

Alenka Pavko Čuden

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje, Snežniška 5,
1000 Ljubljana, Slovenija

Pletilstvo na Itmi 2023 v Milanu

Knitting at Itma 2023 in Milan

Strokovni članek/Professional article

Prejeto/Received 11-2023 • Sprejeto/Accepted 12-2023

Korespondenčna avtorica/Corresponding author:

Prof. dr. Alenka Pavko Čuden

E-pošta: alenka.cuden@ntf.uni-lj.si

ORCID: 0000-0002-9225-5128

Izvleček

Na Itmi je bila opazna usmeritev v digitalizacijo, čedalje pomembnejši je tudi pomen trajnosti. Pletilniki so zasnovani za učinkovito delo s trajnostnimi in okolju prijaznimi materiali. Poudarek je tudi na zmanjševanju odpadkov pri pletenju. Avtomatizacija se čedalje bolj vključuje v pletilnike, da bi se racionaliziral proizvodni proces in izboljšala učinkovitost. Za nadzor kakovosti in optimizacijo se uporabljajo inteligentne funkcije, kot so senzorji in analiza podatkov, ki temelji na umetni inteligenci. Tridimenzionalna tehnologija pletenja je v porastu, saj omogoča izdelavo brezšivnih oblačil in zapletenih struktur, kar ima za posledico manj odpadkov in večje udobje končnih izdelkov. Nekateri koncepti združevanja tehnologij so bili odloženi, medtem ko so bili raziskani novi, kot je združevanje pletenja in 3D-tiskanja v obutveni industriji. Prizadevanja za zmanjšanje porabe energije v proizvodnih procesih so vplivala na prenovo modelov pletilnikov. Izdelovalci iščejo načine, kako narediti stroje energetske učinkovitejše brez ogrožanja njihove zmogljivosti.

Ključne besede: Itma 2023, pletenje, digitalizacija, trajnost

Abstract

Digitalisation was a notable trend at Itma in Milan, as was the increasing emphasis on sustainability. Knitting machines are designed to work efficiently with sustainable and environmentally friendly materials. Focus is also on reducing waste in the knitting process. Automation is increasingly being integrated into knitting machines to rationalise the production process and improve efficiency. Intelligent functions, e.g. sensors and data analysis based on artificial intelligence, are used for quality control and optimisation. Three-dimensional knitting technology is on the rise, enabling the production of seamless garments and intricate structures, resulting in less waste and greater comfort in finished products. Some concepts for merging technologies have been put on hold while new avenues have been explored, e.g. fusion of knitting and 3D printing in the footwear industry. The efforts to reduce energy consumption in manufacturing processes have influenced the design of knitting machines. Manufacturers are looking for ways to make machines more energy efficient without compromising the performance.

Keywords: ITMA, knitting, digitalisation, sustainability



Content from this work may be used under the terms of the Creative Commons Attribution CC BY 4.0 licence (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Authors retain ownership of the copyright for their content, but allow anyone to download, reuse, reprint, modify, distribute and/or copy the content as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publisher. This journal does not charge APCs or submission charges.

1 Uvod – učinkovitost, digitalizacija, trajnosti in krožnost

Kot vedno je bila svetovna razstava v Milanu ITMA 2023 vrhunski dogodek na področju razstavljanja tekstilne strojegradnje. In kot vsakič je znova podirala rekorde. Na bruto razstavnem prostoru 200.000 m² se je na 20 področjih predstavilo 1709 razstavljalcev iz 47 držav. Ogledalo si jo je 111.000 obiskovalcev iz 143 držav. Pletilstvo je predstavljalo 128 razstavljalcev, ki so zasedli 10 odstotkov razstavnega prostora [1-3].

Itma je najpomembnejša in najodmevnejša mednarodna, svetovna, a vendarle v Evropo usmerjena razstava tekstilne opreme. Marca 2022 je Evropska komisija predstavila svojo Strategijo EU za trajnostne in krožne tekstilije. Strategija si prizadeva zmanjšati okoljski odtis tekstilstva in oblačilstva, hkrati pa priznava strateški pomen tekstilnega ekosistema in potrebo po vlaganju v inovacije, digitalizacijo ter znanje in veščine. Poudarja globalno razsežnost tekstilne in oblačilne industrije ter potrebo po vzdrževanju enakih možnosti za vse deležnike, ne glede na njihovo proizvodno področje. To se ujema s širšimi, svetovnimi trendi spodbujanja trajnostnih praks in globalnega sodelovanja. V Evropi je v obravnavi množica zakonodajnih predlogov, povezanih s trajnostjo, pa tudi s svetovno trgovino, notranjim trgov, standardi, oznakami ipd. Tekstilna industrija se hitro premika iz neurejenega v zakonodajno zelo urejen in nadzorovan sektor, podobno kot npr. avtomobilska in kemična industrija, kjer so postavljeni zakonski okviri za spodbujanje trajnosti, varovanje okolja in upoštevanje določenih standardov. Euratex, lastnik Itme, je aktivno vključen v ta proces, saj nov okvir, v katerem kakovost prevladuje nad količino in ki nagraduje inovativne izdelke, transparentnost in trajnost, koristi evropskim tekstilnim podjetjem. Realni cilji ter obvladljivost, kakovost, skladnost in povezanost tega novega pravnega okvira so ključnega pomena [4].

Slogan Itme 2023 je bil odlično izbran: Preobrazba sveta tekstilij: učinkovita – digitalna – krožna

(angl. Transforming the world of textiles: efficient – digital – circular). Upošteval je globalne izzive na področjih varstva okolja, energetske učinkovitosti in upravljanja virov ter tehnološke spremembe zaradi digitalizacije in umetne inteligence [5, 6].



Slika 1: Ena ključnih besed Itme 2023 v Milanu je bila »krožnost« (vir: <https://itma.com/media-gallery#page-11>).

Itma je že sama po sebi odraz avantgardnosti in inovativnosti; od leta 2015 je ključna beseda »trajnost«, letošnja izdaja pa je bila poleg tega ciljno usmerjena v digitalizacijo. To področje v tekstilstvu ni novost, saj je bilo tema številnih prejšnjih razstav, vendar sta se kompleksnost tekstilnih procesov in vključevanje novih tehnologij v obstoječe sisteme izkazala za zahtevnejša, kot je bilo pričakovano. Poleg tega je dinamika razvoja v digitalnem sektorju izjemno hitra; novosti hitro zastarajo. Kljub dobrim tehničnim rešitvam se na področju digitalizacije kažejo pomanjkljivosti v odnosu do uporabnikov in pri prehodu na krožno gospodarstvo. Digitalizacija se ne sme ustaviti na ravni strojev, segati mora tako na raven podjetja kot na raven celotne dobavne verige. Prejšnje razstave Itma so se izzivov digitalizacije in trajnosti večinoma lotevale konceptualno, zadnja pa bolj konkretno, z oprijemljivimi rešitvami, zato ti dve področji ostajata pomemben del strategije razvoja tekstilstva in oblačilstva ter segata na novo raven. Na ravni podjetja je nujno uveljavljanje celovitih strategij digitalizacije, ki zajemajo različna področja, kot so analiza podatkov, umetna inteligenca in

internet stvari. To lahko izboljša učinkovitost, optimizira razporeditev virov in omogoča boljše procese odločanja. V dobavnih verigah lahko integracija digitalnih tehnologij izboljša preglednost, sledljivost in odzivnost. Tehnologijo veriženja podatkovnih blokov je npr. mogoče uporabiti za ustvarjanje varnih in preglednih mrež dobavnih verig, kar zagotavlja avtentičnost izdelkov in materialov. veliko podjetij je na sejmu predstavilo svoje lastne digitalne platforme, med njimi npr. tudi Karl Mayer, izdelovalec ploskih snutkovnih, s priključitvijo Stolla pa tudi ploskih votkovnih pletilnikov. Nabor zmogljivih digitalnih orodij in sistemov za zajemanje, analiziranje in smiselno uporabo obsežnih količin podatkov je bil izjemno širok. Posamezni izdelovalci tekstilne opreme uporabljajo digitalne dvojčke kot učinkovito orodje za hitro predstavitev izdelkov, prilagodljivo proizvodnjo in optimizacijo učinkovitosti, ki temelji na zahtevnih podatkih. Izboljšana senzorska tehnologija povečuje zanesljivost procesov, podaljšuje življenjsko dobo opreme in omogoča varčevanje z energijo [5–7].

Krožno gospodarstvo je ključno za zagotavljanje trajnostne prihodnosti industrije in družbe. Hkrati ponuja priložnost za preoblikovanje lastnih dobavnih verig v smeri dolgoročne vzdržnosti in stabilnosti. Za uresničitev popolnega krožnega gospodarstva na področju tekstilstva in oblačilstva so potrebne nove tehnične rešitve, še zlasti pri ponovni uporabi in recikliranju. Z naraščajočimi zahtevami po trajnostnih tekstilnih izdelkih je postalo jasno, da razvoj v smeri trajnosti in krožnega gospodarstva pomeni tudi izdelavo opreme, ki to omogoča. Pomen pletilstva zaradi strojnih možnosti krojno oblikovanega in brezšivnega pletenja je na tem področju zelo velik [5, 7].

Skoraj vsak večji izdelovalec tekstilnih strojev je na Itmi predstavil svoje rešitve na področju recikliranja. Pri tem so ključnega pomena tudi pobude za mreženje in sodelovanje med podjetji, saj je na izziv recikliranja mogoče odgovoriti le s skupnimi močmi, s ciljem zapiranja tekstilnega kroga na ekološki, ekonomičen in smiseln način. Poleg tega se je področje trajnosti od odgovorne uporabe materialov,

zmanjševanja količine odpadkov in porabe energije razširilo na družbeno odgovornost ter fokus preneslo s strojev nazaj na človeka. Namesto komunikacije stroj-stroj je po novem v ospredju komunikacija stroj-človek oz. človek-stroj. Vrnitev v izhodišče torej, a na višji ravni. Strojno učenje in umetna inteligenca podpirata optimizacijo procesov, analizo in spremljanje proizvodnje. Umetna inteligenca lahko predvidi zastoje strojev na podlagi nenehnega analiziranja podatkov in predvidevanja s pomočjo senzorjev in drugih virov. Ključne procese spremlja v realnem času in samodejno izvaja ustrezne nadzorne ukrepe.

Poudarjen je bil tudi pomen start-upov, ki so se predstavili na posebnem delu sejma, imenovanem Start-Up Valley, kar je bila nova pobuda združenja Cematex. Cilj pobude je bil predstaviti njihove inovacije globalni javnosti, najti investitorje in sodelavce ter izkoristiti povezave v industriji in strokovna omrežja. Predstavilo se je 16 podjetij v zgodnjih fazah razvoja s svežimi in revolucionarnimi rešitvami ter tehnologijami za podporo in spodbujanje inovacij v tekstilni, oblačilni in modni industriji [2].

