

**MAGDALENA KLONOWSKA**

**Katedra Technologii i Budowy Wyrobów Dziewiarskich  
Politechniki Łódzkiej**

## **IDENTYFIKACJA WARUNKÓW PROCESU DZIANIA PODCZAS KONTROLOWANEGO PRZECIĄGANIA ZWROTNEGO NITKI\***

Recenzenci: **prof. dr hab. Władysław Korliński**  
**dr hab. Józef Jurasz, prof. ATH Bielsko-Biała**

*W oparciu o komputerowy model procesu dziania dokonano identyfikacji warunków procesu dziania podczas kontrolowanego przeciągania zwrotnego nitki w strefie dziania na szydełkarkach. Badania przeprowadzono dla kształtek liniowych i nieliniowych o ograniczonej wysokości wynoszenia igieł w strefie dziania dla klasycznej techniki dziania i techniki dziania typu Relanit. Na komputerowej szydełkarce pomiarowej dokonano weryfikacji eksperymentalnej wyników badań obciążeń nitek w strefie dziania oraz wrażliwości długości wrabianej nitki na zmianę napięć wstępnych. Zdefiniowano parametry konstrukcyjne optymalnych zarysów kształtek dla klasycznej strefy dziania i strefy dziania typu Relanit.*

### **1. WPROWADZENIE**

Podstawowym zjawiskiem występującym w strefie dziania na szydełkarkach jest przeciąganie zwrotne. Polega ono na przeciąganiu nitki z oczek zawieszonych na igłach wynoszonych do oczka formowanego na igle spychanej. Zja-

---

\* Opracowanie jest streszczeniem rozprawy doktorskiej autorki. Promotorem jest dr hab. Krzysztof Kowalski, prof. PŁ.

wisko to powoduje, że ruch przędzy w strefie dziania odbywa się w dwóch przeciwnych kierunkach, tzn. od strony wodzika zasilającego i od strony oczek uprzednio utworzonych. Zjawisko przeciągania zwrotnego zostało zauważone i zasygnalizowane w pracy Dalidowicza [1]. Pierwsze analityczne ujęcie tego zjawiska w oparciu o zasady mechaniki statycznej znajduje się w pracach Knaptona i Mundena [2, 3] oraz Lawsona [4]. Dalsze badania odnosiły się do analizy zarysów kształtek w strefie dziania i prowadzone były w celu wytypowania takiego zarysu, który zapewniłby najbardziej korzystne warunki formowania oczek. Jednak badania te dotyczyły kształtek, które zapewniały występowanie ciągłego przeciągania zwrotnego, tzn. trwającego do końca cyklu formowania oczka oraz takich, które eliminowały zjawisko przeciągania zwrotnego. Zastosowanie na maszynie kształtek gwarantujących występowanie zjawiska przeciągania zwrotnego powoduje powstawanie podczas procesu dziania sił w nitkach o stosunkowo niskich wartościach. Niekorzystna cecha takich zarysów przejawia się tym, iż przy stałonapięciowym podawaniu przędzy występuje duża wrażliwość długości wrabianej nitki na zmianę parametrów technologicznych procesu dziania, szczególnie na zmianę napięcia wstępnego nitki. Profile kształtek eliminujących zjawisko przeciągania zwrotnego zapewniają minimalny wpływ parametrów procesu dziania na długość wrabianej nitki, ale jednocześnie powodują powstawanie maksymalnych obciążeń nitek w strefie dziania. Takie zarysy stosowane są podczas wytwarzania wyrobów odpasowanych, ponieważ pozwalają zachować powtarzalność wymiarów produkowanych wyrobów [5].

Biorąc pod uwagę powyższe ważnym wydaje się zaprojektowanie takiego profilu kształtki, który łączyłby jednocześnie zalety zarysu bez przeciągania zwrotnego i zarysu z przeciąganiem zwrotnym, a eliminował niekorzystne ich cechy. Zarysy kształtek w strefie dziania do chwili obecnej nie są ujednoczone. Analiza istniejących zarysów kształtek w strefie dziania na szydełkarkach wykazała, że nie zapewniają one optymalnych warunków procesu dziania z punktu widzenia szczegółowych kryteriów optymalizacyjnych. Dowodzi to niewystarczającego stanu wiedzy w zakresie identyfikacji i optymalizacji warunków procesu dziania na szydełkarkach.

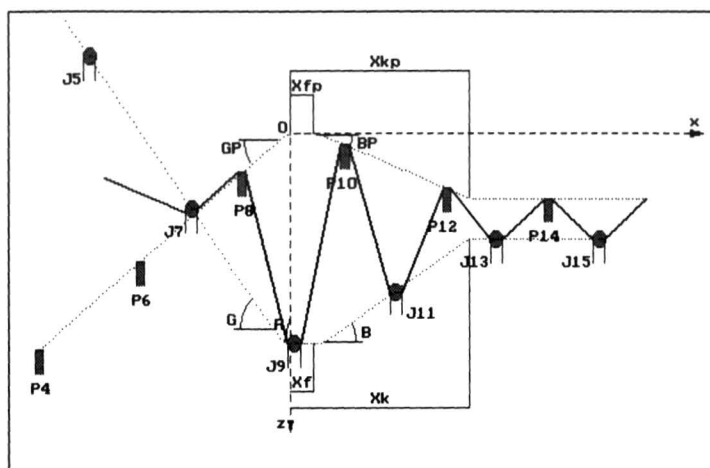
Optymalizacja zarysów kształtek w niniejszej pracy wykorzystuje zalety kontrolowanego przeciągania zwrotnego (niskie obciążenia nitek w strefie dziania), a jednocześnie zapewnia minimalny wpływ parametrów technologicznych na długość przędzy w oczku. W tym celu zostały przeprowadzone badania symulacyjne procesu dziania w oparciu o model komputerowy procesu dziania, po uprzednim wyznaczeniu parametrów wejściowych tego modelu oraz badania doświadczalne na komputerowej szydełkarce pomiarowej. Parametry wejściowe zostały określone na podstawie badań dynamicznego rozciągania nitek i relaksacji oraz pomiaru klasycznego współczynnika tarcia nitki.

Celem niniejszej pracy było udokumentowanie tezy, iż kontrolowane przeciąganie zwrotne zapewnia obciążenia nitek w strefie dziania na poziomie minimalnych wartości oraz mniejszą wrażliwość długości wrabianej nitki na zmianę napięcia wstępnego niż w warunkach ciągłego przeciągania zwrotne-

go, przy nieograniczonym wynoszeniu igieł w strefie dziania, przy tych samych wartościach kątów spychania i wynoszenia igieł.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Badania przeprowadzono dla zarysów kształtek o ograniczonej wysokości wynoszenia igieł w strefie dziania, dla klasycznej techniki dziania oraz techniki dziania typu Relanit. Strefa dziania typu Relanit oprócz ruchu pionowego igieł charakteryzuje się również ruchem pionowym płaszczyk przytrzymująco – spychających. Na rysunku 1 przedstawiono przykład kształtki typu Relanit. Jeżeli kąty GP i BP będą równe 0, to wówczas mamy do czynienia z klasyczną strefą dziania.



