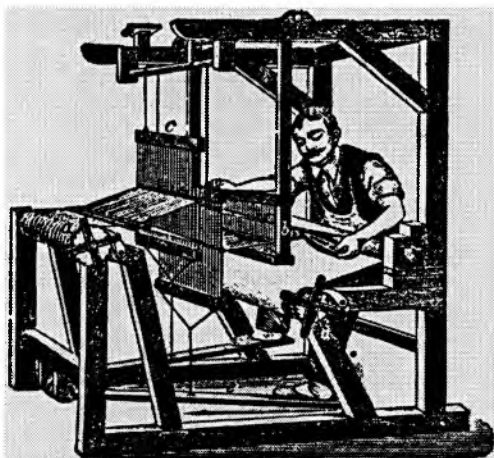


TKANJE, proizvodnja tkanina križanjem i prepletanjem prede, najčešće pod pravim kutom, prema pravilima tkalačkog veza. Niti koje se protežu uzduž tkanine čine *osnovu*, a poprečne niti čine *potku*. Pri tkanju na tkalačkom stroju osnovine se niti razdvajaju tako da se jedne podignu, a druge spuste. Tako nastaje tkalački zijeve, prostor između razmaknutih osnovinih niti, u koji se unosi potkina nit i pritkiva tkanini. Prije unošenja svake sljedeće potkine niti mijenja se položaj prije podignutih i spuštenih niti i stvara se drukčiji zijeve, a zatim se, već prema uzorku i vrsti tkanine, unose istovrsne ili različite potkine niti po određenom redosljedju. Upotrebom raznovrsnih preda za osnovu i potku (različit sirovinski sastav, finoća niti, broj uvoja, boja i dr.) moguća je, u kombinaciji s izborom veza i konstrukcije tkanine, izrada mnogobrojnih vrsta tkanina, kojima se upotrebna vrijednost povećava doradom (bijeljenje, merceriziranje, bojenje, tiskanje, apretiranje i dr.).

Na temelju arheoloških iskopina, s nadenim ostacima tkanina i dijelovima vrlo primitivnog tkalačkog alata, smatra se da je vještina tkanja ljudima bila poznata još u kameno doba. Stari su Egipćani imali prilično razvijenu vještinu tkanja pamučnih i vunenih tkanina, a Asirci i Babilonci izrađivali su sagove još 1500 godina prije Krista. Njihovu vještinu naslijedili su Perzijanci, Grci, Arapi i Turci. O vještini izradbe finih tkanina govori se i u Homerovoj Ilijadi. Na području današnje Ukrajine pronađene su tkanine u starogrčkim grobovima iz ←-V. st. Rimljani su u svojem imperiju razvili vještinu tkanja do vrlo visokog stupnja. Arapi su se isticali u izradbi platna i sagova, Slaveni i Germani tkali su domaće platno, osobito laneno. U starom su vijeku Kinezi i Indijci bili vješti tkalci svilenih tkanina. Očuvani su tkalački stanovi iz XIV. st. iz Španjolske na kojima su izrađivane tkanine za crkvene potrebe. U XV. st. u Francuskoj je J. Calabrais izradio tkalački stan za tkanje uzorkovanih tkanina, a tkalački stan u smislu povećanja mogućnosti uzorkovanja usavršio je 1606. tkalac C. Dagon. Znatniji je uspjeh postignut u XVI. st. kada je jednostavnim mehanizmom riješeno provođenje čunaka s potkom s jedne strane na drugu. Tim je poboljšanjem vješt tkalac mogao u tkaninu utkati 60...70 potki u minuti. Do posebne naredbe Luja XIV. u XVII. st. tkanjem su se bavili muškarci (sl. 1), a od tog se doba tim obrtom više bave žene. Godine 1725. lyonski je tkalac V. Bouchon prvi upotrijebio žičane ničanice, a njihov sugrađanin Falcon izumio je karte s rupicama za izradbu uzoraka. Još su u XVII. st. neki izumitelji pokušali izraditi stroj za tkanje, tj. tkalački stan s mehaničkim pogonom. Izradbu uzoraka pomoću bubnja uveo je Reyenier iz Nimesa 1735. godine. Prvi tkalački stroj izumio je Englez E. Cartwright 1784., a stroj je 1787. postigao potpun uspjeh u praksi. Godine 1789. postojao je već Cartwrightov stroj na parni pogon. Bečki je strojar Waldhör 1799. uveo karte s kolčićima za uzorkovanje tkanina. Tkalački stroj s automatskom izmjenom potke izumio je 1894. Amerikanac J. H. Northrop, a do tada se ispraznjena cijevka, na kojoj je bila namotana potka, morala mijenjati ručno uz zastavljanje tkalačkog stroja.



Sl. 1. Ručni tkalački stan

Velik je doprinos razvoju tekstilne tehnologije dao J. M. Jacquard iz Lyona. On je 1772. konstruirao stroj za izradbu velikih uzoraka pomoću bušenih kartica. Tako veliki uzorci do tada su se mogli izrađivati samo tiskom, što je bilo manje kvalitetno. Izum je bio toliko revolucionaran da je izazvao zavist i mržnju lyonskih tvorničara svile, što je kulminiralo uništenjem Jacquardove radionice. Nakon Francuske revolucije Jacquard je 1791. izradio svoj drugi stroj, a 1808. i treći, već mnogo usavršeniji stroj. Ta je verzija tkalačkog stroja bila toliko uspješna da ih je već 1812. samo u Francuskoj bilo 18000, a još za Jacquardova života bilo je u raznim zemljama u upotrebi više od 100000 strojeva. Verdol je 1885. na Jacquardovu stroju usavršio očitavanje bušene kartice i programa koji upravlja realizacijom uzorka. Tako koncipirani tkalački strojevi, uz neka manja poboljšanja, danas su rašireni po čitavu svijetu.

Revolucionarni napredak tkalačke tehnike ostvaren je uklanjanjem velikog i nezgrapnog čunaka za unošenje potke u zijeve. U tome je prednjačila švicarska tvrtka Sulzer, koja je po završetku Drugoga svjetskog rata čunak zamijenila manjim i bržim projektinom. Slijedili su i drugi bešćunkovni strojevi: stroj s utkivnim šipkama razvio se na temelju Gablerova (1925) i Dewasova (1930) patenta, a u Čeho-

slovačkoj se pojavio stroj s unošenjem potke vodenim, a poslije i zračnim mlazom. Novu razvojnu fazu označili su 1975. strojevi za višefazno tkanje.

Prve tvornice za industrijsku proizvodnju tkanina na području današnje Republike Hrvatske izgrađene su krajem XIX. st. u tadašnjoj Austro-Ugarskoj Monarhiji. Karakteristika je daljeg razvika bila izgradnja brojnih i relativno velikih tkaonica, bilo u sklopu tekstilnih kombinata ili tzv. solo-tkaonica bez vlastite predionice, ali obično s vlastitom doradom tkanina.

Osim tvornica s velikim tkalačkim kapacitetima za proizvodnju pamučnih, vunenih, svilenih i drugih tkanina za široku potrošnju, danas u Hrvatskoj postoje i specijalizirane tvornice, npr. za proizvodnju tehničkih tkanina, vatrogasnih crijeva, umjetne kože, sanitetskog materijala i dr.

U proizvodnji tkanina od pamučnih i kemijskih preda i proizvodnji preda od mješavine pamučnih i kemijskih vlakana vunenog tipa najveće su i najpoznatije tvornice Pamučna industrija Duga Resa; Tekstilni kombinat Zagreb (TKZ); Tekstilna industrija Zadar (TIZ); Pazinka, Pazin; LIO, Osijek (lanene i pamučne tkanine); Cateks, Čakovec (umjetna koža); »Lola Ribar«, Karlovac (sanitetski materijal); Kontex, Karlovac (tehničke tkanine, vatrogasna crijeva); Pobjeda, Zagreb (džins, samt) i Kelteks, Duga Resa (pamučne tkanine i tehničke tkanine od staklenih preda).

Za proizvodnju tkanina od grebananih i češljanih vunenih preda i od preda mješavine vunenih i kemijskih vlakana vunenog tipa najveće su tvornice Varteks, Varaždin; Krateks, Krapina; ZIVT, Zabok; Zora, Zagreb; Vunateks, Karlovac i Vuteks, Vukovar (proizvodnja pokrivača; tvornica srušena od neprijatelja u domovinskom ratu).

Tkanine od svilenih preda i kemijskih filamentnih preda proizvodi Zagrebačka industrija svile (ZIS); Varaždinska industrija svile (VIS) i Svilana, Osijek.

Zagrebačka Tvornica tekstilnih strojeva (TTS) dugo je vremena izrađivala čunkovne tkalačke strojeve po licenci belgijske tvornice Picanol. Međutim, zbog teškoća u njihovoj prodaji i smanjenog tržišta, a bez licencije za proizvodnju bešćunkovnih tkalačkih strojeva, tvornica je prekinula proizvodnju. Varaždinska tvornica Strojoteks proizvodila je Jacquardove uređaje, ali je zbog teškoća u prodaji i ta proizvodnja prestala.

Osim Vuteksa u Vukovaru, velike su štete od neprijateljskog napada pretrpjele tvornice u Zadru, Dugoj Resi, Osijeku i Karlovcu. Zbog proizvodnje u ratnim uvjetima, prilagodbi tržišnim uvjetima proizvodnje i dr. neke tvornice imaju teškoća u poslovanju pa su drastično smanjile proizvodnju. Ipak, važnost je današnje proizvodnje tkanina u Hrvatskoj velika, jer gotovo u potpunosti pokriva potrebe domaćeg tržišta (tkanine za široku potrošnju i reprodukciju) i potrebe Hrvatske vojske, a izvozom na konvertibilno tržište ostvaruje znatan devizni priljev. U Hrvatskoj je 1994. godine proizvedeno 22 573 000 m² pamučnih tkanina, deka i pokrivača, 7 249 000 m² vunenih tkanina i 176 000 m² lanenih tkanina.

U proizvodnji tkanine razlikuju se tri glavne faze: tkaonička priprema, tkanje na tkalačkom stroju i završni radovi (pregled tkanine uz moguće uklanjanje pogrešaka, mjerenje i pakiranje). Zasad ne postoje tehnička rješenja za povezivanje pojedinih faza u manje ili veće tehnološke cjeline, pa su među pojedinim fazama potrebni transport i međufazna skladišta poluproizvoda i gotovih proizvoda.

TKAONIČKA PRIPREMA

Tkaonička priprema obuhvaća pripremu osnovne i pripremu potke. *Priprema osnovne* sastoji se od nekoliko važnih predradnji radi oblikovanja osnovina valjka (vratila), na kojem je paralelno namotano i po nekoliko tisuća osnovinih niti. Pritom širina osnovina valjka, broj i gustoća niti, raspored obojenih niti, uvod u listove i brdo moraju biti sukladni tkanini koja će se proizvoditi na tkalačkom stroju. Kvalitetnom pripremom osnovne poboljšavaju se i svojstva prede, kako bi niti izdržale jaka naprezanja prilikom tkanja. Priprema osnovne obuhvaća prematanje prede, snovanje, škrobljenje, voštenje i uvođenje u listove i brdo. Tako pripremljen osnovni valjak ulaže se u tkalački stroj.

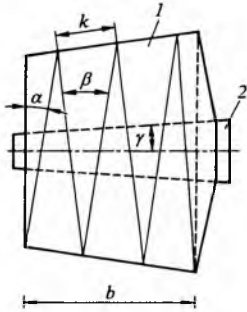
Priprema potke je jednostavnija, pa za tkanje na klasičnim čunkovnim tkalačkim strojevima obuhvaća prematanje prede s maloga predioničkog namotka na veliki križni namotak i s većega križnog namotka na male drvene cijevke za potku, koje se ubacuju u čunak tijekom tkanja. Izravno pređenje na drvene cijevke napušteno je zbog loše kvalitete tako pripremljene prede. Već prema vrsti i namjeni preda za potku može se po potrebi vlažiti i obrađivati parom, čime se olakšava preradba potke. Važna je također aklimatizacija osnovne i potke u tkaoničkim uvjetima prije preradbe na tkalačkom stroju. Osim spomenutih postupaka, u tkalačku pripremu ulazi po potrebi končanje prede i priprema obojenih križnih namotaka i obojenih osnovinih valjaka.

