućeg čelika (npr. V2A ili V4A), koji ne korodira i koji je zbog svoje glatke površine najprikladniji za osjetljivu robu.

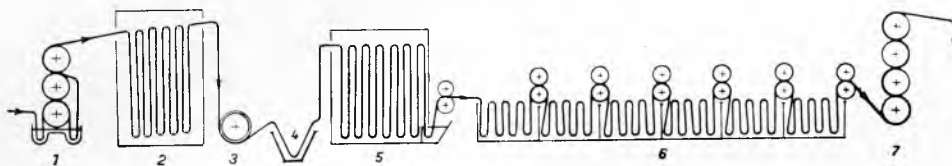
Bojila i postupci bojadisanja za različite vrste tekstilnih vlakana

Iz teorije bojenja proizlazi da postoje različite mogućnosti vezanja bojila na vlakno, odnosno stvaranje obojenja. Prema tome postoje i razlike u postupcima bojenja različnim grupama



Sl. 21. Uređaj za kontinuirano bojenje tkanina direktnim bojilima. 1 fular za impregnaciju otopinom bojila, 2 parionik, 3 stroj za široko pranje, 4 bubnjevi za sušenje

bojila, a unutar iste grupe bojila razlikuju se postupci u zavisnosti od vrsta vlakana, ako se ta grupa bojila može upotrebljavati za razne vrste vlakana.



Sl. 22. Uređaj za kontinuirano bojenje tkanina redukcionim bojilima. 1 fular za impregnaciju otopinom bojila, 2 sušionik, 3 valjak za hlađenje, 4 fular za impregnaciju redukcionim sredstvima, 5 parionik, 6 stroj za široko pranje, 7 bubnjevi za sušenje

Bojila za prirodna (pamučna i likova) i regenerirana celulozna vlakna. Direktna bojila imaju loše mokre postojanosti te se upotrebljavaju za bojadisanje materijala koji se ne pere. Izuzetak čine svijetla obojenja na pletivu od rejonu, kojima mokre postojanosti zadovoljavaju. Naknadnim obradama se mogu postići bolje mokre postojanosti obojenja dobivenih direktnim bojilima, tako da se ta obojenja mogu upotrijebiti i za materijal koji se ne pere previše intenzivno. Postojanost na svjetlu varira od vrlo loše do izvanredno dobre, tako da tvornice bojila odvajaju bojila postojana na svjetlu iz sortimana direktnih bojila i svrstavaju ih u posebne sortimane. Sumporna bojila se upotrebljavaju pretežno za bojadisanje pamučnih materijala u tamnim tonovima, kad se ne zahtijeva živahnost boje. Obojenja imaju dovoljne postojanosti prema pranju i ove se mogu naknadnom obradom još poboljšati. Tim se bojilima bojadišu jeftine pamučne tkanine za izradu radnih odijela, a njima se bojadiše također konac u tamnim tonovima (pretežno crno) i preda koja se upotrebljava za šarene tkanine koje se u toku tehnološkog procesa bijele. U vodi topljivi oblici ove vrste bojila mogu se upotrijebiti i za bojadisanje regeneriranih celuloznih vlakana. Sumporno-redukciona bojila primjenjuju se uglavnom pri bojadisanju tkanina za radna odijela u tamnomodrim tonovima s vrlo dobrim mokrim postojanostima.

Većina redukcionih bojila se odlikuje izvanredno dobrim postojanostima u pranju i na svjetlu. Stoga se primjenjuju za bojadisanje tkanina od kojih se najviše zahtijeva u pogledu i postojanosti i ljepote boja. Proizvođači bojila garantiraju visoke postojanosti obojenja dajući zaštitne znakove kvaliteta za proizvode obojane tim bojilima. Tako npr. poznata »Indanthren«-etiketa garantira kvalitet obojenja bojilima njemačkih, a internacionalna oznaka »Felsol« ostalih evropskih proizvođača bojila. »Indanthren«-etiketu mogu nositi i obojenja koja nisu dobivena jedino redukcionim bojilima ali u pogledu postojanosti odgovaraju propisima »Indanthren«-etikete. Leuko-estri redukcionih bojila

upotrebljavaju se samo za svijetla obojenja kad se zahtijevaju dobre postojanosti. Bazna bojila skoro su potpuno izgubila značenje zbog loših postojanosti. Pigmentna bojila vezana na vlakno s pomoću sintetičkih smola upotrebljavaju se za svijetle nijanse s dobrim mokrim postojanostima. Reaktivna bojila se odlikuju veoma živim nijansama i obojenja postignuta njima imaju veoma dobre mokre postojanosti. Upotrebljavaju se za bojadisanje tkanina za ženske haljine, za košulje i u drugim slučajevima kad se zahtijevaju dobre postojanosti. Od bojila razvijenih na vlaknu, netopljiva azo-bojila upotrebljavaju se prvenstveno za dobivanje živih crvenih, ali i modrih i zelenih nijansa. Važna je primjena za bojadisanje crvenih zastava. Mokre postojanosti i postojanost na svjetlu veoma su dobre, ali često ne zadovoljava postojanost prema trljanju. Od oksidacionih bojila upotrebljava se u prvom redu anilinsko crnilo, koje se odlikuje dubokim tonom. Sve postojanosti su mu odlične. Ftalocijaninskim bojilima postizavaju se vrlo živahne i postojane modre i zelene nijanse.

Od likovih vlakana se lan i konoplja bojadišu uglavnom istim bojilima kao i pamuk; za jutu se upotrebljavaju i bazna i kisela bojila.

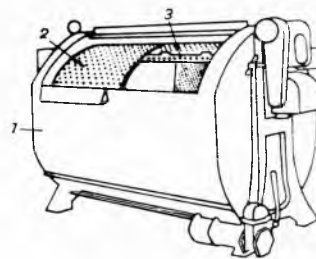
Bojila za vlakna na bazi bjelančevina (vunu, dlake, svilu i vlakna na bazi regeneriranih bjelančevina). Kisela bojila koja dobro egaliziraju upotrebljavaju se u slučajevima kad se ne

zahtijevaju veće proizvodne i upotrebne mokre postojanosti. Ta se bojila uglavnom odlikuju živahnim nijansama; postojanosti na svjetlu su različite. Njima se u živim tonovima bojadišu tkanine



Sl. 23. Uređaj za kontinuirano bojenje tkanina indigosolima. 1 fular za impregnaciju otopinom bojila, 2 fular za razvijanje kiselinom, 3 zračno razvijanje, 4 stroj za široko pranje, 5 bubnjevi za sušenje

za ženske haljine i preda za pletivo. Kisela bojila koja teško egaliziraju odlikuju se boljim mokrim postojanostima te se upotrebljavaju za živahna obojenja od kojih se traže veće postojanosti, kao npr. za pletiva, vunena vlakna, vunene češljane trake i bolje tkanine za ženske haljine. Vrlo postojanim kromnim ili močliskim bojilima bojadišu se vlakna za tkanine od kojih se prave uniforme, za tkanine od češljane prede za muška odijela, ali se upotrebljavaju također i za bojadisanje šešira i prede za tkanje i pletenje. Metal-kompleksna bojila upotrebljavaju se sve više za bojadisanje tkanina od češljane prede. Kisela metal-kompleksna bojila nalaze se u pogledu mokrih postojanosti između kiselih i kromnih bojila, a dobro egaliziraju. Upotrebljavaju se za bojadisanje tkanina za muška odijela, a njima se bojadiše i preda za tkanje i pletenje.



Sl. 24. Stroj za bojenje čarapa. 1 vanjski bubanj, 2 perforirani bubanj, 3 vrata za punjenje

Osobito su prikladna za dobivanje dubokih crnih tonova. Metal-kompleksna bojila koja prelaze na vlakno i u neutralnom mediju odlikuju se istim dobrim postojanostima kao i kromna bojila, ali su jednostavnija u primjeni. Blagi uslovi bojadisanja čine ova bojila prikladnija za bojadisanje vlakana i češljanih traka jer su gubici pri predjenju veoma mali. Ova se grupa upotrebljava danas namjesto kromnih i kiselih metalo-kromnih bojila. Redukciona bojila upotrebljavaju se prvenstveno za bojadisanje vlakana, tr-gane vune i češljanih traka od kojih se izrađuju tkanine za uniforme. Postojanost obojenja na svjetlu je odlična, a i ostale postojanosti (postojanost prema znoju, pranju i valjanju) vrlo su dobre. Uvođenjem metal-kompleksnih bojila tipa 2 : 1 (dvije molekule bojila na jednu molekulu metala) redukciona bojila sve više gube značenje za bojadisanje vune. Reaktivna bojila, stvorena za bojadisanje celuloznih vlakana, sve više se primjenjuju i za bojadisanje vune. Postojanosti obojenja su dobre. Bazna se bojila zbog loših postojanosti sve manje upotrebljavaju.

Prirodna svila, kao životinjsko vlakno, može se bojadisati svim bojilima prikladnima za bojadisanje vune, ali i bojilima za celulozna vlakna. Koja će se grupa bojila upotrijebiti zavisi od traženih postojanosti.

Za vlakna na bazi regeneriranih bjelančevina (Merinova, Ardil, Vicara i sl.) upotrebljavaju se iste grupe bojila kao i za prirodna vlakna od bjelančevina, ali se postojanosti obojenja često razlikuju od postojanosti istih bojila na vuni, što treba uzeti u obzir pri bojadisanju mješavina; ova se vlakna rijetko bojadišu sama.

Bojila za sintetička i polusintetička vlakna. Izbor grupe bojila za ta vlakna ne zavisi jedino od kemijske konstitucije vlakana. Razrađeni su postupci koji omogućavaju bojadisanje i bojilima koja nisu srodna s vlaknima. Postojanosti obojenja često se razlikuju od postojanosti obojenja drugih vlakana istim bojilima. Disperziona bojila bojadišu sva sintetička vlakna. Izabrana kisela bojila dolaze u obzir za bojadisanje poliamidnih, poliakrilnitrilnih (čistih i miješanih) i modificiranih poliesterskih vlakana. Metal-kompleksna bojila bojadišu poliamidna i poliakrilnitrilna vlakna, kao i njihove mješavine i kopolimere. Izabrana direktna bojila dolaze u obzir za poliamidna i poliakrilnitrilna vlakna, a također za njihove mješavine i kopolimere. Bazna bojila su od značenja za bojadisanje poliakrilnitrilnih vlakana, polivinilkloridnih vlakana i kopolimera. Dalje dolaze još u obzir redukciona bojila, leuko-esteri redukcionih bojila i naftoli.

Za acetatna vlakna se upotrebljavaju uglavnom disperziona bojila, u manjoj mjeri kisela i bazna bojila.

Bojila za mješavine različitih vlakana. Mogućnosti miješanja vlakana su velike, a prema tome i mogućnosti primjene različitih grupa bojila. Izbor grupe bojila zavisi od efekta koji se želi postići i od traženih postojanosti obojenja. Sa kolorističkog gledišta mogu se na mješavinama postići ovi efekti: a) komponente su obojene u istoj nijansi i istoj dubini tona; b) komponente su bojadisane u istoj nijansi ali s razlikom u dubini tona; c) komponente su obojene u različitim nijansama; d) samo jedna je komponenta obojena, druga ostaje »rezervirana«, tj. neobojena. Bitan je pri bojenju mješavina izbor pravilnog postupka, da ne bi došlo do oštećenja vlakana one komponente koja se ne može bojadisati bojom izabranim za drugu komponentu. Ako se ne može pronaći pravilan postupak, svaka se komponenta mješavine vlakana bojadiše odvojeno, a tek onda se komponente zajedno pređu ili tkaju.

Postupci bojadisanja celuloznih vlakana. Direktna (supstantivna) bojila bojadišu celulozna vlakna bez posebnih dodataka. Dodatak kuhinjske ili Glauberove soli pospješuje prelaženje bojila na vlakno; dodatak sode povećava topljivost bojila, što usporava prelaženje, ali se postizava bolja egalnost. Obično se bojadiše uz dodatak soli i sode, izuzevši nekoliko bojila koja se bojadišu u neutralnoj kupelji. Prijelaz bojila regulira se i temperaturom: bojadisanje se počinje na 30–40°C pa se temperatura postepeno povisuje do ključanja. Količina soli se određuje prema količini bojila i omjeru kupelji, a kreće se između 2 i 20% (računato na kalciniranu Glauberovu sol). Dodatak sredstva za egaliziranje (npr. sapuna) poboljšava izgled, osobito svijetlih obojenja. Naknadnom obradom obojenja mogu se poboljšati mokre postojanosti. Obrade su uglavnom zavisne od kemijske konstitucije bojila pa se obojenje obrađuje nakon potpunog završetka procesa bojenja.

Direktna azo-bojila koja imaju aminske grupe sposobne za diazotiranje pogodna su za postupak bojadisanja diazotiranjem i razvijanjem. Najprije se bojilo diazotira na vlaknu s pomoću natrijeva nitrata i solne kiseline, a nakon hladnog ispiranja slijedi razvijanje tzv. razvijajući. Razvijanjem se pripaja razvijajući na diazospoj te se stvara novo bojilo na samom vlaknu ili se prvobitna molekula bojila povećava. Kao razvijajući služe otopine nekih fenola i amina koji dolaze na tržište pod raznim trgovačkim imenima. Neka bojila mogu se na vlaknu kopulirati s »diazootopinama« (tj. otopinama diazotiranih spojeva, npr. paranitranilina), što također povećava molekulu bojila i time poboljšava mokre postojanosti. Neka direktna bojila mogu stvarati s kromnim ili bakarnim solima teško topljive soli, tzv. bojene lakove. Bakarne soli povisuju postojanost na svjetlu a kromne soli postojanost prema pranju. Stvoreni lakovi nisu postojani prema višekratnom pranju. Posebni sortimani bojila (npr. Benzocuprol-bojila tvrtke Bayer) stvaraju s odgovarajućim sredstvima za naknadnu obradu — bakarnim solima — postojane lakove. Coprantin-bojilima (Ciba) dodaje se nakon bojadisanja metalna sol u istu kupelj. Postoji sortiman u vodi netopljivih metal-kompleksnih bojila (Cupranon-bojila, Ciba), koja se otapaju s pomoću posebnog otapala. Naknadna obrada formaldehidom poboljšava mokre postojanosti nekih bojila. Ova se obrada primjenjuje uglavnom za crna obojenja. Naknadna obrada kationaktivnim sredstvima nije zavisna od kemijske konstitucije bojila, ali ne djeluje jednako sa svim bojilima. Ova su sredstva pretežno piridinske ili kvaternerne amonijumne soli. Pri obradi supstantivnog bojila tim sredstvima nastaje blokiranje sulfo-grupa ili karboksilnih grupa te se poboljšavaju mokre postojanosti. Druga grupa kationaktivnih sredstava su kationske sintetičke smole koje se primjenjuju u obliku pret-kondenzata dobivenog reakcijom melamima ili karbamida i formaldehida. U ovom slučaju smole obavijaju čestice bojila filmom netopljivim u vodi. Postoje i sredstva koja su kombinacije prve i druge grupe.