$x_k$  – współrzędna pozioma punktu wynoszenia igieł,  $x_f$  – długość części prowadzącej igłę w strefie dziania,  $x_{kp}$  – współrzędna pozioma punktu wynoszenia płaszczyk,  $x_{fp}$  – długość części prowadzącej płaszczyki w strefie dziania,  $G$  – kąt spychania igieł,  $B$  – kąt wynoszenia igieł,  $GP$  – kąt wynoszenia płaszczyk,  $BP$  – kąt spychania płaszczyk,  $z$  – głębokość spychania

Rys. 1. Przykład strefy dziania dla szydełkarek ze strefą dziania typu Relanit

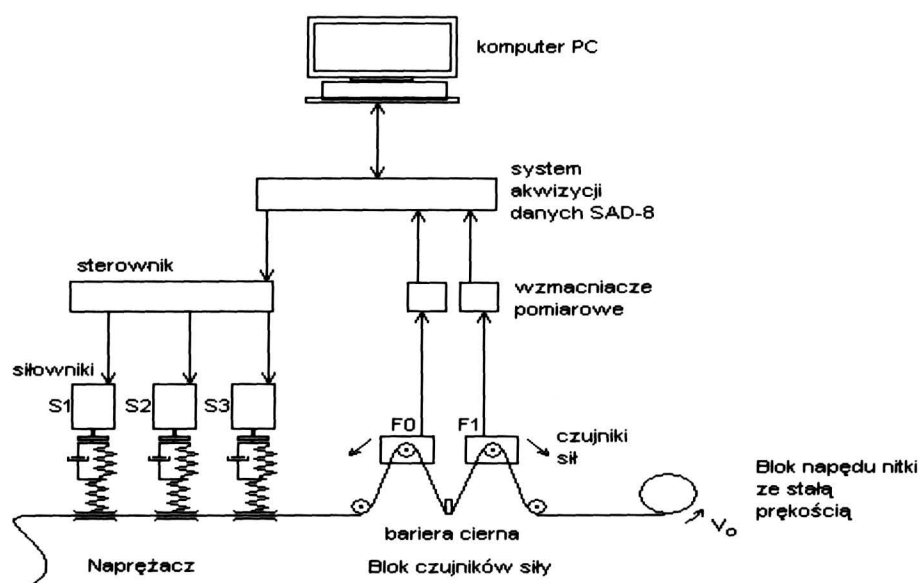
Do badań wytypowano zarysy kształtek o względnych promieniach krzywizny w punktach zwrotnych w strefie dziania  $R_t = 0,25$  oraz zarysy kształtek nieliniowych o funkcji sklejaney prostej z okręgiem i względnych promieniach krzywizny  $R_t = 0,75$ , długości części prowadzącej igły  $x_f = 0,45$  mm i płaszczyki  $x_{fp} = 0,45$  mm oraz następujących wartościach kątów spychania i wynoszenia igieł oraz płaszczyk  $G = 50^\circ$ ,  $B = 16^\circ$ ,  $B = 22^\circ$ ,  $B = 30^\circ$ ,  $B = 50^\circ$ ,  $GP = 35^\circ$  i  $BP = 19^\circ$ .

Badania przeprowadzono dla przędzy bawełnianej o masie liniowej 20 tex. Badania eksperymentalne wykonano dodatkowo dla przędzy poliestrowej o masie liniowej 167 dtex.

## 2.1. Metoda pomiaru współczynnika tarcia dla par ciernych igła – nitka i płaszczka – nitka

Na podstawie pomiaru klasycznego współczynnika tarcia wyznaczono umowny współczynnik tarcia, który jest niezbędny do określenia parametrów mechanicznych nitki w ujęciu reologicznym. Parametry te stanowią dane wejściowe do komputerowego modelu procesu dziania.

W celu wyznaczenia współczynnika tarcia nitki o bariery cierne stosowane na maszynach włókienniczych został zaprojektowany i wykonany komputerowy system pomiaru i analizy współczynnika tarcia z automatyczną regulacją napięcia wstępnego (rys. 2) [6].

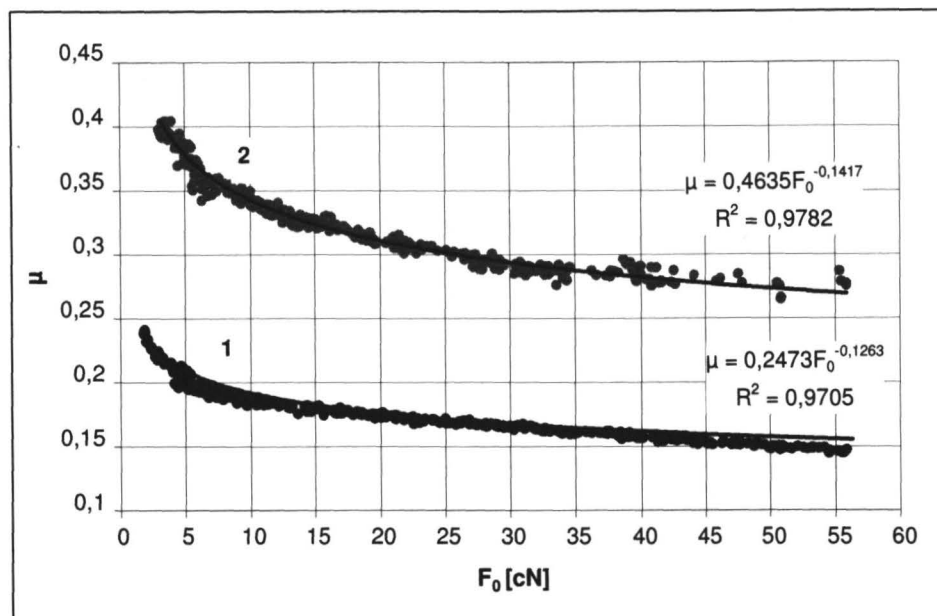


Rys. 2. Schemat blokowy stanowiska do pomiaru współczynnika tarcia

Po zadaniu w komputerze określonego zakresu zmian napięcia wstępnego następuje stopniowe zwiększanie nacisku sprężyn w naprężaczach talerzykowych poprzez silniki krokowe, sterowane z komputera. Następnie po ustaleniu wartości sił w nitkach przed i za barierą cierną zostaje obliczona na podstawie zależności Eulera wartość współczynnika tarcia  $\mu$ . Wartość tego współczynnika zostaje naniesiona na wykres w układzie współrzędnych  $\mu$ ,  $F_0$  (rys. 3). Każdorazowo po obliczeniu i naniesieniu na wykres wartości wsp. tarcia następuje zmiana napięcia naprężaczy talerzykowych w kolejnych krokach pomiarowych, aż do zadanej maksymalnej wartości napięcia wstępnego. Opracowana metoda umożliwia określenie współczynnika tarcia nitki o bariery cierne dla szerokiego zakresu napięcia wstępnego. Układ pomiarowy umożliwia precyzyjne wyznaczenie wartości współczynnika tarcia w funkcji napięcia wstępnego, wartości sił przed i za barierą cierną w funkcji czasu oraz wartości siły za barierą w funkcji siły przed barierą cierną. Możliwości pomiarowe skonstruowanego układu po-

zwalają na szczegółową analizę zjawisk zachodzących podczas przeciągania nitki przez bariery cierne.