V trajnost in digitalizacijo so usmerjeni tudi aktivnosti in projekti raziskovalnih institucij, ki so na Itmi, kot je postala že tradicija, predstavile svoje trenutne projekte in raziskovalne rezultate. Izzivov, povezanih z Agendo 2030, ki pomeni aktivacijo in podporo številnih deležnikov in partnerstev pri uresničevanju ciljev trajnostnega razvoja, pač ni mogoče premagati brez vključevanja znanosti in raziskav.

Glede novosti v procesih in strojni opremi je zaznati kritiko, da je bilo v Milanu prikazanih le malo prelomnih inovacij. Podoben je bil komentar ob Itmi 2003, torej pred dvajsetimi leti, ko je bilo predstavljenih več izboljšav kot resnično inovativnih novosti. Nekateri ocenjevalci Itme menijo, da je večina predstavljenih tehnologij in strojev v Milanu pomenila zgolj tehnične izboljšave, prenovu ali nadaljnji razvoj obstoječih konceptov ter da prelomne korake, ki bi vodili k soočenju s sodobnimi izzivi tekstilne in oblačilne industrije in prodoru na nove trge, morda lahko pričakujemo na prihodnji

Itmi [3]. Pletilstvo se je na Itmi v Milanu vsekakor izkazalo glede usmeritve k varčevanju z materialom in energijo, predvsem pa z usmeritvijo k podaljšanju življenjske dobe strojev z razvojem inovativne opreme, ki je združljiva s starejšimi modeli pletilnikov.

2 Novosti na področju razvoja pletilnikov

Razvoj pletilstva je v letih od prejšnje razstave Itma 2019 v Barceloni sledil razvoju na širšem področju tekstilstva in oblačilstva, predvsem pa je presegel dosedanje usmerjenosti k vse večjim hitrostim in možnostim vzorčenja. Tudi na področju pletenja je bil glavni poudarek na digitalizaciji in trajnosti. Predstavljene so bile številne rešitve za poenostavitev procesa razvoja novega izdelka od kreativne ideje do končnega pletenega izdelka, ki so obsegale programske rešitve tudi za oblikovalce in tehnologe, ki niso specialisti na področju pletenja. Značilnost pletilskih sistemov CAD/CAM/CIM je pač koncept »in house«. Vsak izdelovalec pletilske strojne opreme razvija lastno programsko opremo za oblikovanje in inženirsko načrtovanje pletiv in pletenin. Generična programska oprema je redka, pa še ta je namenjena večinoma bolj ali manj verodostojnim simulacijam in ne pripravi krmilnih programov za upravljanje pletilnikov. Izdelovalci pletilnikov so torej svojo programsko opremo z vključitvijo generičnih grafičnih programov približali uporabniku. Ta trend je bil zaznan že na prejšnji Itmi, integracija 3D-simulacij v oblikovalske programe je do zdaj postala standard. Strukturo prej za pletenje in pletilske vezave je mogoče izbrati v bazi podatkov – knjižnici, jih dodeliti določenemu področju pletenega izdelka ter končni izdelek prikazati v visoki ločljivosti. Postopek oblikovanja je poenostavljen, za programiranje in simulacijo pletenega izdelka pa ni potrebno celovito in poglobljeno znanje s področja pletenja. Kakovostna 3D-simulacija odpravlja potrebo po fizičnih prototipih, saj je mogoče s pomočjo simulacij odkriti napake v programiranju ali oblikovanju ter jih digitalno

popraviti. Novosti na področju programskih rešitev so neločljivo povezane s strojnimi in procesnimi rešitvami. Poenostavljanje in približevanje uporabniku oz. operaterju se je z oblikovalske programske opreme preneslo na celotno upravljanje strojev.

Novosti na področju tehnologije pletenja je mogoče predstaviti v štirih sklopih:

- **Napredni materiali** s poudarkom na trajnosti ter inovativna, multifunkcionalna, oblačilna in neoblačilna tehnična pletiva in pletenine, uporabni na področju, športa, arhitekture, obrambe, zaščite, medicine ipd.
- **Sinergija inovativnih materialov in procesov**, usklajenih s trajnostnimi cilji in krožnostjo.
- **Robotika in umetna inteligenca (UI)**, ki spodbujata avtomatizacijo in nadzor kakovosti v pletilskih procesih.
- **Digitalna prihodnost** s poudarkom na 3D-digitalizaciji, ki omogoča preoblikovanje dobavne verige in ustvarjanje virtualnih oblačil s ciljem pospešenega prototipiranja in zmanjšanja količine odpadkov [8, 9].

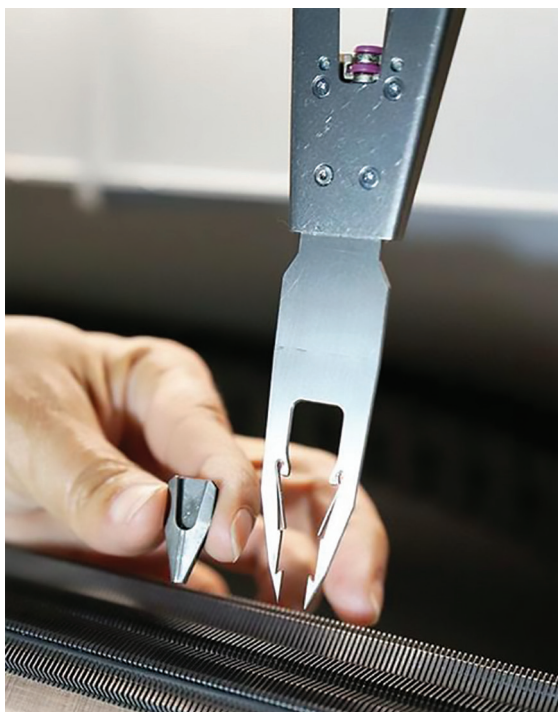
2.1 Plosko votkovno pletenje

Stoll

Od leta 2020 je družinsko podjetje Stoll del skupine Karl Mayer in na trgu nastopa pod imenom Karl Mayer Stoll Textilmaschinenfabrik. Na Itmi je Karl Mayer Stoll predstavil izboljšave, inovacije in nove digitalne rešitve.

Razširil je pregovorno prilagodljivost družine strojev ADF ter z razstavljenim modelom ADF 530-32 ki FLEX E7.2 in sloganom »ena naprava za vse« pokazal, da je dosegla novo raven. Univerzalni pletilnik ADF 530-32 ki FLEX lahko izdelava raznolike pletene izdelke, omogoča hitro prilagajanje spremembam naročil ali novim poslovnim izzivom. S samodejnim prilagajanjem razmika med igelnicama so optimizirani pletenje različnih struktur ter debelina in kakovost pletiva. Novi večnamenski pletilnik je med sejmom prikazal pletenje para hlač, obleke, puloverja in blaga za oblazinjenje.

Model ADF 830-24 Ki W knit and wear je izjemno širok pletilnik z dolžino igelnice 84 palcev (213 cm), opremljen z vnašalcem votka in z novimi modularnimi vodilci preje, ki imajo zamenljive konice. Vdevanje niti je tako preprostejše in hitrejše, saj je pri uporabi posebnih prej treba zamenjati le konico vodilca, kar skrajšuje čas priprave stroja za pletenje. Vnašanje votka omogoča izdelavo struktur, podobnih tkaninam, uporabnih za oblačila in notranjo opremo. Nove ergonomске rešitve, kot sta ogledalo in osvetlitev pletiva med odvlekom in odlaganjem pletiva v korito, izboljšujejo delovno učinkovitost operaterja stroja. Te rešitve se morda zdijo nepotrebne, a vseeno pripomorejo k poenostavitvi uporabe pletilnika.



Slika 2: Stoll je prikazal zamenljivo konico vodilca niti (vir: <https://www.stoll.com/en/itma/adf830-24kiwkw/>).

V nasprotju s pletilnikom ADF 830-24 Ki W je razstavljeni model ADF 530-32 ki BcW ultrafin pletilnik delitve E20. Tako fina delitev je za plosko pletenje precejšnja redkost, saj je čas pletenja dolg. Shima Seiki npr. ponuja ploske pletilnike z najfinejšo delitvijo 18E. Na Stollovem pletilniku ADF 530-32 ki BcW so na razstavi pletli T-majice in s tem želeli dokazati, da je

plosko pletenje lahko trajnostna alternativa krožnemu pletenju glede količine odpadkov, hkrati pa omogoča raznoliko vzorčenje. Produktivnost pletenja na zelo finih ploskih pletilnikih je bila glede na zmožnosti krožnih pletilnikov telesne širine do zdaj vprašljiva, a se tehnologiji ploskega in krožnega pletenja nikakor ne moreta primerjati v prilagodljivosti vzorčenja in možnosti izdelave manjših količin raznolikih izdelkov; tu vsekakor vodi plosko pletenje. Pletilnik ADF 530-32 ki BcW se odlikuje tudi po zmanjšanih dimenzijah in 7-odstotnem zmanjšanju ogljičnega odtisa glede na druge pletilnike družine ADF.

Razstavljeni model pletilnika ADF 530-16/4 ki WWK E7.2 dokazuje, da Stoll zdaj spada v skupino Karl Mayer, ki je največji izdelovalec in razvijalec snutkovnih pletilnikov. ADF 530-16/4 ki WWK E7.2 je prototip kombiniranega votkovnega in snutkovnega pletilnika z možnostjo vnosa votkov. Stroj je opremljen s posebnimi prostorsko gibljivimi vodilci preje, ki lahko vnesejo do 14 niti na palec. Nit polagajo okrog igel, podobno kot pri snutkovnem pletenju; so premični in nastavljivi. Osnovne niti so lahko zapletene posamično ali v kombinaciji z votkom, kar omogoča ustvarjanje široke palete vzorcev in struktur. Razvoj tega pletilnika dokazuje, da se trend združevanja različnih tehnologij nadaljuje in da je hibridizacija pomemben koncept nadaljnjega razvoja pletenja.



Slika 3: Nov pletilnik ADF 530-16/4 ki WWK omogoča pletenje snutkovnemu pletivu podobnih struktur (https://kohantextilejournal.com/wp-content/uploads/2023/06/pattern_1_ADF_530-164_ki_WWK_E7.2.webp).

Karl Mayer Stoll je predstavil tudi inovativno tehnologijo Flex Ply za nadzorovano, natančno združevanje prej med pletenjem in s tem ustvarjanje novih vzorcev ali pletenih struktur z bodisi večjo dimenzijsko stabilnostjo v obeh smereh bodisi večjo elastično povratnostjo. Plesti je mogoče tudi strukture z izžganim (devoré) videzom in pletivo z zankastimi vzorčnimi predeli.