S razvojem tehnologije pređenja pokazalo se ekonomski opravdanim da se neki postupci tkaoničke pripreme obavljaju u predionici. To se prije svega odnosi na prematanje prede, pa se već nekoliko desetljeća u novim pogonima predionica obavlja prematanje prede kao završna faza njezine proizvodnje. U današnjim su predionicama prstenasta predilica i stroj za križni premot prede integrirani u jednu proizvodnu cjelinu. S druge strane, bešćun-

kovni tkalački strojevi u kojima se potka postavlja u obliku križnog namotka, učinili su posebnu pripremu potke nepotrebnom.

Prematanje. Predionički namotak s prstenaste predilice (v. *Predenje*, TE 11, str. 46) ima masu $80 \cdot 100$ g, što je premalo za dalju preradbu. Prematanjem i povezivanjem desetak i više predioničkih namotaka na stroju za križno prematanje oblikuje se *križni namotak* mase $1000 \cdot 3000$ g, koji treba omogućiti velike brzine odmatanja u idućim fazama tkalačke pripreme.

Križni se namotak oblikuje namatanjem prede na cijevku od plastike ili papira. Već prema obliku cijevke križni namotak može biti valjkast ili stožast. Najčešće su visine namatanja (*hod niti*) 75, 100, 125 i 150 mm, što približno odgovara visinama od 3, 4, 5 i 6 inča, a karakterističan kut stožastog namotka, nazvan *konicitet*, iznosi $3^{\circ}30'$, $4^{\circ}20'$ ili $5^{\circ}57'$ (sl. 2).



Sl. 2. Valjkasti križni namotak. 1 namotana preda, 2 cijevka, α kut uspona, β kut križanja, γ konicitet, k korak navoja, b visina namatanja

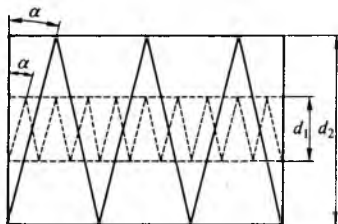
Za dobro odmatanje prede s križnog namotka pri velikim brzinama važni su oblik namotka, njegova veličina, gustoća, konicitet, kut uspona prede, prazni prostori u unutrašnjosti i dr. Ovisnost broja navoja prede na namotku (z) o izmjerama namotka definirana je izrazom

$$z = \frac{b}{\pi d \tan \alpha}, \quad (1)$$

gdje je b visina namatanja (hod niti), d promjer namotka, a α kut uspona prede.

Razlikuju se dva načina namatanja prede na križni namotak: obično i precizno namatanje.

Obično križno namatanje nastaje obodnim (posrednim) pogonom križnog namotka pomoću utorene motajice, a karakterizira ga konstantan kut uspona prede. Zbog toga se, u skladu s izrazom (1), povećavanjem promjera namotka smanjuje broj navoja prede, a povećava se korak navoja (sl. 3). O kutu uspona prede ovisi i pojava praznih prostora između prekrivenih niti, a time i gustoća namotaja. Taj je kut određen izborom motajice.

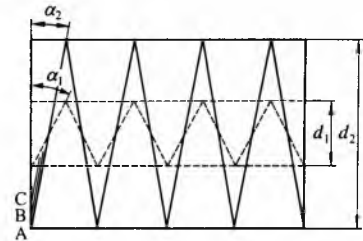


Sl. 3. Obično križno namatanje

Motajica okreće križni namotak, pri čemu utori motajice vode nit lijevo-desno. U suvremenim strojevima vretenski sastavak ima vlastiti pogon motajice motorom s bestupnjevitom regulacijom brzine. Središnje računalo upravlja svim funkcijama bitnim za kvalitetno prematanje: brzinom prematanja, kočanjem i zaustavljanjem motajice i križnog namotka pri prekidu niti, povratnim hodom za traženje krajeva niti, blagim startom motajice i dr.

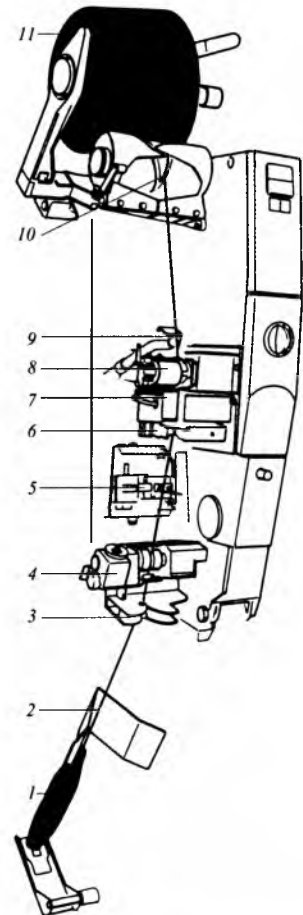
Na temelju međusobne ovisnosti broja okretaja, odnosno promjera motajice i križnog namotka, na određenim su slojevima (promjerima) križnog namotka niti zgusnute, zbijene jedna do druge (zrcalna slika) ili su jedna iznad druge. Ta pojava uzrokuje poteškoće pri odmatanju i bojenju zbog promjenljive gustoće namotka, a najčešće se može spriječiti kratkotrajnim iskapčanjem motora, čime se postiže nezatno klizanje između motajice i križnog namotka. Obično križno namatanje služi za prematanje svih vlaknatih preda (pamuk, vuna, miješane prede i dr.).

Precizno križno prematanje karakterizira konstantan korak i broj navoja prede u svim slojevima križnog namotka, pa se kut uspona prede smanjuje s povećanjem promjera namotka (sl. 4). Takav se ujednačeni način križanja postiže izravnim osovinskim pogonom križnog namotka, koji je pomoću redukcijskog pogona povezan s *vodičem niti*. Zbog jednakog broja navoja u svim se slojevima namotka mora položaj navoja od sloja do sloja pomicati (u položaj B ili C, sl. 4), jer bi se inače, bez pomicanja, uvijek jedna nit polagala točno na drugu. Ako je taj pomak (nazvan δ -vrijednost) jednak debljini prede, dobiva se potpuno *zatvoren namot*. Takav se oblik namatanja primjenjuje za namatanje šivaćeg konca i vrlo grubih preda. Ako je δ -vrijednost veća od debljine prede, dobiva se *otvoren namot*, a tako se namata fina do srednje debela beskonačna preda.



Sl. 4. Precizno križno namatanje

Prilikom prematanja preda prolazi kroz *vretenski sastavak*, koji se sastoji od hvatača balona, predčistača, napinjača i električnog čistača s uređajem za rezanje i spajanje niti (sl. 5). *Hvatač balona* (pospješivač prematanja) potreban je jer niti na predioničkom namotku mogu zbog centrifugalne sile tvoriti tzv. balon, koji bi još povećao njihovu napetost i pri svom raspadu uzrokovao skidanje više ovoja niti i njihov prekid. *Predčistač* uklanja slobodno viseće nečistoće s prede, a *napinjač* osigurava stalnu napetost niti prilikom njihova daljeg vođenja. Primjerenim se napinjanjem prekidaju slabija mjesta u pređi, pa se njihovim uklanjanjem poboljšava kvaliteta prede. Napinjač najčešće radi tako da se preda opterećuje prolaskom između dvaju tanjurića.



Sl. 5. Vretenski sastavak. 1 predionički namotak, 2 hvatač balona, 3 predčistač, 4 napinjač, 5 uređaj za spajanje, 6 elektronički čistač, 7 uređaj za ukleštenje i rezanje, 8 parafiner, 9 sapnica za hvatanje niti, 10 utorena motajica, 11 križni namotak

Uređaj za spajanje bez uzlova uključuje se prilikom prekida niti ili izmjene predioničkih namotaka. Najčešće se primjenjuje uređaj s pneumatskim spajanjem. Preklapljeni krajevi niti stave se u vrtložnu komoru, a spajaju se udarom komprimiranog zraka, koji vrtloženjem zamrši njihova vlakna. *Elektronički čistač* pronalazi i uklanja dio niti s pogreškom (zadebljanja, tanka mjesta i dr.) većom od dopuštene. Pređa zato prolazi kroz kapacitivni ili fotoelektrični mjerač, koji kontrolira masu, odnosno debljinu pređe. Ako se prekorače dopuštene vrijednosti, prematanje se zaustavlja i aktiviraju se mehanizam za rezanje dijela niti s pogreškom i mehanizam za spajanje niti.

Snovanje. Pri snovanju se osnovine niti s više križnih namotaka paralelno namataju na valjak s pribudnicom (snovači valjak). Duljina niti, širina i gustoća namatanja te redosljed boja pri snovanju odgovaraju konstrukciji buduće tkanine. U primjeni su dva temeljna načina snovanja: englesko i sasko snovanje.

Prilikom *engleskog (širinskog) snovanja* osnovine se niti namataju s križnih namotaka na snovači valjak u punoj širini, a djelomičnoj gustoći osnove. Nekoliko se snovačkih valjaka udružuje u idućoj fazi, pa se tada dobiva kompletan osnovin valjak predviđene širine i pune gustoće niti. U snovači stalak stane 500·1200 križnih namotaka. Aksijalno odmatanje niti s mirujućih namotaka omogućuje velike brzine snovanja, čak i do 1200 m/min. Niti prolaze kroz vodiče i kočnice kojima se postiže željena i ujednačena napetost. Zaustavke i uređaj za kočenje snovaljke osiguravaju brzo i pravodobno zaustavljanje snovaljke prilikom prekida niti. Ekspanzijski češalj služi za namještanje širine i gustoće snovanja te paralelnog hoda niti pri namatanju, a kratkim oscilacijama sprečava usijecanje osnovinih niti na valjak. Snovači je valjak obično širok 1300·2000 mm, a sadrži zaštitne pribudnice za namještanje potrebne širine snovanja. Pritisnim se valjkom regulira tvrdoća namatanja niti. Pređa za bojenje osnovu mekano se namata na rupičavi valjak. Englesko se snovanje primjenjuje u izradbi jednobojnih ili malo uzorkovanih tkanina po osnovi, jer se teško održava točan raspored boja.

Sasko (sekcijско snovanje) jest namatanje pređe u djelomičnoj širini i punoj gustoći niti, dakle po sekcijama, na snovači bubanj s kosinom za prihvatač prve sekcije nasnovanih niti. Nasnovana se osnova na istom stroju u drugoj fazi premata na osnovin valjak u punoj širini i punoj gustoći niti. Na početku i kraju osnove izrađuje se križ osnove pomoću *križnog češlja*. Kroz svaki od njegovih vertikalnih podjeljaka prolazi po jedna osnovina nit. Svaki je drugi podjeljak pregrađen, pa se podizanjem i spuštanjem češlja stvara zijev između parnih i neparnih niti, u koji se uvlače uzice. Time se postiže ispravan položaj niti i olakšava njihovo uvođenje u ničanice i tkalačko brdo. *Snovači češalj* služi za postavljanje pojedine sekcije na snovači bubanj, te određuje širinu sekcije i gustoću osnovinih niti. Tijekom snovanja sekcije snovači se češalj, već prema debljini pređe, pomiče za svaki novi namotani sloj. Pri promjeni proizvoda, dakle za drukčiju debljinu i gustoću pređe, treba preinačiti nagib kosine na bubnju ili pomicanje češlja. Izračunavanjem i namještanjem potrebnih parametara upravlja računalo. Sasko se snovanje primjenjuje u svilarškim, vunarskim i pamučnim tkaonicama koje upotrebljavaju izrazito uzorkovane osnove.