Pomiaru współczynnika tarcia dokonano dla dwóch par ciernych igła – nitka oraz płaszczka – nitka.



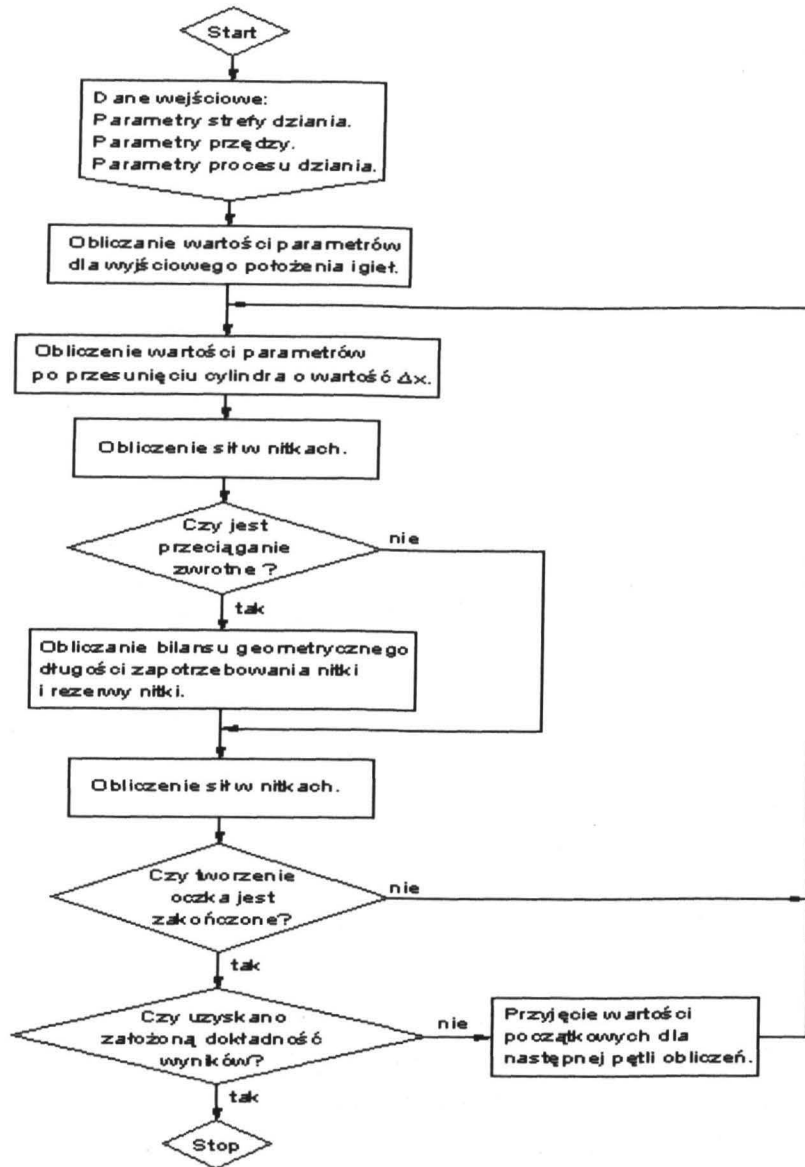
Rys. 3. Wartości umownego współczynnika tarcia  $\mu$  w funkcji napięć wstępnych  $F_0$  dla przędzy bawełnianej 20 tex  
1 – dla pary ciernych igła – nitka, 2 – dla pary ciernych płaszczka – nitka

Z rysunku 3 wynika, iż ze wzrostem napięcia nitki  $F_0$  przed barierą cierną zmniejsza się degresywnie wartość umownego współczynnika tarcia  $\mu$ . Występują także różnice w wartości współczynnika tarcia na igle i płaszczce. Wartości  $\mu$  dla pary ciernych igła – nitka są mniejsze niż dla pary ciernych płaszczka – nitka.

## 2.2. Badania symulacyjne procesu dziania

Identyfikacji warunków procesu dziania dokonano na podstawie obszernych badań symulacyjnych w oparciu o model opisany w pracy [7]. W niniejszej pracy został on rozszerzony o możliwość modelowania podczas stałoodcinkowego (pozytywnego) podawania nitki.

Model ten pozwala na określenie dynamicznych sił w nitkach w strefie dziania, długości wrabianej nitki oraz długości nitki zwalnianej przez igły wynoszone (rezerwy nitki w strefie igieł wynoszonych) w funkcji parametrów mechanicznych nitki, parametrów geometrycznych strefy dziania oraz parametrów technologicznych procesu dziania. Na rysunku 4 przedstawiono ogólną strukturę algorytmu modelu procesu dziania.

