

ADAM KABZIŃSKI

**Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów
Politechnika Łódzka**

KINETYKA FORMOWANIA STRUKTUR TKANYCH NA KROŚNIE ROTACYJNYM

Promotor: **prof. dr hab. inż. Józef Masajtis**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Janusz Szosland**
prof. dr hab. inż. Józef Wojnarowski

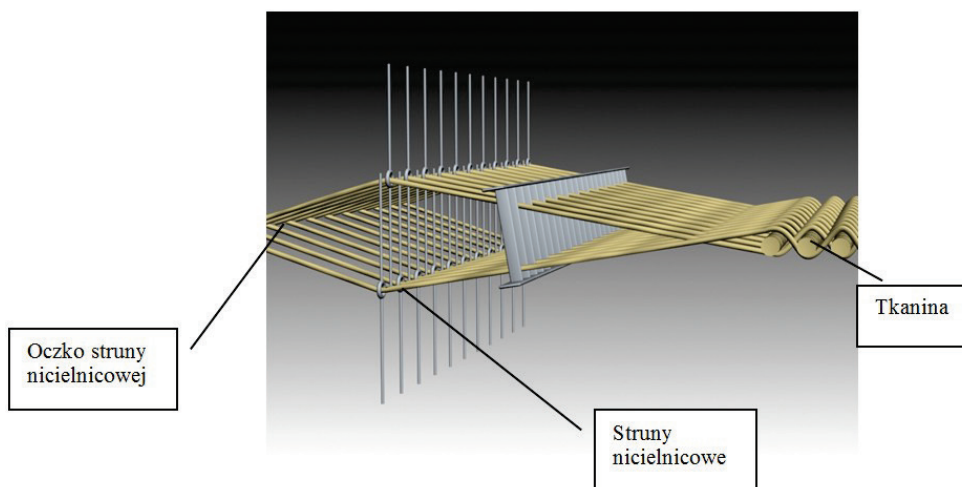
Referat stanowi streszczenie rozprawy doktorskiej pt. Kinetyka formowania struktur tkanych na krośnie rotacyjnym. W rozprawie postawiono tezę, iż rotacyjne formowanie struktur tkanych znacząco zmienia warunki tkania, w tym obciążenia dynamiczne nitek osnowy. Celem pracy było poszerzenie wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat zjawisk, możliwości oraz ograniczeń tkania na krośnie rotacyjnym. W pracy można wyróżnić trzy kluczowe części. Są to: teoretyczna analiza formowania przesmyku, bezpośrednie porównanie warunków tkania na krośnie rotacyjnym i klasycznym oraz określenie wpływu parametrów nastawczych krosna na zmienność podziałki wątku.

Praca oraz prowadzone badania miały charakter pionierski, gdyż dostępna wiedza i występujące zjawiska są nieznane lub znane w niewielkim stopniu. Mimo to udało się zrealizować postawiony cel. Ponadto odkryto wiele ciekawych zjawisk, z których najistotniejsze jest podwójne dobicie wątku, występujące jedynie na krośnie rotacyjnym. Udowodniono, iż formowanie struktur tkanych na krośnie rotacyjnym znacząco zmienia warunki tkania, w tym obciążenia dynamiczne nitek osnowy. Dzięki tej pracy odkryto ciekawy, nowy i bardzo szeroki obszar badawczy.

1. WSTĘP

W dzisiejszych urządzeniach tkających wykorzystywana jest zasada znana od tysiącleci. Polega ona na formowaniu przesmyku poprzez agresywne rozciągnięcie nitek osnowy oraz intensywne dobicie wprowadzonego wątku przez płochę (rys. 1). W tym czasie nitka osnowy napotyka bariery cierne, jest wielokrotnie zginana i rozciągana.

W nowoczesnych krosnach, mimo stosowanych wielu udoskonaleń, nie wyeliminowano całkowicie obciążeń dynamicznych osnowy podczas tkania. Jest ona nadal narażona na destrukcyjne działanie tarcia, rozciągania, zginania i ścinania. Czynniki te wprowadzają znaczne ograniczenia dla stosowanych przędz. Np. nie jest możliwe wykorzystanie do tkania na skalę przemysłową nitek o bardzo rozbudowanej powierzchni lub wyrobów liniowych o niskiej wytrzymałości, jakim przykładowo jest niedoprzęd. Spowodowało to, że przędze osnowowe muszą charakteryzować się wytrzymałościami koniecznymi dla przetrwania samego procesu tkania.