Škrobljenje. Škrobljenjem se nanosi ljepljiva smjesa (tzv. škrobna masa) na osnovine niti, čime se nakon sušenja vlakna u unutrašnjosti pređe sljepljuju, a na površini pređe oblikuje se glatki film. Tako ojačane niti lakše podnose naprezanje i trenje pri preradbi na tkalačkom stroju. Osim osnovnog ljepljivog sredstva, što je prije bio samo škrob, pa se postupak i danas prema njemu naziva, smjesa sadrži i pomoćna sredstva za mekšanje, za povećanje higroskopnosti, konzervirajuća sredstva protiv plijesni, antistatička sredstva i dr.

Kao osnovno ljepljivo sredstvo upotrebljava se više tvari. *Škrob* od krumpira, kukuruza, pšenice i riže upotrebljava se za škrobljenje osnove od pamučnih pređa ili pređa od celuloznih vlakana. Danas se prednost daje skupljim, ali vrsnijim škrobnim esterima i škrobnim eterima (v. *Škrob*, TE 12, str. 500). Od *celuloznih etera* najviše se primjenjuje karboksimetilceluloza (v. *Celulozni derivati*, TE 2, str. 584), koja se odlikuje vrlo dobrom sposobnošću stvaranja filma, jakim lijepljenjem i vezanjem. Važna je i njezina dobra vodotopljivost, pa nije potrebno odškrob-

ljavanje sirovih tkanina prije bojenja. *Životinjsko tutkalo* upotrebljava se za vunene, a želatina za svilene osnove. Neki se *polimerni spojevi* primjenjuju za škrobljenje osnove od kemijskih vlakana i smjese prirodnih i kemijskih vlakana, a katkad i za prirodna vlakna. Najviše se upotrebljava polivinilalkohol, zatim akrilni polimeri i dr.

Prilikom škrobljenja ujediniuju se niti s više snovačkih valjaka ili bubnjeva i dobiva se kompletan osnovin valjak predviđene širine i pune gustoće. Škrobljenje se obavlja na škrobljarskom stroju, gdje se niti prvo odmataju i uz stalnu povlačnu silu ulaze u korito sa škrobnom masom stalne temperature, koncentracije i viskoznosti. Kad izađu iz korita, niti prolaze kroz mokro razdjelno polje da bi se prije sušenja međusobno odvojile. Suše se zagrijanim zrakom u komorama ili prelaženjem preko zagrijanih valjaka. U suhom razdjelnom polju eventualno slijepljene niti međusobno se razdvajaju. I nakon sušenja niti trebaju sadržavati određeni udio vlage. Niti zatim prolaze kroz ekspanzijski češalj, koji određuje širinu i gustoću osnove. Ako se škrobi osnova s raznobojnim nitima, tada se poredak osnovinih niti slaže u ekspanzijskom češlju.

Na početku namatanja osnovina valjka namjestite se potrebne vrijednosti povlačne sile namatanja, tlaka na valjcima i duljine osnove. Pojedine su radne faze (odmatanje pređe, škrobljenje, namatanje na osnovin valjak) automatizirane, a radom upravlja i nadzire ga računalo. Automatski se regulira i brzina rada stroja, koja ovisi o vlažnosti pređe, te kontrolira istežanje pređe.

Škrobna masa smeta pri bojenju tkanine, pa se iz sirove tkanine uklanja razgradnjom ili ispiru vodom.

Voštenje. Voštenjem se pokriva površina škrobljenih niti tankim filmom voska, parafina ili stearina da bi se smanjilo trenje osnovinih niti pri prolazu kroz tkalački stroj. Za voštenje se može upotrijebiti poseban uređaj ili se to radi u stroju za škrobljenje na početku suhog razdjelnog polja.

Uvođenje osnove. U posljednjoj fazi tkaoničke pripreme osnovine se niti uvode u radne i kontrolne elemente tkalačkog stroja (lamele čuvara niti, kotlace listova i brdo) točno određenim redosljedom prema vezu tkanine. To se obavlja ručno ili strojno na posebnom stalku. Novi uređaji za automatsko uvođenje imaju senzore za boje, tako da se može programirati uvođenje i naj-složenijih raporata boje i vezova. Uvođenje je potrebno svaki put kad se mijenja proizvod tkanja, dok se za tkanje istog proizvoda nova osnova strojno nadovezuje na ostatak stare osnove bez ponovnog uvođenja.

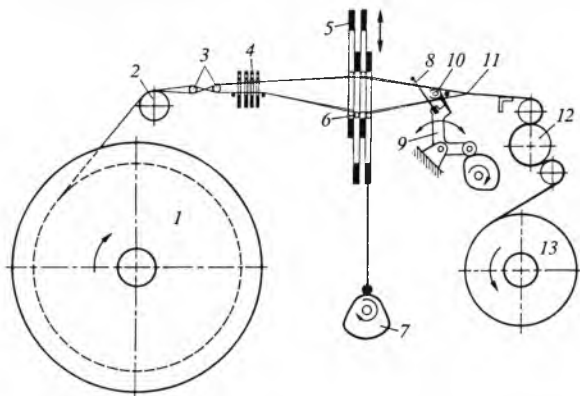
TKANJE NA TKALAČKOM STROJU

Tkalački se strojevi razlikuju prema vrsti pređe za koju su namijenjeni (strojevi za tkanje pamučne, vunene, svilene ili drugih pređa), vrsti tkanine (npr. za proizvodnju frotira, denima i dr.), obliku stroja (ravan, kružan, širok, uzak), načinu stvaranja zijeva i načinu unošenja potke u zijev.

Suvremeni beščunkovni tkalački stroj prikazan je shematski s uložnim osnovinim valjkom, listovima, brdom i drugim važnijim dijelovima na slici 6. Na osnovinu osnovina valjka povezan je uređaj za kontinuirano otpuštanje osnove. Osnovine niti dolaze u vodoravan položaj preko prevojnika, koji je obično i osjetilo za napetost i u vezi je s uređajem za odmatanje osnove. Niti se razdvajaju na križnim štapovima i prolaze kroz čuvar osnovinih niti, koji odmah zaustavlja stroj kad se koja nit prekine. Pojedinačne niti prolaze zatim kroz kotlace tkalačkih listova, koji zajedno tvore ničanice. Dizanjem jednih, a spuštanjem drugih listova niti se razdvajaju i stvaraju tkalački zijev. Program za tvorbu zijeva, tj. redosljed prema kojem se niti podižu ili spuštaju, temelji se na vezu tkanine koji se tkanjem želi dobiti (v. *Desinatura tkanina*, TE 3, str. 203).

U tkalački se zijev unosi potka. U klasičnom se tkalačkom stroju namotak potke nalazi u čunku, koji tjeran udarnim mehanizmom prolazi kroz zijev u jednom smjeru, a vraća se kroz novi zijev, koji se stvara nakon zatvaranja starog zijeva i ponovnog podizanja i spuštanja listova prema nekom novom rasporedu. U suvremenim beščunkovnim tkalačkim strojevima sredstvo za unošenje potke, npr. projektil, zahvaća nit sa stacionarnoga križnog namotka i provodi je kroz zijev uvijek u istom

smjeru. Potkina se nit nakon unošenja u zijev pritkiva pomoću brda na prije utkanu potku. Brdo je učvršćeno na bilo, koje se, tjerano ekscentrom, njiše naprijed-natrag pri svakoj promjeni zijeva i novounesenoj potkinoj niti. Nastala se tkanina steže po osnovi i potki. Zbog stezanja po potki imaju rubne osnovine niti malo skošen položaj prema brdu, pa trpe jaka naprezanja i trenje o zupce brda prilikom pritkivanja potke. Da bi skošenost osnovine niti bila što manja, neposredno iza pritkajne linije nalaze se raspinjači tkanine, koji rastežu tkaninu u širinu. Tkanina se vodi preko više valjaka, od kojih povlačni valjak služi za namještanje gustoće, te se konačno namata na robni valjak. Krajevi su tkanine ojačani, što se postiže većom gustoćom, debljom predom ili drukčijim vezom.



Sl. 6. Shematski presjek tkalačkog stroja. 1 osnovin valjak, 2 prevojniki, 3 križni štapovi, 4 lamele čuvara osnovinih niti, 5 tkalački listovi, 6 očiće kotlaca, 7 ekscentar, 8 tkalačko brdo, 9 bilo, 10 projektil s potkom, 11 pritkajna linija, 12 povlačni valjak, 13 robni valjak

Tkalački stroj radi potpuno automatski pa je intervencija radnika potrebna samo pri prekidu osnovine ili potkine niti, pri čemu se stroj odmah zaustavlja. Jedan radnik može posluživati i do 40 tkalačkih strojeva. Radna je širina tkalačkih strojeva 1,4...4 m. Na širokim se tkalačkim strojevima može istodobno, jedna do druge, tkati više uskih tkanina.

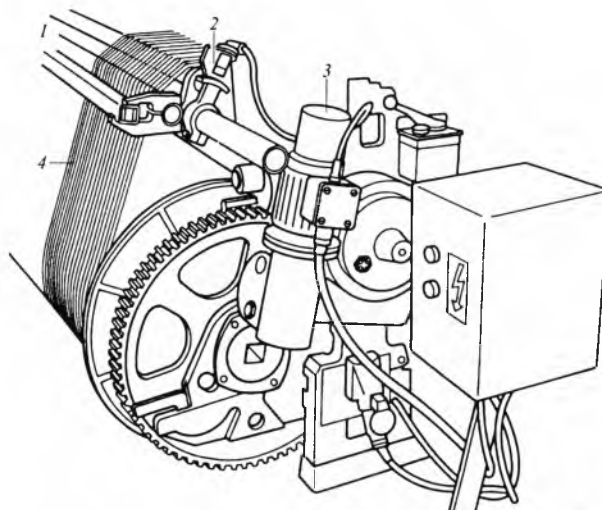
Praktična proizvodnost tkalačkog stroja (duljina proizvedene tkanine u određenom vremenu) računa se prema izrazu

$$P = \frac{n \cdot \eta}{g}, \quad (2)$$

gdje je n broj okretaja glavne osovine ili broj pritkaja tkalačkog češlja, η korisnost stroja, a g broj potkinih niti na jedinicu duljine tkanine.

Trajanje unošenja potke u zijev ovisi o tkalačkoj (radnoj) širini stroja i broju okretaja glavne osovine stroja (za vrijeme jednog okretaja unese se jedna potkina nit). S njihovim porastom treba i brzinu unošenja potke u zijev proporcionalno povećati. To se postiže većim ubrzanjem potkine niti, ali tada raste i njezino opterećenje, a kritične su faze pokretanje i kočenje niti. U vezi s tim proizvodna se mogućnost stroja određuje i kao umnožak broja okretaja (tj. broja unesenih potki) i tkalačke (radne) širine stroja, a obično se izražava metrima utkane potke u minuti. Danas se većinom grade tkalački strojevi većih radnih širina, a tome je prilagođena i njihova brzina.