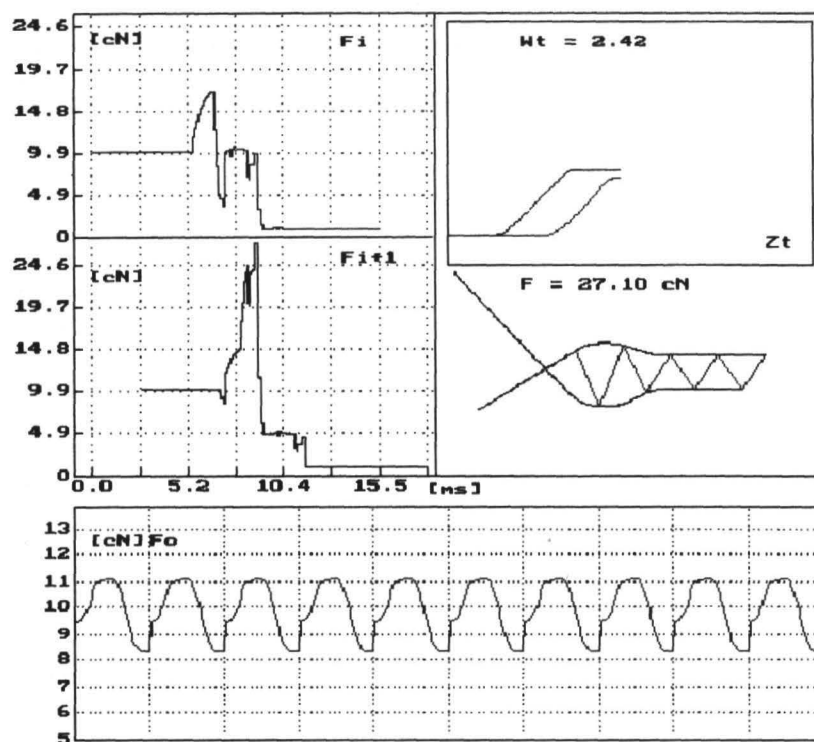


Rys. 4. Ogólna struktura algorytmu procesu dziania

Główną osią obliczeń czasowego przebiegu sił w nitkach i długości wrabianej nitki jest rozpatrywanie warunków równowagi wrabianej nitki na poszczególnych barierach ciernych, po przesunięciu cylindra o wartość  $\Delta x$ . Przy czym następuje obliczanie długości zapotrzebowania na nitkę w strefie igieł spychanych i rezerwy nitki w obszarze igieł wynoszonych. Bilans geometryczny wymienionych wyżej długości dla obszaru ruchu zwrotnego nitki tworzy podstawy do obliczeń długości wrabianej nitki.

Badania symulacyjne przeprowadzono dla stałej wartości napięć wstępnych  $F_0 = 10$  cN, siły odbioru  $F_A = 3$  cN, podziałki uiglenia  $t = 1,81$  mm. Wartości głębokości spychania  $z$  i współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_k$  zmieniano w takim zakresie, aby wartość podziałkowego współczynnika wrobień  $W_t = l/t$  (gdzie  $l$  – długość nitki w oczku) zawierała się w przedziale  $W_t = 2.0 \div 4.2$ .

Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe wyniki symulacji komputerowej procesu dziania dla kształtki o ograniczonej wysokości wynoszenia igieł dla stałoodcinkowego podawania nitki.



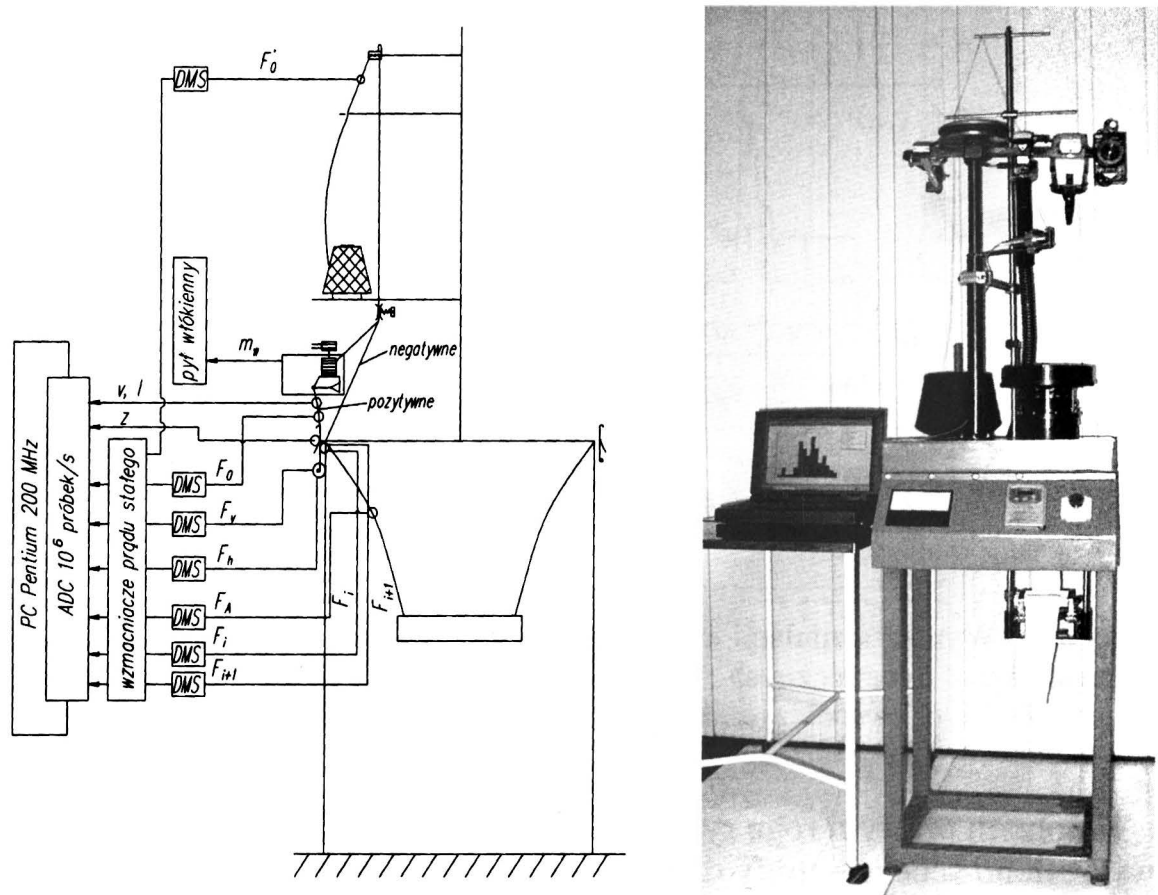
Rys. 5. Wyniki symulacji cyfrowej procesu dziania w postaci przebiegu czasowego dynamicznych sił w nitkach oraz krzywych narastania podziałowego współczynnika wrobień dla poszczególnych odcinków formowanego oczka dla strefy typu Relanit

W dolnym prawym rogu rysunku 5, nad wykresem zmian napięć wstępnych  $F_0$  wykreślono schemat strefy dziania, dla której w lewej części rysunku wykreślono czasowe przebiegi sił w nitkach. Górny przebieg odnosi się do wartości sił w nitkach po prawej stronie płaszczyki  $F_{(i)}$ , tzn. dla odcinków nieparzystych, a dolny przebieg do wartości sił po lewej stronie płaszczyki, czyli dla odcinków parzystych  $F_{(i+1)}$ . Podziałka osi odciętych odpowiada przesunięciu cylindra o jedną podziałkę uiglenia. Maksymalna wartość sił w nitkach w strefie dziania w cyklu formowania oczka jest wydrukowana nad rysunkiem strefy dziania. Krzywe teoretyczne narastania wartości podziałkowego współczynnika wrobień  $W_t = 1/t$  (górny prawy róg) informują o długości nitki przeciągniętej z nawoju do poszczególnych odcinków nitki ( $i$ ) oraz ( $i + 1$ ) zawieszonych na igle spychanej. Poziome odcinki wykresu wskazują na występowanie zjawiska przeciągania zwrotnego, które całkowicie rekompensuje zapotrzebowanie nitki dla odcinka znajdującego się na igle spychanej. Suma wartości długości nitki przeciągniętej z nawoju do poszczególnych odcinków w punkcie maksymalnej głębokości spychania w relacji do podziałki uiglenia odpowiada wartości podziałkowego współczynnika wrobień  $W_t$ , którego wartość wydrukowano w górnej części rysunku.