Pri bojadisanju vlakana od regenerirane celuloze (celvlakna, rejaona) mora se uzeti u obzir veći afinitet bojila prema vlaknu. Ova osobina izaziva često prugasta obojenja; to isto se događa pri miješanju materijala različitih proizvođača, pa i materijala istog proizvođača ali iz različitih proizvodnih partija. Postoje na tržištu direktna bojila koja su izabrana za bojadisanje regenerirane celuloze i s kojima se ne dobiva — ili se dobiva samo u maloj mjeri — nejednakomjerno obojenje.

Sumporna bojila, kao bojila netopljiva u vodi, moraju se prije bojadisanja prevesti u topljiv oblik redukcijom s pomoću natrijeva sulfida. U kupelji za bojadisanje natrijev sulfid ne služi samo za otapanje već sprečava i prijevremenu oksidaciju bojila. Količina natrijeva sulfida zavisi od bojila, ali i od omjera kupelji. Kupelji se dodaje još soda, radi regulacije alkalnosti, i kuhinjska ili Glauberova sol, da se povisi sposobnost prelaženja bojila na vlakno. Bojadiše se uglavnom na temperaturi ključanja. Nakon bojadisanja bojilo se oksidira uzduhom u vodi, ali neka bojila zahtijevaju i posebna oksidaciona sredstva. Za poboljšanje postojanosti služi naknadna obrada kalijevim dikromatom ili bakarnim sulfatom. Za bojadisanje regenerirane celuloze, koja ne podnosi visoku alkalnost kupelji normalnih sumpornih bojila, upotrebljavaju se specijalna u vodi topljiva sumporna bojila. Nedostatak je sumpornih bojila, osobito crnih, da njima obojen materijal nakon duljeg vremena uskladištenja oslabi zbog toga što se sumpor vlačnim uzduhom oksidira na sumpornu kiselinu, koja napada vlakno. Ta se pojava može spriječiti time što se materijal nakon bojadisanja obradi natrijevim acetatom. Sumporno-redukciona bojila predstavljaju prijelaz od sumpornih do pravih redukcionih bojila. Različni proizvođači imaju posebne sortimane: najpoznatija su Hydron-bojila njemačke tvrtke Cassella. Reduciraju se s pomoću natrijeva sulfida i natrijeva ditionita ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), u bojadisarstvu vulgo »hidrosulfita« uz dodatak natrijske lužine. Obični tipovi teško probodaju: novouvedeni tip u finoj disperziji nema tog nedostatka pa to omogućuje i kontinuirano bojadisanje. Indigoidna i antrakinonska redukciona bojila, kratko zvana redukciona bojila (u užem smislu), u vodi su netopljiva bojila. Za otapanje potrebna je redukcija s pomoću natrijske lužine i »hidrosulfita«. Pojedina su bojila zbog razlika u uvjetima redukcije svrstana u grupe koje se razlikuju po potrebnjoj količini lužine i temperaturi

pri redukciji i bojadisanju. Količina »hidrosulfita« ostaje praktički uvijek ista. Reduciranje se vrši uglavnom u »matičnoj kupelji« koja ima razmjerno visoku koncentraciju, a tek onda se reducirano bojilo dodaje kupelji za bojadisanje, koja sadržava također lužinu i »hidrosulfita«. Količina lužine i »hidrosulfita« zavisi i od omjera kupelji. O svim tim uslovima govore uputstva proizvođača bojila. Postoji i mogućnost reduciranja u samoj kupelji za bojadisanje, što zavisi od stanja disperziteta bojila; samo fino disperzni oblik može se tako reducirati. Veliki broj redukcionih bojila brzo prelazi na vlakno ali ima slabu sposobnost migriranja u unutrašnjost, pa to uzrokuje neegalnost obojenja. Mogu se dodati sredstva za egalizaciju, koja smanjuju brzinu prijelaza ili ubrzavaju prodiranje bojila u unutrašnjost vlakna, ili se bojadiše po posebnim postupcima: a) uz postepeno podizanje temperature kupelji počevši od 15°; b) impregniranjem leukokiselinom bojila, koja nema afiniteta prema vlaknu i koja se naknadno pretvara u leukospoj; c) pigmentnim postupkom: upotrebljava se bojilo u nereduciranom stanju kao fina disperzija koja se mehanički taloži na vlakno, a tek onda reducira; d) bojadisanje na temperaturi od 70° do 90°, zavisno od bojila. Pri povišenoj temperaturi znatno se poboljša probojadisanje materijala. Postupak na povišenoj temperaturi zahtijeva veće količine »hidrosulfita«, ako se ne dodaju sredstva koja sprečavaju prebrzo raspadanje »hidrosulfita« (npr. trietanolamin). Nakon bojadisanja slijedi uvijek oksidacija, i to na uzduhu, u vodi ili oksidacionim sredstvima. Intenzivnim sapunanjem se razvija prava nijansa.

Leuko-esteri redukcionih bojila najpoznatiji su pod trgovačkim nazivom Indigosoli i Antrasoli. To nisu »gotova« bojila, već se ona moraju nakon prenošenja na vlakno »razvijati«; time se pretvaraju natrag u redukciona bojila. Topljiva su u vodi. Afinitet prema vlaknima je malen, ali se može povećati dodatkom soli. Sposobnost prelazanja na vlakno opada s porastom temperature i to za različita bojila u različitoj mjeri. Kupelj za bojadisanje sadržava bojilo, sol i natrijev nitrit; nakon bojadisanja se u svježoj kupelji osapunjuje ester s pomoću sumporne kiseline i ujedno oksidira leukospoj. Slijedi ispiranje, neutralizacija sodom i sapunanje.

Postupak bojadisanja baznim bojilima sastoji se u »močenju« taninom ili preparatima koji su dobiveni grijanjem fenola sa sumporom, kao npr. Katanolom ON; slijedi fiksiranje močila, ukoliko je to potrebno, i konačno se bojadiše.

Pigmentna bojila, budući da su u vodi netopljiva, moraju se fiksirati na vlakno s pomoću sredstva za vezanje. Materijal se impregnira pigmentima i vezivom, suši se i grije na višoj temperaturi. Pri tom se isparava otapalo veziva ili se vezivo polimerizira pa time postane netopljivo u vodi; usporedno se bojilo fiksira na vlakno.

Reaktivna bojila stvaraju kemijski spoj s celulozom. (Trgovački nazivi tih bojila jesu: Procion-bojila firme ICI, Cibacron-bojila tvrtke Ciba, Remazol-bojila firme Hoechst itd.) Bojila su dobro topljiva u vodi. Supstancivnost im je niska, tako da nisu prikladna za postupke bojadisanja iscrpljenjem kupelji osim ako se primijene određena pomoćna sredstva. Reakcija s molekulom celuloze nastupa u prisustvu alkalija (natrijeva karbonata, natrijeve lužine, trinatrijeva fosfata). Postupak bojadisanja se sastoji općenito od ovih faza: impregnacije materijala otopinom bojila uz dodatak ili bez dodatka alkalije, sušenje, razvijanje u parionicima ili s pomoću suhe topline. Ukoliko alkalije nisu bile dodane prilikom impregnacije, dodaju se prije fiksiranja s pomoću fulara. Pod određenim uvjetima, sušenje i fiksiranje mogu se spojiti u jednu fazu. Nakon fiksacije slijedi naknadna obrada radi odstranjivanja nevezanog bojila. Od velikog značenja sa gledišta ekonomičnosti je postupak s tzv. hladnim razvijanjem. Tkanine se impregniraju na fularu s time da kupelj sadrži osim bojila i sve dodatke potrebne za razvijanje bojila. Neposredno nakon impregniranja na sobnoj temperaturi (max. 30°C) tkanina se namata na valjke i ostavlja da miruje kroz 20 sati; u tom se vremenu bojilo fiksira bez upotrebe toplinske energije. Dodatkom određenih pomoćnih sredstava, koja djeluju kao katalizatori, proces se može skratiti. Nakon razvijanja slijedi sapunanje.

Postupci razvijanja bojila na vlaknu osnivaju se na tome da se na vlaknu stvaraju bilo netopljiva azobojila, bilo oksidaciona bojila, bilo ftalocijaninska bojila. Netopljiva azo-bojila stvaraju se u dvije

faze: u prvoj fazi se impregnira materijal jednom komponentom koja se fiksira na vlaknu (naftolatom), a u drugoj se razvija obojenje, tj. izvodi se kopulacija otopinom diazonijeva spoja. Kao prva komponenta upotrebljavaju se danas derivati anilida oksinaftojeve kiseline (poznati pod imenom Naftol AS). Naftol se otapa po vrućem ili hladnom postupku u prisustvu lužine. Naftoli su u manjoj ili većoj mjeri supstancivni; količina fiksanog naftola zavisi od temperature, vremena impregnacije, koncentracije, omjera kupelji i dodatka elektrolita. Nakon impregnacije odstranjuje se nefiksirani Naftol cijedenjem ili centrifugiranjem, tako da se kasnije ne mogu stvarati azo-bojila izvan vlakna. Tkanine se mogu nakon impregnacije i sušiti. Razvijanje se provodi s pomoću tzv. postojećih baza (»Echtbase«) diazotiranih neposredno prije razvijanja, ili s pomoću diazotiranih stabiliziranih baza, tzv. postojećih soli (»Echtsalze«). Višak kiseline od procesa diazotiranja mora se prije razvijanja neutralizirati. Kupelj za razvijanje sadržava još i organsku kiselinu za vezanje lužine iz naftoliranog materijala i kuhinjsku sol za sprečavanje prelazanja naftola u kupelj. Količinski odnosi između naftola i baze tačno su određeni u uputama proizvođača. Nakon razvijanja slijedi sapunanje da se odstrani nefiksirano bojilo sa površine vlakana i da se postigne pravilna nijansa.

Oksidaciona bojila stvaraju se na vlaknu time što se materijal impregnira određenim aromatskim bazama i ove onda oksidiraju. Najvažniji predstavnik takvih bojila je anilinsko crnilo, koje se stvara oksidacijom anilina u kiseloj otopini uz dodatak klorata i kalijeva ferocijanida. U ovom se postupku materijal uvijek oslabi zbog oslobađanja solne kiseline. Ako se umjesto anilinskog crnila upotrijebi difenilcrnilo, vlakno neće oslabiti. Ftalocijaninska bojila stvaraju se na vlaknu iz međuprodukata topljivih u vodi s pomoću kondenzacije na temperaturi 140°C.

Lan i konoplja bojadiše se uglavnom na isti način i istim bojilima kao i pamuk. Često je ta vlakna teško probojadisati pa treba primijeniti posebne postupke. Pri bojadisanju redukcionim bojilima preporuča se bojadisati po pigmentnom postupku. Juta zahtijeva prije bojadisanja posebnu obradu da bi se postigao svjetliji izgled vlakna. Baznim bojilima se ta vlakna bojadiše bez prethodnog močenja, kiselim bojilima uz dodatak octene kiseline. Direktnim bojilima se bojadiše neutralno. Za tamne nijanse upotrebljavaju se i sumporna bojila. Ramija se bojadiše kao i pamuk.

Postupci bojadisanja acetatnog rejonu i acetatnih vlakana razlikuju se od postupaka bojadisanja celuloznih vlakana. Najviše se upotrebljavaju disperziona bojila, koja su u vodi netopljiva ali dobro prelaze na materijal, u kojem se rastapaju i stvaraju prava obojenja. 2½-acetati bojadiše se uz dodatak sapuna na maksimalno 75°C; na višoj temperaturi vlakna gube čvrstoću i sjaj. Za bojadisanje dolaze još u obzir baze koje se diazotiraju i razvijaju na samom vlaknu, azo-bojila na bazi niza Naftola-AS, kiselna bojila i bazna bojila bez prethodnog močenja materijala. Za bojadisanje triacetata upotrebljavaju se također disperziona bojila, ali se bojadiše na temperaturi ključanja kroz 3 sata. Dobre rezultate dalo je i bojadisanje na još višoj temperaturi (do 140°).

Postupci bojadisanja vune, dlaka i vlakana od regeneriranih bjelančevina. Kisela bojila prelaze direktno na ta vlakna, a moć prelazanja zavisi od temperature i stepena kiselosti kupelji. Kiselim bojilima koja dobro egaliziraju bojadiše se vuna u vrlo kiseloj kupelji uz dodatak 10% kalcinirane Glauberove soli. (Glauberova sol sprečava prebrzo prelazanje kiselih bojila.) Bojilima koja prilično dobro egaliziraju bojadiše se uz dodatak octene kiseline i Glauberove soli, a nakon jednog sata iscipe se kupelj dodatkom sumporne ili mravlje kiseline. Bojila koja teško egaliziraju zahtijevaju samo male količine kiseline. Njima se bojadiše uz dodatak amonijeva acetata ili sulfata i Glauberove soli. Nakon jednog sata kuhanja ponovo se doda octena kiselina, a često još i sumporna kiselina, radi potpunog izvlačenja bojila iz kupelji. Proizvođači bojila dijele ta bojila u sortimane i svakom sortimanu daju poseban naziv. U pogledu postojanosti na svjetlu postoje razlike, tako da su i prema tome bojila podijeljena u grupe. Proizvodne postojanosti također variraju, npr. postojanost prema dekaturu, valjanju i metalima; različita je sposobnost rezerviranja, tj. sposobnost da se u mješavinama bojadiše samo vunenno vlakno. Pri biranju bojila treba ove okolnosti uzeti u obzir. Kromna ili