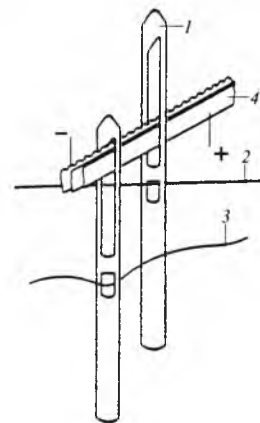
Uređaj za odmatanje osnovine. Za svaku utkanu potkinu nit treba s osnovina valjka odmotati i određenu duljinu osnovine niti. Tijekom tkanja smanjuje se promjer osnovine na valjku, pa uređaj za odmatanje treba okretati osnovin valjak za sve veći središnji kut. Pri mehaničkom upravljanju odmatanjem upotrebljava se uređaj koji popušta osnovinu tako da zadržava konstantnu napetost od punog do praznog osnovina valjka. Umjesto mehaničkoga, sve se više primjenjuje elektronički upravljano odmatanje osnovine (sl. 7). Preko osjetnika i upravljačke pločice upravlja se brojem okretaja elektromotora za otpuštanje osnovine, tako da položaj prevojnika i time napetost osnovine ostaju konstantni. Prilikom prekida rada memorira se aktualni broj okretaja motora. Radi se s frekvenzijski upravljanim motorom s integriranom kočnicom. Za tkanje teških i gustih tkanina upotrebljava se napinjač osnovine, koji se pomiče u fazi s gibanjem zijeva i pritkivanjem brda, te tako omogućuje optimalno stanje napetosti.



Sl. 7. Elektronički upravljano odmatanje osnovine (uređaj tvrtke Sulzer Rütli). 1 prevojniki, 2 osjetnik i upravljačka pločica, 3 motor za odmatanje osnovine, 4 osnovine niti

Čuvari osnovinih niti lagane su metalne lamele kroz koje prolaze osnovine niti (sl. 8). Pri prekidu niti lamela izgubi oslonac i ostane visjeti na nazubljenoj letvi. Time se na nazubljenoj letvi uspostavlja električni kontakt, zbog čega se tkalački stroj odmah zaustavlja, kako bi se spojili krajevi prekinute niti.

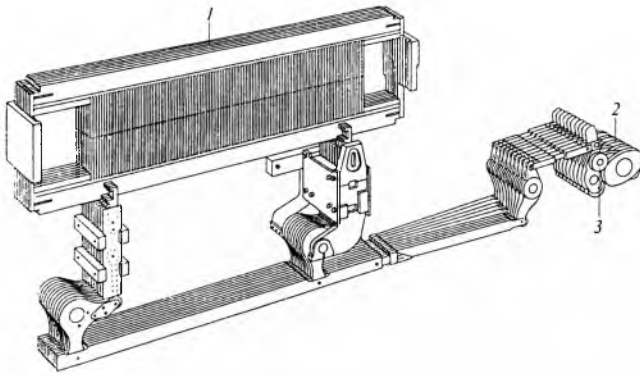
Sl. 8. Čuvari osnovinih niti. 1 lamela, 2 neprekinuta nit, 3 prekinuta nit, 4 nazubljena letva



Ničanica je naziv za skup tkalačkih listova. Listovi sadrže kotlance s očicama kroz koje prolaze osnovine niti, a dizanjem i spuštanjem listova stvara se tkalački zijev. Da bi zijev za prolaz potke bio čist, tj. da bi sve niti bile u istoj ravnini, potrebno je da se prednji listovi, tj. oni u koje osnova prvo ulazi, podignu više nego zadnji. Konstrukcija strojeva omogućuje da se u ničanice može smjestiti i do 28 listova, koliko je potrebno za složene veze, ali se to rijetko radi zbog teškoća kod tkanja.

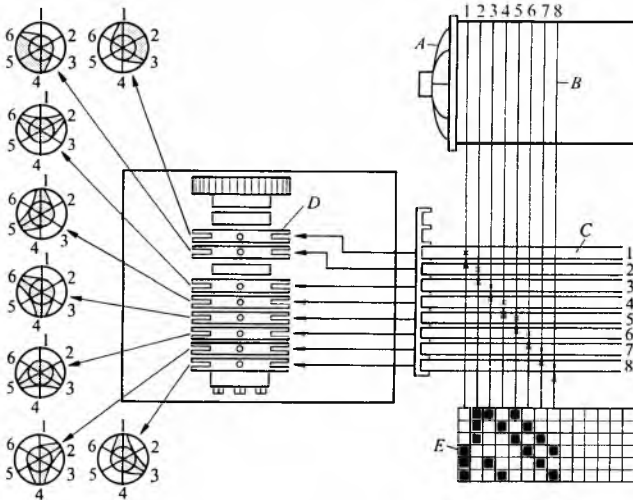
Uređaj za tvorbu zijeva. Pomoću uređaja za tvorbu zijeva podižu se i spuštaju osnovine niti i time se tvori zijev. Razlikuje se ekscentarski, listovni i Jacquardov uređaj. Ekscentarski i listovni uređaji podižu i spuštaju listove, dok se Jacquardovim uređajem pomoću uzica neposredno podižu kotlaci.

Ekscentarski uređaj pomoću ekscentara podiže listove preko kotačića i sustava poluga (sl. 9). U suvremenim se strojevima upotrebljavaju otvoreni dvostruki (komplementarni) ekscentri smješteni u kućište s uljem. U pojedinom se listu nalazi više osnovinih niti koje jednako vežu, a na svaki list djeluje po jedan ekscentar. Za vrijeme jednog okretaja ekscentra zijev se toliko puta otvori i umetne se toliko potkinih niti koliko ih je zapisano u jedinici veza (v. *Desinaturna tkanina*, TE 3, str. 203). Zato se npr. šesterovezni ekscentar (sl. 10) za svaki novi zijev okrene za 1/6 okretaja (60°), odnosno za svih šest mogućih zjevova djeluje na list s pozicijama 1 do 6. Tamniji dio ekscentra pokazuje pozicije kada je list podignut. Za tvorbu prvog zijeva (broj 1 na obodu ekscentara) dižu se prvi, četvrti i osmi list, što odgovara potpunim kvadratićima u donjem redu slike veza. Prvi i drugi ekscentar imaju zapravo isti oblik, ali su u faznom pomaku za 180°.



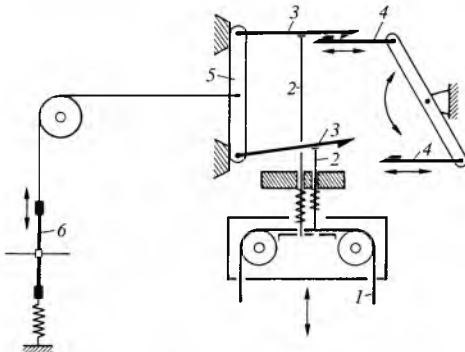
Sl. 9. Ekscentarski uređaj (Sulzer Rütli). 1 listovi, 2 dvostruki ekscentri, 3 kotačići

Zato prvi ekscentar drži prvi list u podignutom položaju pri utkivanju prve, druge i treće potke, a drugi ekscentar drži drugi list u podignutom položaju pri utkivanju četvrte, pete i šeste potke. Treći ekscentar svojim izbočinama 2 i 6 diže treći list za drugu i šestu potku. Ostali su ekscentri istog oblika kao treći ekscentar, ali su fazno pomaknuti. U višezveznom ekscentru mora nagib za podizanje lista biti strm, što jako opterećuje pogon, pa se ekscentarski uređaji upotrebljavaju samo za male jedinice veza i podižu najviše do dvanaest listova.



Sl. 10. Princip rada ekscentarskog uređaja (Sulzer Rütli). A osnovni valjak, B osnovne niti, C listovi, D ekscentri, E vez tkanine

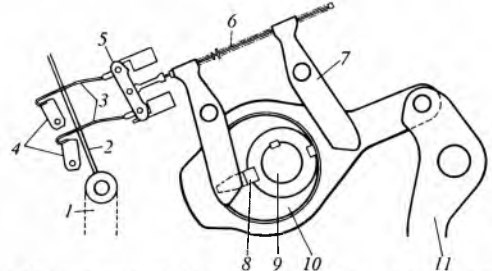
Listovni uređaj ima veće mogućnosti uzorkovanja (može podizati i do 28 listova), ali je složeniji i skuplji. Za tkalačke strojeve s većim brojem okretaja glavne osovine upotrebljava se *dvopodizajni listovni uređaj* (sl. 11), koji za dvije utkane potke obavi samo jedan ciklus kretanja, čime se kompenzira njegova tromost. Rupice izbušene na plastičnoj foliji (programskoj kartici) predstavljaju upravljački program, raspored i redoslijed podignutih i spuštenih listova prilikom utkivanja pojedine potke, a danas se u tu svrhu sve više primjenjuje računalo vođenje. Kroz rupicu na



Sl. 11. Dvopodizajni listovni uređaj. 1 bušena folija, 2 platinske igle, 3 kuke (platine), 4 potezni noževi, 5 vezna poluga, 6 list ničanice s predom

foliji platinska igla propada, pa se kuka (platina), koja je povezana s iglom, spusti i zakvači o njišući potezni nož, povuče veznu polugu i podigne list. Dok platinska igla ostaje na foliji, njezina je kuka izvan zahvata noža, pa se tada list ne podiže.

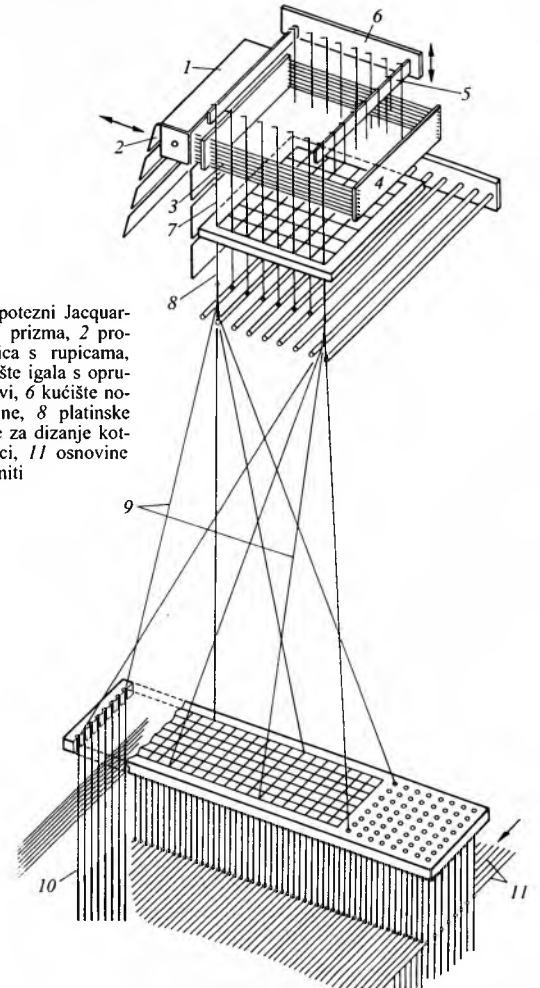
U suvremenijem *mehaničkom rotacijskom listovnom uređaju* upravljački dio uređaja (vrpca, igle, noževi, kuke, vezna poluga) djeluje na istom principu kao i dvopodizajni uređaj, ali je mnogo manji, jer kuke ne povlače neposredno listove ničanice velikih masa i otpora, već samo upravljaju položajem uključnog klina. Zbog manje tromosti moguće su veće brzine stroja, do 400 okretaja osovine u minuti. Kada se, dakle, povuče vezna poluga (sl. 12), ona preko potezne motke zakrene uklopnu polugu, čime uključni klin uđe u rotirajući prsten. Zbog toga se ekscentar, povezan s klinom, okrene za 180° i preko dvokrake poluge podigne list.



Sl. 12. Mehanički rotacijski listovni uređaj. 1 bušena folija, 2 platinska igla, 3 kuke, 4 noževi, 5 vezna poluga, 6 potezna motka, 7 uklopna poluga, 8 uključni klin, 9 rotirajući prsten, 10 ekscentar, 11 dvokraka poluga

U *elektroničkom rotacijskom listovnom uređaju* računalo aktivira elektromagnete koji upravljaju položajem uključnog klina. Elektronički uređaj može raditi sa 750 okretaja u minuti.