### 2.3. Badania eksperymentalne

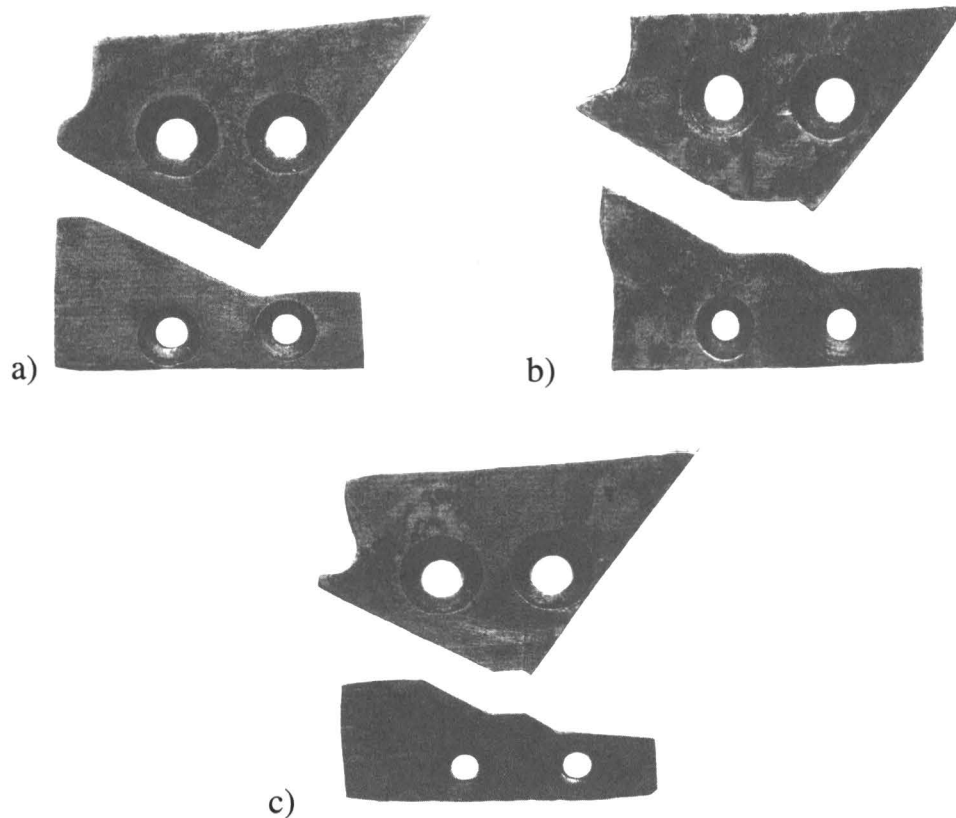
Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone na komputerowej szydełkarce pomiarowej z klasyczną strefą dziania przedstawionej na rysunku 6. Na szydełkarce tej możliwy jest pomiar m.in. dynamicznych sił w nitkach w strefie dziania oraz długości wrabianej nitki [8, 9].



Rys. 6. Ogólny widok komputerowej szydełkarki pomiarowej  
DMS – tensometry oporowe, ADC – przetwornik analogowo-cyfrowy

Badania eksperymentalne służyły przede wszystkim weryfikacji badań symulacyjnych obciążeń nitki w strefie dziania oraz wpływu napięcia wstępnego na długość nitki w oczku. Wykonano je dla zarysów kształtek gwarantujących ciągłe (rys. 7a), kontrolowane (rys. 7b) i nieciągłe przeciągnięcie zwrotne (rys. 7c).



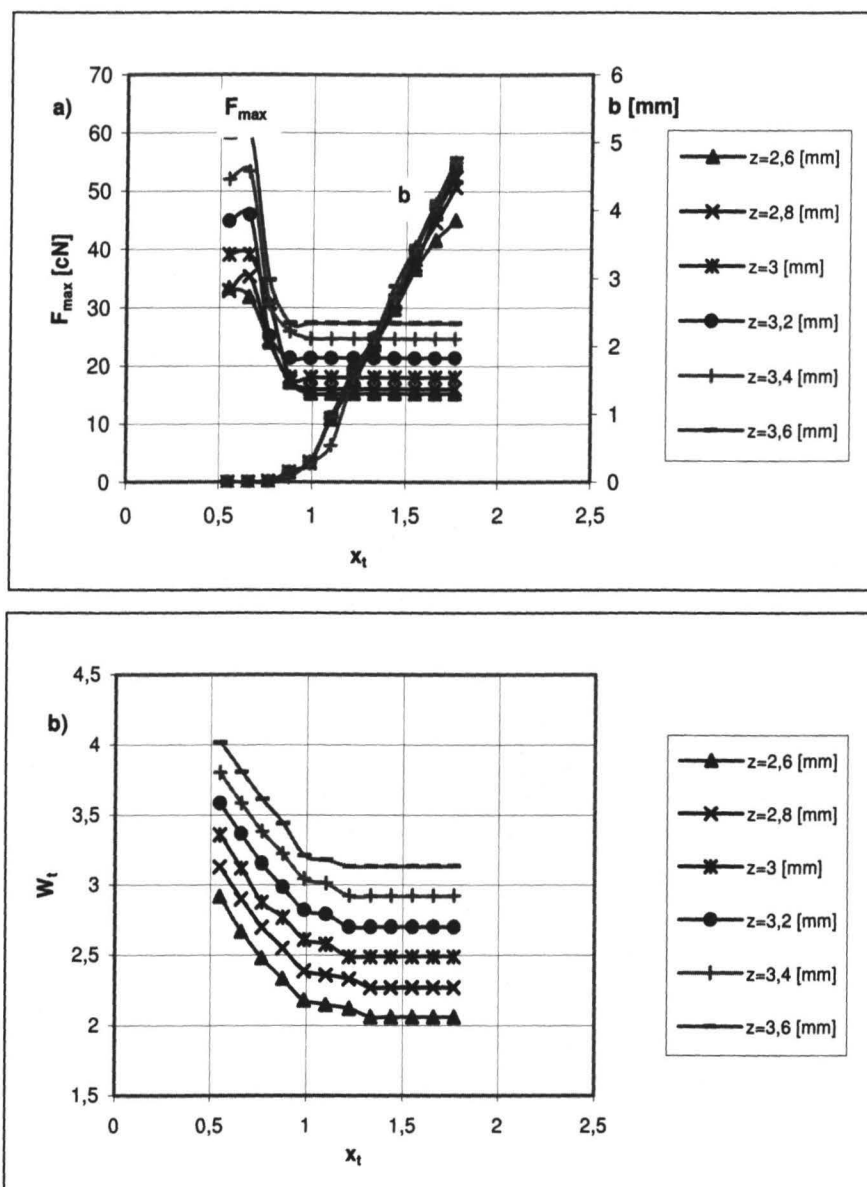


Rys. 7. Zarysy kształtek gwarantujących: a) ciągle przeciąganie zwrotne, b) kontrolowane przeciąganie zwrotne, c) nieciągle przeciąganie zwrotne

Kształtki te zostały zaprojektowane i wykonane na podstawie wyników badań symulacyjnych procesu dziania, dzięki którym możliwe było określenie ich parametrów konstrukcyjnych.