Karl Mayer Stoll je, podobno kot drugi izdelovalci, predstavil lastne nove digitalne rešitve za oddaljen nadzor proizvodnje v realnem času in poenostavljeno programsko opremo, ki odpravlja problem pomanjkanja usposobljenih delavcev na področju pletilske tehnologije. S pomočjo dodatne opreme Stoll Knitrobotic je mogoče samodejno vstavljanje čipov NFC v pletivo, kar omogoči sledljivost. Programske rešitve Knitelligence je predstavil že pred štirimi leti v Barceloni. Danes obsegajo sisteme oblikovanja, avtomatizirano in optimizirano proizvodnjo ter zaščite intelektualne lastnine. Knitelligence povečuje oblikovalsko ustvarjalnost, racionalizira razvoj novosti in skrajša čas od oblikovanja pletenega izdelka do njegove ponudbe na trgu. Stoll PPS je digitalno orodje za plosko pletenje, ki vključuje funkcije za načrtovanje in izvajanje proizvodnje (MES - Manufacturing Execution System). Posodobitve v realnem času povečujejo prilagodljivost proizvodnje, povezuje z informacijskimi sistemi za načrtovanje podjetja (ERP - Enterprise Resource Planning) pa pomaga pri avtomatizaciji in oddaljenem vzdrževanju. Prikaz PPS na sejmu je poudaril njegovo vsestranskost in možnost zaznavanja zastojev [8–11].

Shima Seiki

Japonsko podjetje Shima Seiki je svoje inovativne dosežke predstavilo s sloganom »reborn«, ki označuje ponovno rojstvo. Pletilniki spadajo v novo R-generacijo družine SWG-X Wholegarment; stare oznake strojev dopolnjuje oznaka R. Nov koncept so pri Shima Seiki tudi vizualno ločili od tradicionalnih pletilnikov prejšnjih generacij. Kot ponavadi je bilo na razstavnem prostoru na ogled na stotine zahtevnih vzorcev pletiv za modne in športne plete-

nine, notranjo opremo, modne dodatke, medicinsko uporabo ipd.

Kot poklon revolucionarnemu modelu SWG-X, pionirskemu pletilniku s štirimi igelnicami, ki je uvedel brezšivno pletenje z oznako WholeGarment, je Shima Seiki razstavila prototip pletilnika pete generacije SWG-XR. Izboljšana izvedba pletilnika se odlikuje po povečani hitrosti, kakovosti, učinkovitosti in zanesljivosti. SWG-XR uvaja inovativne izboljšave, kot so vzmetni premični platinski sistem, ožje in lažje sani s štirimi pletilnimi sistemi in avtomatizirani, posamično motorizirani vodilci niti, ki povečajo produktivnost do 25 odstotkov v primerjavi s prejšnjim modelom MACH2 XS. Na razstavi so bili trije prototipni stroji SWG-XR, vsak s svojimi značilnostmi, kot so npr. zaznavanje napak igel, pletenje finih pletiv na stroju z delitvijo 18E in avtomatizirano zapletanje koncev niti. Novi model pletilnika SWG-XR je na voljo v dveh različicah: s širino igelnice 50 palcev (125 cm) in 60 palcev (154 cm). Pletilnik ima štiri igelnice, kot vsi modeli za pletenje brezšivnih izdelkov, in sestavljene igle v vseh igelnicah. Opremljen je z novimi monitorji, programska oprema pa omogoča nastavitve neposredno na stroju. V stroj je vgrajena kamera, ki med pletenjem pregleduje in primerja igle ter zaznava in prikazuje odstopanja. Napake, ki jih povzročijo poškodovane igle, so tako hitreje zaznane, kar skrajša čas nedelovanja stroja.

Pletilniki družine SES so bili pionirski stroji za krojno oblikovano (angl. fully fashion) plosko pletenje sestavnih delov, ki so v primerjavi s takratnimi pletilniki imeli ožjo igelnico. Prenovljeni modeli družine SES imajo oznako SES-R in nov platinski sistem za pletenje kratkih vrst v kombinaciji s pionirskim sistemom prenašalnih platin. Avtomatizirani vodilci preje zagotavljajo povečano produktivnost, še posebno pri intarzijskem pletenju, zadrževalne platine pa omogočajo obrnjeno platiranje in pletenje z vnašanjem dodatnih niti. Na razstavi sta bila razstavljena dva prototipa SES-R, pri katerih je bilo poudarjeno prikazano delovanje prenašalnih oz. zadrževalnih platin.



Slika 4: Večbarvni žakarski brezšivni pullover, napleten na pletilniku Shima Seiki SWG-XR
(<https://www.shimaseiki.co.uk/>)

Novost je tudi prenovljeni inteligentni digitalni menjalnik preje i-DYCS (angl. intelligent digital yarn changing system) z dodano avtomatsko napravo za zavezovanje vozlov, ki je uporaben na vseh pletilnikih Shima Seiki. I-DYCS je mogoče povezati z do štirimi vodilci niti. Na vsak vodilec niti je mogoče pritrditi do osem različnih niti. I-DYCS jih zaveže tako, da so natančno vgrajene v intarzijske strukture, kar omogoča izdelavo vzorcev z zelo širokim barvnim spektrom. Na stroju s 16 vodilci niti je za pletenje enega izdelka mogoče uporabiti do 44 barv.

Izdelovalec ploskih pletilnikov Shima Seiki je zrasel na podlagi filozofije svojega ustanovitelja dr. Masahira Shime in koncepta rokavičarstva. Pletenje rokavic je bistven element razvoja Shima Seiki, zato ni presenečenje, da je bil med razstavljenimi prototipi v Milanu tudi model SFG-R z novim platinskim sistemom, sanmi na jermenski pogon in avtomatiziranimi vodilci niti. Na tem stroju izdelane rokavice se brezhibno prilegajo obliki roke, tudi vzorčne možnosti stroja so velike. Pletilnik SPG-R, ki je v proizvodnji od leta 1979, je prav tako opremljen s prenovljenim platinskim sistemom, sanmi na jermenski pogon ter avtomatiziranimi vodilci niti. Izbira barv in možnosti oblikovanja so večje kot pri modelu prejšnje generacije. Namenjen je pletenju delovnih rokavic z lasasto površino za zaščito pred toploto, mrazom, rezanjem in obrabo.

Tudi pri Shima Seiki so posodobili digitalne rešitve ter predstavili SDS-One Apex4 in ApexFiz, pomembna in uporabniku prijazna pa je tudi banka digitalnih prej Yarnbank, ki se uporablja za realistično simuliranje pletiv. Shima Datamall je spletna storitev, prek katere je mogoče kupiti programe za prikaz celovitih pletenih izdelkov, pletenih struktur in 3D-modelov, medtem ko Shima KnitManager deluje kot programska oprema za upravljanje proizvodnje. Poleg tega Shimanavi za e-usposabljanje in Shima HelpCenter pripomoreta k celoviti ponudbi operacij in podpore uporabnikom [8-9, 12-13].

Steiger – Ningbo Cixing

Steiger je švicarsko podjetje za razvoj, proizvodnjo in prodajo industrijskih pletilnikov s sedežem v Vionnazu, ki izdeluje pletilnike predvsem za evropski trg, njegova tovarna na Kitajskem, zgrajena leta 2007, pa oskrbuje azijski in ameriški trg. Pletilniki Steiger so namenjeni izdelavi visokokakovostnih modnih pletenin, pa tudi tehničnih pletiv, predvsem medicinskih in ortopedskih. Steiger je npr. na sejmu Techtextil leta 2022 predstavil nov model pletilnika VEGA 2.130 M za pletenje kompresijskih ortoz po meri. Od leta 2015 je Steiger usmerjen tudi na področje pletiv za kompozite, predvsem 3-D pletenih predoblik, ki se nato utrdijo v visokotemperaturnih kalupih.

Od julija 2010 je Steiger del podjetja Ningbo Cixing, ki ima sedež v provinci Zhejiang na Kitajskem. Na razstavi v Milanu je bil najpomembnejša predstavljena novost model KS3-60MC-II 18G (tj. delitve 18E) s štirimi igelnicami in tremi sistemi, namenjen pletenju v celem. Pletilnik je opremljen s 16 motoriziranimi vodilci niti, od katerih je štiri mogoče po višini nastaviti mehansko, preostalih 12 pa pnevmatsko. Vodilce niti je mogoče k posamičnim iglam v vodoravni smeri namestiti bolj natančno kot s sanmi. Zmanjšano je tudi število gibov sani, s čimer je povečana produktivnost stroja. Stroj je opremljen z jezičastimi iglami, širina igelnice je 60 palcev (154 cm), največja hitrost pletenja pa 1,6 m/s. Mehanizem za odvek pletiva sestavljajo premični element, greben ter pomožni, po odsekih prilagodljivi valji.



Slika 5: Pletilnik Steiger KS3-60MC-II (vir: <https://www.cixing-group.com/four-needle-bed-knit-to-shape-flat-knitting-machine.html>)

Na razstavah tekstilnih strojev pred Itmo v Milanu je matično podjetje, pletilski velikan Cixing, že predstavilo prototipe pletilnikov s štirimi igelnicami pod lastno blagovno znamko. Na Itmi v Milanu je bil prvič razstavljen tak pletilnik pod blagovno znamko Steiger. Model KS3-60MC-II se bo izdeloval na Kitajskem. Pravzaprav bodo vsi pletilniki, namenjeni prodaji zunaj Kitajske, zdaj nosili ime švicarskega podjetja Steiger. To je odmik od prejšnje strategije, po kateri so skušali blagovno znamko Cixing ponujati na tujih trgih.

Pletilnik STG860 s širino igelnice 86 palcev (218 cm) je širok ploski pletilnik, ki lahko doseže največjo

hitrost pletenja 1,9 m/s in je izjemno učinkovit za pletenje velikih izdelkov. Sedanji model je že osma generacija tega pletilnika. Obsega razpon delitev od 5/10E do 14/28E. Stroj ima tri sisteme, enega za pletenje in dva za prenašanje. Nastavitev položaja igel pri začetku pletenja, hitrost odvajalnega valja ter optimizacija števila zračnih vrst glede na vzorec so avtomatski. Dvosmeren bočni premik igelnic in motorizirane krtačke skrbijo za večjo stabilnost pri prenosu zank.

Steiger je predstavil tudi nov grobi intarzijski pletilnik Antares 2.185 z delitvijo 3E za pletenje sestavnih delov. Stroj ima ene odprte sani (brez mostu) z dvema sistemoma ter širino 185 cm. Preja je zaradi odprtih sani dovedena neposredno k iglam. Stroj je opremljen s 24 neodvisnimi motoriziranimi vodilci ter 24 škarjami in ščipalkami. Trosmerena tehnika in pletenje deljenih zank omogočata neomejene vzorčne možnosti [8-9, 14-15].



Slika 6: Odprte sani pletilnika Steiger Antares 2.185 (vir: <https://steiger-textil.ch/project/antares-2-185-e3/>)

Mandarin

Podjetje Mandarin Knitting Technology je majhno do srednje podjetje, ki je bilo ustanovljeno leta 2011 v Coneglianu v Italiji, v beneški regiji, ki je znana po proizvodnji pletenin ter blagovnih znamkah, kot sta Benetton in Stefanel. Na trg je prodrl z modelom pletilnika F30-3S SYF. Do nedavnega dokaj anonimno podjetje (glede na medijsko prodorne velikane) se je v Milanu predstavilo precej odmevno, njihov razstaveni prostor pa je pritegnil veliko obiskovalcev. Jedro strategije Mandarin Knitting Technology je projektiranje v Italiji, izdelava pa na Kitajskem.