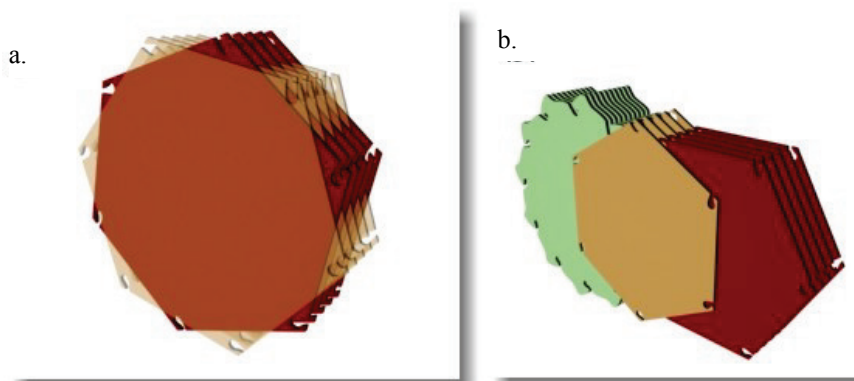
Rys. 1. Sposób formowania przesmyku w krośnie klasycznym [1]

Efektom poszukiwań rozwiązania dla powyżej wymienionych problemów jest krosno rotacyjne autorstwa Prof. J. Szoslanda. Idea krosna rotacyjnego w prosty sposób eliminuje wiele niedoskonałości klasycznej technologii tkania, szczególnie w obszarze osnowy. Odmienny sposób formowania przesmyku oraz zagęszczania wątku powoduje zupełnie nowe, nieznane warunki dla nitek osnowy. Podczas zagęszczania tkaniny oraz formowania przesmyków, za sprawą różnic prędkości wału tkającego i osnowy (poślizg) oraz działania tarcz zagęszczających, występują nieokreślone i niebadane dotąd zjawiska. Technologia ta, będąca w fazie testów, nadal zawiera obszary niezbadane. Tym samym konieczne stało się zdefiniowanie oraz scharakteryzowanie zjawisk jakie zachodzą podczas takiego tkania.

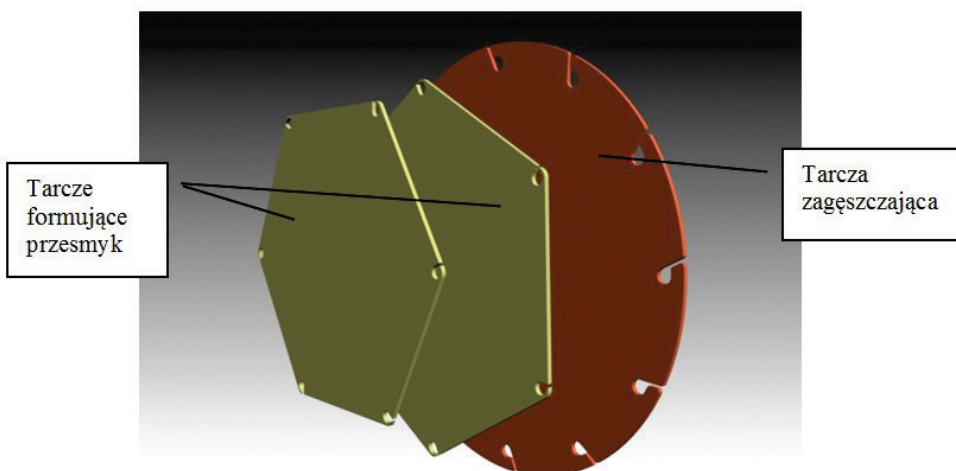
2. ROTACYJNE FORMOWANIE TKANIN – INNOWACYJNOŚĆ METODY

W przeszłości wielokrotnie podejmowano próby zmiany warunków tkania. Konstrukcją, która realizowała ideę tkania przy zastosowaniu obrotowego bębna w sposób najbardziej dojrzały było krosno M8300 Sulzera. Sulzer, podobnie jak inni podejmujący próbę stworzenia krosna rotacyjnego, dążył do wykreowania alternatywnego rozwiązania do krosien klasycznych. Skupiano się na osiągnięciu równych bądź lepszych wydajności przy mniejszym zużyciu energii. W przypadku wcześniej istniejących krosien rotacyjnych celem była produkcja tkanin takich samych, jakie wówczas produkowano. Zupełnie pominięto aspekt możliwości otwierających się przed tkactwem w chwili, kiedy dzięki zmianie warunków tkania znikają bądź zmniejszają się obciążenia dynamiczne dla przędz, szczególnie osnowowych. Niewątpliwie wszystkie te prezentowane dotychczas technologie w istotny sposób zmieniały warunki formowania tkaniny. Niestety wiele z tych wynalazków pozostało w fazie testów samego prototypu lub w niewielkiej liczbie wyprodukowanych krosien, jak to miało miejsce w przypadku M8300 Sulzera.