moćilska bojila (zovu se kromna bojila jer se za razvijanje uglavnom upotrebljavaju kromne soli) stvaraju metalne komplekse s bojilom. Prema načinu primjene kromnih soli razlikuje se bojadisanje poslije i prije močenja (kromiranja), a ima i postupak s istodobnim močenjem i bojadisanjem. Najvažniji postupak je močenje nakon bojadisanja. Bojadiše se kao i kiselim bojilom, ali tako da se kupelj potpuno iscrpe; onda se kupelj ohladi na 70°C i doda joj se kalijev dikromat u otopini; grije se do kuhanja i kuha još 45 minuta. Od postupaka s istodobnim bojenjem i kromiranjem najpoznatiji je »metakromni« postupak s pomoću metakromnog močila (smjese amonijeva sulfata i kalijeva kromata). Bojadiše se u neutralnoj kupelji, jer se iz amonijeva sulfata postepeno otcjepljuje sumporna kiselina. Metalkompleksna bojila sadržavaju već u molekuli kompleksni metalni spoj i daju obojenja visokih postojanosti. Bojila koja prelaze na vlakno iz jako kisele kupelji (metalkompleksna bojila tipa 1 : 1) zahtijevaju do 10% sumporne kiseline, ali bez dodatka Glauberove soli. Specijalna pomoćna sredstva omogućuju da se smanji količina kiseline. S bojadisanjem se počinje na 50°C i temperatura se postepeno podigne do temperature ključanja; na toj temperaturi bojadiše se još 1 sat. Najpoznatija bojila iz te grupe su Palatinecht-bojila (BASF, Njemačka) i Neolan-bojila (Ciba, Švicarska). Sposobnost egaliziranja vrlo je dobra. Bojila koja prelaze na vlakno i u neutralnom mediju (metalkompleksna bojila tipa 2 : 1) upotrebljavaju se uz dodatak amonijeva acetata, koji postepeno odvaja kiselinu; pri tom je pH blizu 7. Odgovarajuća pomoćna sredstva, npr. Cibalsalz S, proširuju područje pH na 3...7. Do 70°C sposobnost je prelaženja bojila mala, a tek na temperaturi ključanja kupelj se iscrpe. Sposobnost egaliziranja vrlo je dobra. Prednost je metalkompleksnih bojila pred moćilskim bojilima u tome što je proces bojenja kraći i što dopuštaju lakše nijansiranje. Metalkompleksna bojila ne mijenjaju nijansu kao moćilska bojila nakon dodavanja dikromata. Najpoznatija bojila iz ove grupe su Cibalan-bojila (Ciba), Lanasyn-bojila (Sandoz), Irgalan-bojila (Geigy). Za bojadisanje vune upotrebljavaju se i redukciona bojila. Zbog osjetljivosti vune prema alkalijama upotrebljavaju se samo ona bojila koja za redukciju zahtijevaju male količine alkalija i niske temperature. Bojadiše se iz kupelji s »hidrosulfitom«, a namjesto lužine se u kupelji za bojadisanje upotrebljava amonijak. Na tržištu se ta bojila nalaze već u reduciranom stanju ili je količina »hidrosulfita« i alkalija potrebna za redukciju već dodata bojilu. Za stabilizaciju kupelji dodaje se još i tutkalo, kao zaštitni koloid. Bojadiše se na 55°C, cijedi, oksidira na uzduhu ili u vodi i ispire. Za tamne tonove taj se proces više puta ponavlja. Reaktivnim bojilima bojadiše se vuna uz dodatak octene kiseline, Glauberove soli i pomoćnog sredstva Neovadin AL (Ciba) uz pH 4...5 počevši od 50°C do temperature ključanja. Na kraju se pH povisuje do 7. Postojanosti obojenja su dobre. Dolaze u obzir iste marke kao i za bojadisanje celuloznih vlakana, ali postoje i posebni tipovi za bojadisanje vune. Kontinuirano bojadisanje vune za sada je našlo svoje najbolje rješenje u postupku Cibaphasol švicarske tvornice bojila Ciba. Postupak iskorištava prvi put u bojadisarstvu fenomen koacervacije, tj. raspadanja koloidnog sistema u dvije izotropne tekuće faze: koacervat, tj. koncentriranu koloidnu fazu, i razrijeđenu ravnotežnu tekućinu. Ovo se raspadanje u konkretnom slučaju postiže s pomoću sredstva Cibaphasol AS. Bojilo se nalazi u koacervatu, koji stvara nakon impregnacije i cijedenja materijala homogeni film oko vlakna. Pri parenju bojilo iz koacervata difundira u unutrašnjost vlakna.

Vlakna od regeneriranih bjelančevina [kazeinska vlakna (Merinova), vlakna od arahida (Ardil), od bjelančevina kukuruza (Zein-vlakna, Vicara), od bjelančevine soje (Silkool)] sva se slično ponašaju pri bojenju, iako ima među njima izvjesnih razlika u afinitetu prema bojilu. Bojadišu se redovito na temperaturama do najviše 70°C, jer se iz tih vlakana na višoj temperaturi odvaja formaldehid, koji manje ili više reducira bojilo. Upotrebljavaju se posebni sortimani bojila običajni za vunu.

Postupci bojadisanja prirodne svile. Svila kao životinjsko vlakno može se bojadisati svim bojilima prikladnim za bojadisanje vune, obično u kupelji koja sadrži sapunsku otopinu sericina ili želatinu, što pospješuje egaliziranje. Zbog toga što je u nje jače izražen kiseli karakter nego u vune, prirodna svila ima veći afinitet prema baznim bojilima; njima se na svili postizavaju jasni

i živi tonovi, ali su postojanosti obojenja slabe. Važnija su kisela bojila, uključivši metalkompleksna, zatim direktna i redukciona bojila, Indigosoli i Naftol-AS-bojila. Kiselim bojilima bojadiše se svila prema propisima za vunu, a direktnima se bojadiše iz kisele kupelji. Redukciona bojila se upotrebljavaju samo za artikle koji zahtijevaju dobre mokre postojanosti. Indigosolima se svila bojadiše uz dodatak mravlje kiseline; obojenja se razvijaju s pomoću kiseline i kalijeva dikromata.

Postupci bojadisanja sintetskih vlakana. *Poliamidna vlakna* su termoplastična pa pri vrućoj i mokroj obradi podliježu promjenama kao što su skupljanje, stvaranje nabora i kovrčavost. Zbog toga treba takav materijal prije bojadisanja »fiksirati«, da ne bi mogle nastati te promjene. Fiksiranje se postizava time što se materijal tretira vrućom vodom, parom ili suhom toplinom (*termofiksiranje*). Ova se predobrada vrši na temperaturi koja leži ~ 25°C iznad temperature procesa oplemenjivanja koji slijede. Poliamidna vlakna bojadišu se disperzionim bojilima slično kao acetatni rejon, samo se temperatura podiže do 90°C. Bojila su ista kao i za acetatna vlakna, ukoliko tvornice bojila nisu izradile specijalne sortimane. Ova bojila dobro pokrivaju neravnomjernosti i prugavost materijala. Metalkompleksna disperziona bojila predstavljaju specijalnu grupu za bojadisanje poliamidnih vlakana. Njima se bojadiše uz dodatak posebnog sredstva za egaliziranje. Obojenja imaju odlične postojanosti (npr. bojila Vialonecht i sredstvo Egalisiermittel P od BASF, Njemačka). Kisela bojila imaju dobar afinitet prema poliamidnim vlaknima i mokre postojanosti obojenja su dobre. Afinitet zavisi od kemijske građe bojila, tako da tvornice bojila svrstavaju bojila u grupe i stavljaju ih na tržište pod različitim imenima. Metalkompleksna bojila upotrebljavaju se kao i za vunu, i to bojila tipa 1 : 1 i 2 : 1. Sva kromna bojila nisu upotrebljiva za sintetička vlakna; mogućnost primjene zavisi od afiniteta i mogućnosti potpunog kromiranja bojila na vlaknu. Zbog toga postoje posebni sortimani. Postignute postojanosti su izvanredne. Direktna bojila se upotrebljavaju kao i za celulozna vlakna. Redukciona bojila se manje upotrebljavaju, i to uz dodatak natrijeve lužine i »hidrosulfita« prema posebnim propisima. Netopljiva azo-bojila stvaraju se na vlaknu s pomoću posebne grupe bojila, a to su stabilizirane diazo-soli; primjenjuju se po postupku u jednoj kupelji zajedno s naftolima (Ofnacet-Ofnaperl-bojila firme Hoechst ili Brentacet bojila firme ICI). Od reaktivnih bojila dolaze u obzir za bojadisanje sintetičkih vlakana uobičajeni tipovi (Cibacron, Procion itd.), ali i novi tip koji je derivat disperzionih bojila s reaktivnom grupom; pri bojadisanju vežu se reaktivne grupe sa slobodnim amidogrupama i imidogrupama poliamida.

Sve što je naprijed rečeno o bojadisanju poliamidnih vlakana odnosi se na vlakna tipa Nylon 6 i 66 (Nylon, Perlon). Poliamidna vlakna tipa Nylon 11 (Rilsan) bojadišu se na isti način jedino disperzionim bojilima; za bojenje svim drugim grupama bojila treba primijeniti sredstva za ubrzanje bojadisanja, tzv. *karijere* ili *promotore* (engl. *carrier*, nosač) ili raditi uz pH 2...3 ili pod pritiskom.

Vlakna od čistog *poliakrilnitrila* veoma se teško bojadišu pa se za tekstilne svrhe više ne upotrebljavaju. U obzir dolaze miješani polimerizati (s vinilnim spojevima) koji sadržavaju najmanje 85% akrilnitrila, i to kopolimeri koji nemaju baznog karaktera i kopolimeri s jednim baznim N-atomom, tzv. bazificirana akrilna vlakna. Kopolimeri bez baznog karaktera (Acrilan 16, Dralon, Orlon) bojadišu se disperzionim bojilima na temperaturi ključanja 1...2 sata. Postizavaju se tonovi od svijetlih do srednje tamnih. Postojanosti na svjetlu i mokre postojanosti vrlo su dobre. Bazna bojila imaju izvanredan afinitet za te kopolimere, tako da je često potrebno dodavati sredstva za usporavanje (tzv. *retardere*, npr. Irgasol DA firme Geigy). Bojadiše se počevši od 45°C sve do temperature ključanja 45 min, uz dodatak octene kiseline. Obojenja imaju dobru postojanost na svjetlu, osobito pri upotrebi posebnih sortimana za tu svrhu (npr. Deorlin-bojila Cibe, Basacryl-bojila BASF, Maxylon-bojila Geigyja itd.). Kiselim i izabranim direktnim bojilima ti se kopolimeri bojadišu u prisustvu kupro-iona. Primjenjuju se dvije metode. Po kuproionskoj metodi dvovalentni bakreni spojevi u toku procesa bojadisanja reduciraju se u jednovalentne spojeve; kao redukciona sredstva služe hidroksilaminsulfat, gliksal i amonijev vanadat

pod normalnim pritiskom ili hidroksilaminsulfat i natrijska lužina pod povišenim pritiskom. Drugi postupak (postupak Sandocryl firme Sandoz) upotrebljava metalni bakar u obliku bakrenog lima koji se nalazi u kupelji za bojadisanje; u prisustvu sumporne kiseline i dvovalentnog bakra u obliku bakarnog (II) sulfata stvaraju se reakcijom između metalnog i dvovalentnog bakra kupro-ioni. Postizavaju se tamna obojenja. Indigoidna redukciona bojila prelaze na poliakrilna vlakna na temperaturi ključanja; za tamna obojenja treba bojadisati na temperaturama od 140°C. Za redukciju se uzima »hidrosulfit« i soda ili bikarbonat. Ista se bojila bojadišu i u obliku kiselog leukospoja. Bazificirana akrilna vlakna (Acrilan, Creslan, Zefran i dr.) imaju amfoterni karakter te se mogu bojadisati baznim i kiselim bojilima. S obzirom na veliki broj modifikacija vlakana razlikuju se i mnogi postupci. Najvažnije grupe bojila jesu: kiselna, bazna, metalkompleksna (tipa 2 : 1 i 1 : 1), disperziona, krom-kiselna bojila i naftoli.

Između načina vezivanja bojila na *poliesterska vlakna* (Terylen, Trevira, Tergal, Dacron, Terital) i načina njihova vezivanja na acetatna vlakna ima izvjesna analogija zbog analogije u kemijskoj konstituciji, tj. zbog prisutnosti esterskih grupa u oba slučaja. Međutim, poliesterska vlakna znatno teže primaju bojila. Pod normalnim se uslovima postizavaju disperzionim bojilima na poliesterskim vlaknima samo svijetla obojenja, jer je difuzija u unutrašnjost vlakna veoma spora. Da bi se postiglo prodiranje bojila i dobila tamna obojenja, potrebno je dodavati kerijere (promotore). Djelovanje kerijera još nije razjašnjeno; pretpostavlja se da povećavaju topljivost bojila, izazivaju bubrenje vlakna i uzrokuju plastifikaciju strukture vlakna ili nastanak novih mjesta za vezivanje bojila. Kao kerijeri se upotrebljavaju: *o*-diklorbenzen, difenil, *o*- i *p*-fenilfenol, klorirani benzen i dr. Druga je mogućnost bojadisanje na visokoj temperaturi, i to na 120–130°C. Prednost je ovog načina što je bojadisanje brže, što otpadaju kerijeri, što su vlakna bolje probojadisana i što je egalnost obojenja bojila. Za primjenu ovog postupka je preduvjet da disperziona bojila ne sublimiraju na povišenoj temperaturi. Za tkanine se uveo tzv. postupak *termosol*: tkanina se impregnira na fularu disperzionim bojilima i suši se. Fiksiranje bojila se postiže kratkom obradom (1–2 min) na 200°C u rastezanim sušionicima ili u posebnim komorama. Nakon termičke obrade slijedi još ispiranje površinski nefiksiranog bojila. Od redukcionih bojila se za poliesterska vlakna upotrebljavaju izabrana bojila (Polyestren-bojila firme Cassella) po postupku termosol. Nakon impregnacije na fularu slijedi sušenje, termosoliranje na 200–220°C i pranje. Postizavaju se dosta tamna obojenja s dobrim mokrim postojanostima.

Polivinilkloridna vlakna (Rhovyl, Thermovyl) veoma slabo bubre i zbog toga primaju samo male količine bojila. S pomoću kerijera mogu se bojadisati disperzionim bojilima. Zbog niske tačke plastificiranja bojadišu se na temperaturi 60°C do max. 80°C, već prema vrsti materijala.

Postupci bojadisanja mineralnih vlakana. *Azbest* se bojadiše kiselim, direktnim, baznim, sumpornim, redukcionim i naftolnim bojilima. Prije bojadisanja direktnim i kiselim bojilima materijal se moči s pomoću aluminijeva sulfata. Za bazna bojila materijal se moči kao celulozna vlakna. *Staklena vlakna* nemaju afiniteta prema bojilu; površinsko jetkanje fluorovodičnom kiselinom povećava afinitet, ali se materijal previše nagrije. Neki visokomolekularni i kondenzirani spojevi (npr. Lyofix SB, Ciba) imaju afinitet prema staklenim vlaknima i povećavaju sposobnost primanja supstantivnih i kiselih bojila. Upotrebljavaju se redukciona bojila prema pigmentnom postupku.

Postupci bojadisanja mješavina različitih vlakana. Mješavine vlakana nastaju ili tako da je već preda sastavljena od različitih vlakana, ili tako da se prilikom tkanja ili pletenja upotrebljavaju niti od više vrsta vlakana. Mogućnosti miješanja su raznolike u pogledu broja ili vrsta vlakana i u pogledu procentnog sastava mješavina. Preduslov je za uspješno bojadisanje mješavina poznavanje sastava mješavine u pogledu vrste vlakana i kvantitativnog sastava.

Mješavina vune i pamuka (poluvuna), odn. vune i celvlakna, bojadiše se po jednofaznom ili po dvofaznom postupku, tj. ili se obje komponente bojadišu u istoj kupelji ili se bojadiše svaka komponenta odvojeno. Za postizanje iste nijanse upotrebljavaju se poluvunena bojila koja su mješavine direktnih i kiselih bojila.