Podjetje je usmerjeno v raziskave in razvoj, tehnične inovacije, natančnost in kakovost. Mandarinovi pletilniki izdelujejo pletenine za številne prestižne evropske blagovne znamke, kot so Hermes, Gucci, Louis Vuitton in Balenciaga. Mandarin izdeluje stroje različnih družin za različne namene uporabe. Poimenoval jih je opisno, po ključnih značilnostih, npr.: Classic, Shoes Upper, Big, Thick Design, Long, Collar, Full Garment ipd.

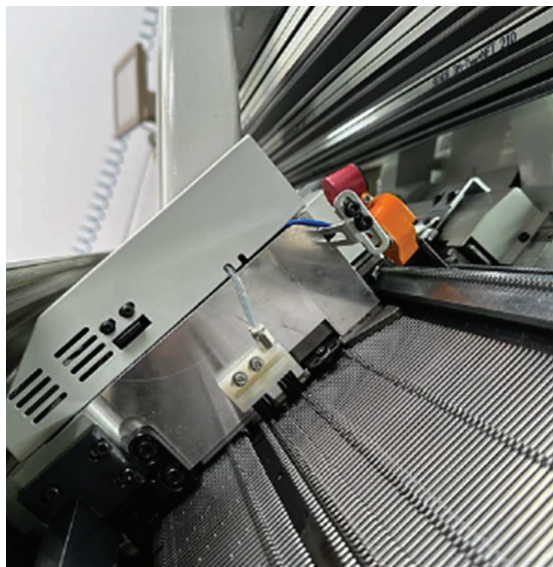
Na sejmu v Milanu je bil razstavljen model družine Full Garment FG-372 SYF z delitvijo 7.2E. Brezšivna oblačila so napletena s tehniko polovične delitve. Mandarinovi pletilniki družine Full Garment so na voljo v delitvah 6.2E, 7.2E, 8.2E, 9.2E in 10.2E, širina igelnice pa je 72 palcev (183 cm). Razstavljeni pletilnik je opremljen z enojnimi sanmi in tremi sistemi, največja hitrost pletenja je 1,6 m/s. Mandarinovi pletilniki so eno- do štirisistemski, delitve od 1.5E do 18E, imajo t. i. »pametne sani«, pletejo z visokimi hitrostmi, imajo motorizirane vodilce niti ter so opremljeni s platinami, ki jih je mogoče nastaviti v več kot 60 položajev. Poraba energije je najmanjša na trgu pletilnikov.

Značilnost pletilnikov Mandarine za izdelavo celovitih izdelkov je tehnologija SYF (Smart Yarn Feeders), tj. sistem pametnih vodilcev niti. Gnani so s pomočjo prenosnih jermenov in ne prek sani. Pletilniki so opremljeni s 16 vodilci, ki se gibljejo po štirih tirnicah.

Odvajalni valji za odvek pletiva so nameščeni 2 cm pod igelnicama in delujejo ob podpori pomožnih valjev, ki so krmiljeni po odsekih. Tradicionalni odvajalni valj nadomešča pametna prilagodljiva enota, ki vleče pletivo navzdol in je sestavljena iz več motoriziranih blokov, posamično nastavljivih po odsekih. Multi Sinker je nov neodvisen platinski sistem, ki omogoča prilagajanje procesnih parametrov za vsako zančno vrsto.

V Milanu je bil razstavljen tudi grobi pletilnik F20 101 TD z delitvijo 1.5E. Pletilne igle imajo povečane kavlje, kar pri polovični delitvi pomeni pletenje z delitvijo 0.75E. Pri Mandarin Knitting Technology trdijo, da gre za najbolj grob ploski pletilnik na svetu.

Pletilnik je namenjen izdelavi preprog in pletenih izdelkov za notranjo opremo.



Slika 7: Pametne sani – pletilnik Mandarin (vir: <https://www.mandarinkt.com/en/tecnologia-syf>)

Večina izdelovalcev pletilnikov danes ponuja specializirane stroje za pletenje zgornjih delov obutve in tudi Mandarin ni izjema. Modeli F30-3X SYF, F30-2X in F30-3X so dvo- in trisistemski pletilniki z delovnimi širinami 36, 52 in 72 palcev (91 cm, 132 cm in 183 cm), ki pletejo z največjo hitrostjo 1,4 m/s. Modeli SYF so opremljeni z motoriziranimi vodilci niti. Razstavljeni model F30-3X SYF delitve 14E je bil opremljen z dodatnim motorjem za pletenje ojačitev na vrhnjem delu in peti [16,17].

Beworth

Ningbo Beworth Textile Machinery Co., Ltd. je kitajski izdelovalec ploskih pletilnikov. V ponudbi je tudi ozki model MS352C z enojnimi sanmi, tremi sistemi, motoriziranimi vodilci niti in grebenom za odvek pletiva. Pletilnik je širok 52 palcev (132 cm). Model je mogoče naročiti v delitvah od 5E do 18E. Pletilnik mogoča izdelavo raznolikih struktur, vključno z večbarvno intarzijo, enofonturnim in dvofonturnim žakrom, platiranjem in vnašanjem votka. Avtomatsko oljenje igelnice zmanjša obrabo in podaljšuje življenjsko dobo pletilnika.

Na Itmi je Beworth razstavil nov model HS4805, 4-sistemski pletilnik, ki ima dvoje ozkih in lahkih sani, širino igelnice 80 palcev (203 cm) in delitev 7.2E. Hitrost pletenja dosega 1,7 m/s, kar je 40 odstotkov več kot pri prejšnjem modelu. Bočni premik igelnice je mogoč med pletenjem, hkrati je omogočeno pletenje in prenašanje zank. Nastavitev gostote pletiva je dinamična, v eni znančni vrsti je lahko spremenljiva glede na pleteno strukturo [18].

2.2 Krožno votkovno pletenje

Krožno votkovno pletenje se v zadnjem času razvija v več smereh. Napredni kontrolni sistemi omogočajo natančen nadzor nad procesnimi in strukturnimi parametri, kar vodi do izdelkov višje kakovosti in večje sledljivosti proizvodnje. Širi se področje izdelave tehničnih tekstilij, za pletenje funkcionaliziranih izdelkov se uporabljajo preje z izboljšanimi lastnostmi. Pomembna sta tudi uporaba pametnih in prevodnih vlaken ter projektiranje pletiv z elektronskimi funkcijami, kot so senzorji, grelni elementi ali nosljiva tehnologija. Opazen je trend uporabe trajnostnih in okolju prijaznih surovin, kot so organski bombaž, viskoza iz bambusa in reciklirani poliester, ki je usklajen z naraščajočimi zahtevami po okolju prijaznih proizvodnih procesih in izdelkih. Sodobni krožni pletilniki so zasnovani za pletenje pri visokih hitrostih, kar povečuje učinkovitost proizvodnje. Avtomatizacija različnih faz pletenja zmanjša ročne operacije in izboljša splošno učinkovitost proizvodnje. Krožni pletilniki so usmerjeni tudi v 3-D in brezšivno pletenje, kar se odraža v večji prilagodljivosti proizvodnje pletenih izdelkov ter zmanjšanju količine odpadkov. Tudi izdelovalci krožnih pletiv in pletenin torej pospešeno uvajajo postopke, usklajene s krožnim gospodarstvom [9].

Pailung

Izdelovalec krožnih pletilnikov s sedežem v Taipeiju na Tajvanu, ustanovljen leta 1977, je znan po več kot sto različnih modelih pletilnikov, od temeljnih, za izdelavo enofonturnega, rebrastega, interlok, podloženega in zankastega pletiva, do zahtevnejših modelov

za pletenje enofonturnih in dvofonturnih žakarov, luknjičastih, mrežastih, platiranih in tkaninam podobnih pletiv ter platiranih struktur z vpletenimi votki. Pailung zaposluje več kot 240 strokovnjakov, njegovi pletilniki so na voljo v približno 72 državah, posluje prek več kot 40 podružnic in agentov ter ima povprečno zmogljivost proizvodnje 150 strojev na mesec.

V Pailungove družine spadajo stroji za zelo raznolike namene uporabe. StayFleece so pletilniki za izdelavo podloženega pletiva. Vpletene poliestrske niti so skrite v strukturi pletiva. Pletilniki WeevKnit izdelujejo tkaninam podobna pletiva. StyleSpace so pletilniki za žakarska razmaknjena pletiva, primerna npr. tudi za izdelavo nedrčkov. MultiFleec so stroji za pletenje obojestranskega podloženega pletiva (flisa). Pletilniki SwissFleec lahko pletejo vzorce na eni strani in podloženo (flis) pletivo na drugi. ShupperKnit je družina pletilnikov za izdelavo zgornjih delov športnih copat, ki spada med ploske pletilnike družine RediKnit. Pailung ponuja tudi ploske pletilnike za izdelavo žakarskih ovratnikov.

Na Itmi je Pailung razstavil najnovejšo tehnologijo AlterKnit, izboljšano različico krožnega pletenja z obrnjenim platiranjem, ki v strukturo pletiva izmenično vpleta niti različnih barv tako, da se zapletejo v isti znančni vrsti. Tehnologija omogoča pletenje obojestranskih pletiv in zahtevnejših vzorcev z ostrimi robovi, ne da bi pri tem nastajale viseče niti. Hkrati se pletejo štiri niti, kar omogoča izdelavo zahtevnih vzorcev in struktur. Večbarvno pletenje ima ponavadi za posledico povečano ploščinsko maso in neravno površino pletiva. Pletivo, izdelano s tehnologijo AlterKnit, je lahko in gladko. V družino AkerKnit spada enofonturni pletilnik KSAKCJB3-W za dvo-barvno pletenje in dvofonturni pletilnik KDAKCJB za do šestbarvno pletenje. Oba imata 72 sistemov in premer 34 palcev.

Pailung se intenzivno posveča tudi razvoju pletilnikov za izdelavo superrazteznih pletiv. Na Itmi je predstavil dve vrsti t. i. 4-smerno razteznih pletiv, enostavno in barvno žakarsko, izdelanih na pletilnikih KD3.2B-W in KD2.5CJB-W.