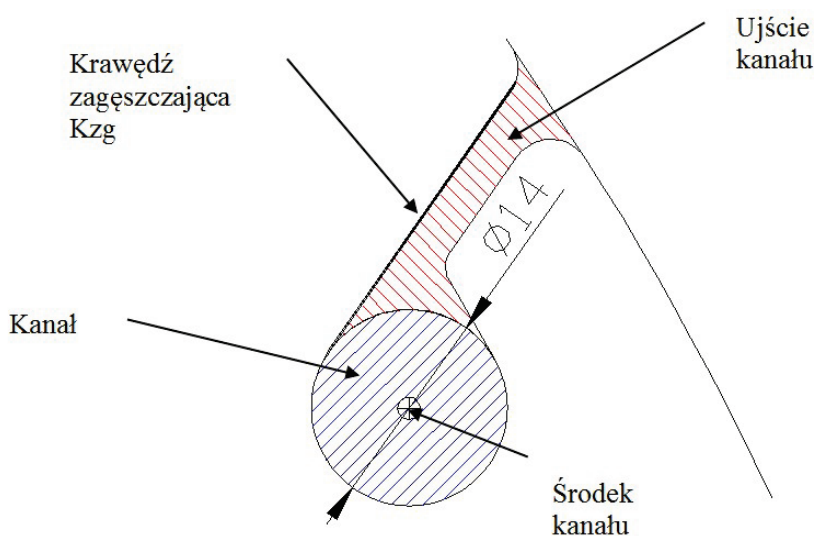
W latach 1999-2002 w ramach projektu nr 7 T08E 003 16 pod tytułem „Formowanie tkanin bez dynamicznych obciążeń osnowy” w Katedrze Tkactwa pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Szoslanda, prowadzono badania nad generalną zmianą dynamiki tkania [2]. Efektem prac jest model nowego krosna rotacyjnego, w którym funkcję nicielnicy i płochy przejął obrotowy wał tkający (rys. 2). Jest to element krosna najistotniejszy z punktu widzenia specyfiki tworzenia przesmyku i zagęszczania wątku. Składa się on z dwóch rodzajów tarcz, połączonych ze sobą współśrodkowo. Bardzo istotną częścią wału tkającego jest kanał służący do wprowadzania wątku, który powstaje z charakterystycznych wycięć tarcz tworzących przesmyk i tarcz zagęszczających (rys. 4).



Rys. 2. Moduł konstrukcyjny wału tkającego krosna rotacyjnego: a – tarcze tworzące przesmyki, b – schemat połączenia, tarcze rozsunięte [3]



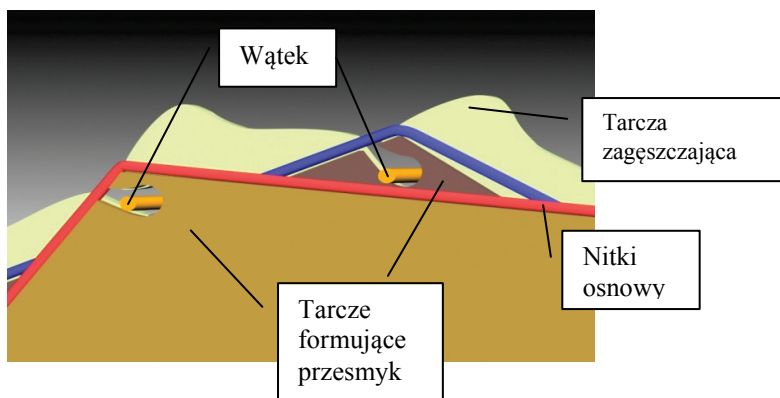
Rys. 3. Wał tkający z prototypu przemysłowego krosna rotacyjnego – przykładowy model wirtualny ułożenia tarcz



Rys. 4. Rysunek kształtu wycięcia tworzącego kanał w wale tkającym – schematyczny opis kanału i ujścia kanału. Kzg to krawędź zagęszczająca

Największą innowacją jaką niesie za sobą idea krosna rotacyjnego jest samo formowanie przesmyku. Przesmyk powstający na krośnie rotacyjnym ma kształt trójkątny (rys. 5). Nitki osnowy leżą na tarczach o kształcie wielokątów, zwanych tarczami formującymi przesmyk (rys. 2, rys. 3 i rys. 5). Tarcze te stanowią alternatywę dla nicielnic, które działają destrukcyjnie na nitki osnowy.