Prema vrsti kiselog ili direktnog bojila, tj. prema tome da li je bojilo obično ili postojano, postižu se obojenja različitih stepena postojanosti. Dvofazni postupak uglavnom dolazi u obzir kad se želi postići bolja postojanost celuloznog dijela. Za *mješavinu vune i acetatnog vlakna* moraju se zbog osjetljivosti acetatnih vlakana prema povišenim temperaturama upotrebljavati bojila za vunu koja prelaze već na 85°C. Najviše se zahtijeva rezerviranje acetata; to se postiže bojadisanjem vune kiselim bojilima uz dodatak mravlje kiseline i Glauberove soli, no sva kiselna bojila nisu sposobna za rezervaciju acetata. Kupelji za bojadisanje mogu se dodati disperziona bojila, tako da se postižu jednobojni ili dvobojni efekti. Pri bojadisanju *mješavina celuloznih i acetatnih vlakana* većina direktnih bojila ne prelazi na acetat, tako da je moguće rezervirati acetat ili postići jednobojne i dvobojne efekte. Dvobojni efekti se mogu postići po postupku u jednoj kupelji uz upotrebu disperzionih i direktnih bojila. *Mješavina vune i poliamidnih vlakana* od velikog je značenja zbog veće otpornosti materijala prema trganju i habanju. Budući da su koloristički oba vlakna vrlo srodna, moguće ih je bojadisati istim grupama bojila, tj. kiselim, metalkompleksnim tipa 2 : 1 i 1 : 1, krom-kiselim i reaktivnim bojilima. Tvornice bojila raspolažu asortimanima kiselih bojila i metalkompleksnih bojila 1 : 1 koja ravnomjerno prelaze na obje komponente. Ova izabrana bojila treba upotrijebiti ako se želi dobiti izjednačena nijansa. Problem bojadisanja kiselim bojilima sastoji se u tome da je stupanj zasićenja poliamida i vune vrlo različit. *Mješavine celvlakna i poliamidnih vlakana* upotrebljavaju se uglavnom za izradu trikotaže i čarapa. Karakteristično je za bojadisanje ove mješavine da se svaka komponenta bojadiše drugim grupama bojila, jedino grupa poluvunenih bojila dolazi u obzir za bojadisanje obiju komponenata u istoj nijansi. Po postupku u jednoj kupelji uz upotrebu različitih grupa bojila mogu se takve mješavine bojadisati direktnim i disperzionim bojilima ili metalkompleksnim bojilima 2 : 1 i kiselim bojilima koja neutralno prelaze na poliamidno vlakno. Postupci u dvije kupelji vezani su na primjenu određenih grupa bojila. Treba voditi računa o eventualnom djelomičnom prelazu bojila i na onu komponentu koja se ne želi obojiti odnosnim bojilom, čime se vlakna te komponente mogu uprljati; ovu pojavu sprečava dodatak specijalnih sredstava za rezerviranje. Na *mješavini vune i poliesterskih vlakana* mogu se po postupku u jednoj kupelji uz upotrebu disperzionih bojila i metalkompleksnih bojila 2 : 1 postići jednobojne nijanse dobrih postojanosti. Potrebno je dodati kerijer, koji ujedno sprečava prljanje vune disperzionim bojilima. Spomenutim grupama bojila bojadišu se tkanine i namotane na perforirane valjke u autoklavima. Postupcima u dvije kupelji mogu se postići srednje i tamne nijanse, ali vunen dio mješavine treba očistiti od disperzionih bojila. Postupak je riskantan s obzirom na mogućnost oštećenja vune prilikom čišćenja. Osim toga moguć je i termosol-postupak uz određene varijante. Tako se npr. tkanina impregnira na fularu disperzionim bojilima uz dodatak kerijera, a zatim suši i termički obrađuje. Vuneni dio se najprije očisti na kadi s vitlom i zatim bojadiše. Za *mješavinu celuloznih i poliesterskih vlakana* postoji velik izbor grupa bojila za postizanje jednobojnih nijansa. Za poliesterski dio dolaze u obzir disperziona i specijalna redukciona bojila, a za celulozna vlakna direktna, redukciona i reaktivna bojila i leukoesteri redukcionih bojila. Koje će se kombinacije primijeniti zavisi od artikla i od željene dubine tona. S obzirom na široku primjenu tkanina od ove mješavine vlakana, npr. za muške košulje i za kišne ogrtače, počele su se razvijati i kontinuirane metode bojadisanja. Tako se može tkanina impregnirati na fularu mješavinom bojila, npr. redukcionim i specijalnim redukcionim bojilima (Polyestren-bojilima firme Cassella), a onda sušiti, termosolirati na 200–220°, pri čemu se fiksiraju redukciona bojila na poliesterski dio, i konačno na džigeru uz normalno reduciranje i oksidiranje fiksirati obična redukciona bojila na celulozni dio. Postoje i specijalna redukciona bojila koja prelaze na obje komponente. Mogu se i kombinirati disperziona i reaktivna bojila (patent firme CIBA) uz fiksiranje bojila u suhom vrućem zraku. Može se primijeniti i kombinacija disperzionih i redukcionih bojila s termosoliranjem i naknadnim reduciranjem i oksidiranjem redukcionog bojila na džigeru. Na *mješavinama vune i poliakrilnitričnih vlakana* dobivaju se jednobojne nijanse u svijetlim tonovima po postupku u jednoj

kupelji disperzionim i kiselim bojilima, ili metalkompleksnim bojilima 2 : 1. Za srednje i tamne tonove primjenjuje se dvofazni postupak u jednoj kupelji, pri kojemu se tek nakon potpunog iscrpenja kiselih bojila dodaju bazna bojila. Pri primjeni baznih bojila dodaju se sredstva za usporavanje primanja bojila. Za *mješavinu celuloznih i poliakrilnitrilnih vlakana* principijelno dolaze u obzir kombinacije disperzionih ili baznih i direktnih, redukcionih, reaktivnih i pigmentnih bojila, kao i indigosola (ovi i za obje komponente). Bojadiše se po jednokupeljnog, jednokupeljno-dvofaznog i dvokupeljnog postupku. Razrađeni su i kontinuirani postupci s fulardiranjem.

Bojadisanje odjeće predstavlja posebnu granu bojadisarstva, jer se bojadiše tekstilni materijal koji je već bio upotrijebljen. Većinom se radi o mješavinama vlakana koje treba bojadisati jednobojno, pa važi ono što je naprijed rečeno o bojadisanju mješavina. Mora se još uzeti u obzir da su materijali često zaprljani, od sunca izbljegli i na nekim mjestima pohabani, što sve utječe na primanje bojila. Potrebno je upotrijebiti sredstva za egaliziranje koja ujedno imaju i svojstva sredstva za pranje. Postoje posebni sortimani za bojadisanje odjeće.

LIT.: E. Valko, *Kolloidchemische Grundlagen der Textilveredlung*, Berlin 1937. — A. Schaeffer, *Handbuch der Färberei und anderer Prozesse der Textilveredlung*, Stuttgart 1949. — A. Schaeffer, *Technologie der Färberei und Textilveredlung*, Heidelberg 1954. — T. Vickerstaff, *The physical chemistry of dyeing*, London 1954. — G. Nitschke, *Chemische Technologie und Praxis der Färberei*, 2 sv., Berlin 1954—1958. — P. Weyrich, *Färben und Bleichen der Textilfasern in Apparaten*, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956. — H. U. Schmidlin, *Vorbehandlung und Färben von synthetischen Faserstoffen*, Basel 1958. — M. Krajčinović, *Kemijska tehnologija tekstilnih vlakana*, 2 sv., Zagreb 1959. — H. Rath, *Lehrbuch der Textilchemie*, Berlin 1963.

TISAK TEKSTILA

Grčki historičar Herodot (← V st.) u svom historijskom djelu *Historia* prvi govori o tiskanju tekstila, ali su nađeni još stariji tiskani materijali. Kasnije se tek u XIV st. ponovo spominje tekstilni tisak u knjizi nekog Cennina Cenninija. U toj knjizi prvi put se nalaze upute za dobivanje mjestimičnih obojenja na tkaninama. Do početka XVIII st. nema značajnih promjena ni u pogledu tehnike ni u pogledu primjene bojila za tisak. Kao bojila uglavnom su služili pigmenti koji su se mehanički pričvršćivali na materijal. Tehnika se ograničavala na čisti ručni rad, tj. bojilo se nanosilo pomoću četaka i šablona s izrezanim šarama, a kasnije s pomoću kalupa na kojima je bila šara ispupčeno izrađena. Razvojem znanstvene i tehničke kemije u XVIII st., kao i sve većom upotrebom pamuka, ručni se rad razvio u mehaničke postupke tiskanja. Prvi patent mehaničkog stroja za tiskanje prijavio je Bell (1783) u Engleskoj; iz tog stroja razvio se današnji stroj za tisak valjcima. Značajan napredak u tehnici tiska predstavljao je Perrotov stroj, tzv. «perotina» (1834) za mehanizirani tisak kalupima. «Reljef-stroj» za prijenos boje na tkanine s pomoću valjaka na kojima se nalazi ispupčena šara uveden je oko 1800. Kemijske metode uvedene su u tisak izumom tzv. «cuve décolorante» D. Koechlina. Tiskom se nanosilo na obojeni materijal kloro vapno, koje razara boju te se dobivaju bijeli efekti. Od tada tekstilni tisak postaje grana primijenjene kemije. Daljnja važna razvojna faza tiska počela je kad je namjesto mehaničkog pričvršćivanja bojila na materijal, kroz vjekove primijenjivanog, uvedeno fiksiranje bojila parenjem (1815). Dalje se tekstilni tisak razvijao uporedo s razvojem kemije sintetičkih bojila i pomoćnih sredstava. Nakon Prvog svjetskog rata došao je iz Japana preko Amerike u Evropu «filmski tisak», postupak pri kojem se šare prenose na tkaninu s pomoću šablona, okvira prevučene finom tkaninom koja propušta boju na mjestima gdje očice tkanine nisu začepljene lakom.

Dok se proces bojadisanja tekstila odvija uglavnom u jednoj radnoj fazi, u kojoj tekstilni materijal prima bojilo iz vodene otopine, i to ravnomjerno po cijeloj površini, pri tiskanju tekstila bojilo se mora zaustaviti na graničnim rubovima onih šara koje se žele izvesti. Da bi se to postiglo, potreban je niz radnih faza i uređaja nepoznatih u bojadisarstvu. *Tiskarska smjesa* se sastoji od bojila, od *ugušćivača* — sredstva koje sprečava razlijevanje bojila preko granice šare — i kemikalija potrebnih za fiksiranje bojila na materijal. U fazi tiskanja tiskarska se smjesa nanosi na materijal s pomoću odgovarajućih naprava. Neposredno nakon tiskanja slijedi sušenje nanese smjese, a onda fiksiranje, proces koji se mahom vrši s pomoću pare u parionicama i kojim se tek stvara pravo obojenje na tiskanim mjestima. Konačno se pranjem odstranjuju s tekstilnog materijala ugušćivač, nevezano bojilo i kemikalije preostale nakon procesa fiksiranja. S parenjem može biti povezana i naknadna obrada tiska, npr. oksidacija redukcionih bojila.

Teorija tiska se bavi prvenstveno tumačenjem djelovanja ugušćivača. Obojena mjesta koja nastaju nakon izvršenja svih faza tiska prava su obojenja i veza između bojila i vlakna ista je kao i nakon bojadisanja. Ali dok se proces bojadisanja odvija u vodenoj otopini bojila i kemikalija, u tisku služi kao nosilac bojila i kemikalija visoko viskozna koloidna disperzija, ugušćivač. Karakteristično je za djelovanje ugušćivača da u njemu ne reagiraju bojila s kemikalijama ili kemikalije među sobom; to je bitna razlika između kupelji za bojadisanje i tiskarskih smjesa. Ta se pojava

tumači strukturom ugušćivača, koji su tipični koloidi, i to mahom geli. Takav je gel npr. škrobni lijepak; u njemu se između nabubrenih zrnaca škroba nalaze šupljine (kapilare) u koje ulaze bojila i kemikalije, a stijenke stanica odvajaju pojedine tvari, tako da među njima ne može doći do reakcije.

U tkaninama postoje kapilarne sile uzrokovane strukturom tkanine (šuplinama između vlakana u predi i između niti). Ugušćivač se suprotstavlja ovim kapilarnim silama te sprečava razlijevanje tiskarske smjese po površini tkanine. Kapilarne sile ugušćivača jače su od kapilarnih sila u tkanini samo ako u unutrašnjoj strukturi ugušćivača postoje finiji kapilarni prostori nego u predi ili tkanini. Prilikom sušenja neposredno nakon tiskanja kapilarni međuprostori ugušćivača se stežu i potpuno se zatvaraju; na taj je način ugušćivač potpuno odvojen od tkanine (na mikroskopskom presjeku vlakna stvarno se vide samo vanjske naslage). U narednoj operaciji, parenju, bubre i vlakna i ugušćivač u vlažnoj pari, pa nabubrena vlakna mogu lakše primiti čestice bojila. Bojila imaju općenito veći afinitet za vlakna nego za ugušćivače, pa kroz dodirnu površinu između vlakana i ugušćivača bojilo počinje migrirati u vlakna. Pod utjecajem pare nastaju i promjene u samom ugušćivaču: kapilarna mu se struktura zbije; to smanjuje kapilarno djelovanje ugušćivača koje je u fazi tiskanja savladavalo kapilarnost tkanine. Na otisnutim se mjestima kondenzira više pare nego na neotisnutim (tiskarske boje sadržavaju uvijek i higroskopska sredstva) i kondenzirana voda omogućuje reakcije između bojila i kemikalija potrebne za fiksiranje bojila.

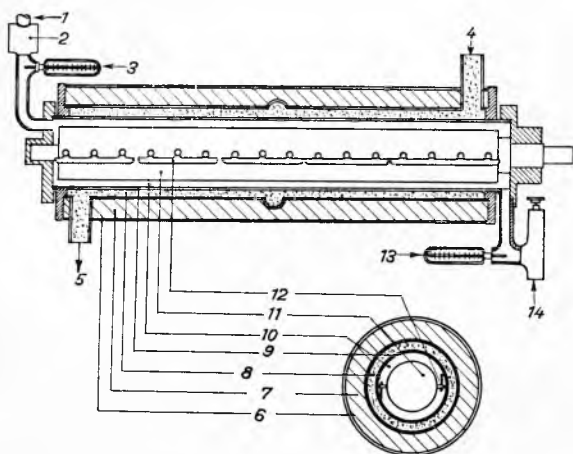
Priprema tkanina za tisak. Procesi predobrade (npr. smuđenje, odškrobljivanje, bijeljenje itd.) isti su kao u pripremi tkanina za bojadisanje. Temeljitim smuđenjem pamučnih tkanina postiže se čista površina, što je korisno za dobivanje čistih šara. Osobitu pažnju treba posvetiti odškrobljivanju. Veoma je važno postići hidrofilnost tkanina — osobito pamučnih — da bi mogle što lakše primiti tiskarsku boju u kratkotrajnom procesu tiskanja, odn. da bi boja što brže ulazila u tkaninu. Vunene tkanine se nakon bijeljenja kloriraju, čime se razaraju rožane ljuske na površini vlakana, pa ova lakše prima boju. Nakon predobrade, tkanine treba još i mehanički pripremiti: šišati, radi postizavanja glatke i čiste površine (ukoliko se ne radi o tkaninama s kosmatom površinom, kao npr. flanel), četkati, da se odstrane mehaničke nečistoće (prašina, vlaknaca i sl.) koje ometaju pravilno tiskanje. Nakon toga tkanine se «egaliziraju» tj. potka im se ispravlja da bude usmjerena okomito na osnovu. Stroj koji se za tu svrhu upotrebljava sličan je rasteznim strojevima sušionicima (v. *Appretura*, TE 1, str. 319), ali se lanci koji vode tkaninu mogu pomicati naprijed ili natrag i time se može egalizirati potka. Posljednja je faza pripreme namotavanje tkanina na valjke tako da se rubovi tačno pokrivaju.