Štirismerno raztezna pletiva so tekstilni materiali, zasnovani tako, da se hkrati raztezajo v obeh smereh, po dolžini (vzdolžno) in po širini (prečno), ter se po prenehanju obremenitve povrnejo v prejšnje dimenzije, kar zagotavlja elastično povratnost, udobnost, svobodo gibanja in prilagajanje gibanju telesa. Vz dolžno raztezanje omogoča neovirano dviganje rok ali sklanjanje naprej. Prečno raztezanje omogoča bočno gibanje, diagonalno raztezanje pa še dodatno fleksibilnost med gibanjem telesa. Štirismerno raztezna pletiva so uporabna za športno opremo, oblačila za prosti čas in druge izdelke, pri katerih sta elastična povratnost in udobje bistvenega pomena. Slaba lastnost zelo razteznih pletiv je prosojnost v raztegnjenem stanju. Pailung je začel raziskovati 4-smerno raztezna pletiva že leta 2015 ter do danes razvil stroje za izdelavo pletiv s posebno strukturo, ki pri raztezanju ne postanejo prosojna, a kljub vsemu ohranijo razteznost in elastičnost. Pailung se je za prikaz na Itmi povezal s tajvanskim oblikovalcem Justinom Choujem, ki je zasnoval posebno kolekcijo, s katero je predstavil potencial teh superrazteznih pletiv.

Pailung je leta 2009 prevzel Vanguard Supreme in ustanovil Vanguard Pailung s sedežem v ZDA. Širitev na ameriški trg omogoča boljšo podporo ameriškim strankam, hitrejši odziv na specifične potrebe in zahteve ameriškega trga ter izkoriščanje poslovnih priložnosti v regiji. Vanguard Pailung je na Itmi razstavil enofonturni krožni pletilnik, opremljen s sestavljenimi iglami. Čeprav so krožne pletilnike s sestavljenimi iglami razvili že drugi izdelovalci, se zdi, da je Vanguard Pailung V4SJ1-25CN-I prvi komercialno dostopen model. V4SJ1-25CN-I je prenovljen enofonturni pletilnik, ki je 20 odstotkov bolj produktiven od primerljivega prejšnjega modela, opremljenega s konvencionalnimi, tj. jezičastimi iglami.

Sestavljene igle niso novost. Gib igle je krajši kot pri jezičasti igli, zato je hitrost pletenja lahko večja, niti pa so pri zapletanju manj obremenjene. Karl Mayer uporablja sestavljene igle na svojih snutkovnih avtomatih in rašlih, tudi Shima Seiki je že pred

desetletji uvedla različico sestavljene igle v plosko votkovno pletenje in jo poimenovala »drсна igla« (angl. slide needle). Zaradi krajšega giba sestavljene igle bo predvidoma mogoče zmanjšati dimenzije sistemov, krožne pletilnike opremiti z več pletilnimi sistemi in tako dodatno povečati produktivnost.



Slika 8: Pletilnik Vanguard Pailung V4SJ1-25CN-I s kvadrastim ogrodjem (vir: https://www.knittingindustry.com/uploads/8454/IMG_3497.jpg)

Posebnost pletilnika V4SJ1-25CN-I je vsekakor kvadrasto ogrodje, ki ga pri krožnih pletilnikih nikakor nismo vajeni. Širina navijalnega valja je 90 cm. Na Itmi razstavljeni model V4SJ1-25CN-I ima premer 22 palcev in delitev 22E. Stroj je opremljen s pletilnimi iglami in platinami Groz Beckert. Plete s faktorjem hitrosti 2200, ki presega faktorje hitrosti drugih pletilnikov. Faktor hitrosti je merilo učinkovitosti in produktivnosti pletilnika in je zmnožek vrtilne hitrosti stroja (obr/min oz. angl. RPM) in delitve pletilnika.

Podobno kot drugi izdelovalci krožnih pletilnikov je tudi Pailung prepoznal pomembnost takojšnjega

odkrivanja napak med pletenjem. Njegov najnovejši sistem uporablja kamere, nameščene znotraj pletilnika in opremljene z računalniškim vidom. Takoj ko je odkrita napaka v pletivu, se pletilnik zaustavi, proizvodnja se prekine, dokler težava ni odpravljena; količina odpadka zaradi nekakovostnega oz. odpadnega pletiva se pomembno zmanjša, saj se pri konvencionalni kontroli kakovosti napake odkrijejo šele pri pregledovanju napletenih bal.

PaiLung razvija tudi ploske pletilnike v okviru družine RediKnit in predilsko/pletilski hibridni pletilnik, ki jih je odmevno vključeval v prikaze novosti na prejšnjih Itmah, tokrat pa je bil usmerjen le v inovativni potencial krožnih pletilnikov [9, 19–26].

Mayer & Cie

Mayer & Cie je nemško družinsko podjetje iz Albstadta v 100-odstotni lasti družine Mayer, ustanovljeno leta 1905, z dolgoročno strategijo, usmerjeno v sodelovanje, zadovoljstvo kupcev, trajnost in inovacije. Najbolj poznani so po uvedbi relativne tehnike v krožno pletenje, tj. relativnega gibanja pletilnih igel in platin. Mayer & Cie je tudi eden izmed treh izdelovalcev krožnih pletilnikov, ki razvijajo hibridno predenje/pletenje. Razvoj so prikazali na razstavah Itma 2011, 2015 in 2019, na zadnji Itmi v Milanu pa so se ponovno posvetili le pletenju in razstavili tri nove oz. prenovljene modele pletilnikov. Zavestno so se odločili svojim kupcem ponuditi možnosti inovativne nadgradnje ali spremembe obstoječih pletilnikov namesto popolnoma novih modelov ter s tem prispevati k trajnosti.

Pletilnik SF4 3.2 III je delno novost, delno izboljšava in je namenjen izdelavi lahkega in elastičnega trinitnega podloženega pletiva za športna oblačila ter vrhnja oblačila iz čistega bombaža oz. mešanic z bombažem. Združuje preizkušen model S4 3.2 II z elementi za oblikovanje zank modela MBF 3.2. Vezna nit zajame podloženo nit, ki ni položena v kavelj igle kot pri konvencionalnem načinu pletenja podloženega pletiva, kar pomeni, da debelina podložene niti skoraj ni omejena. Stroj se odlikuje po zmožnostih platiranja, ki je tako kakovostno, da dvojno

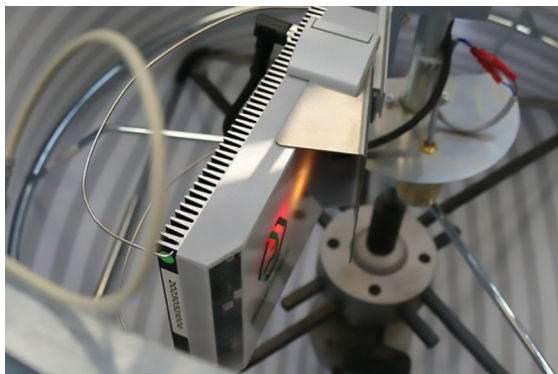
barvanje ni potrebno. Mogoča je tudi sprememba, ki SF4 3.2 III v nekaj preprostih korakih spremeni v S4 3.2 II za pletenje temeljnih levo-desnih struktur, npr. enojnega ali dvojnega pikéja. Premer pletilnika je 30–34 palcev, finost pletilnika od 20E do 24E, faktor hitrosti pa 990.

Pletilnik Relanit 3.2 HS je priljubljen visokoproduktiven stroj za izdelavo enojnega levo-desnega pletiva z možnostjo platiranja za spalno in spodnje perilo, oblačila za šport in prosti čas, vrhnje pletenine in gospodinjske tekstilije. Na sejmu je bil razstavljen z izboljšanimi pletilnimi iglami in platinami. Z vodilnim svetovnim izdelovalcem pomožnih pletilnih elementov Groz Beckert so razvili novo pletilno iglo, ki se ne zlomi nepričakovano pri visoki obremenitvi, okvari jezička ali ob zlomu pete, kar skrajša čas zastojev in zmanjša potrebo po ukrepanju operaterja. V sodelovanju z Groz Beckertom je Mayer & Cie razvil tudi novo platino, ki zagotavlja tekoče in tišje pletenje in se med delovanjem manj obrabi. Pri višjih hitrostih pletenja se napetost niti manj poveča, kar zmanjšuje verjetnost napak v pletivu, tudi pri pletenju zahtevnih prej, npr. iz organskega bombaža. Novi so tudi vodilci niti, ki olajšajo polaganje elastičnih niti. Produktivnost izboljšanega pletilnika je v primerjavi s konvencionalnim modelom večja za 30 odstotkov. Nove vodilce niti je mogoče vgraditi tudi v obstoječe modele. Premer pletilnika je 26–48 palcev, finost pletilnika od 18E do 32E, faktor hitrosti pa 1500.

Uveljavljeni model pletilnika OVJA 2.4 EM je trenutno najbolj produktiven stroj svoje vrste; namenjen je izdelavi prevlek za vzmetnice in je eden izmed petih pletilnikov te vrste, ki jih izdeluje Mayer & Cie. Premer pletilnika je 38 palcev, na uro pa lahko naplete do 30 kg pletiva s ploščinsko maso 300 g/m². Z novo izvedbo so zmožnosti pletilnika precej povečane. V nekaj preprostih korakih je modele delitev 18E in 20E mogoče preusmeriti v pletenje razmaknjenih pletiv; lahko tudi z luknjičasto strukturo. Ena od lastnosti, ki zagotavlja še večjo zanesljivost, je sistem za uravnavanje napetosti niti, ki je nameščen v vsakem drugem sistemu. Zagotavlja konstantno

napetost niti in preprečuje nastanek krotovic ali spuščениh zank. Tudi novi vodoravni vodilec niti ima podobno nalogo: izboljšati zanesljivost delovanja pletilnika in narediti stroj bolj prijazen za uporabnika. Vodoravni vodilec niti ima večji premer, kar je še zlasti koristno pri uporabi debelejših niti. Izboljšana funkcija zadrževanja zank je pomembna pri pletenju z dolgimi visečimi nitmi.

Krožni pletilniki so zelo produktivni, pletejo s hitrostjo 50 min⁻¹ in izdelajo do 40 kg pletiva na uro. V primeru napak, npr. zaradi tujkov v preji, lahko nastane velika količina odpadka, če se kakovost pletiva ne kontrolira že med pletenjem. Knithawk je naprava za optično prepoznavanje napak, ki s pomočjo kamere pregleduje pletivo. Če je zaznana večja ali ponavljajoča se napaka, npr. točkovna, vodoravna ali navpična nepravilnost, napaka v plašču opredene preje ipd., se stroj ustavi, naprava pa sproži ustrezen protokol ukrepanja [9, 23, 27, 28].