Jacquardov uređaj. Pri izradbi velikih uzoraka s više od 28 osnovnih niti upotrebljava se Jacquardov uređaj za tvorbu zijeva. Na shemi *jednopotznoga Jacquardova uređaja* (sl. 13) glavni su

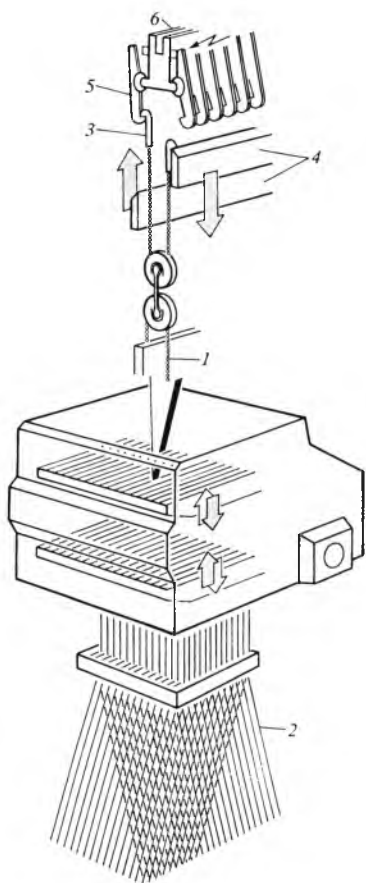


Sl. 13. Jednopotezni Jacquardov uređaj. 1 prizma, 2 programska kartica s rupicama, 3 igle, 4 kućište igala s oprugama, 5 noževi, 6 kućište noževa, 7 platine, 8 platinske uzice, 9 uzice za dizanje kotlaca, 10 kotlaci, 11 osnovne niti

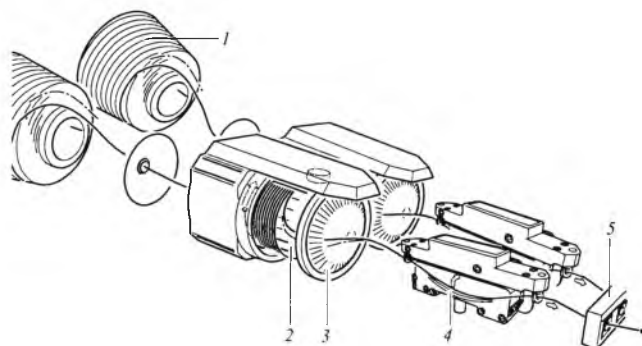
elementi prikazani samo djelomično, npr. prvi i zadnji red igala (3), prvi i zadnji te jedan poprečni red platina (7), prvi i zadnji nož učvršćeni u kućište noževa (6) itd. Prizma se okreće i za svaki novi zijev pritišće po jednu programsku karticu s rupicama na igle, koje su koljenom povezane s platinama. Igle koje se nađu u rupicama ne pomiču se, pa su i kuke na vrhu platine nepomične. Zato ih nož može zahvatiti i podignuti. Kako je platina preko platinske uzice povezana s kotlacem, podiže se i kotlac i osnovina nit koja je u nj uvedena. Međutim, igle koje ne upadnu u rupice programske kartice, nego se nađu na njezinim punim dijelovima, karta svojim pritiskom odmakne izvan zahvata noževa, pa se platine, platinske uzice i kotlaci ne pomiču te pripadne osnovine niti ostaju u donjem položaju. Kada se prizma odmiče, opruge u kućištu igala vraćaju igle u početni položaj.

Na jednoj je platini obično obješeno više uzica za podizanje kotlaca, što znači da se po širini tkanine tka nekoliko jednakih uzoraka. Veličinu uzorka određuje broj platina na stroju. Strojevi najčešće imaju 800, 1200 i 1600 osnovnih platina uz dodatak od 12% pričuvnih platina koje služe za vez krajeva i promjenu potkine boje.

Bušenje papirnatih kartica prema vezu bio je dugotrajan i zamoran posao, a obavljao se na posebnom stroju s tzv. klavijaturom. Danas se Jacquardovim uređajem upravlja pomoću računala. U *dvopoteznom Jacquardovu uređaju* (sl. 14) jedan je krak platinske uzice učvršćen, a drugi je preko kolotura u vezi s pripadnim uzicama užišta i s osnovinim nitima. Gornji je dio kolotura u vezi s platinama, koje vise o dva noža, i zajedno se s njima stalno naizmjenice dižu i spuštaju. Kolotur ostaje zato na istoj visini sve dok jedan par platina ne bude zahvaćen kukama, odvojen od noževa i zadržan u gornjem položaju. Zbog toga se podigne i kolotur, a time se preko platinske uzice podigne i pripadna osnovina nit. Kuke se, već prema potrebnom vezu, privlače ili otpuštaju elektromagnetima, kojima se upravlja pomoću računala.

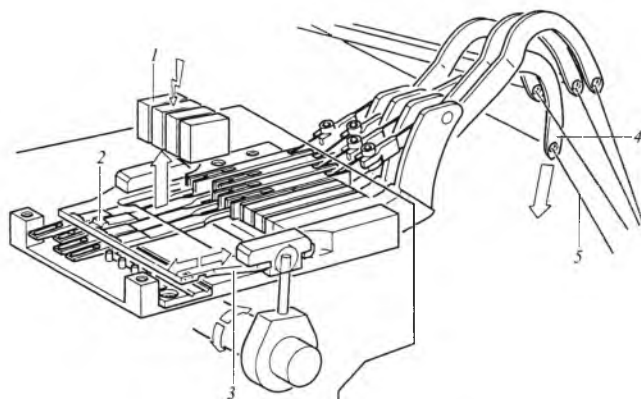


Sl. 14. Dvopotezni Jacquardov uređaj. 1 platinska uzica, 2 užišta povezano s osnovinim nitima, 3 platine, 4 noževi, 5 kuke, 6 elektromagneti



Sl. 15. Predodmatač potke (Sulzer Rütli). 1 križni namotak, 2 valjak s pričuvnom niti, 3 prsten za kočenje, 4 elektromagnetna kočnica niti, 5 čuvar niti

Uređaj za uzorkovanje potkom. Unošenjem raznobojnih ili raznovrsnih potki (različit materijal, finoća, uvoji i dr.) u zijev po predviđenom rasporedu znatno se proširuje asortiman tkanina koje se mogu tkati na tkalačkom stroju. Redoslijed unošenja raznobojnih ili raznovrsnih potki treba biti sinkroniziran s vezom tkanine, a može se ostvariti posebnom programskom karticom ili se program unosi u karticu za vez tkanine. U suvremenim strojevima s računalima uređaji za uzorkovanje potkom mnogo su jednostavniji, a mogućnosti uzorkovanja mnogo veće. Kada računalo aktivira magnet, on povlači jezičac u zahvat saonice (sl. 16). Saonice povlače jezičac unazad, pa se preko poluga spušta dodavač i prinosi potku hvataljci uređaja za unošenje potke u zijev. Već prema tipu stroja, danas se ugrađuju uređaji i s 12 različitih potkinih niti.



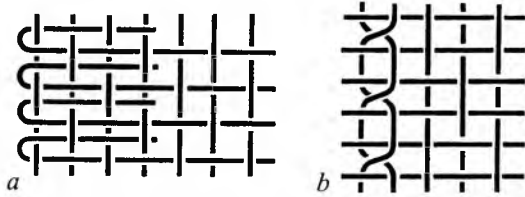
Sl. 16. Uređaj za uzorkovanje potkom (Sulzer Rütli). 1 magnet, 2 jezičac, 3 saonice, 4 dodavač, 5 potkine niti

Uređaj za ubacivanje potke u zijev. Način unošenja potke u zijev jedna je od najvažnijih karakteristika tkalačkog stroja jer u najvećoj mjeri određuje vrste tkanina koje se na njemu mogu najekonomičnije tkati i proizvodni učinak stroja. Prema tome se razlikuju *čunkovni tkalački stroj* s unošenjem potke čunkom i suvremeni *beščunkovni tkalački stroj*, gdje se potka sa stacionarnoga križnog namotka pređe unosi u zijev projektilom, utkivnim šipkama, zračnim ili vodenim mlazom. *Višefazni tkalački stroj*, u kojem se više potkinih niti istodobno unosi kroz valoviti zijev, označuje novi pravac razvoja tkalačkih strojeva s velikim proizvodnim učinkom, ali i sa specifičnim poteškoćama.

Predodmatač potke. Stalnim se usavršavanjem tkalačkih strojeva postižu sve veće brzine unošenja potke u zijev. To može uzrokovati sve češće prekide potkine niti ako se potka povlači

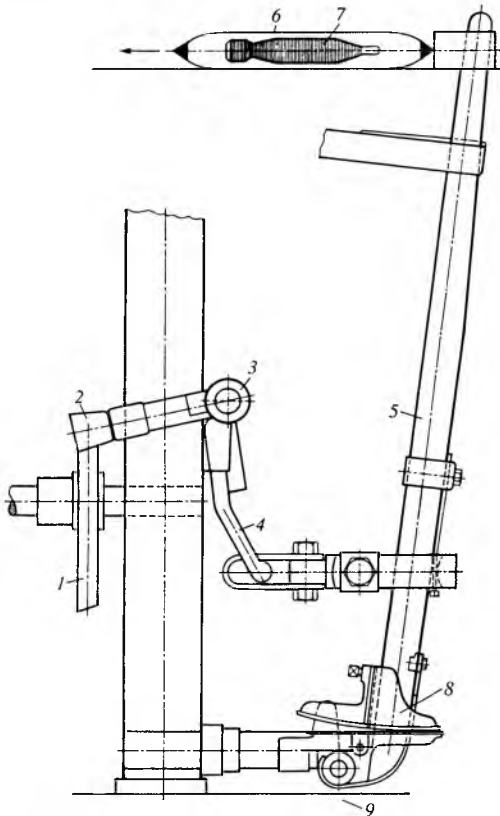
U beščunkovnim tkalačkim strojevima tvorba je krajeva tkanine poseban problem. Budući da se potkina nit provlači kroz zijev samo s jedne strane, mora se nakon svakog unošenja odsjeći. Odsječeni krajevi niti smetaju pri daljoj preradbi tkanine, a ukloniti se mogu tako da se zahvate posebnim kukama i polože u

sljedeći zijev ili da se izradi sukljani rub (sl. 17), a pri tkanju sintetskih pređa stroj se može opremiti uređajem za taljenje rubova.



Sl. 17. Uklanjanje krajeva potkinih niti polaganjem u sljedeći zijev (a) i sukljanjem (b)

Unošenje potke čunkom. Iako se čunkovni strojevi danas proizvode samo za neke posebne namjene, njihov je udio u proizvodnji tkanina još uvijek vrlo velik. Čunak je obično drven, duljine oko četrdesetak centimetara i mase 400 g. U čunku je smješten potkin namotak sa $6 \cdot 10^3$ pređe. Pri svakom okretaju glavne osovine stroja aktivira se udarni mehanizam (sl. 18). Ekscentar rotira i udara u tzv. krušku, pa se preko vretena i poluge povlači ručica, koja svojim vrhom brzo i snažno udara u čunak. Tako se čunak šalje s jedne strane zijeva na drugu, a jednaki ga mehanizam na drugoj strani zijeva vraća natrag, što se ponavlja i do 200 puta u minuti. Pritom se pređa odmatava s namotka i potkina se nit polaže u zijev. Prazne se cijevke u čunku zamjenjuju novim namotcima automatski, bez zaustavljanja stroja.