Priprema tiskarskih smjesa. U svakoj tiskari postoji odjeljenje u kojemu se vrše svi radovi oko pripreme tiskarskih smjesa, tzv. «kuhinja boja». Tiskarske smjese mogu se pripremiti trima metodama. Prema *metodi pojedinačne pripreme* svaka se tiskarska boja priprema odvojeno, i to tako da se propisane količine bojila i ostalih dodataka dodaju pojedinačno ugušćivaču i sve pomiješa. *Metoda matične tiskarske smjese* upotrebljava se kad se tiska grupama bojila koje sve zahtijevaju za razvijanje ili fiksiranje niz dodataka po vrsti i količini jednaki. U tom slučaju zgodno je ujediniti sve zajedničke komponente u matičnu smjesu, koja prema tome sadrži ugušćivač i sve druge sastojine osim bojila. *Metoda matične tiskarske boje* razlikuje se od metode matične smjese po tome što se matičnim tiskarskim smjesama dodaju i bojila pa se matične tiskarske boje drže na zalih i mogu upotrebljavati kao boje s punom količinom bojila, kao «kupirane» (razrijeđene), kao među sobom miješane ili kao i miješane i razrijeđene. Ova se metoda najčešće primjenjuje.

Dok se u bojadisarstvu bojila samo otapaju u vodi a ostali se dodaci stavljaju direktno u kupelji za bojenje, priprema tiskarskih boja zahtijeva posebne postupke i s time u vezi i posebne uređaje. To su uređaji za pripremu ugušćivača, miješalice, mlinski i cjeđila.

Kotlovi-miješalice za kuhanje ugušćivača građeni su od bakra ili nerđajućeg čelika i imaju plašt za grijanje parom ili za hlađenje vodom i pojedinačni pogon miješala elektromotorom. Radi lakšeg ispražnjavanja mogu se nagnuti. U većim pogonima kotlovi su

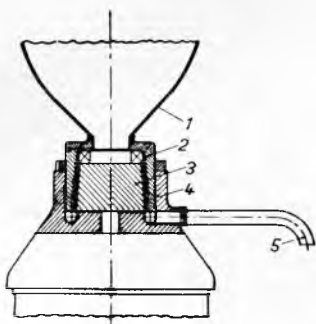
spojeni u baterije. Već prema veličini kotla, miješalice imaju jedno ili dva miješala. Razmak između miješala i zida kotla mora biti što manji. Za kontinuiranu izradu ugušćivača služi aparat prema sl. 25 (Votator). On ima u unutrašnjosti rotirajući valjak



Sl. 25. Aparat za kuhanje ugušćivača (Votator). 1 ulaz, 2 cirkulaciona pumpa, 3 termometar na ulazu, 4 ulaz pare, 5 metalni oklop, 7 izolacija, 8 protok pare, 9 cijev za prenos topline, 10 protok ugušćivača, 11 valjak, 12 nož za struganje, 13 termometar na izlazu, 14 ispusni ventil

koji je obuhvaćen od tri oklopa u obliku cijevi. Meduprostori između koaksijalnih cijevi služe za protok ugušćivača i sredstva za grijanje odn. hlađenje, ili se u njima nalazi izolacioni materijal. Aparat predstavlja zatvoreni sistem u kojemu se postiže temperatura iznad 100°C pa se ugušćivač kuha pod pritiskom, što znatno utječe na kvalitet. Kapacitet je do 900 kg/h. Mogu se spojiti za redom i 2 ili 3 takva aparata, od kojih prvi služi za kuhanje a ostali za hlađenje ugušćivača. Brze miješalice služe za miješanje tiskarskih boja, matičnih smjesa tiskarskih boja itd.; njima se znatno skraćuje vrijeme miješanja i štedi radna snaga. Najprikladnije brzine leže između 500 i 10 000/min. Miješalice s još većim brojem okretaja služe za izradu ugušćivača na bazi emulzija.

Mlinovi ne služe samo za mljevenje već i za miješanje, dispergiranje, emulgiranje i homogeniziranje. Prema željenoj svrsi upotrebljavaju se različiti tipovi mlinova. Za mljevenje i homogeniziranje služe mlinovi s lijevkom i mlinovi s valjcima. Glavni sastavni dio mlinova s lijevkom su ploče za mljevenje, izradene od tvrdog porculana, specijalnih legura, granita ili porfira. U mlinovima s valjcima materijal se ne samo melje nego i intenzivno miješa. Postoje i strojevi koji u prvom redu služe za homogeniziranje ali ujedno i za fino mljevenje. Stroj prikazan na sl. 26 sastoji se od



Sl. 26. Stroj za emulgiranje. 1 lijevak za punjenje, 2 stator, 3 rotor, 4 meduprostor između statora i rotora; razmak se može regulirati, 5 ispusna cijev

prstenastog statora i unutrašnjeg rotora. Obje površine imaju na sebi urezane za rezanje, usitnjavanje i miješanje materijala. Strojima za cijedenje svrha je da odstrane eventualne čvrste čestice koje se nalaze u tiskarskim bojama a koje bi mogle izazvati nečisti tisak i oštetiti valjke ili šablone. Najjednostavniji stroj se sastoji od posude kojoj je dno brončano sito; u posudi rotira četka koja tiska materijal kroz sito. Za cijedenje većih količina služi stroj s vakuumom. Tiskarska boja se sipa u posudu sa sitom a ispod sita se stvara vakuum koji siše boju kroz sito.

Sredstva za ugušćivanje. Već prema vrsti tkanine, veličini šara, vrstama bojila i kemikalija, postupcima i načinu tiska upotrebljavaju se različita sredstva: ljepkovi raznih škrobova, prerađeni škrobovi (»britiš-guma«, »industrijska guma«), biljne smole (tragant), prerađene biljne sluzi (alginati), brašno od rogača,

derivati celuloze (metilirana celuloza, oksialkilirana celuloza, eteri, glikolati), bjelanjčevine, sintetičke smole i emulzije mineralnih ulja. Ugušćivači od pšeničnog i kukuruznog škroba veoma su izdašni i tisak s njima je izdašan, ali egalnost tiska je slaba. Škrobovi se teško ispiru pa se gotovo isključivo upotrebljavaju zajedno s tragantima, koji se daju dobro ispirati. Prerađeni škrob, osobito »industrijska guma«, prikladan je za postizavanje tačnih kontura šara. Alginati i celulozni eteri upotrebljavaju se kad se bojila fiksiraju s pomoću suhe topline. Emulzije mineralnih ulja se primjenjuju u tisku pigmentima. Zbog različitog ponašanja ugušćivača, oni se često miješaju, tako da se mogu iskoristiti dobre osobine više ugušćivača za postizavanje željenih efekata.

Boje za tekstilni tisak. Za tekstilni tisak mogu se po pravilu upotrijebiti ista bojila kao i za bojadisanje, ali budući da se izvođenju tiska postavljaju neki posebni zahtjevi, bojila moraju svojim biti prilagođena svojoj svrsi. Moraju biti dobro topljiva jer se relativno velika količina bojila stavlja u mali volumen ugušćivača. Moraju se dobro fiksirati; to u prvom redu važi za netopljiva bojila, npr. redukciona. Takva bojila proizvođači posebno pripremaju, a dolaze na tržište u obliku finih disperzija. Osobito je važno uzeti u obzir postojanost bojila pa vrijedi pravilo da se za neki artikal kad se proizvodi tiskanjem upotrebljavaju bojila postojanija od bojila upotrijebljenih za proizvodnju istog artikla bojadisanjem. Bojila slabih mokrih postojanosti zaprljala bi prilikom pranja bijele i obojene šare.

U nastavku navest će se, prema vrstama vlakana, upotrijebljene grupe bojila i postupci s njima.

Tiskanje na celuloznim vlaknima (tkaninama). Direktna bojila upotrebljavaju se uz dodatak karbamida (uree) radi lakšeg otapanja bojila. Mokre postojanosti tiska su slabe, tako da je potrebna naknadna obrada kao i u bojadisarstvu. Povoljniji rezultati se postižu s direktnim bojilima na bazi metalnih kompleksa. Mnogo se upotrebljavaju redukciona bojila. Tiskarska boja sadrži kao redukciono sredstvo natrijev formaldehid-sulfoksilat, koji dolazi na tržište pod raznim trgovačkim nazivima (Metalit je domaći, Rongalit C njemački proizvod). Kao alkalija se upotrebljava soda ili potaša. Radi lakšeg i boljeg fiksiranja, redukciona bojila se upotrebljavaju u obliku fine disperzije; ta bojila nose posebne oznake, kao npr. »Suprafix«, »Ultrafix«, »Mikropulver«, »Mikro-tijesto« itd. Nakon tiskanja i sušenja fiksira se u zasićenoj pari, bez prisustva uzduha, na 101–103°C kroz 5 minuta. Slijedi ispiranje uz istovremenu oksidaciju, pa sapunanje. Pri tzv. dvofaznom postupku bojilo se tiska bez dodatka sredstva za redukciju; nakon tiskanja i sušenja tkanina se impregnira alkalijom i sredstvom za redukciju pa se neposredno poslije toga pari. Prednost je tog postupka da materijal može nakon tiskanja ležati neograničeno dugo vrijeme bez opasnosti da će se sredstvo za redukciju raspasti prije parenja i time se smanjiti izdašnost tiska. Za šareno jetkanje (v. dalje Provedba tiska) upotrebljava se tiskarska boja istog sastava kao i za direktni tisak, ali se povećava količina redukcionog sredstva. Za bijelo jetkanje služi tiskarska smjesa istog sastava ali bez dodatka bojila. Preduvjet je za uspješno izvršenje bijelog jetkanja da postoji mogućnost razaranja bojila kojim je tkanina obojena; razarati se mogu direktna, direktna naknadno obradana i naftolna bojila, a uz dodatak specijalnih sredstava za jetkanje i indigosoli i izabrana redukciona bojila. Indigosoli se tiskaju uz dodatak amonijeva rodanida (koji se pri parenju raspada i odvaja kiselinu potrebnu za saponifikaciju estera) i uz dodatak klorata za oksidaciju. Reaktivna bojila koja stvaraju kemijski spoj s vlaknom tiskaju se uz dodatak alkalija i karbamida; slijedi fiksiranje zasićenom parom ili suhom toplinom. Važno je da se materijal nakon fiksiranja intenzivno pere. Bojila razvijena na vlaknu, na bazi naftola, upotrebljavaju se tako da se materijal impregnira naftolima i na nj natiska diazotirana baza; nakon tiska se suši i pere. Postoje i gotove mješavine naftola sa stabiliziranim diazotiranim bazama; najpoznatija takva bojila dolaze pod imenom Rapidogen-bojila. Nakon tiskanja i sušenja razvijaju se u parioniku u kiselj atmosferi (u parionik se štrca mravlja kiselina) ili se dodaju takvoj tiskarskoj smjesi tvari koje u neutralnoj parnoj atmosferi razvijaju kiselinu. Naftolna bojila služe i za rezervni tisak: na naftolirani materijal tiska se jedna diazotirana baza kojoj je dodat aluminijev sulfat, suši se i bojadiše drugom diazotiranim bazom; kiseli aluminijev sulfat sprečava kopuliranje, tako da su šare rezervirane a ostala

površina obojena. Tiskarskom smjesom samo s aluminijevim sulfatom, bez diazotirane baze, postiže se bijela rezerva. Najviše se upotrebljava modra baza poznata pod imenom Variamin-modro. Za ovaj rezervni tisk mogu se pored diazotiranih baza tiskati i indigosoli te se postizavaju veoma efektne šare. Direktnim tiskom razvija se anilinsko crnilo na vlaknu tako da se pored anilinske soli doda tiskarskoj smjesi kao prenosilac kisika kalijev ferocijanid a kao oksidans klorat, i razvija u pari. Za rezervne efekte materijal se impregnira otopinom kao za bojadisanje i onda se tiskaju (obično) redukciona bojila, ili se bojila tiskaju pa se naknadno impregnira i razvija. Na celuloznim vlaknima često se neugodno ispoljava štetno djelovanje anilinskog crnila. Duboki crni tonovi se dobivaju produktima na bazi u vodi topljivih derivata difenilamina. Uporedo sa smjesom za direktni i rezervni tisk mogu se tiskati i redukciona, rapidogenska i pigmentna bojila ili indigosoli. Pigmentna bojila se tiskaju uz dodatak veziva, obično na bazi sintetičkih smola; kao ugušćivači služe uglavnom emulzije ulja u vodi ili vode u ulju. Proizvođači tih bojila su razradili brojne postupke koji se razlikuju prema tipu emulzije i prema sintetičkim smolama koje su upotrijebljene kao vezivo. Ti postupci nose određena trgovačka imena: Orema-, Aridye-, Impralac-, Acramin-postupak itd. Ftalogenska bojila mogu se ubrajati i u bojila koja se razvijaju na vlaknu, ali predstavljaju posebnu grupu. Sinteza bojila na vlaknu vrši se tako da se ftalonitril ili drugi O-dinitrili tiskaju uz dodatak prikladnog otapala i pogodne bakrene ili niklove soli, a nakon toga se razvija obojenje parenjem i obradom u kiseloj kupelji. Dobivaju se modra i zelenkasta obojenja jasnih tonova i odličnih postojanosti prema svjetlosti i pranju. Na tkaninama od celuloznih regenerata (rejonu i celvlakna) tiska se po istim postupcima kao i na pamuku, samo je važan pravilan izbor ugušćivača i način pripreme tiskarske smjese.

Tisak na acetatnom rejonu. Na acetatnom rejonu tiska se disperzionim bojilima i onda se pari. Moguće je i tiskanje redukcionim bojilima; postupci za to slični su postupcima tiskanja pamuka istim bojilima. Zbog djelovanja alkalije (potaše) u tiskarskoj boji dolazi pri parenju do saponifikacije površine vlakna, tako da se bojilo fiksira zapravo na regeneriranu celulozu. Moguć je i tisk pigmentnim bojilima. Tisak jetkanjem na obojenom materijalu vrši se uz dodatak cinkova formaldehid-sulfoksilata (npr. Dekrolina). Disperziona bojila teško se razaraju zbog toga što je bojilo otopljeno u vlaknu. Na triacetatu se također tiska disperzionim, redukcionim i pigmentnim bojilima.

Tiskanje na vuni i svilu. Tiskanje vuninih tkanina nije tako značajno kao tiskanje tkanina od celuloznih vlakana; u većoj mjeri upotrebljava se samo za marame i tkanine za narodne nošnje. Pri tiskanju kiselim bojilima tiskarska boja se sastoji od ugušćivača koji se lako odstranjuje (tragant, britišguma i sl.) i od sredstava za otapanje bojila, a kao kiselina dolazi u obzir octena kiselina. Fiksira se dužim parenjem u zasićenoj pari. Naknadna obrada se sastoji od temeljitog pranja i kratkotrajnog sapunjanja; treba voditi računa o tom da ne nastupi pustenje vune. Kromkompleksna bojila služe za postizavanje boljih postojanosti pri tiskanju vune. Fiksiranje traje jedan sat. Za tisk jetkanjem služe kao temeljna obojenja obično obojenja kiselim ili kromkiselim bojilima. Kao redukciono sredstvo dolazi u obzir natrijev formaldehid-sulfoksilat uz dodatak cinkova bjelila.