Slika 9: Mayer & Cie Knithawk, naprava za prepoznavanje napak v pletivu (vir: <https://textilesouthasia.com/2023/07/04/mayer-cie-impresses-at-itma-2023/>)

Terrot

Terrot GmbH je že več kot 160 let vrhunski deležnik tekstilne industrije po vsem svetu. S svojimi znamkami pletilnikov Terrot in Pilotelli je podjetje prisotno v 120 državah po svetu. Je tudi eden izmed treh velikih, ki več kot deset let razvijajo koncept hibridnega predenja/pletanja. Terrot se je v letu 2023 soočal s številnimi izzivi v podjetju in zunaj njega, predvsem z zamudami plačil in tehničnimi težavami

v proizvodnji. Kljub temu se je odmevno predstavil na Itmi z enim svojih najuspešnejših pletilnikov, prilagodljivim in produktivnim 8-kretničnim modelom I3P 196 za pletenje interloka, rebrastega pletiva, milanskega in rimskega pletiva ter drugih temeljnih struktur z razprtim navijanjem pletiva. Kljub razmeroma majhnemu razstavnemu prostoru je bilo zanimanje veliko, saj je bil pletilnik opremljen s sistemom CORE partnerja Smartex. Ta najnovejša tehnologija omogoča nadzor izdelave pletiv; pregleduje vsak centimeter pletiva z uporabo algoritmov umetne inteligence, ki se nenehno posodablja. Patentirana strojna oprema Smartex vključuje strežnik za grafično obdelavo z umetno inteligenco, kamere visoke ločljivosti z zmogljivostmi strojnega učenja ter izboljšano osvetlitev za optimalen pregled surovega pletiva, ki jo nadzira vmesnik z zaslonom na dotik. Programska oprema podjetja Smartex uporabniku zagotavlja 24/7 dostop do informacij o proizvodnji v realnem času, vključno s poslovnimi podatki in analizo uspešnosti prek poljubne naprave (računalnik, tablica, pametni telefon).

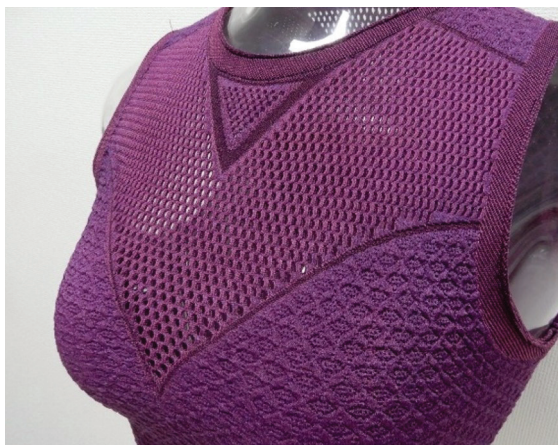
Novembra 2023 je bila objavljena novica, da je Santoni Shanghai prevzel Terrot, da bi povečal proizvodno zmogljivost in tržni delež ter skupaj z drugimi strateškimi cilji utrdil položaj Santonija kot vodilnega proizvajalca v panogi. Podjetje Santoni Shanghai Knitting Machineries je bilo ustanovljeno leta 2005 in se v zadnjih dveh desetletjih širi z lastnim razvojem in prevzemi. V zadnjih letih izvaja strategijo združevanja razdrobljene panoge, razvoja inovacij ter usmeritve v trajnost in digitalizacijo. Z vključitvijo proizvodnega programa Terrota, še posebno na področju dvofonturnega in žakarskega pletanja, Santoni pridobiva konkurenčno prednost pri ponudbi visokoučinkovitih pletilnikov, znanih po vrhunski zmogljivosti, preprostem vzdrževanju in nizkih stroških [29–31].

2.3 Snutkovno pletenje

Karl Mayer

Od Itme v Barceloni 2019 so stroški materiala, energije in transportnih storitev zrasli v nebo in močno zmanjšujejo dobiček. Skupina Karl Mayer Group iz Obertshausna v Nemčiji je v Milanu ponudila odgovor v obliki izboljšav in inovacij, podprtih s sloganom »obvladajmo spremembe – donosno, prilagodljivo, trajnostno«.

Karl Mayer se je predstavil s številnimi primeri vzorcev pletiv in tako prikazal zmogljivosti svoje strojne opreme. Na ogled so bila brezšivna snutkovno pletena oblačila, brezšivna oblačila s 3D-teksturo, grobe kvačkane strukture, razmaknjena pletiva in t. i. 4D-strukture z raznolikim gibkim vzorcem na licu in hrbtu; 4D-strukturo sestavljajo 3D-teksture različnih oblik, različne debeline in na različnih mestih v pletivu. Mogoči so nizki reliefi ali zahtevnejši vzorci s polnilnimi nitmi ter luknjičaste strukture, uporabne za usmerjen pretok zraka ali svetlobne efekte. Med novimi čipkastimi strukturami so bila pletiva z elastanom, ki so odlično obstojna pri pranju.

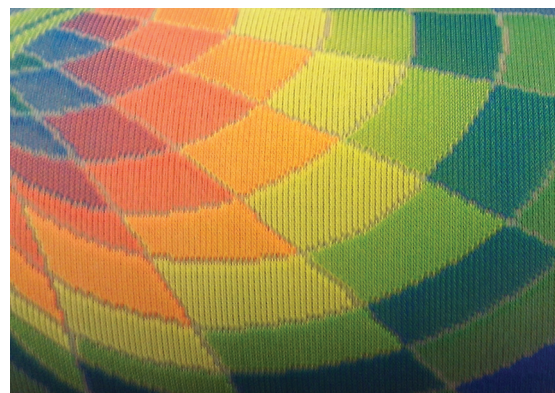


Slika 10: 4D-pletivo, izdelano na pletilniku Karl Mayer (vir: <https://www.gesamtmasche.de/news/karl-mayer-4d-knit-mit-neuen-moglichkeiten/>)

Razstavljeni HKS 3-M ON je trisnutkovni visokozmogljiv pletilnik z dodajanjem votka in energetsko učinkovitim neposrednim pogonom za proizvodnjo tehničnih tekstilij. Njegova širina je

130 palcev (330 cm). HKS 3-M ON je izjemno hiter in učinkovit stroj, saj za proizvodnjo brez zastojev uporablja nov sistem naprednega dovajanja niti. Podatki za vzorčenje so dostopni v oblaku prek t. i. pametnih funkcij stroja. Vzorci se lahko spreminjajo na prilagodljiv in hiter digitalen način, kar poveča produktivnost in izboljšuje ponovljivost vzorcev. Nov nadzorni sistem omogoča sledenje porabe energije pri visokih delovnih širinah in hitrostih, kar pomeni hitro prilagajanje spreminjajočim se tržnim smernicam in zahtevam strank.

Na novem dvofonturnem žakarskem rašlu RDPJ 6/2 EL, širokem 138 palcev (350 cm), se lahko izdelujejo večbarvna razmaknjena pletiva, uporabna pri oblačilih, pohištvu in v avtomobilski industriji. Osnova je štiribarvna, s kombinacijo barv pa nastane vidni učinek devetbarvnega vzorca. Zaradi uporabe barvnih prej barvanje pletiva ni potrebno, kar zmanjša stroške in vpliv na okolje.



Slika 11: Večbarvno razmaknjeno pletivo Karl Mayer (foto A. Pavko Čuden)

Snutkovno pletenje predivnih prej se še ni moglo uveljaviti na pletilnikih, namenjenih tržni proizvodnji. Razstavljeni rašel RSJFS 4/1 EL, širok 130 palcev (330 cm) in z delitvijo 14E s prilagojenim delovanjem, je primeren tudi za pletenje predivnih prej. Vzorci lahko simulirajo kvačkane strukture. Prikazani vzorci so bili iz 100-% bombažne preje, v sodelovanju s proizvajalci prej so bili pripravljeni tudi vzorci pletiv iz volne, viskoznih vlaken in viskoze iz bambusa.



Slika 12: Snutkovno pletivo Karl Mayer s kvačkanim videzom (vir: <https://www.karlmayer.com/en/products/warp-knitting-machines/raschel-machines/rascheltronic%C2%AE/rsjfs-4/1-el/crochet-knit/>)

Na pletilniku z dodajanjem votka Wefttronic IIG je bila iz lanu izdelana pletena mreža, namenjena navpični ozelenitvi. Tehnično mrežasto pletivo je lahko pripomoček za plezanje, pripomore pa tudi k tvorbi kisika in odvzemu CO₂ iz zraka v urbanih okoljih.

Karl Mayer je v sodelovanju s podjetjema The Lycra Company in Decathlon pod geslom »Premisli. Recikliraj. Ponovno uporabi – Zapri zanko« razstavil reciklirane kopalke. Rabljene kopalke so bile razrezane in predelane v novo prejo, iz nje pa napleteno pletivo za nove kopalke [9, 24, 32, 33].

Comez International

Podjetje Comez International Srl iz Cilavegne v Italiji je del skupine Jakob Müller in je čedalje bolj usmerjeno v predelavo recikliranih in biorazgradljivih prej.

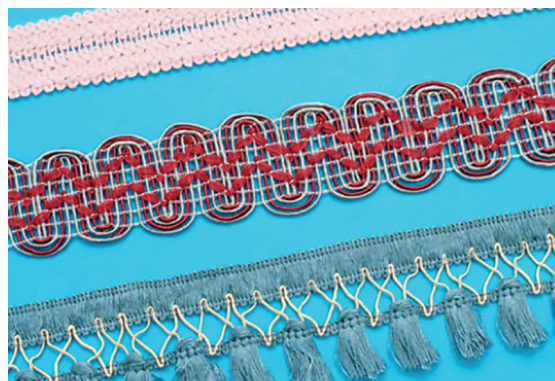
Na sejmu je bil predstavljen elektronsko krmiljen model desno-desnega pletilnika DNB/EL-800, na katerem je mogoče proizvajati tehnična in visokozmogljiva pletiva. Med vzorci je bil na ogled zbito pleten trak iz recikliranega teksturiranega PET filamenta z dolžinsko maso 167 dtex, ki se uporablja za športno obutev [32].

Cometa

Podjetje Cometa iz Cilavegne v Italiji je od ustanovitve ob koncu osemdesetih let prejšnjega stoletja

postopoma razvijalo kompetence in strokovnost na področju proizvodnje standardnih in prilagojenih tekstilnih strojev za ozke tekstilije.

Cometa je v Milanu predstavila mehanski kvačkalnik Giada F 800 za izdelavo okrasnih trakov. Širina igelnice je 600 mm, delitev pa 6 igel/cm. Podatke o proizvodnji je mogoče spremljati prek zaslona na dotik [32].