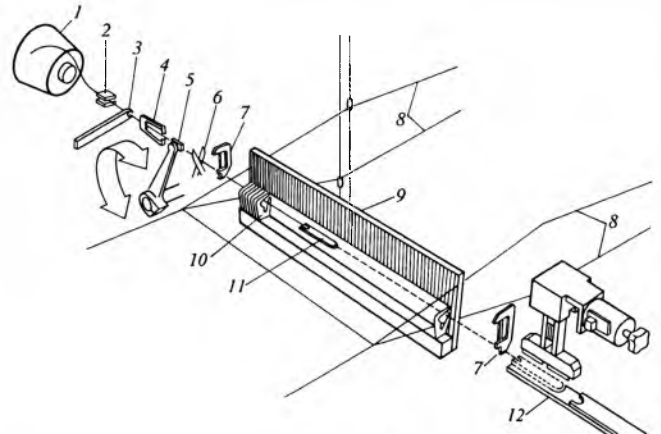
Sl. 18. Udarni mehanizam čunkovnog stroja. 1 udarni ekscentar, 2 kruška, 3 vreteno, 4 poluga, 5 udarna ručica, 6 čunak, 7 potkin namotak, 8 papuča, 9 osovine

Nedostaci su čunkovnih strojeva potreba prebacivanja razmjerno velike mase (čunak s namotkom potke), ovisnost početne brzine čunka o broju okretaja glavne osovine stroja, velika visina zijeva zbog razmjerno velikih izmjera čunka i prevelik mrtvi hod za otvaranje i zatvaranje zijeva. Ti su nedostaci uzrokom dosta male brzine uvlačenja potke u zijev. Osim toga, tijekom tkanja češće se prekidaju niti osnove i potke, pa tzv. fronta posluživanja po radniku, tj. broj strojeva koje radnik istodobno poslužuje, nije velika, a kvaliteta je tkanine slabija.

Unošenje potke projektilom. Taj je način unošenja potke razvila švicarska tvrtka Sulzer Rütli i bio je to prvi industrijski upotrebljiv beščunkovni tkalački stroj. Projektil, izdubljeni metalni dio, mnogo je manji ($88 \text{ mm} \times 14 \text{ mm} \times 5,5 \text{ mm}$) i lakši

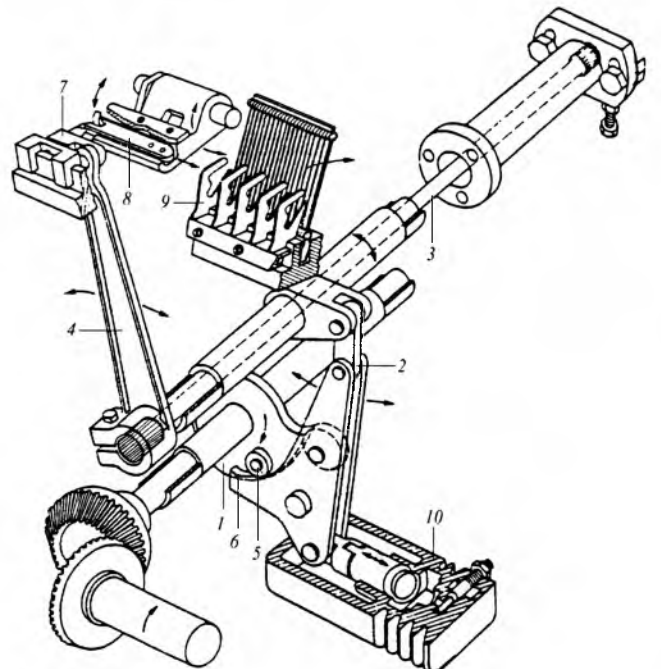
(35 g) od klasičnog čunka. Najveća je brzina unošenja potke $\sim 1100 \text{ m/min}$ te je višestruko veća od brzine čunkovnog stroja, a potka se u zijev može unijeti do 450 puta u minuti.

Kada projektil uhvati i uklješti potkinu nit, otvara se nosač niti, otpuštaju se napinjač niti i kočnica, a udarni mehanizam odapinje projektil u zijev kroz vodeće lamele (sl. 19). Na drugom se kraju zijeva projektil zakoči u prihvatnom uređaju. Nosač niti preuzima potkinu nit, a istodobno je zahvaćaju rubne stezaljke na obje strane tkanine. Nit se na ulaznoj strani zijeva odreže škarama, pa projektil otpušta nit i vraća se ispod zijeva u početni položaj. Kako je brzina vraćanja projektila malena, u kružnom se toku stalno nalazi više projektila. Zatim tkalačko brdo pritkiva potkinu nit na rub tkanine, a zahvatne igle polažu krajeve niti u sljedeći tkalački zijev, tvoreći tako uloženi rub tkanine.



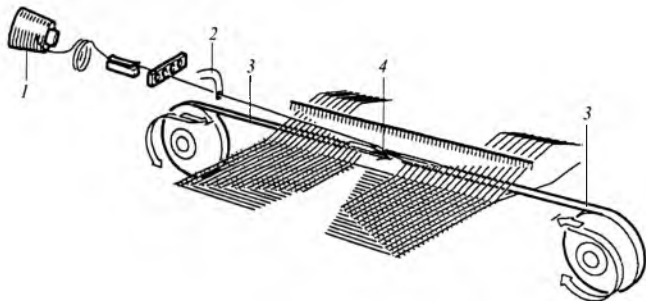
Sl. 19. Unošenje potke projektilom (Sulzer Rütli). 1 križni namotak, 2 kočnica, 3 napinjač, 4 nosač niti, 5 udarna poluga, 6 škare, 7 stezaljke, 8 osnovine niti, 9 tkalačko brdo, 10 vodeće lamele, 11 projektil, 12 kočnica projektila

U udarnom mehanizmu (sl. 20) ekscentarska ploča rotira i preko koljenastog zgloba uvrci i napinje torzijski štap. Prednji je kraj štapa spojen s osovinom udarne poluge. Okretanjem ploče prelazi mali valjak preko tzv. nosa koljenastog zgloba, pa se zglob prelomi u suprotni položaj. Time se torzijski štap oslobodi i naglo pomiče udarnu polugu, koja svojim udarnim dijelom izbacuje projektil kroz vodeće lamele u zijev. Nakon udara uljna kočnica prihvaća udarnu polugu, a zatim počinje ponovno napinjanje torzijskog štapa za idući udarac.



Sl. 20. Udarni mehanizam. 1 ekscentarska ploča, 2 koljenasti zglob, 3 torzijski štap, 4 udarna poluga, 5 valjak, 6 nos, 7 udarni dio za izbacivanje projektila, 8 projektil, 9 vodeće lamele, 10 uljna kočnica

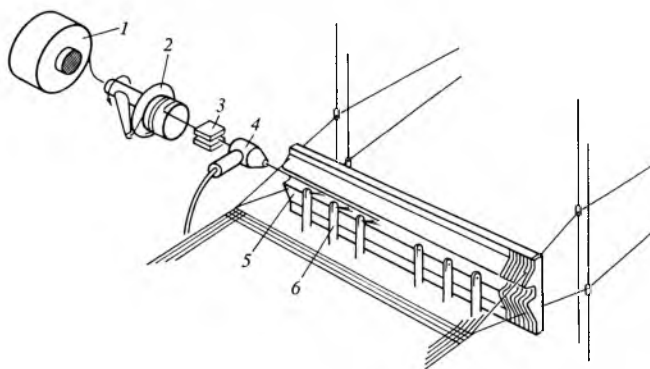
Unošenje potke utkivnim šipkama. Od mnogobrojnih konstrukcija najbolje su one s obostrano smještenim utkivnim šipkama, koje na vrhu imaju hvataljke. Šipke mogu biti krute ili savitljive (tada se nazivaju savitljivim vrpčama). Na tkalačkom stroju tvrtke Sulzer Rütli (sl. 21) u prvoj fazi dodavač potke stavlja nit u hvataljku jedne savitljive vrpce, a zatim škare presijeku nit ispred hvataljke, odvajajući tako prethodnu od nove niti. Hvataljka unosi nit u zijev i u sredini zijeva predaje je hvataljci druge savitljive vrpce. Ona izvlači nit iz zijeva i ostavlja je slobodnom, a tkalačko je brdo pritkiva tkanini. Pritom se hvataljka s potkinom niti najprije giba ubrzano, a zatim sve sporije, da bi u sredini zijeva brzina bila gotovo jednaka nuli. U fazi usporena gibanja nit se mora kočiti kako ne bi stvarala petlje. Kočenje regulira elektromagnetna kočnica.



Sl. 21. Unošenje potke savitljivim vrpčama s hvataljkama (Sulzer Rütli). 1 križni namotak, 2 dodavač potke, 3 savitljive vrpce, 4 mjesto primopredaje niti

Suvremeni tkalački stroj s utkivnim šipkama može u minuti unijeti najviše do 470 potkinih niti, i to brzinom do 980 m/min. Radna je širina stroja 140...280 cm. Takav stroj ima, dakle, manji proizvodni učinak nego ostali beščunkovni strojevi. Ipak, zbog fleksibilnosti često se primjenjuje, posebno za proizvodnju modnih tkanina i za proizvodni program s čestim izmjenama parametara tkanja.

Unošenje potke zračnim mlazom. Radna je širina takva tkalačkog stroja do 400 cm, a u minuti se može unijeti 750 potkinih niti brzinom od 1760 m/min. Potkina se nit povlači s križnog namotka i odmjeri na predodmataču, a zatim ulazi u glavnu sapnicu (sl. 22). Zračna struja ubacuje nit u kanal za vođenje. Dalji transport niti preuzima zračna struja manjih sapnica, koje su raspoređene po cijeloj duljini kanala za vođenje (štafetne sapnice). Na kraju unošenja posebna sapnica drži nit napetom sve dok se ne pritka uz tkaninu. Tlak i trenutki otvaranja i zatvaranja ventila glavne i štafetnih sapnica izračunavaju se i optimiraju računalom.



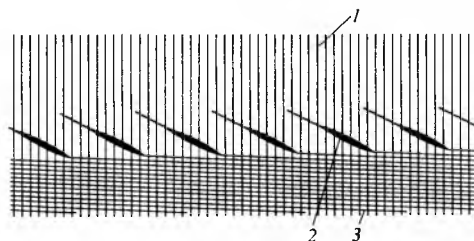
Sl. 22. Unošenje potke zračnim mlazom. 1 križni namotak, 2 predodmatač niti, 3 držač niti, 4 glavna sapnica, 5 kanal za vođenje, 6 štafetne sapnice

Za rad stroja potrebno je kompresorsko postrojenje s razvođom zraka, što traži veće investicijske i pogonske troškove. Međutim, zbog svojih velikih proizvodnih mogućnosti taj se stroj sve više upotrebljava, osobito za izradbu jednostavnih tkanina. Novim se rješenjima uređaja, uz računalno vođenje, stalno proširuje asortiman tkanina te je tako već moguće npr. uzorkovanje po potki i sa šest boja.

Unošenje potke vodenim mlazom. Princip je rada takva tkalačkog stroja vrlo sličan principu rada stroja sa zračnim mlazom. Voda koja služi kao medij za prenošenje potke mora biti omek-

šana. Na stroju se može tkati razmjerno uzak asortiman tkanina od vodoodbojnih pređa.

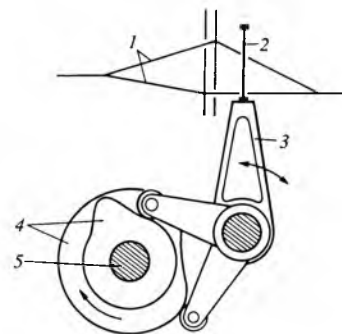
Višefazno tkanje. Za razliku od opisanih mehanizama za unošenje jedne potkine niti u zijev koji je otvoren po čitavoj širini tkanine, prilikom višefaznog (višezijevnog) tkanja unosi se jedna za drugom više potkinih niti pomoću malih čunčaka, koji nose namotak niti duljine dovoljne za jednu potku. Pred svakim se čunčićem otvara mali zijev, koji se nakon prolaska čunčića zatvara i odmah ponovno otvara za prolaz novog čunčića. Tako se na čitavoj širini stroja istodobno nalazi više čunčića (sl. 23), pa se osnovine niti dižu i spuštaju u obliku valova. Jedan je od mogućih načina vođenja čunčića kroz zijev vođenje pomoću posebno oblikovanih lamela koje su jedna prema drugoj pomaknute za određeni kut tako da tvore žlijeb u obliku rotirajućeg grebena, kojemu je funkcija i pritkivanje potke na tkaninu. Potkine niti nisu okomite na osnovine niti, već su od okomice otklonjene za mali kut. Kada prazan čunčić napusti područje tkanja, vodi se lancem do uređaja za punjenje potkinom niti sa strane stroja.