## 2.4. Analiza wyników badań symulacyjnych

Na rysunku 8 przedstawiono wyniki symulacji komputerowych procesu dziania dla wybranego zarysu kształtki typu Relanit. Przeprowadzone badania wskazują na możliwość realizacji procesu dziania w warunkach kontrolowanego przeciągania zwrotnego nitki w strefie dziania oraz możliwość optymalizacji zarysów kształtek w strefie dziania z punktu widzenia minimalnych obciążeń nitki podczas formowania oczka. Na podstawie wyników badań symulacyjnych zostały określone optymalne warunki procesu dziania, które zachodzą podczas kontrolowanego przeciągania zwrotnego nitki.



Rys. 8. a) Związek między wartością współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_t$  ( $x_t = x_k/t$ ), a maksymalną siłą w nitce  $F_{max}$  i rezerwą nitki w obszarze igieł wynoszonych  $b$ , b) Związek między wartością współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_t$ , a podziałkowym współczynnikiem wrobień  $W_t$ . Warunki badań: kształtka  $50/0^\circ - 0,45/30^\circ - x_k/0^\circ$  – dla drogi igieł;  $35/0^\circ - 0,45/19^\circ - x_{kp}/0^\circ$  – dla drogi płaszczek;  $R_t = 0,25$ ;  $F_0 = 10$  cN

Na podstawie szczegółowej analizy zjawiska przeciągania zwrotnego, dokonanej w oparciu o symulacje komputerowe procesu dziania, można wyróżnić trzy rodzaje przeciągania zwrotnego: ciągłe, nieciągłe i kontrolowane przeciąganie zwrotne.

Ciągłe przeciąganie zwrotne charakteryzuje się występowaniem rezerwy nitki w strefie igieł wynoszonych po zakończeniu cyklu formowania oczka, na skutek ciągłego zwalniania nitki przez igły wynoszone do igły spychanej. W wyniku tego siły w nitkach w strefie dziania osiągają wartości minimalne. W warunkach nieciągłego przeciągania zwrotnego następuje ponowne przeciąganie nitki z nawoju do igły spychanej pod koniec cyklu formowania oczka.

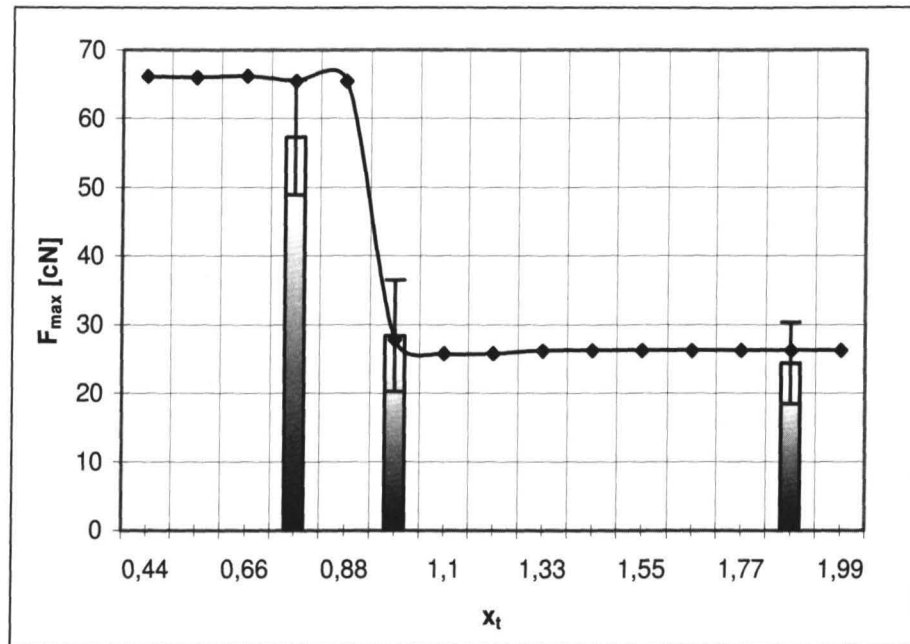
Przyczyną nieciągłości zjawiska przeciągania zwrotnego jest wyczerpanie rezerwy nitki na igle uprzednio wynoszonej i znajdującej się poza punktem maksymalnej głębokości spychania. Wynikiem tego jest znaczny wzrost sił w nitkach w strefie dziania. Przy czym obciążenia nitek w strefie dziania w tym przypadku są ok. 2 do 2,5 razy większe niż podczas ciągłego przeciągania zwrotnego. Możliwością występowania nieciągłego zjawiska przeciągania zwrotnego nitki w strefie dziania charakteryzują się kształtki z ograniczoną wysokością wynoszenia igieł [10].

Kontrolowane przeciąganie zwrotne występuje na granicy ciągłego i nieciągłego przeciągania zwrotnego. Cechą charakterystyczną tego zjawiska jest to, iż pod koniec cyklu formowania oczka długość zwalnianej nitki (rezerwa nitki) w strefie igieł wynoszonych dąży do zera, bądź jest równa zero. Obciążenia nitek w strefie dziania kształtują się natomiast na poziomie wartości minimalnych, tych ze strefy ciągłego przeciągania zwrotnego. Z rysunku 8 wynika, że warunki kontrolowanego przeciągania zwrotnego dla zarysu kształtki Relanit występują dla współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_k = 1t$ , warunki ciągłego przeciągania zwrotnego dla  $x_k > 1t$ , a warunki nieciągłego przeciągania zwrotnego dla  $x_k < 1t$ .

Obszerne badania symulacyjne wskazują, iż w zależności od profilu kształtki oraz głębokości spychania igieł  $z$ , optymalne warunki procesu dziania zachodzą dla współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_k$  z zakresu od  $1t \div 1,8t$ . Biorąc pod uwagę zależności podziałkowego wsp. wrobień od numeru uiglenia szydełkarki [7], otrzymane wyniki można uogólnić do szydełek o różnych numerach uiglenia.