Tiskanje prirodne svile slično je tiskanju vune. Prije tiskanja treba svilu degumirati, tj. odstraniti sericin. Najprikladnija su kiselna bojila, iako njima dobivena obojenja često ne odgovaraju u pogledu postojanosti prema pranju. Nakon tiskanja se suši pa se pari u suhoj pari do 1 sata. Dolaze u obzir i metalkompleksna bojila 1 : 1. S pomoću reaktivnih bojila se postiže tisk s veoma dobrim mokrim postojanostima (prema vodi, pranju i znoju) kao i s dobrom postojanošću prema svjetlu.

Tisak na sintetičkim vlaknima. Za direktni tisk na tkaninama od *poliamidnih vlakana* uglavnom se upotrebljavaju izabrana kiselna bojila. Disperziona bojila se primjenjuju obično za tisk svijetlih tonova, jer su im mokre postojanosti slabije od postojanosti kiselih bojila. Kisela bojila se tiskaju zajedno sa sredstvom za bubrenje, i to fenolom ili rezorcinom. Kao ugušćivač služi uglavnom industrijska guma. Nakon tiskanja i sušenja pari se na 102...104°C kroz ~ 20 min. Ispira se i onda pere uz dodatak

octene kiseline, i sredstva za pranje na 100°C. Kao nadopuna, osobito u tamnim tonovima, služe metalkompleksna bojila 2 : 1. Osobito u vodi netopljivi oblik ovih bojila omogućava postizavanje tamnih tonova. Bijeli efekti jetkanja na obojenjima metalkompleksnim bojilima 2 : 1 dobivaju se uz dodatak cinkova formaldehid-sulfoksilata u tiskarsku smjesu; šareni efekti se postizavaju dodatkom redukcionih bojila ili indigosola u prije navedenu tiskarsku smjesu. *Poliesterska vlakna* ne reagiraju kemijski ni s jednom grupom bojila i to čini izvjesne teškoće prilikom fiksiranja bojila. Najprikladnija grupa su disperziona bojila, koja se mogu fiksirati na tri načina: normalnim parenjem bez pritiska uz dodatak kerijera u tiskarsku boju (analogno kao i pri bojadisanju), parenjem pod pritiskom (da bi se povećala brzina difundiranja bojila) i fiksiranjem vrućim uzduhom po tzv. »termosolpostupku« (kao i pri bojadisanju). Posljednji postupak dozvoljava i primjenu drugih grupa bojila, kao redukcionih bojila (specijalnih za poliesterska vlakna) i netopljivih azo-bojila. Obojenja na bazi azo-bojila mogu se jetkati s pomoću redukcionih sredstava, kao cinkova formaldehid-sulfoksilata i formamidinsulfinske kiseline. Preporuča se tiskarskoj smjesi dodati kerijer koji pospješuje ulazanje redukcionog sredstva u vlakna. Za *poliakrilnitrilna vlakna* upotrebljavaju se disperziona i bazna bojila. Pored toga se upotrebljavaju i redukciona bojila po uobičajenom, ali i po dvofaznom postupku. Termička postojanost ovih vlakana manja je od termičke postojanosti poliesterskih vlakana, tako da mogu nastati promjene opipa pri parenju. Tisak jetkanjem čini određene teškoće zbog velike hidrofobnosti vlakana i zbog malog izbora bojila koja se mogu jetkati.

Za tiskanje sviju vrsta tkanina od sintetičkih vlakna upotrebljavaju se i pigmentna bojila koja se s pomoću veziva mehanički vežu na vlakno. Čvrstoća vezivanja ne zavisi jedino od vrste veziva, već i od vrste materijala.

Tisak tkanina od stakla. Upotrebljavaju se pigmentna bojila u filmskom tisku ili se primjenjuje tehnika prskanja. Nakon tiskanja slijedi fiksiranje na povišenoj temperaturi.

Postupci tiska za postizavanje posebnih efekata. Za *krep-efekte* se na pamučne tkanine tiskaju pruge s ugušćenom lužinom, tako da se niti na pograničnim zonama skupljaju. Na poliamidnim vlaknima efekt se postizava s pomoću sredstava za bubrenje, npr. rezorcina ili fenola. U oba slučaja mogu se tiskarskoj smjesi dodati i bojila. Mat-efekti dolaze u obzir za sjajne tkanine od kemijskih vlakana. Tiskarskoj smjesi dodaju se pigmenti, npr. titanov dioksid. Tisak s pahuljicama poznat je više pod originalnim imenom *flock-print*. S pomoću šablona prenosi se na tkaninu na mjesta gdje treba da nastanu šare sintetičko ljepilo, a zatim se u elektrostatičkom polju nanose pahuljice, koje se postave okomito i zalijepe donjim djelom za tkaninu. Slijedi sušenje i kondenzacija ljepila. Može se i cijela površina tkanine pokriti pahuljicama pa se tako postizava izgled pliše. *Dévoré-artikal* (artikal s »izgorenim« efektima): na tkanine izrađene od dva različita materijala — npr. viskoznog i acetatnog rejona ili prirodne svile i viskoznog rejona — nanosi se s pomoću šablona sredstvo za razaranje jedne od komponenata. Nakon oštrog sušenja razorena komponenta se ispraši. Rezultiraju efekti s izgledom čipaka. Nabrajanjem ovih efekata još nisu iscrpene sve mogućnosti; kombinacije dvaju ili triju efekata daju opet nove efekte, npr. kombinacija običnog tiska s tiskom s pahuljicama, ili mat-tiska s efektom kreponiranja itd. U primijenjenoj umjetnosti često se upotrebljava *batik*-postupak. Na gustu tkaninu ukrućenu s pomoću rižinog ljepila nanosi se šara vrućim voskom. Nakon sušenja slijedi bojadisanje u hladnoj kupelji. Voštana šara služi kao rezerva i gdje je ona nanijeta materijal ostaje neobojen. Skidanjem voska, ponovnim »ortanjem« voskom i ponovnim bojadisanjem dobivaju se veoma šareni uzorci.

Provedba tiska. S obzirom na tehničku provedbu, osnovne su vrste tiska: direktni tisk, tisk jetkanjem i rezervni tisk. *Direktni tisk* primjenjuje se na bijelom i svijetlo obojenom materijalu, a tiskarska boja sadrži osim ugušćivača samo kemikalije potrebne za fiksiranje bojila. *Tisak jetkanjem* izvodi se na bojadisanom materijalu tako da se tiskarskoj smjesi dodaju kemikalije potrebne za razaranje boje kojom je obojena tkanina, pri čemu se dobivaju bijeli efekti (*bijelo jetkanje*) ili se tiskarskoj smjesi dodaju još i bojila otporna prema sredstvima za razaranje, tako da su dobivene šare obojene (*šareno jetkanje*). U *rezervnom*

tisku, ili tisku s pomoću zaštita, tiskarska smjesa sadrži sredstva koja sprečavaju primanje bojila pri naknadnom bojadisanju tiskanog materijala, tako da na kraju rezultira jednobožno obojeni materijal s bijelim ili šarenim efektima (bijela ili šarena rezerva). Osim ovih osnovnih vrsta tiska postoje još postupci kojima se postižu neki posebni efekti, kao npr. mjestimično kreponiranje tkanine, matirani efekti na sjajnom materijalu, naljepljivanje pahuljica (flock-print) i dr. Tiskati se mogu vlakna, pređa i tkanine, ali je tiskanje na tkaninama najvažnije. Tisak na tkaninama dijeli se prema mogućnostima izvedbe na ručni i strojni tisak.

Strojni tisak se može izvesti s pomoću perotine, reljef-stroja i stroja s valjcima.

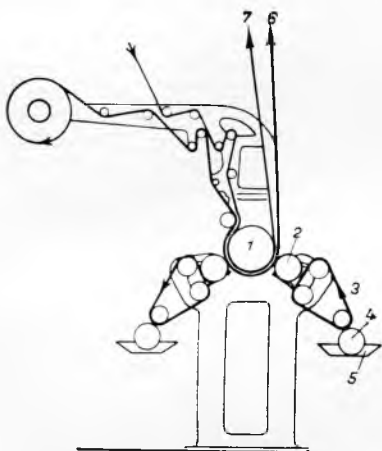
Tisak s perotinom danas se praktično više ne upotrebljava. To je bio mehanizirani ručni tisak s kalupima. Tkanina se po-

ranje pri tiskanju višebrojnih šara znači udešavanje otiskivanja pojedinih boja; svi raportni zupčanici zahvaćaju u zajednički zupčanik na koji je spojen prigon stroja. Raportni zupčanici se mogu pomicati jedan prema drugom tako da se svaka pojedina šara (boja) može postaviti na određeno mjesto unutar sastava višebrojne šare. Opisana naprava služi za regulaciju tzv. visinskog raporta. Osim toga mogu se valjci sa šarama pomicati i lijevo-desno za postizanje širinskog raporta. Raportiranje se obavlja ručno ili preko elektromotora spojenih direktno na svaki raportni zupčanik. Neposredno uz stroj priključena je komora za sušenje (mansarda), kroz koju tkanina prolazi tako da tiskana strana ne dodiruje transportne valjke. U mansardi se također suše pomoćno i gumirano platno. Sl. 29 prikazuje savremeni stroj za tisak s valjcima. Tiskati se može i bez pomoćnog platna. U tom slučaju

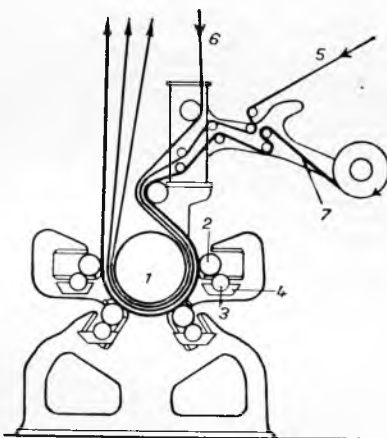
se upotrebljava beskrajno platno od plastične mase koje se kontinuirano pere unutar stroja. Drugi sistem primjenjuje uobičajeno beskrajno gumirano platno zajedno s pomoćnim platnom, koje se također unutar stroja kontinuirano pere. Od efikasnosti sušenja u mansardi zavisí brzina tiskanja; danas se radi s brzinama od 60 m/min i više. Strojevi mogu imati i do 16 valjaka za tiskanje u isto toliko boja. Postoje i strojevi za obostrano tiskanje tkanine, tzv. dupleks-strojevi. Za pogon rulo-strojeva služe elektromotori s regulacijom brzine ili prigoni za kontinuirano mijenjanje brzine.

Tiskarski valjci graviraju se u specijalnim pogonima, *gravirnicama*, koje su priključene većim tiskarama ili su samostalne. Valjci su šupljí bakreni cilindri s opsegom do 900 mm i duljinom obično do 1000 mm; dimenzije zavise od vrste tkanine koja se želi tiskati. Najstariji način graviranja je ručna gravura, koja se danas još upotrebljava skoro isključivo prilikom popravka graviranih valjaka. Proširena ručna gravura je gravura *moletom*. Moleta je mali čelični valjak na kojemu se nalazi ispušćena šara. S pomoću stroja za moletiranje šara se utisne postepeno preko cijelog bakrenog valjka. Veličina molete odgovara jednom rap-

portu šare (raport je najmanji dio šare koji se ponavlja). Pri *pantografskoj gravuri* šara se prenosi sa cinčane ploče preko pantografa (naprave za mehaničko uvećavanje ili umanjanje slike i crteža) na valjak prevučen lakom. Igle pantografa urezuju šaru u lak,



Sl. 27. Reljef-stroj. 1 centralni cilindar, 2 valjak sa šarom, 3 beskrajni pust za prijenos tiskarske smjese, 4 prijenosni valjak za tiskarsku smjesu, 5 korito za tiskarsku smjesu, 6 tkanina koja se tiska, 7 zaštitno platno

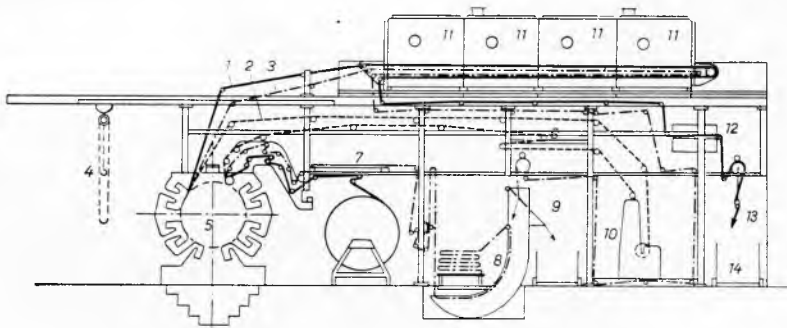


Sl. 28. Stroj za tiskanje s valjcima. 1 centralni cilindar (preser), 2 tiskarski valjak s udubljenim gravurama, 3 prijenosni valjak za tiskarsku smjesu, 4 korito za tiskarsku smjesu, 5 zaštitno platno, 6 beskrajno platno, 7 tkanina koja se tiska

micala diskontinuirano u ritmu kako se otiskivao kalup s ispušćenom šarom.

Reljef-tisak je kontinuiran; za prijenos šara služe drveni valjci sa čeličnom osovinom. Šare su ispušćene i sastavljene od mjedenih traka za crte i čavala za tačke; plohe tvori pust koji je uokviren mjedenim trakama. Rad stroja prikazuje sl. 27. Oko centralnog cilindra, presera (franc. *presseur*), smješteni su valjci sa šarama; cilindar je obložen pustom koji služi kao elastična podloga. Tiskarsku boju iz korita prenosi na valjke sa šarama prijenosni valjak i beskrajni pust; suvišak tiskarske boje s pusta skida nož (*rastirač* ili *rakel*). Valjak sa šarom samo dodiruje tkaninu koja se tiska i tim predaje tiskarsku boju. Zaštitno platno služi kao transportna traka i štiti pust na preseru; ono se upotrebljava više puta. Nakon tiska tkanina ulazi neposredno u sušaru, tzv. *mansardu*. Reljef-tiskom može se na tkaninu prenijeti istovremeno do 10 različitih boja. Kapacitet stroja je malen.