Sl. 23. Višefazno tkanje. 1 osnovine niti, 2 čunčić, 3 tkanina

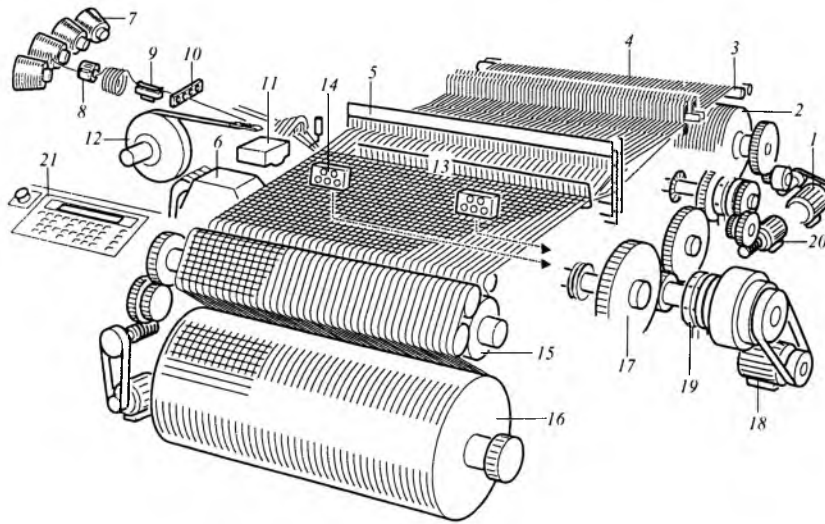
Prednosti su višefaznog tkanja mala brzina polaganja niti (1...2 m/s) i mala napetost, te velik proizvodni učinak s više od 2 000 m utkane potke u minuti, jer se istodobno polaže veći broj potki, a mogu se postići i velike širine tkanina. Zasad se takvo tkanje može primijeniti za uzak asortiman tkanina, a velik otpad potke i drugi problemi usporili su njegov dalji razvoj.

Tkalačko brdo. Tkalačko brdo drži širinu osnove, određuje njezinu gustoću i pribija svaku novounesenu potku na pritkajnu liniju tkanine. To je pravokutni okvir u kojem su učvršćene trske brda. U međuprostor između dviju trski uvode se dvije do četiri osnovine niti. Broj međuprostora na duljini od 100 mm označuje finoću ili broj brda. Za vrijeme unošenja potke u zijev brdo miruje, a radi pribijanja potke na tkaninu njiše se s jedne strane na drugu pomoću dvostrukog ekscentra (sl. 24).



Sl. 24. Pogon tkalačkog brda. 1 osnovine niti, 2 tkalačko brdo, 3 bilo, 4 dvostruki ekscentar, 5 glavna osovina

Pogon i nadzor rada stroja. U čukovnim i starijim beščunkovnim strojevima elektromotor je preko zamašnjaka i spojke pokretao glavnu pogonsku osovinu, a od nje se prijenosnim mehanizmima pogon prenosio na ostale radne dijelove stroja. Pogon suvremenog tkalačkog stroja (sl. 25), opremljena računalom, omogućuje lakše i brže ugađanje stroja pri promjeni proizvoda, lakše i brže posluživanje pri prekidu osnovine ili potkine niti, nadzor rada mehanizama stroja i dr. Uz već detaljnije opisane mehanizme stroja, kao novija rješenja ističu se polagani (puzajući) pogon stroja prilikom traženja prekinute potke i nov način reguliranja brzine valjka za transport tkanine. Prije je, naime, za promjenu gustoće tkanine trebalo mijenjati zupčanike, dok se danas željena gustoća definira na računalu, koje, među ostalim, upravlja brzinom valjka.



Sl. 25. Pogon tkalačkog stroja (Sulzer Rütli). 1 uređaj za odmatanje osnove, 2 osnovni valjak, 3 napinjač osnove (prevojniki), 4 čuvari osnovnih niti, 5 ničanice, 6 mehanizam za tvorbu zijeva, 7 križni namotci s potkom, 8 predodmatač potke, 9 kočnica, 10 čuvar potke, 11 uređaj za uzorkovanje potkom, 12 mehanizam za ubacivanje potke u zijev, 13 tkalačko brdo, 14 tipkovnica za posluživanje, 15 valjak za povlačenje tkanine, 16 valjak za namatanje tkanine, 17 pogon koljenčastog vratila, 18 glavni elektromotor, 19 spojka i kočnica, 20 elektromotor za polagani pogon, 21 terminal za unošenje tkalačkih i strojnih informacija

VRSTE TKANINA

Tkanine su plošni tekstilni proizvodi koji nastaju tkanjem na tkalačkom stroju. Medusobno se mogu razlikovati prema podrijetlu i svojstvima pređe, načinu uzorkovanja i tkanja, težini, širini, gustoći osnove i potke, vrsti dorade i prema namjeni.

S obzirom na podrijetlo pređe razlikuju se pamučne, lanene, vunene, svilene, kudjeljne i jutene tkanine, tkanine od filamentnih pređa različitih kemijskih vlakana, te od smjese prirodnih i kemijskih vlakana (v. *Vlakna*). Čistima se nazivaju tkanine od jedne vrste pređe, a miješanim tkane od različitih pređa.

Tkanine se mogu tkati različitim osnovnim, izvedenim i kombiniranim vezovima (v. *Desinatura tkanina*, TE 3, str. 203). Vez bitno utječe na svojstva i izgled tkanine. Veća gustoća veza daje tkanini veću čvrstoću i otpornost, a rijedak je vez čini labavijom.

Osim o podrijetlu pređe, izgled i svojstva tkanine ovise i o vrsti pređe, njezinoj finoći, čvrstoći i smjeru uvijanja (v. *Pređenje*, TE 11, str. 38) te gustoći osnovnih i potkinih niti. Od pređa predenih od češljanih vlakana ili beskonačnih niti (svila, filamenti) izrađuju se tkanine s ravnomjernom, glatkom i golom površinom, koje su tanke, a dovoljno čvrste. Od teksturiranih pređa i pređa od grebenanih vlakana proizvode se tkanine sa ztvorenom, čupavom i neravnomjernom površinom, nešto deblje i manje čvrste. Tkanine velike čvrstoće, posebna izgleda i posebnih svojstava dobivaju se od višestruke končane pređe.

Tvrdo uvijena, tj. jako upredena pređa daje tkanini veću čvrstoću i tvrdoću, a meko uvijena, slabo upredena pređa osigurava tkanini mekoću i sposobnost upijanja vlage, ali je takva tkanina manje otporna i nije trajna.

Smjer uvijanja pređe također utječe na izgled i opip tkanine. Ta su svojstva općenito bolja ako osnovine i potkine niti nisu uvijene u istom smjeru. Isti smjer uvijanja daje vrlo izrazit vez.

Masa i propusnost tkanine ovise o gustoći osnovnih i potkinih niti. Guste tkanine su teže, tvrde, slabo su propusne za zrak i vrlo slabo upijaju vlagu i znoj.

Tkanine mogu biti neobojene, jednoboje i višeboje. Jednoboje se tkanine dobivaju bojenjem tkanine jednim bojilom, jednolično u cijelom supstratu, dok prenošenjem jednog ili više bojila samo na pojedina mjesta tkanine, što se naziva tiskom, nastaju višebojne tkanine (v. *Bojadisarstvo i tisak tekstila*, TE 2, str. 68). Višebojnost može potjecati i od različitog uzorka, koji se postiže prikladnim rasporedom raznobojnih osnovnih i potkinih niti prilikom tkanja (v. *Desinatura tkanine*, TE 3, str. 207).

Tkanine se razlikuju i prema načinu dorade. Rijetke su neapretirane tkanine, a apreturom i drugim vrstama dorade mogu se postići različiti vizualni učinci i bitno djelovati na svojstva tkanina. Među te se postupke ubrajaju bijeljenje, merceriziranje, pergamentacija, krepaniranje, sanforiziranje, impregniranje, satiniranje, valjanje, pahuljičenje, kaširanje, laminiranje, smuđenje, čupavljenje, ratiniranje, veliniranje, šišanje, dekatiranje, parenje i kalandriranje (v. *Apretura*, TE 1, str. 313; v. *Dorada tekstilnih proizvoda*, TE 3, str. 384).

Konačno, tkanine imaju i vrlo raznoliku namjenu i područje primjene, pa se razlikuju tkanine za odjevne svrhe, za dom i kućanstvo, za industrijske svrhe (tehničke tkanine) i za sanitetske potrebe.

U trgovini su tkanine poznate po svojim trgovačkim nazivima, koji nisu uvijek jednoznačni, jer često osim materijala označuju i tip veza. Tako je, npr., rips naziv za izvedeni vez u kojem se zajednički vežu po dvije ili više osnovnih niti s jednom potkinom niti (i obratno), a ujedno označuje i tkaninu koja se u tom vezu izrađuje od svile ili pamuka (svileni i pamučni rips).

U nastavku se kratko opisuju neke najpoznatije vrste tkanina:

Atlas (saten), uglavnom svilena tkanina u atlasnom vezu, izrađuje se i od mercerizirane pamučne i lanene pređe, sjajna je i glatka lica te zagasita naličja, upotrebljava se za izradbu svećanih haljina, ženskog rublja i popluna.

Baršun (samt), vlasasta tkanina s vlaškom do 3 mm od osnovnih ili potkinih niti, izrađuje se od svile, vune, pamučne pređe i kemijskih vlakana jakim čupavljenjem i šišanjem.

Batist, fina pamučna ili lanena tkanina, prozračan izgled nastaje obradom sumpornom kiselinom i mercerizacijom, upotrebljava se za izradbu ženskog rublja i rupčića.

Brokat, teška i sjajna svilena tkanina, često isprepletana ukrasnim nitima, izrađuje se i od kemijskih vlakana, upotrebljava se za izradbu večernjih haljina i pokrivača.

Bukle, hrapava vunena tkanina od kovrčave, čvoraste pređe s efektom bukule-koncem u potki, topla je i ne gužva se, upotrebljava se za izradbu ženskih kostima i kaputa.

Damast, uglavnom fina mercerizirana pamučna tkanina u atlasnom vezu, od češljane pamučne pređe za stolno rublje, posteljenu i namještaj, izrađuje se i od lanene pređe, svile (za svečanu žensku odjeću i za steznike) i kemijskih vlakana, s velikim uzorcima, tka se na Jacquardovu stroju. Damast od češljane pamučne pređe vrhunske je kvalitete.

Darovac, v. loden.

Denim (džins), pamučna tkanina od končane osnove obojene prilikom škrobljenja i od grublje potke, s osnovnim efektom lomljenog kepernog veza, pretežno plave boje ili boje indiga, upotrebljava se za izradbu odjeće za slobodno vrijeme.

Flanel, laka tkanina čupavljena s obje strane, izrađuje se od pamučne pređe, vune i viskoze u platnom vezu, meka i topla, upotrebljava se za izradbu košulja, bluza i plahta.

Frotir, čupava pamučna tkanina u frotimom vezu, lice i naličje gusto pokriveni zamkama, bijela i s uzorcima tkanim na Jacquardovu stroju, vrlo hidrofilna, upotrebljava se za izradbu ručnika i kupaćih ogrtača.