## **2.5. Analiza wyników badań eksperymentalnych obciążeń nitek w strefie dziania**

Na rysunku 9 zestawiono wyniki pomierzonych na szydełkarce (wykres słupkowy) oraz wyznaczonych podczas symulacji komputerowych (linia ciągła) maksymalnych dynamicznych sił w nitkach w strefie dziania dla różnych wartości głębokości spychania igieł.

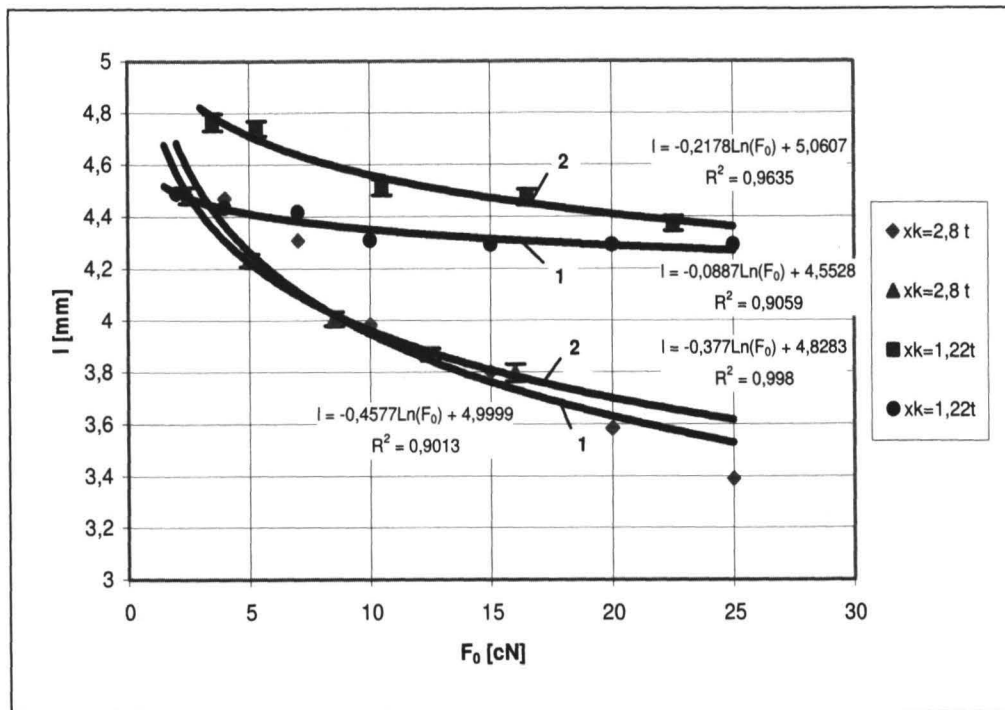


Rys. 9. Obliczone i pomierzone maksymalne wartości sił w nitkach w strefie dziania w cN w zależności od wartości współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_t$ . Parametry procesu dziania:  $F_0 = 10$  cN,  $F_A = 3$  cN,  $z = 2,4$  mm

Badania eksperymentalne obciążeń nitek w strefie dziania (rys. 9) w pełni potwierdzają wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych dla wybranych zarysów kształtek na szydełkarce z klasyczną strefą dziania. Zgodnie z oczekiwaniem wartości sił w nitkach w przypadku nieciągłego przeciągania zwrotnego (dla  $x_k = 0,77t$ ) są około dwukrotnie wyższe niż w warunkach ciągłego przeciągania zwrotnego (dla  $x_k = 1,88t$ ). Dla współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_k = 1t$  (kontrolowane przeciąganie zwrotne) wartości sił w nitkach w strefie dziania są stosunkowo niskie i odpowiadają tym ze strefy ciągłego przeciągania zwrotnego. Badania eksperymentalne wykonane dla przędzy poliestrowej pokazały, że również dla tego typu przędzy charakter przedstawionych wyżej zależności został zachowany. Przy czym wartości obciążeń nitek w tym przypadku są nieco mniejsze niż dla przędzy bawełnianej.

## 2.6. Analiza wyników badań wrażliwości długości wrabianej nitki na zmianę napięcia wstępnego przy stałonapięciowym podawaniu

Badania te umożliwiły określenie wrażliwości długości wrabianej nitki na zmianę napięcia wstępnego przy stałonapięciowym podawaniu nitki, co jest szczególnie ważne w przypadku wytwarzania wyrobów odpasowanych ze względu na powtarzalność wymiarów tych wyrobów.



Rys. 10. Wpływ napięcia wstępnego na długość nitki w oczku (dla klasycznej strefy dziania). Parametry procesu dziania:  $F_A = 3$  cN,  $z = 2,4$  mm  
1 – krzywa symulacyjna, 2 – krzywa eksperymentalna

Z rysunku 10 wynika, że w warunkach ciągłego przeciągania zwrotnego (dla  $x_k = 2,8t$ ) przy stałonapięciowym podawaniu występuje duża wrażliwość długości wrabianej nitki na zmianę jej napięcia wstępnego. Przy czym większa intensywność wpływu napięcia wstępnego występuje dla mniejszych jego wartości. Z przeprowadzonych badań zarówno symulacyjnych (krzywa 1) jak i eksperymentalnych (krzywa 2) wynika, że podczas kontrolowanego przeciągania zwrotnego (czyli dla  $x_k = 1,22t$ ) wpływ napięcia wstępnego na długość nitki w oczku jest minimalny [11]. Z powodzeniem, więc można stosować zarysy kształtek gwarantujących kontrolowane przeciąganie zwrotne na szydełkarkach do wytwarzania wyrobów odpasowanych, gdyż pozwalają one zapewnić zgodność wymiarów zaprojektowanych wyrobów z wymiarami wyrobów wytworzonych.

Badania przeprowadzone w pracy pozwoliły zidentyfikować korzystne warunki formowania oczek na szydełkarkach. Uzyskane wyniki badań powinny stanowić wytyczne dla konstruktorów kształtek z punktu widzenia szczegółowych kryteriów optymalizacyjnych procesu dziania.

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Opracowany w Katedrze Technologii i Budowy Wyrobów Dzielarskich model procesu dziania dla stałonapięciowego podawania nitki uzupełniony został o możliwość symulacji przy stałoodcinkowym podawaniu nitki.