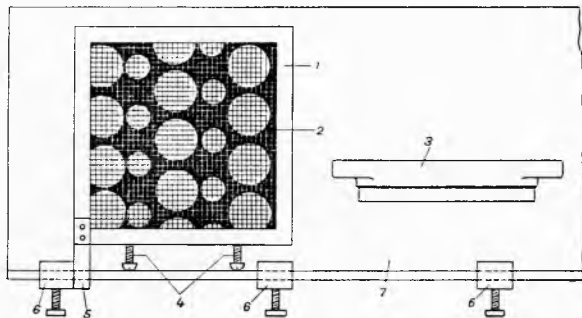
Stroj za tiskanje s valjcima (rulo-stroj, franc. *rouleaux*) danas se najviše upotrebljava (sl. 28). Oko centralnog cilindra, presera, obloženog pustom (*laping*, engl. *lapping*) smješteni su valjci s udubljenim šarama (*gravurama*). Tiskarsku smjesu prenosi gumirani valjak iz korita (šasijsa, franc. *chassis*). Oštar čelični rastirač (*rakel*), koji se stalno pomiče amo-tamo, odstranjuje višak tiskarske smjese sa valjka sa šarama, tako da ona ostaje samo u gravurama. Tkanina za tiskanje, praćena zaštitnim platnom, prolazi se između presera i tiskarskih valjaka. Beskrajno gumirano platno — u najnovije vrijeme izrađeno od poliamidnih vlakana — služi za povećanje elastičnosti podloge i kao zaštita *lapinga*. Zaštitno platno prati tkaninu koja se tiska i štiti beskrajno platno od onečišćenja tiskarskom smjesom. Valjci sa šarom pritisnu se prema preseru tako da tkanina upija tiskarsku smjesu iz gravure. Svaki valjak nosi na kraju svoje osovine tzv. raportni zupčanik (raporti-



Sl. 29. Savremeni uređaj za tisak valjcima. 1 tkanina koja se tiska, 2 beskrajno platno, 3 pomoćno platno, 4 dizalica za valjke, 5 tiskarski stroj za deset boja, 6 naprava za napinjanje beskrajnog platna, 7 naprava za okretanje pomoćnog platna, 8 čizma za prihvatanje pomoćnog platna, 9 izlaz istrošenog pomoćnog platna, 10 stroj za pranje beskrajnog platna, 11 mansarda za sušenje, 12 uređaj za hlađenje, 13 odlagač tkanine, 14 sanduk (kolica)

a onda se s pomoću naknadnog jetkanja gravura udubi. Najnoviji način graviranja je *fotogravura*, pri kojoj se šara fotokemijskim putem prenosi na valjak. Fotogravura je univerzalna, te se mogu postići šare u vidu ploha, polutonova i prelaza. Postupci su slični onima koji se upotrebljavaju u knjigotisku: autotipiji s direktnim kopiranjem (prigodnom snimanja slika se rastavlja pomoću rastera u veće ili manje tačkice koje nakon jetkanja daju udubine jednake dubine a manje ili veće površine; prilikom tiskanja nastaju svjetliji i tamniji tonovi uslijed toga što udubine različite površine prenose na tkaninu više ili manje boje) i bakrotisku sa prenošenjem slike s pomoću pigment-papira (tamniji ili svjetliji tonovi se postizavaju različitim dubinama gravure). Dubina gravure zavisi od materijala

koji treba tiskati i od karaktera šare, ali i od vrste gravure. Naime, veće su gravirane plohe sastavljene od finih crtica ili tačkica. Broj crtica se kreće između 16 i 30/cm i broj tačkica (raster) između 25 do 48/cm; dubine gravure iznose kod crtica 0,12 do 0,27 mm a kod rastera 0,06 do 0,16 mm. Gravura se može skinuti tokarenjem pa se na valjak mogu gravirati nove šare. Ali valjci

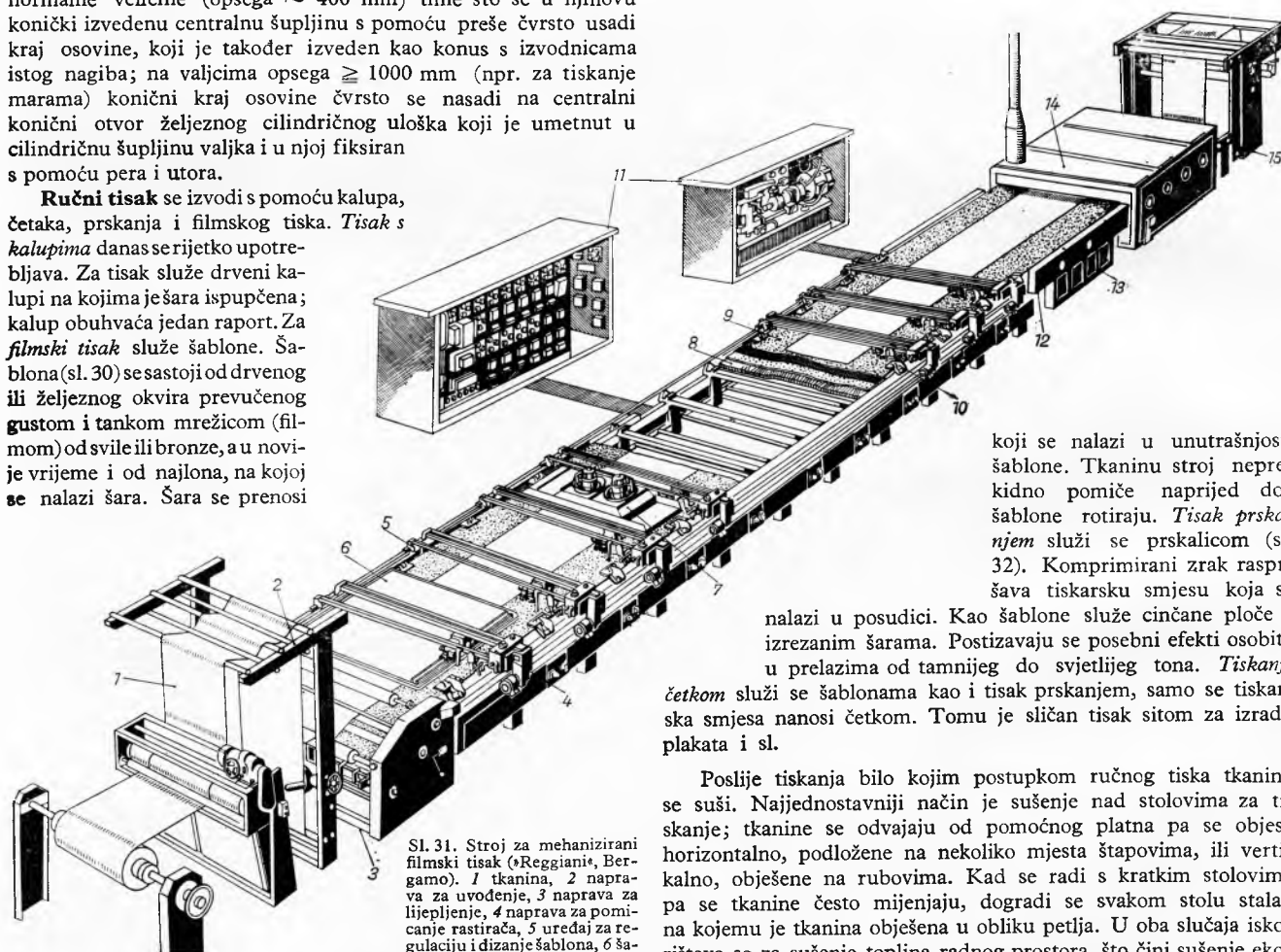


Sl. 30. Shematski prikaz filmskog tiska. 1 Okvir šablone, 2 mreža, 3 rastirač tiskarske smjese, 4 naprava za postavljanje visinskog raporta, 5 naprava za postavljanje širinskog raporta, 6 raportne stezaljke, 7 stol

s premalim promjerom ne mogu se upotrijebiti pa im se promjer povećava nanošenjem bakra galvanskim putem. Zbog visoke cijene bakra pristupilo se i nanošenju bakra na čelične cilindre. Da se gravura, i uopće površina bakrenog valjka, zaštiti od mehaničkih i kemijskih oštećenja, gravirani se valjak kromira. Prije ulaganja u stroj za tiskanje valjak se navuče pomoću posebnog stroja na čeličnu osovinu. Valjak mora biti čvrsto nasaden na osovini da se ne bi pomicao prilikom tiskanja; to se postiže na valjcima normalne veličine (opsega ~ 400 mm) time što se u njihovu konički izvedenu centralnu šuplinu s pomoću preše čvrsto usadi kraj osovine, koji je također izveden kao konus s izvodnicama istog nagiba; na valjcima opsega ≥ 1000 mm (npr. za tiskanje marama) konični kraj osovine čvrsto se nasadi na centralni konični otvor željeznog cilindričnog uložka koji je umetnut u cilindričnu šuplinu valjka i u njoj fiksiran s pomoću pera i utora.

Ručni tisak se izvodi s pomoću kalupa, četaka, prskanja i filmskog tiska. *Tisak s kalupima* danas se rijetko upotrebljava. Za tisak služe drveni kalupi na kojima je šara ispupčena; kalup obuhvaća jedan raport. Za *filmski tisak* služe šablone. Šablona (sl. 30) se sastoji od drvenog ili željeznog okvira prevučenog gustom i tankom mrežicom (filmom) od svile ili bronzne, a u novije vrijeme i od najlona, na kojoj se nalazi šara. Šara se prenosi

na mrežu fotokemijskim putem tako da se šablona premaže kromnom želatinom i na nju stavi crtani desen na providnom papiru. Crtane šare ne propuštaju svjetlo te kromna želatina ostane na tim mjestima nepromijenjena i ispire se vodom. Netopljiva kromna želatina na ostalim mjestima prevuče se još zaštitnim lakom, da postane otpornija. Šablona ima naprave za raportiranje po visini i širini. Za potpuno ručni rad stol za tiskanje je dugačak do 60 m i pokriven pustom, na kojem se nalazi zaštitno pamučno ili voštano platno. Tkanina za tisak se pričvrsti pribadačama ili se nalijepi. Uzduž cijele dužine stola nalazi se šipka za postavljanje raportnih stezaljki («jahača»). U šablonu se ulije tiskarska smjesa i pomoću rastirača klinasta presjeka pritisne se boja na podloženu tkaninu. Nakon što je otisnut jedan raport, šablona se premjesti dalje. Kad je otisnuta jedna boja preko cijele duljine stola, otiskuje se druga itd.; broj boja je neograničen. Polumehanički filmski tisak upotrebljava mehanički rastirač i mehaničko premještanje šablone. Potpuno mehanizirani filmski tisak (sl. 31) upotrebljava znatno kraće stolove na kojima se nalazi jedna šablona pokraj druge. Šablone se nalaze uvijek na istom mjestu, a tkanina se pomiče nakon otiskivanja svake pojedine boje za jedan raport dalje. Pri ulazu u stroj tkanina se nalijepi na beskrajno transportno platno; na kraju stola tkanina se odvaja od transportnog platna koje se ispod stola automatski pere te ponovo može primiti tkaninu za tisak. Ovi strojevi za filmski tisak izrađuju se u raznim konstrukcijama; veoma opažena konstrukcija služi se magnetskim rastiračem, tankom čeličnom šipkom koja se pomiče s pomoću magnetskog smještenog ispod stola. Filmski tisak s rotirajućim šablonama predstavlja nov razvojni put. Kao šablona služi bešavna cilindrična metalna folija; šara se izradi s pomoću fotogravure. Tiskarska boja automatski ulazi u unutrašnjost šablone i prenosi se npr. s pomoću već prije spomenutog magnetskog rastirača,



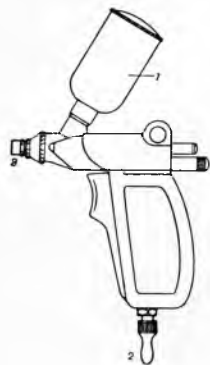
Sl. 31. Stroj za mehanizirani filmski tisak («Reggiani», Bergamo). 1 tkanina, 2 naprava za uvođenje, 3 naprava za lijepljenje, 4 naprava za pomicanje rastirača, 5 uređaj za regulaciju i dizanje šablona, 6 šablona, 7 međusušenje, 8 stol

za tiskanje, 9 beskrajno transportno platno, 10 naprava za pomicanje transportnog platna, 11 komandni uređaji, 12 uređaj za pranje transportnog platna, 13 regulacija raporta, 14 komora za sušenje tiskane tkanine, 15 izlaz tkanine

koji se nalazi u unutrašnjosti šablone. Tkaninu stroj neprekidno pomiče naprijed dok šablone rotiraju. *Tisak prskanjem* služi se prskalicom (sl. 32). Komprimirani zrak raspršava tiskarsku smjesu koja se nalazi u posudici. Kao šablone služe cinične ploče s izrezanim šarama. Postizavaju se posebni efekti osobito u prelazima od tamnijeg do svjetlijeg tona. *Tiskanje četkom* služi se šablonama kao i tisak prskanjem, samo se tiskarska smjesa nanosi četkom. Tomu je sličan tisak sitom za izradu plakata i sl.

Poslije tiskanja bilo kojim postupkom ručnog tiska tkanina se suši. Najjednostavniji način je sušenje nad stolovima za tiskanje; tkanine se odvajaju od pomoćnog platna pa se objese horizontalno, podložene na nekoliko mjesta štapovima, ili vertikalno, obješene na rubovima. Kad se radi s kratkim stolovima pa se tkanine često mijenjaju, dogradi se svakom stolu stalak na kojemu je tkanina obješena u obliku petlja. U oba slučaja iskorištava se za sušenje toplina radnog prostora, što čini sušenje ekonomičnim. Uz strojeve za filmski tisak priključene su komore za sušenje, kroz koje tkanine prolaze kontinuirano.

Tisak vlakana i prede. Tisak na vlaknima, nazvan prema izumitelju *viguré-tisak* (Vigoureux), sastoji se u nanošenju boje u određenim razmacima na — uglavnom — vunene češljane trake. Najviše se tiska na sirovi bijeli materijal, ali i na bojadisane trake, radi postizanja određenih efekata. Tisak vlakana se odvija u istim fazama kao i tisak tkanina, ali na posebnim uređajima. Na njima se pogodnim napravama odmotavaju češljane trake (do 16) i vode u istežaljku, gdje se stvara ravnomjerna i debela koprena;



Sl. 32. Prskalica za tisak prskanjem. 1 posudica za tiskarsku smjesu, 2 priključak na kompresor, 3 sapnica kroz koju prska boja

u tom stanju vlakna su složena u znatnoj mjeri paralelno. U priključenom stroju za tiskanje koprena prolazi između reljefnih valjaka (obično dva). Ispupčeni dio valjka pritisne koprenu na valjak s bojom pa vuna primi boju samo na tim mjestima. Već prema broju valjaka i razmaku reljefnih ispupčenja postiže se da se do 85% vlakana pokrije bojom. Tiskana koprena široka 30–40 cm odloži se u perforirane sanduke, košare ili kante. Zatim slijedi parenje odn. fiksiranje boje u posebnim napravama. Pranje i ispiranje se obavlja na lisezi (franc. *lisseuse*), stroju za pranje češljanih traka. Nakon pranja trake ulaze u sušionike, koji mogu biti okretljivi grijani bubnjevi preko kojih prelaze trake ili perforirani bubnjevi u kojima nasisani vrući zrak struji kroz materijal. Daljom preradom dobiva se predivo od kojega se može izradivati češljana preda s osobito

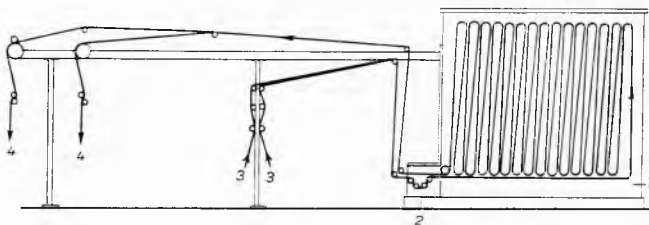
čistim i ravnomjerno izmiješanim vlaknima. Tkanine izradene od vigure-prede veoma su cijenjene. Melanž-efekti (efekti miješanja višebojnih vlakana) ravnomjerniji su od efekata dobivenih miješanjem bojadisanih vlakana. Tisak prede (flam- ili ombré-tisak) također služi za postizanje efekata u tkaninama. Na predu u obliku vitica nanosi se boja u određenim razmacima. Nakon tiskanja vitice se suše i dalje obrađuju prema primijenjenoj vrsti boje. Dok se vigure-tisak upotrebljava uglavnom za vunena i sintetička vlakna, ombré-tisak se primjenjuje za pamučnu predu.