Przykładowy sposób ułożenia tarcz względem siebie prezentuje rys. 5. Taki typ przesmyku pozwala na stosowanie wyrobów liniowych o bardzo rozbudowanej powierzchni, choćby przędz fantastycznych czy odpadów liniowych, takich jak krajki pomocnicze [3][4]. Nie występują tutaj ograniczenia dla grubości i stopnia rozbudowania powierzchni przędzy osnowowej. Ponadto mamy tutaj do czynienia z wieloma przesmykami otwartymi jednocześnie. Krosno rotacyjne umożliwia jednoczesne uformowanie kilku przesmyków (rys. 3) na opasywanym fragmencie wału tkającego, a ich liczba jest ograniczona jedynie kształtem samych tarcz i kątem opasania nitkami osnowy. Jest to ogromny postęp w stosunku do technologii klasycznej, w której w danym czasie otwarty może być tylko jeden przesmyk.



Rys. 5. Sposób formowania przesmyku w krośnie rotacyjnym. Trójwymiarowy model. Tarcza zagęszczająca o nieregularnym kształcie [3]

Wartą uwagi jest także sposób w jaki na krośnie rotacyjnym odbywa się zagęszczanie wątków. W tej technologii jest to realizowane za pomocą tarcz zagęszczających (rys. 2 i rys. 3). W odróżnieniu do płochy w krośnie klasycznym (rys. 1), która z impetem uderza w wątek, tarcza zagęszczająca jedynie w łagodny sposób dosuwa nitkę wątku do krawędzi tkaniny. Ten typ zagęszczania trwa dłużej niż w przypadku klasycznej płochy.

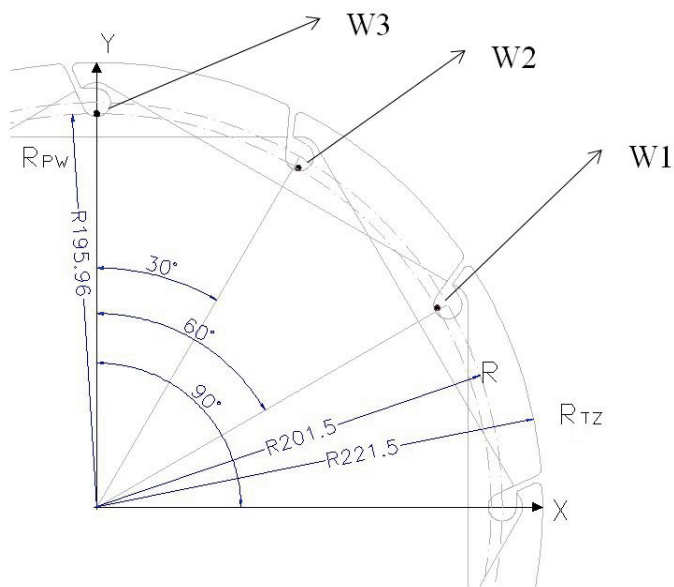
Krosno rotacyjne autorstwa prof. dr hab. Janusza Szoslanda jest koncepcją oryginalną w wymiarze światowym, czego dowodem są uzyskane liczne nagrody i wyróżnienia. „Urządzenie do formowania tkanin na bazie krosna rotacyjnego” zdobyło złoty medal na 53 Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik „Brussels Eureka’2004”. W 2005 r. – wyróżnienie festiwalowe "Łódzkie Eureka" przyznane przez Radę ds. Szkolnictwa Wyższego i Nauki przy Prezydencie Miasta Łodzi.

Od 2004 roku w Instytucie Architektury Tekstyliów pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Józefa Masajtisa kontynuowano prace badawcze w ramach projektu nr 3 T08E 043 26 pod tytułem „Rotacyjne wielopresmykowe formowanie

nowego asortymentu tkanin”. Skuteczna współpraca z COBR POLMATEX-CENARO w Łodzi zaowocowała wykonaniem jedyne na świecie prototypu wieloprzesmykowego krosna rotacyjnego. Tym samym możliwe stało się przeprowadzenie badań formowania tkaniny w warunkach rzeczywistych oraz weryfikacja możliwości samego urządzenia.