Slika 13: Kvačkana pozamenterija, izdelana na pletilniku Cometa (vir: Cometa general catalog 03/23 <https://www.cometaitaly.it/cometaitaly/en/>)

2.4 Stroji za izdelavo nogavic in obutve

Proizvodnja pletene obutve je v zadnjem desetletju postala sodoben trajnosten koncept, saj zmanjšuje okoljski vpliv, daje prednost etičnim praksam ter poudarja dolgo uporabnost in recikliranje. Ta koncept vključuje različna načela za ustvarjanje odgovornejše in okolju prijaznejše oskrbne verige v industriji obutve. Glede izbire materialov se proizvajalci odločajo za okolju prijazne in obnovljive vire, kot so organski bombaž, recikliran poliestar in biomateriali. Pletilska tehnologija igra ključno vlogo v trajnostni proizvodnji obutve. Brezšivno pletenje zmanjšuje količino odpadka, saj je celoten zgornji del čevlja izdelan v enem kosu ter odpravlja potrebo po dodatnem rezanju in šivanju. Ta pristop tudi izboljša udobje in prilagodljivost obutve. Trajnostno oblikovanje je usmerjeno v ustvarjanje izdelkov z življenjskim ciklom, ki spodbuja dolgoživost in recikliranje. Trajnostna pletena obutev je zasnovana tako, da se lahko z lahkoto razstavi in na koncu

svoje življenjske dobe reciklira. Z izdelavo obutve, ki je odporna proti obrabi, proizvajalci zmanjšujejo pogostnost zamenjav, s čimer zmanjšujejo okoljski vpliv, povezan s proizvodnjo novih obutvenih izdelkov. Poleg tega vključevanje oblikovalskih konceptov, ki omogočajo preprosta popravila, podaljšuje življenjsko dobo izdelka. Možnost recikliranja je povezana z uporabo materialov, ki se lahko enostavno reciklirajo, ter vzpostavitev sistemov za zbiranje in obdelavo stare obutve. Podjetja lahko ponujajo programe vračanja ali sodelujejo z reciklažnimi obrati, da zagotovijo pravilno odstranjevanje ali ponovno uporabo izrabljene obutve. Trajnostna proizvodnja pletene obutve je večplasten pristop, ki upošteva okoljske, družbene in ekonomske vidike celotnega proizvodnega procesa. Z vključevanjem odgovorne izbire materialov, inovativnih proizvodnih tehnik in etičnih praks lahko industrija preide k bolj trajnostnemu in krožnemu modelu, kar je bila tudi ena ključnih tem Itme 2023.

Na Itmi v Milanu je bilo pletenje zgornjih delov obutve nadgrajeno s 3D-tiskanjem podplatov in utrjevanjem pletene strukture s termoplasti. Pri tem sta najpomembnejša sodelovanje partnerjev z različnih področij in razvoj koncepta od prototipa do proizvodnje na industrijski ravni [35].

Lonati

Digitalizacija je bila poleg trajnosti druga ključna beseda Itme 2023; brez celovite digitalizacije si ni mogoče predstavljati prihodnosti sodobne tekstilne proizvodnje. Za predstavitev na Itmi v Milanu je HP, vodilno svetovno tehnološko podjetje, združilo ideje in znanje z Decathlonom, enim največjih svetovnih športnih podjetij, in skupino Lonati, svetovnim izdelovalcem krožnih pletilnikov. Skupaj so predstavili enega najbolj navdušujočih in inovativnih konceptov trajnostnega pristopa k proizvodnji tekstilne obutve, ki temelji na naprednih tehnologijah 3D-tiska in pletenja. Tradicionalna izdelava obutve vključuje izdelavo in sestavljanje velikega števila delov, lepljenje ipd. Zgornji, tekstilni del obutve, predstavljene na Itmi, je bil izdelan s pletenjem na Lonatijevem

pletilniku XT-MACHINE in pletilniku z dvema cilindroma E1530XS. Pleteni del je eno- ali dvoslojen, lahek in udoben. Vmesni in zunanji podplat sta bila izdelana s HP-jevim 3D-tiskalnikom Jet Fusion 5200 iz materiala BASF Ultrasint TPU01, ki je termoplastični poliuretanski prah, znan po izjemni absorpciji udarcev. Predstavljena sinergija pletenja in 3D-tiska pomeni proizvodnjo, prilagojeno uporabnikom, možnost popravila, saj je obutev izdelana brez lepljenja, možnost recikliranja, saj je v izdelek vgrajeno le malo različnih materialov, možnost lokalne izdelave ter prilagodljivost proizvodnje [34–36].



Slika 14: Trajnostna športna obutev, sinergija pletenja in 3D-tiska (foto A. Pavko Čuden)

Colosio

Colosio je že na razstavi Itma 2019 v Barceloni predstavil pletilnike za izdelavo zgornjih delov obutve. V Milanu se je pridružil izdelovalcem pletilnikov, ki pletenje združujejo s 3D-tiskom. Razstavil je nekaj prototipov, ki so združevali oblikovano pletene zgornje dele s 3-D natisnjenimi podplati. Colosio je nato razvil brezšivni koncept izdelave zgornjega dela obutve, vključno s strukturo pletiva na podplatu, ki je vgrajen med notranji in zunanji podplat.



Slika 15: Colosio – napleteni zgornji deli športne obutve (foto A. Pavko Čuden)

Na pletilnikih Colosio S1 so bili izdelani tudi zgornji deli obutve z ojačitvami prstnega dela. Za pletenje je uporabljena preja TPU (Thermoplastic Poliurethan) Evolution, ki je odporna proti UV-žar- kom, drgnjenju, hidrolizi, mikrobom, topilom in maščobam ter je hkrati mehka na otip [37].



Slika 16: Prstni deli obutve, pleteni s prejo TPU Evolution na pletilniku Colosio S1 (vir: <https://districo.com/page-gb/news.html>)

Santoni

Santoni, del skupine Lonati, je predstavil projekt Revolution Shoe, ki je združil tri podjetja: COATYARN,

ki izdeluje prejo TPU Evolution, izdelovalca pletilnikov Santoni in pletilnik MecMor CMP3 ter podjetje MACPI, ki izdeluje stiskalnice za aktiviranje TPU. Vrhni del obutve je izdelan v samo petih minutah. Preja TPU Evolution se lahko uporablja v kombinaciji z drugimi prejami za ojačenje obremenjenih delov obutve, vpletanje logotipov ali kot nadomestek usnja. Stiskalnica Macpi 516.37 ima tri vrtljive plošče za ogrevanje in hlajenje pletenega zgornjega dela obuvala. Hitro stiskanje aktivira poliuretansko prejo, da se poleg barvnih učinkov lahko dosežejo mat in sijajne površine in videz usnja [35].



Slika 17: Projekt Revolution Shoe izdelovalca pletilnikov Santoni (vir: <https://districo.com/page-gb/news.html>)

2.5 Oprema pletilnikov

Groz-Beckert

Groz-Beckert, vodilni svetovni ponudnik pletilnih igel in drugih pletilnih elementov s 170-letno tradicijo, je družinsko podjetje iz Albstadta v Nemčiji. Proizvodne obrate ima v Nemčiji, Belgiji, na Češkem, Portugalskem, v ZDA, Indiji, na Kitajskem in v Vietnamu. Mednarodno prisotnost dopolnjujejo številne prodajne podružnice in prodajni partnerji. Na Itmi je predstavil novosti svojih štirih skupin izdelkov za krožno votkovno pletenje, plosko votkovno pletenje, nogavičarstvo in snutkovno pletenje.

Na področju krožnega votkovnega pletenja je razvil dva nova sestava pletilnih elementov, novo sestavljeno iglo, razvito v sodelovanju s partnerskimi podjetji, in optimizirane precizne pletilne igle, dele pletilnih sistemov in igelne cilindre.

Eden novih sestavov pletilnih elementov za krožno pletenje je inovativna pletilna igla LCmax v kombinaciji z novo kulirno platino SNK-SF. LCmax ima popolnoma novo, valovito obliko trupa. Uporaba igle LCmax zmanjšuje stroške proizvodnje zaradi minimalne porabe energije med pletenjem in nižjih temperatur pletilnika. V primerjavi s standardno se z uporabo pletilne igle LCmax lahko prihrani do 20 odstotkov energije. Tudi ogljični odtis proizvodnje te igle je zmanjšan. S pletilno iglo LCmax je mogoče plesti pri največjih hitrostih pletilnika. Nova kulirna platina SNK-SF je odlično odporna proti obrabi. Delovanje pletilnika je bolj tekoče, izboljšana je tudi zančna struktura pletiva.

SANTM DUO oz. SAN DUO in nova kulirna platina SNK DUO-OL sta drugi novi sestav pletilnih elementov krožnih pletilnikov. Tako SANTM DUO kot tudi SAN DUO imata trup z utorom. Nizek trup zmanjšuje možnost onesnaženja med pletenjem zaradi trenja prej z grobo površino, medtem ko v primeru obrabe utor omogoča nadzorovan zlom igle na zelenem mestu. To zmanjšuje napake pri pletenju in skrajša čas nedelovanja stroja.

Novost je tudi sestavljena igla za krožne pletilnike. Zapiralo je natančno vodeno po utoru v trupu igle. Uporaba nove sestavljene igle zagotavlja enakomerno strukturo zanke tudi pri največjih hitrostih pletenja.

Groz-Beckert je razvil novo iglo za ploske pletilnike SAN TT za večnitno pletenje zbitih struktur, projektiranih za medicinske in druge tehnične tekstilije. Nova igla SAN FY je zasnovana za pletenje togih, neenakomernih efektnih prej. Igla LS+ za ploske pletilnike ima na obeh straneh delno zmanjšano debelino trupa, kar znatno zmanjša porabo energije in s tem ogljični odtis. Prednosti serije SANTM so večja zanesljivost pletenja in zmanjšanje možnosti lomov igel ter enakomerna zančna struktura.

Groz-Becker izdeluje tudi celovito paleto pletilnih elementov za snutkovno pletenje. Novost so očesne igle polagalnika za piezo žakarske pletilnike, ki se odlikujejo po hitri montaži in optimizirajo videz pletiva. Še zlasti vzdržljive so igle za nogavičarske pletilnike, ki prenesejo visoke obremenitve [24, 32, 38].

Memminger-Iro

Memminger-Iro je predstavil novosti na področju dovajanja preje. Med njimi je akumulatorski dovajalec preje nove generacije Knitstore K52 z vgrajeno enoto za merjenje dolžine niti, imenovano »hitro zaustavljanje (fast stop)«, ki se sproži, če se nit pretrga. Aktivno spremljanje napetosti niti zagotavlja optimalno oskrbo s prejo. Operater lahko preveri vzrok za zaustavitev stroja in porabo niti na zaslonu. Akumulatorski dovajalec SFE2 je idealen tako za enakomerno kot neenakomerno razporejene količine niti. Novi optomehanski sistem senzorjev uravnava količino dovedene niti [32].

H2G

Podjetje H2G iz italijanskega Rovereta je razvilo stroje za pranje igelnic ploskih pletilnikov, ki zagotavljajo hitro in učinkovito čiščenje igelnic katerega koli izdelovalca, ne da bi bilo treba odstraniti pletilne igle in platine. Patentirana tehnologija, ki temelji na temeljitom mešanju demineralizirane vode s posebnim detergentom in antioksidanti, omogoča varno čiščenje v skladu z lastnostmi kovin, iz katerih so izdelani elementi igelnic [32].

3 Sklep

Razmere v sodobnem pletilstvu kažejo na nadaljnje premike in inovacije. Tehnologije in koncepti se še naprej povezujejo v smeri trajnosti in industrije 4.0. Digitalizacija je postala ključna, kar je bilo nedvomno poudarjeno tudi na nedavni razstavi Itma v Milanu. Kompleksnost pletilskih procesov, kjer so nove tehnologije vključene v obstoječe sisteme, zahteva celovite pristope k digitalizaciji na vseh ravneh, od strojev do celotnih dobavnih verig. Digitalne tehnologije omogočajo natančnost, prilagodljivost in optimizacijo proizvodnih procesov. Tudi izboljšanje senzorske tehnologije in uporaba umetne inteligence pomagata pri kontroli kakovosti, optimizaciji procesov, podaljšanju življenjske dobe strojev in varčevanju z energijo.