Tisak čilima. Čilim se vodi između dva valjka od kojih gornji služi kao podloga (mali preser) a na donjem se nalazi šara izradena od spužvaste plastične mase koja prima tiskarsku boju iz korita ispod tog valjka i prenosi je na čilim. U novije vrijeme čilimi se tiskaju i s pomoću automatskog filmskog tiska. Strojevi koji služe za tu svrhu imaju širinu do 5 m.

Tisak pletiva. Pletivo se može tiskati u rulo-tisku i filmskom tisku. Pojedinačni komadi se tiskaju s pomoću filmskog tiska tako da se svaki komad pričvrsti (pribadačom ili lijepljenjem) na tiskarskoj podlozi. Za tiskanje čarapa služi poseban stroj, tzv. automat za okrugli tisak. Gotova čarapa se navuče na cilindrični valjak s tačno određenim promjerom, prema veličini čarape. Valjak prevučen čarapom umetne se u stroj. Tiskanje se obavlja automatski s pomoću šablona za filmski tisak, ispod kojih valjak prolazi. Postoji mogućnost višebojnog tiska.

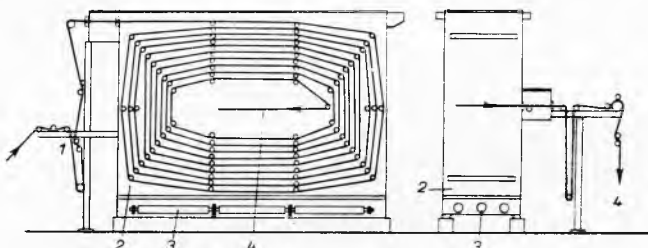
Fiksiranje (parenje) tiska. Tiskano obojenje fiksira se zasićenom parom u posebnim komorama, osim obojenja dobivenog bojilima koja zahtijevaju samo povišenu temperaturu. Para se zasićuje time što se, izvan parionika ili u samom parioniku, u nju isparuje voda. Postoje parionici za diskontinuirani i za kontinuirani rad. Diskontinuirano parenje se primjenjuje za manje količine tiskane robe, i to po dva postupka: ili se tiskani materijal namota zajedno s pomoćnim platnom na perforirani valjak, koji se stavi u autoklav tako da para struji u nj iz autoklava kroz namotani materijal, ili se tkanina namota na zvijezdu (v. sl. 13), koja se stavi u autoklav ili komoru. Tkanina je u zvijezdi obješena samo s jedne strane, tako da para ima slobodan pristup između slojeva tkanine. Ovaj način parenja veoma je prikladan za parenje šara s velikim plohami, jer se slojevi tkanine ne dodiruju. Kontinuirano parenje provodi se u stroju koji se naziva *Mather-Platt* (prema izumitelju), ili također *brzi parionik* (sl. 33). U komori za parenje se nalazi sistem valjaka preko kojih tkanina prelazi, a ulazi i izlazi kroz pretkomoru. Na strani gdje je pretkomora nalazi se odvod pare koja je prošla kroz komoru. Na samom ulazu u pretkomoru nalaze se grijane »usnice« koje sprečavaju konden-

zaciju pare i time vlaženje tkanine. Specijalna izvedba, kod koje tiskana strana ne dolazi u dodir s valjcima, jest parionik sistema *Krostewitz* (sl. 34) za desene s velikim plohami i velikim količinama tiskarske boje. Ovaj se parionik upotrebljava u prvom redu



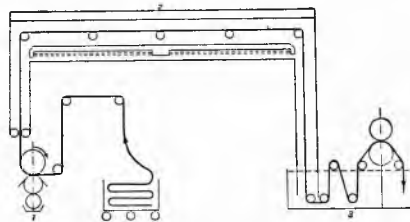
Sl. 33. Brzi parionik (»Mather-Platt«). 1 komora za parenje, 2 pretkomora, 3 ulazna naprava, 4 izlazna naprava

za parenje filmskog tiska u velikim količinama. Tkanina prolazi spiralno kroz komoru a izlazi preko tzv. mača, koji joj mijenja smjer kretanja. Za razvijanje bojila (osobito redukcionih) po dvofaznom sistemu služi parionik nadograđen na fular za impregnaciju (npr. redukcionom otopinom). Za parenje u nekoliko sekundi služi *flash-postupak*, prvi puta primijenjen od firme Du Pont



Sl. 34. Parionik sistema Krostewitz. 1 uređaj za uvođenje tkanine u parionik, 2 komora za parenje, 3 grijača tijela, 4 izlaz tkanine iz parionika

(sl. 35). I ovaj parionik nastavlja se na fular, ali dužina tkanine u komori za parenje iznosi samo nekoliko metara. Brzo fiksiranje se postiže primjenom viših temperatura. Na izlazu priključen je stroj za pranje fiksiranog tiska. Parionici su građeni od željeza, samo za razvijanje u kiselj atmosferi upotrebljavaju se aparati od specijalnog čelika. Kod svih parionika od velike je važnosti sprečavanje kondenzacije pare unutar komore; temperatura zasićene pare leži samo nekoliko stupnjeva iznad 100°C (101–103°C). Stranice komore su izolirane a pokrovne ploče mogu se grijati. S obzirom na osjetljivost procesa parenja (uspjeh tiska zavisi od ispravnog parenja odn. fik-



Sl. 35. »Flash«-parionik. 1 fular za nanošenje redukcionih kupke, 2 komora za parenje, 3 stroj za pranje

siranja bojila) parionici su snabdjeveni instrumentima za mjerenje temperature i pritiska pare u svim dijelovima parionika. Parenje na visokim temperaturama i kroz dulje vrijeme (kako to zahtijeva npr. tkanina od vune i sintetičkih vlakana) vrši se diskontinuirano u ležećim autoklavima. Danas postoje parionici u obliku ležećeg autoklava i za kontinuirano parenje i fiksiranje na visokim temperaturama. Na ulazu i izlazu prolazi tkanina između para valjaka koji sprečavaju izlaženje pare. Takav parionik služi i za razvijanje obojenja na visokim temperaturama.

Ispiranje tiska. Najvažniji stroj za tu svrhu je stroj za široko pranje. Sastoji se od većeg broja kada s valjcima; između kada ugrađeni su uređaji za cijedenje koji sprečavaju prelazanje kupelji za pranje iz jedne kade u drugu i ujedno omogućavaju bolji efekt ispiranja. U najnovije vrijeme ugrađuju se u strojeve za široko pranje vibrator koji izazivaju veoma intenzivno vibriranje kupelji

i tkanine, što znatno povisuje efekt pranja. Osjetljive tkanine se peru na kadi s vitlom ili na zvijezdi (v. sl. 14).

LIT.: W. Taussig, The screen printing, Manchester 1949. — R. Haller, Färberei und Zeugdruck, Wien 1951. — E. Knecht i Fothergill, The principles and practice of textile printing, London 1952. — R. Künz, Der Filmdruck auf Textilien, Stuttgart 1953. — M. Kraljčević, Kemijska tehnologija tekstilnih vlakana, Zagreb 1959. — K. Schmidt, Textildruck, Elberfeld 1961.

L. Gansel

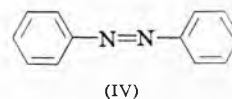
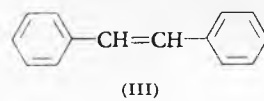
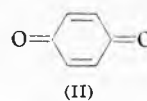
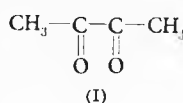
BOJILA, tvari koje apsorbiraju svjetlost u vidljivom dijelu spektra te su stoga obojene, a imaju sposobnost da bojadišu tekstilna vlakna ili druge materijale manje ili više trajno, ulazeći s bojadisanim materijalom u kemijsku vezu ili vežući se na nj stalnim fizičkim silama.

Boja i konstitucija. Neka je tvar obojena ako selektivno apsorbira vidljivo svjetlo, tj. ako elektromagnetsko zračenje stanovitih valnih dužina između 380 i 760 nm apsorbira, a propušta ili reflektira elektromagnetsko zračenje ostalih valnih dužina u tom dijelu spektra; to zračenje kad djeluje na mrežnicu čovječjeg oka izaziva osjet (kromatske) boje (v. *Boja*). Boja koju doživljava promatrač komplementarna je boji apsorbiranog svjetla, npr. ako tvar apsorbira modro svjetlo dužine vala 480 nm, ona (osvijetljena bijelim svjetlom) izgleda narančastožuta. Tvari čije molekule apsorbiraju fotone valnih dužina izvan područja vidljivog svjetla, bilo u ultraljubičastom (valna dužina ispod 380 nm) bilo u infracrvenom području (iznad 760 nm), izgledaju ljudskom oku bezbojne, ali se takva apsorpcija energije zračenja može mjeriti pogodnim instrumentima. Sposobnost neke molekule da apsorbira fotone energije zračenja zavisi od njene sposobnosti da pređe u pobuđeno stanje, tj. od mogućnosti da neki njen elektron pređe na molekularnu orbitalu višeg energetskeg stanja nego što ga on zauzima u normalnom, nepobuđenom ili osnovnom stanju molekule. Pretpostavlja se da takav prelaz može uzrokovati samo foton čiji je sadržaj energije tačno jednak razlici između energije elektrona na pobuđenom i njegove energije na nepobuđenom energetskeg nivou. Mogući su dakle samo prelazi elektrona za koje je $\lambda = hc/\Delta E$, gdje je λ valna dužina apsorbiranog fotona, h Planckova konstanta, c brzina svjetlosti, a ΔE razlika između energija elektrona u normalnoj i pobuđenoj orbitali.

Oni organski spojevi koji u svojim molekulama imaju samo σ -vezove sadržavaju čvrsto vezane elektrone. Energetski nivoi koji tim elektronima stoje na raspolaganju udaljeni su jedan od drugog, njihove razlike ΔE su velike te odgovaraju vrlo malim vrijednostima dužine vala λ . Zbog toga takve tvari apsorbiraju samo u dalekom ultravioletu (dužina vala ispod 150 nm). π -Elektroni su, općenito uzevši, slabije vezani i njima raspoloživi energetski nivoi manje su udaljeni jedan od drugog, pa se apsorpcija pomiče prema većim valnim dužinama, tj. prema vidljivom dijelu spektra. Ako molekula sadrži nekoliko dvostrukih veza, ta je pojava jače izražena, osobito ako su te dvostruke veze konjugirane. Tako etilen $H_2C=CH_2$ apsorbira zračenje valne dužine 175 nm, butadien $H_2C=CH-CH=CH_2$ zračenje valne dužine 220 nm, heksatrien $H_2C=CH-CH=CH-CH=CH_2$ zračenje valne dužine 258 nm itd. U ugljikovodicima s duljim konjugiranim lancem energetski nivoi π -elektrona su tako blizu jedan drugome da vrijednost razlike između njihovih energija odgovara valnim dužinama vidljivog svjetla, pa su takve tvari obojene. Tako npr. 1,8-difeniloktatrien-1,3,5,7 apsorbira svjetlo valne dužine 434 nm, te je žuto obojen. Odlučna pri tom je razlika između osnovnog (nepobuđenog) i prvog pobuđenog energetskeg nivoa. Tvar koja apsorbira u vidljivom dijelu spektra mora imati bar jedan energetski nivo koji sadrži 40 ... 114 kcal/mol više energije od osnovnog. Kako i osnovno stanje i prvo pobuđeno stanje neke molekule svako za sebe sadrže različita stanja rotacijske i vibracijske energije, apsorpcija nije ograničena na određenu ostru valnu dužinu, nego je proširena na manje ili više široku apsorpcijsku vrpca.

Za nastajanje boje važna je i prisutnost hetero-atoma (N, O, S) u konjugiranom lancu. Tako npr. formaldehid, $CH_2=O$, apsorbira svjetlo sa $\lambda = 190$ nm, a i mnogo bliže vidljivom dijelu spektra, sa $\lambda \approx 300$ nm. Prva od ovih dviju vrpca apsorpcije odgovara vrijednosti od 175 nm za etilen, a potječe vjerojatno od prelaza jednog od valencijskih π -elektrona na viši energetski nivo. Druga vrpca smatra se da potječe od prelaza jednog labavijeg nevalencijskog p -elektrona kisikova atoma na viši energetski nivo.

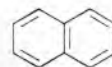
Kako su ovi elektroni u molekuli slabije vezani nego valencijski elektroni, treba za njihovo prelaženje na viši energetski nivo manje energije, što odgovara većoj valnoj dužini. Ovakvih nevalencijskih p -elektrona nema u etilenu, pa on zato ni ne pokazuje odgovarajuću apsorpciju. Konjugacija $-C=O$ pomiče ovu vrpca koja zavisi od sekundarne apsorpcije prema većim valnim dužinama. Diacetil (I) apsorbira svjetlo sa $\lambda = 280$ nm (analogno apsorpciji kod 220 nm u butadienu) i između 400 i 460 nm. Kako se ova druga vrpca nalazi u modroljubičastom području, spoj je žut. Isto je tako žut i p -benzokinon (II) u kojem dva karbonila nisu neposredno jedan uz drugog, ali su ipak konjugirani. Prisutnost N-atoma u konjugiranim sistemima ima sličan utjecaj. Tako npr. stilben (III) ima vrpca apsorpcije kod 300 nm te je bezbojan, a azobenzen (IV) apsorbira kod 450 nm te je narančast.



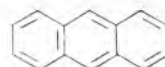
Povećano područje konjugacije također utječe na pomak područja apsorpcije prema većim valnim dužinama, kako se vidi u sljedećem nizu kondenziranih aromatskih cikličkih sistema:



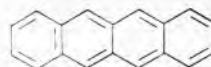
benzen
260 nm
bezbojan



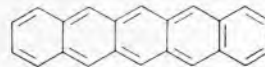
naftalen
280 nm
bezbojan



antracen
375 nm
bezbojan

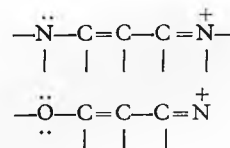
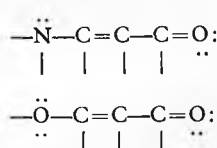


tetracen
450 nm
narančast

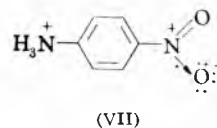
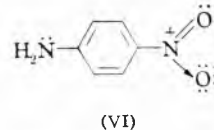
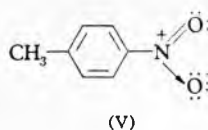


pentacen
575 nm
purpurnocrven

Područje se konjugacije proširuje i u slučaju kad se u nekom konjugiranom lancu nalaze dušikovi ili kisikovi atomi s usamljenim elektronskim parovima, tj. p -elektronima koji nisu ušli u valencijsku vezu, kao npr. u sistemima



Tako je npr. p -nitrotoluen (V) vrlo slabo svijetložuto obojen, dok je p -nitranilin (VI) narančastožut, a njegov kation (VII) svijetlo-



žut. Boja se produbljuje (tj. apsorpcijska se vrpca pomiče prema većim valnim dužinama) kad je usamljeni elektronski par olabavljen prisutnošću negativnog naboja. Stoga je npr. p -nitrofenol