Gabarden, gusta, fina vunena tkanina u kepernom vezu sa strmim, kosim rebrima, upotrebljava se za izradbu odijela, ogrtača i odora, a pamučni gabarden za izradbu kišnih ogrtača.

Gaza, laka i prozirna tkanina, obično od bijeljene pamučne pređe, ali i od lanene pređe i svile, upotrebljava se kao sanitetska tkanina.

Gradl, čvrsta, prugasta pamučna ili lanena tkanina u platnenom ili kepernom vezu, upotrebljava se za izradbu muškog rublja, kuta, radnih odijela i madraca.

Inlet, vrlo gusta pamučna tkanina, obično u kepernom vezu, osnova nebojena, potka plava ili blijedocrvena, površina puna i glatka, nepropusna za perje, što se postiže parafiniranjem i kalandriranjem, upotrebljava se za izradbu jastučnica i strunjača.

Katun, v. kreton.

Keper, općenit naziv za tkaninu s kosim redovima od različitih sirovina, tkanu u kepernom vezu.

Krep, lagana svilena tkanina, zrnčaste površine ako je u krepnom vezu, a nabrane i valovite ako je od jako uvijene pređe. Izrađuje se i od vune i pamučne pređe, upotrebljava se za izradbu haljina, bluzi i ženskog rublja.

Kreton (katun, cic), jaka, gusta, jednostavna pamučna tkanina u platnenom vezu, bijela, apretirana ili tiskana, upotrebljava se za izradbu zavjesa, posteljine, prekrivača i ljetne odjeće.

Krombi, teška, puna vunena tkanina, s rebrastim vezom sličnim ribljem kepernom vezu, upotrebljava se za izradbu zimskih kaputa.

Lister, sjajna, lagana vunena tkanina u platnenom vezu, upotrebljava se za izradbu ljetnih muških kaputa.

Loden (darovac), dlakava vunena tkanina dobre kvalitete, gusta, teška, čvrsta i otporna, skoro nepromočiva, maslinaste ili sive boje, upotrebljava se za izradbu kaputa (hubertus), te lovačkih i šumarskih odijela.

Panama, mekana, porozna pamučna tkanina u panama-vezu, s malim kvadratićima, rjeđe od kemijskih vlakana ili viskoze, upotrebljava se za izradbu košulja, bluzi, haljina i ljetnih odijela.

Pike, dvostruka pamučna ili viskozna tkanina, mjehurasta, s udubljenjima zbog zatezanja donje osnove, gornja je tkanina od finije i tanje pređe, upotrebljava se za izradbu bluzi, haljina, kaputa i dječje odjeće.

Platno, tkanina tkana u platnenom vezu. Pamučna tkanina u platnenom vezu naziva se kreton ili katun, svilena taft, a vunena sukno. Vrlo je cijenjeno *laneno platno*.

Pliš, vlasasta tkanina slična baršunu, ali s vlakom višim od 3 mm, upotrebljava se kao tkanina za namještaj i za dekorativne svrhe.

Popelin, fina pamučna tkanina u platnenom vezu s većom gustoćom osnove, ripsasta izgleda, bijeljena i mercerizirana, fina opipa, vrlo otporna na gužvanje, upotrebljava se za izradbu muških košulja, ženskih bluzi i ljetne odjeće, a teži i impregnirani popelin (tzv. *balonska svila*) upotrebljava se za kišne ogrtače. Izrađuje se i od svile i viskoze.

Rips, naziv za tkanine u rips-vezu, s uzdužnim, poprečnim ili kosim rebrastim brazdama jednake (glatki rips) ili različite širine (miješani rips). Ojačani rips ima glatko naličje.

Samt, v. baršun.

Saten, v. atlas.

Sukno, teška i gusta vunena tkanina u platnenom vezu, jako čupavljena i pustana, pa je vez praktički nevidljiv, upotrebljava se za izradbu odora i željezničarskih odijela, a zeleno se sukno upotrebljava za konferencijske i biljarske stolove.

Santung, svilena tkanina neravne površine s vretenastim zadebljanjima, ujedno i naziv za sve tkanine od takve vlasaste pređe, upotrebljava se za izradbu haljina, bluzi, kostima i ogrtača.

Taft, sjajna i tanka svilena tkanina u platnenom vezu, izrađuje se i od kemijskih vlakana, upotrebljava se za izradbu večernjih haljina, bluzi, podstave, kišobrana te za dekoraciju.

Til, laka, prozirna mrežasta tkanina, često se upotrebljava za izradbu zastora.

Tropikal, lagana, porozna tkanina u platnenom vezu, upotrebljava se za izradbu ljetnih muških odijela i ženskih haljetaka.

Tvid, gruba, melirana vunena tkanina u kepernom ili platnenom vezu, dlakave površine, upotrebljava se za izradbu muških odijela športskog kroja i ženskih kostima.

Velur, vrsta baršuna, kvalitetna vunena tkanina čupavljene i šišane površine, upotrebljava se za izradbu ogrtača. Vrlo je cijenjen velur od devine dlake.

LIT.: J. Schneider, Weberci. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1961. – J. Schneider, Vorbereitungsmaschinen für die Weberci. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1963. – P. Böttcher, Textiltechnik. VEB Fach-

buchverlag, Leipzig 1977. – H. Hollstein, Fertigungstechnik – Weberci. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1978. – H. W. Krause, Textil-Technik. Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie, ETH Zürich, Zürich 1983. – Vorbereitungstechnik für die Weberci, Wirkerei und Strickerei. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1983. – V. Orešković, Neki rezultati primjene znanstvenih istraživanja na području pripreme pređe; J. Hadina, V. Orešković, Procesi i perspektive u tkalaštvu. Zbornik referata. Savez inženjera i tehničara tekstilaca Hrvatske i Institut za tekstil i odjeću, Zagreb 1988. – K. Mahall, Qualitätsbeurteilung von Textilien. Schiele & Schön, Berlin 1990. – Tekstilna vlakna i suvremeni procesi proizvodnje tekstila. SITH i ITO, Zagreb 1991. – A. Hofer, Textil- und Modellexikon. Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main 1992. – J. G. Bieser, Schären – Zetteln – Schlichten. Vorbereitung für die Wirkerei und Weberci. Fachhochschule für Technik und Wirtschaft, Reutlingen 1994.

A. Prus V. Strmečki

TOPLINSKA OBRADBA METALA, skup postupaka kojima se metalni obradak u čvrstom stanju podvrgava promjenama temperature s vremenom da bi mu se promijenila struktura, a time i svojstva. Tijekom toplinske obradbe može se mijenjati i kemijski sastav površinskih slojeva obratka. Ako su te promjene nepoželjne, površinske slojeve obratka treba zaštititi (npr. zaštitnim plinom), a ako su poželjne, treba difuzijske procese regulirati termodifuzijskom ili termokemijskom obradom (npr. cementiranjem, nitriranjem, boriranjem itd.).

Postupci toplinske obradbe primjenjuju se kao pripremni radi poboljšanja određenih proizvodnih svojstava (zavarivost, obradivost odvajanjem čestica) i kao završni da bi se postigla konačna mehanička, fizikalna i kemijska svojstva.

Budući da je toplinska obradba metala neodvojiv dio znanosti o metalima, to njezin razvoj počinje u doba kada su se počele upotrebljavati prve toplinske obradive slitine. Tako su se, npr., najstariji predmeti od željeznih slitina našli već u egipatskim kraljevskim grobnicama. Bili su to predmeti izrađeni od slitine željeza i nikla, vjerojatno meteoritskog podrijetla, koji su bili cementirani i gašeni, pa se čini da je to bio i najstariji postupak toplinske obradbe.

Oko 900. spominje Homer u Odiseji »gašenje bojnih sjekira nakon kovanja, te ponovno ugrijavanje«, što bi odgovaralo postupku popuštanja. Oko 600. proizvodilo se oružje i oruđe od čelika u Indiji i Perziji, odakle je preko Damaska njegova proizvodnja prenesena i u Europu. Ono se proizvodilo kovanjem i preki-vanjem tankih folija niskougljičnog čelika te gašenjem u (sablje damaškinje). Čini se da se sličan postupak proizvodnje mačeva primjenjivao i u Japanu (samurajski mačevi).

U srednjem su vijeku postupke toplinske obradbe, osobito cementiranja mačeva i helebardi, preuzeli alkemičari, pa su i do danas sačuvani primjerci re-cepata s pomalo egzotičnim i nepotrebnim dodacima drvenom ugljenu kao sredstvu za pougljičenje.

Prva poznata sustavna opažanja znanstvenog značenja potječu iz 1720. od R. A. F. Reaumura, koji je uočio promjenu obujma čelika kaljenjem i pokušao ju je znanstveno objasniti. U XVIII. st. B. Huntsman je uveo u metalurgiju čelika tiganjski postupak pretaljanja, što je omogućilo veliku čistoću ugljičnog čelika (tada jedine vrste čelika), a time i veću pouzdanost pri kaljenju.

Na polju mikrografskih praćenja strukturnih promjena čelika toplinskom obradom ističu se oko 1865. godine H. C. Sorby i L. Troost. S legiranjem eksperimentiraju R. Mushet (1868) te F. W. Taylor i E. White (oko 1900) pa potonja dvojica uspijevaju na Svjetskoj izložbi u Parizu demonstrirati rezni učin tzv. samokaljivoga legiranog čelika, što odgovara današnjem brzoreznom čeliku S 18-0-1 (0,85% C, 18% W, 4% Cr, 1% V). Gašenje u vodi zamjenjuje se sve više gašenjem u ulju, na zraku i u zaštitnim plinovima, što zahtijeva usavršavanje uređaja za austenitizaciju, sredstava za zaštitu i gašenje, regulacije temperaturno-vremenskih ciklusa itd.

U isto doba (1900. godine) objavljuje W. C. Roberts-Austen poznate ravnotežne dijagrame Fe-C, koji otada služe kao osnova za proučavanje i kao polazište za utvrđivanje nekih parametara postupaka toplinske obradbe čelika i željeznih ljevova.

Prvih desetljeća našeg stoljeća djeluju istaknuti znanstvenici: F. Wever i A. Rose objavljuju istodobno s E. C. Bainom i E. S. Davenportom temperaturno-vremenske pretvorbene dijagrame (dijagrame TTT), M. A. Grossmann, W. E. Jominy, W. Crafts, J. L. Lamont i suradnici proučavaju i kvantificirano definiraju prokaljivost čelika, G. V. Kurdjumov i P. Payson proučavaju pojave pri popuštanju kaljenog čelika, F. Rapatz i E. Houdremont sustavno proučavaju posebne plemenite i alatne čelike i njihovu toplinsku obradbu, koja s razvojem čelika postaje sve osjetljivija i sve važnija za završnu kvalitetu proizvoda. H. L. Le Chatelier uvodi metode praćenja fizikalnih pojava (toplinska analiza, dilatometrija), a nekoliko još živućih znanstvenika proučava te pojave pomoću rendgenske difrakcije, pretražnog mikroskopa, transmisijske tehnike itd.

Povijesni razvoj postupaka toplinske obradbe neželjeznih slitina počinje mnogo kasnije, iako su neki metali i slitine (npr. bakar i bronca) bili poznati i prije željeza. Godine 1906. primijetio je A. Wilm da se aluminijskoj slitini s 4,5% bakra i 0,5% magnezija nakon gašenja i višednevnog stajanja pri 20 °C povećava vlačna čvrstoća gotovo dvostruko i da je jednaka onoj osrednjega konstrukcijskog čelika (~500 N/mm²). To je opažanje označilo početak proučavanja prirodnog i umjetnog starenja (dozrijevanja) aluminijjskih i bakrenih slitina te nekih vrsta visokolegiranih čelika. Prve znanstvene pretpostavke o procesima starenja definirao je 1919. P. D. Merica. Međutim, njegove su pretpostavke oko 1938. djelomice opovrgnute ra-