Združevanje procesov na področju pletenja in prenašanje tehnoloških rešitev z nepletilskih

področij v pletenje je še vedno zanimivo, vendar nekateri hibridni koncepti niso več v središču zanimanja, npr. združeno predenje/pletenje. Noben od treh inovatorjev te tako promovirane novosti prejšnjih razstav ni predstavil nadaljnega razvoja, niti ni o tem mogoče najti nobenega podatka na njihovih spletnih straneh. Opaziti je vrnitev nekaterih opuščenih konceptov, kot je npr. povečanje širine ploskih votkovnih pletilnikov. Trend izdelave zgoščenih strojev se obrača; nekateri izdelovalci ploskih pletilnikov v svoj portfelj spet vključujejo pletilnike s širino igelnice, večjo od 200 cm. Prav tako je na področju ploskega pletenja opaziti trend zelo finih pletilnikov, predvsem za krojno oblikovano in brezšivno pletenje. Kakšna je resnična ekonomska učinkovitost teh pletilnikov, bo pokazal čas. Po drugi strani na razstavah še vedno vztrajajo zelo grobi pletilniki, grobe delitve so dosegle 1,5E, celo 0,75E pri pletenju z vsako drugo iglo.

Pristop k inovacijam se je spremenil in je v soglasju s trajnostjo. Pletilci ne ponujajo več le popolnih novosti, ampak posodobitve in prilagoditve svojih najuspešnejših modelov pletilnikov, predvsem pa rešive, ki omogočajo nadgradnjo obstoječih modelov. To bi morda lahko ocenili kot pomanjkanje inovativnih rešitev, a gre morda res za trajnostni koncept podaljševanja življenjske dobe obstoječih strojev in preprečitev polnjenja pokopališč stare pletilske opreme.

Prihodnost sodobnega pletilstva se kaže v smeri popolne integracije digitalnih tehnologij na vseh ravneh, od oblikovanja izdelkov do proizvodnje in distribucije. Nenehno sledenje in uvajanje novih tehnologij bosta ključna za uspeh podjetij v tem hitro spreminjajočem se okolju. Trajnost bo ostala ključna usmeritev, kjer bodo podjetja iskala inovativne načine za ponovno uporabo materialov, recikliranje in zmanjševanje vpliva na okolje. Sodelovanje med podjetji in start-upi, ki prinašajo sveže ideje, bo igralo pomembno vlogo pri oblikovanju prihodnosti pletilstva. Uspeh v sodobnem pletilstvu bo temeljil na kombinaciji digitalizacije, trajnosti in inovacij. Razumevanje in sprejemanje teh konceptov bosta

ključna za ohranjanje konkurenčnosti in trajnostnega razvoja v pletilstvu.

Še pomembnejše pa je, da se je poudarek s stroja umeril nazaj na človeka. Komunikacija stroj-stroj (M2M – machine to machine), ki jo je omogočil razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologij, se je preusmerila na komunikacijo med strojem in človekom. Morda to, ob uveljavljanju družbene odgovornosti in pravičnosti, vodi do humanizacije Industrije 4.0.

Viri

1. ITMA 2023 ends on a high note with strong industry participation [dostopno na daljavo]. ITMA [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://itma.com/media/media-press-release/itma-2023-ends-on-a-high-note>>.
2. Visit ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. YouTube [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.youtube.com/watch?v=y1d7QMHNd0Q>>.
3. GRIES, Thomas. ITMA 2023: upswing in recycling, disillusionment in digitalization, process innovation in detail [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 18.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/technology/commentary/melliand-international-42023-itma-2023-upswing-in-recycling-disillusionment-in-digitalization-process-innovation-only-in-detail-34579>>.
4. EU strategy for sustainable and circular textiles [dostopno na daljavo]. European Commission [citirano 18.10.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en>.
5. GRESSER, Götz T. ITMA 2023 – transforming the World of Textiles [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 20.10.2023]. Dostop-

- no na svetovnem spletu: <<https://www.textile-technology.net/technical-textiles/commentary/technical-textiles-42023-itma-2023--transforming-the-world-of-textiles-34818>>.
6. BEAUDUIN, Charles. Transforming the world of textiles with innovation [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 17.9.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/technology/commentary/melliand-international-22023-transforming-the-world-of-textiles-with-innovation-33893>>.
 7. MAURER, Ernesto. An industry in transition [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/fibers/commentary/man-made-fibers-international-12023-an-industry-in-transition-33723>>.
 8. HOLDERIED, Prisca, STREITENBERGER, Lisa, MUTSCHLER, Thomas, KLAUSMANN, Julia, WEBER, Marcus, KYZYMCHUK, Olena. ITMA 2023: innovations and trends in flat knitting [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 3.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/technology/trendreports/itma-2023-innovations-and-trends-in-flat-knitting-34696>>.
 9. WEST, Andre. Knitting innovations [dostopno na daljavo]. Textile World [citirano 12.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textileworld.com/textile-world/features/2023/09/knitting-innovations/>>.
 10. ITMA 2023 summary [dostopno na daljavo]. Stoll [citirano 22.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.stoll.com/en/itma/itma-2023-summary/>>.
 11. Flat knitting: stoll innovations for ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 6.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/stoll-innovations-for-itma-2023/>>.
 12. HUNTER, Billy. Shima Seiki is reborn at ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/shima-seiki-is-reborn-at-itma-2023/>>.
 13. Knitting machines [dostopno na daljavo]. Shima Seiki [citirano 9.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.shimaseiki.com/product/knit/>>.
 14. HUNTER, Billy. Steiger launches four needlebed flat knitting machine [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 22.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/steiger-launches-four-needlebed-flat-knitting-machine/>>.
 15. Dynamic creativity for your production [dostopno na daljavo]. Steiger [citirano 4.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://steiger-textil.ch/products/>>.
 16. HUNTER, Billy. Mandarin measures up in Milan [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 15.10.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/mandarin-measures-up-in-milan/>>.
 17. Machinery [dostopno na daljavo]. Mandarin Knitting Technology [citirano 4.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.mandarinkt.com/en/macchinari>>.
 18. Products [dostopno na daljavo]. Beworth [citirano 26.10.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.beworth.com/en/zh-product-d/m/2/c/41.html>>.
 19. HUNTER, Billy. World's first compound needle circular knitting machine [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/worlds-first-compound-needle-circular-knitting-machine/>>.
 20. Pailung to launch AlterKnit™ at ITMA Milan 2023 [dostopno na daljavo]. The Textile Magazine [citirano 21.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.indiantextile-magazine.in/pailung-to-launch-alterknit-at-itma-milan-2023/>>.
 21. Pailung's upgraded 4-way stretch revolutionises elastic fabrics [dostopno na daljavo]. Knitting

- Industry [citirano 9.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/pailungs-upgraded-4way-stretch-revolutionises-elastic-fabrics/>>.
22. AlterKnit™ [dostopno na daljavo]. Pailung [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.pailung.com.tw/>>.
 23. Knitting, braiding and digital solutions at ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Knitting Technology [citirano 5.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/technology/news/mayer--cie.-knitting-braiding-and-digital-solutions-at-itma-2023-34377>>.
 24. DAVIS, Rachael S. Just a few of the “cool” things on display — the ITMA 2023 Edition [dostopno na daljavo]. Textile World [citirano 19.9.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textileworld.com/textile-world/features/2023/07/just-a-few-of-the-cool-things-on-display-the-itma-2023-edition/>>.
 25. HUNTER, Billy. Pailung helps shape the future at ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/pailung-helps-shape-the-future-at-itma-2023/>>.
 26. Pailung high-speed knitting machines boost productivity while lowering costs [dostopno na daljavo]. E-Textile magazine [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.etextilemagazine.com/pailung-high-speed-knitting-machines-boost-productivity-while-lowering-costs.html>>.
 27. Mayer & Cie. impresses at ITMA 2023 with comprehensive digital concept [dostopno na daljavo]. Textile South Asia [citirano 22.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://textilesouthasia.com/2023/07/04/mayer-cie-impresses-at-itma-2023/>>.
 28. For machines made to last [dostopno na daljavo]. Mayer & Cie [citirano 17.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.mayercie.com/en/itma-2023-milano/>>.
 29. Terrot innovations at ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/terrot-innovations-at-itma-2023/>>.
 30. Santoni finalizes acquisition of Terrot, a pivotal realignment of the circular knitting machine industry [dostopno na daljavo]. Terrot [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.terrot.de/config/media/files/335_Press%20Release_SANTONI%20FINALIZES%20ACQUISITION%20OF%20TERROT_19.11.2023.pdf>.
 31. Terrot showed a strong line-up at the ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Terrot [citirano 19.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <https://www.terrot.de/config/media/files/324_TERROT%20SHOWED%20A%20STRONG%20LINE-UP%20AT%20THE%20ITMA%202023.pdf>.
 32. KLAUSMANN, Julia, MUTSCHLER, Thomas, HOLDERIED, Prisca, STREITENBERGER, Lisa, WEBER, Marcus, KYZYMCHUK, Olena. ITMA 2023: trends and novelties in warp-knitting [dostopno na daljavo]. Textile Technology [citirano 5.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.textiletechnology.net/technology/trendreports/itma-2023-trends-and-novelties-in-warp-knitting-34678>>.
 33. Dissolving design boundaries with 4D-KNIT [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 18.10.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/dissolving-design-boundaries-with-4dknit/>>.
 34. HP, Decathlon and Lonati group present the innovative shoe production concept at ITMA in Milan [dostopno na daljavo]. Lonati [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.lonati.com/uploads/2023-6-12/HP,%20DECATHLON%20AND%20LONATI%20GROUP%20PRESENT%20THE%20INNOVATIVE%20SHOE%20PRODUCTION%20CONCEPT%20AT%20ITMA%20IN%20MILAN..pdf>>.

35. Sustainable shoe production concept shown at ITMA [dostopno na daljavo]. Knitting Industry [citirano 2.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.knittingindustry.com/sustainable-shoe-production-concept-shown-at-itma/>>.
36. MOLITCH-HOU, Michael. Decathlon shows off 3D printed shoes made with HP and Lonati [dostopno na daljavo]. 3DPrintComTM [citirano 20.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://3dprint.com/300873/decathlon-shows-off-3d-printed-shoes-made-with-hp-and-lonati/>>.
37. SHER, Davide. Kicking it up with 3D printing in the textile industry at ITMA 2023 [dostopno na daljavo]. Voxelmatters [citirano 26.10.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.voxelmatters.com/kicking-it-up-with-3d-printing-in-the-textile-industry-at-itma-2023/>>.
38. Knitting [dostopno na daljavo]. Groz-Beckert [citirano 7.11.2023]. Dostopno na svetovnem spletu: <<https://www.groz-beckert.com/en/products/knitting/>>.