- Umożliwia on zdefiniowanie optymalnych warunków procesu dziania dla różnych wartości parametrów geometrycznych kształtek, parametrów technologicznych procesu dziania oraz parametrów nitki.
2. Zaprojektowany i wykonany komputerowy system pomiaru i analizy współtarcia nitki o bariery cierne stosowane na maszynach włókienniczych pozwala na automatyczną regulację napięcia wstępnego, przy czym zmiana napięcia sterowana jest komputerowo. Opracowana metoda umożliwia określenie współczynnika tarcia nitki o bariery cierne dla szerokiego zakresu napięcia wstępnego. Układ pomiarowy umożliwia precyzyjne wyznaczenie wartości współczynnika tarcia w funkcji napięcia wstępnego  $\mu = f(F_0)$ , wartości siły przed  $F_0 = f(t)$  i za barierą cierną  $F_1 = f(t)$  w funkcji czasu oraz wartości siły za barierą w funkcji siły przed barierą cierną  $F_1 = f(F_0)$ .
  3. Badania symulacyjne i eksperymentalne wskazują, że kształtki z ograniczoną wysokością wynoszenia igieł charakteryzują się możliwością występowania nieciągłego zjawiska przeciągania zwrotnego nitki w strefie dziania. Przy czym obciążenia nitek w strefie dziania w tym przypadku w zależności od rodzaju kształtki i głębokości spychania są ok. 2,2 do 3 razy większe niż podczas ciągłego przeciągania zwrotnego. Wobec czego nieciągłe przeciąganie zwrotne jest zjawiskiem niekorzystnym.
  4. Na podstawie badań symulacyjnych procesu dziania określono dotąd nieznaną z literatury związek między wartością współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł w strefie dziania a wartością podziałkowego współczynnika wrobień. Wzrost współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł w strefie dziania dla kształtek liniowych i nieliniowych powoduje ubytek podziałkowego współczynnika wrobień  $W_t$  do wartości ustalonej, określonej zasięgiem przeciągania zwrotnego nitki, który dla stałych parametrów technologicznych nie zmienia się wraz ze wzrostem parametru  $x_k$ .
  5. Badania symulacyjne oraz eksperymentalne wskazują na możliwość realizacji procesu dziania w warunkach kontrolowanego przeciągania zwrotnego nitki. Określenie warunków gwarantujących kontrolowane przeciąganie zwrotne nitki możliwe jest poprzez identyfikację warunków procesu dziania na granicy ciągłego i nieciągłego przeciągania zwrotnego.
  6. Na podstawie obszernych badań symulacyjnych zdefiniowano parametry konstrukcyjne optymalnych zarysów kształtek w strefie dziania. Optymalizacja zarysów kształtek w niniejszej pracy wykorzystuje zalety kontrolowanego przeciągania zwrotnego, a mianowicie niskie obciążenia nitek w strefie dziania, zapewniając jednocześnie minimalny wpływ parametrów technologicznych na długość przędzy w oczku. Zalety kontrolowanego przeciągania zwrotnego ujawniają się dla asortymentu dzianin wytwarzanych przy stałocięciowym podawaniu nitki. Jest to szczególnie przydatne przy produkcji wyrobów odpasowanych.

7. Przeprowadzone badania umożliwiły po raz pierwszy określenie wartości parametru  $x_k$ , czyli współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł w strefie dziania w zależności od numeru uiglenia maszyny w warunkach kontrolowanego przeciągania zwrotnego. Dla wartości kąta wynoszenia igieł  $\beta$  zmieniającego się w zakresie od  $16^\circ$  do  $50^\circ$  wartość współrzędnej poziomej punktu wynoszenia igieł  $x_k$  charakteryzującej optymalne warunki procesu dziania zawiera się odpowiednio w przedziale od 1,8t do 1t, przy czym im wyższe numery uiglenia szydełkarki tym wartości  $x_k$  powinny być większe, aby zapewnić efekt kontrolowanego przeciągania zwrotnego.
8. Badania symulacyjne i eksperymentalne w pełni potwierdzają przyjętą tezę, iż kontrolowane przeciąganie zwrotne zapewnia niskie obciążenia nitek w strefie dziania oraz mniejszą wrażliwość długości wrabianej nitki na zmianę napięcia wstępnego niż w warunkach ciągłego przeciągania zwrotnego, przy nieograniczonym wynoszeniu igieł w strefie dziania, przy tych samych wartościach kątów spychania i wynoszenia igieł.

## LITERATURA

- [1] **Dalidowicz A.C.:** Основы теории вязания, Москва 1948.
- [2] **Knapton I.F., Munden D.L.:** A Study of the Mechanism of Loop Formation on Weft-Knitting Machinery, Tex. Res. J. 12 (1966), s. 1072-1080.
- [3] **Knapton I.F., Munden D.L.:** A Study of the Mechanism of Loop Formation on Weft-Knitting Machinery, Tex. Res. J. 12 (1966), s. 1081-1091.
- [4] **Lawson I.:** The Art of Knitting, Knitted Outerwear Times, New York 6 (1969), s. 42-45.
- [5] **Kowalski K.:** Einfluss der technologischen Parameter und der Schlosskurve in der Strickzone auf die Fadenzukunft und die Maschenlänge, Dissertation. TH, Karl Marx-Stadt 1978.
- [6] **Kłonowska M., Kowalski K.:** Computer system of measurement and analysis of friction coefficient with automatic initial tension control, IX Conference of Faculty of Engineering and Marketing of Textile, Łódź 2006.
- [7] **Kowalski K.:** Identyfikacja dynamicznych sił w nitkach na szydełkarkach na podstawie symulacji komputerowej i cyfrowej techniki pomiarowej, Politechnika Łódzka, Zeszyty naukowe nr 613, Rozprawy naukowe z. 147, Łódź 1991.
- [8] **Kowalski K., Kapusta H.:** Zintegrowana metoda oceny procesu dziania i przędzy, Projekt badawczy nr 7 T08E 01916, Łódź 2001.
- [9] **Kowalski K., Kapusta H., Kłonowska M.:** Measuring computer weft-knitting machine as a tester of knitting process and yarn, 3rd AUTEX Conference. World Textile Conference, Book 2, Łódź 2003.
- [10] **Kłonowska M., Kowalski K.:** Assessment of Knitting Conditions at States of Discontinuous Robbing Back in the Knitting Zone on Weft-Knitting Machines, Fibres & Textiles in Eastern Europe, No 3 (38), 2002, s. 50-52.
- [11] **Kłonowska M., Kowalski K.:** Optimising Knitting Process Conditions on the Basis of Controlled Robbing-Back of Yarn, Fibres & Textiles in Eastern Europe, No 1 (55), 2006, s. 47-51.



## **IDENTIFICATION OF KNITTING PROCESS CONDITIONS ON THE BASIS OF CONTROLLED ROBBING-BACK OF THREAD**

### **Summary**

Identification of knitting process conditions has been performed on the base of knitting process computer model, during controlled robbing back of thread in the knitting zone on weft-knitting machines. The research was made for linear and non-linear cams with limited needle ascending height in the knitting zone for classical knitting technique as well as Relanit knitting technique. Experimental verification of research results has been made on measuring computer weft-knitting machine, concerning threads loading in the knitting zone and sensitivity of knitted-in thread's length to initial tensions change. Construction parameters of optimal cams contours were defined for classical knitting zone and Relanit knitting zone.

Department of Knitting Technology  
and Structure of Knitted Products  
Technical University of Łódź