3. TEORETYCZNA ANALIZA WARUNKÓW TKANIA ROTACYJNEGO

Wykonana została teoretyczna analiza zagęszczania wątku na krośnie rotacyjnym. Analizę przeprowadzono na wirtualnym dwuwymiarowym modelu z odwzorowaniem kształtów i wymiarów prototypowego krosna rotacyjnego. Rys. 6 przedstawia układ współrzędnych kątowych wykorzystany w analizie. Tam właśnie obserwowane są najbardziej istotne i charakterystyczne zjawiska związane z formowaniem struktur tkanych na krośnie rotacyjnym. Wątki rozpatrywane w analizie oznaczono W1, W2 i W3 (rys. 6). Na układzie współrzędnych zaznaczono promień podziałowy kanałów R mierzony od początku osi współrzędnych do środka kanału, promień zewnętrzny tarcz zagęszczających RTZ oraz promień położenia wątku RPW, wyznaczający jego położenie w kanale w chwili wprowadzenia. Za punkt startowy w analizie przyjęto chwilę, kiedy do kanału jest wprowadzony wątek W3 (W1, W2 wprowadzone wcześniej), a środek tego kanału pokrywa się z pionową osią układu (Y). Przyjęto, że jest to początkowe położenie 0°.



Rys. 6. Schemat wycinka wału tkającego zastosowany w analizie

Rozpatrzono sytuację kiedy rozpoczyna się tkanie i wprowadzane jest do tkaniny sześć pierwszych wątków. Było to konieczne, gdyż geometria przesmyków zmienia się wraz z kolejnymi wątkami, aż do chwili ustabilizowania, kiedy to osiąga postać powtarzalną. W przedstawionej analizie wątek od chwili wprowadzenia do kanału, aż do chwili kiedy zyskuje kontakt z dolną nitką osnowy, znajduje się w najniższym punkcie kanału. Analizowano zachowanie wątków podczas obrotów wału od 0° do 90° . Przyjęto przyrost obrotu co 5° . Taki kąt obrotu wału tkającego pozwolił zademonstrować specyfikę rotacyjnego formowania tkaniny w sposób optymalny.

Podczas analizy odkryto tzw. podwójne dobicie, co stanowi unikalną cechę krosna rotacyjnego. Zjawisko to nie jest spotykane w krośnie klasycznym. Stwierdzono, że na krośnie rotacyjnym zagęszczanie wątków może odbywać się dwuetapowo, pierwszy raz krawędzią zagęszczającą, drugi raz krawędzią zewnętrzną tarczy zagęszczającej, kiedy to wątek po opuszczeniu ujścia kanału ponownie zbliża się do tarczy. Istnieje możliwość sterowania drugim dobiciem poprzez zmianę kąta odbioru tkaniny.

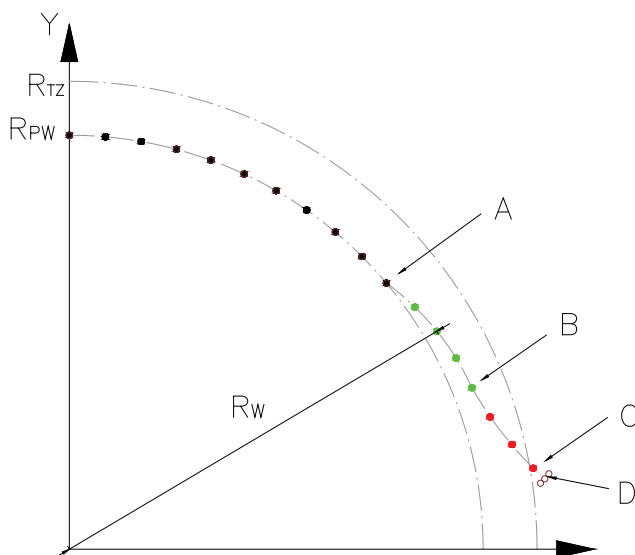
3.1. Przemieszczenie wątku podczas formowania tkaniny

Na rys. 7 wyznaczono drogę przemieszczenia wątku podczas formowania tkaniny na krośnie rotacyjnym. Przemieszczenie powstało poprzez nałożenie pozycji wątku przy obrocie co 5° . Rozpatrzono ruch wątku, dla którego warunki zagęszczania są już ustabilizowane. Początek układu współrzędnych pokrywa się z osią obrotu wału tkającego. Rys. 7 zawiera oznaczenia charakterystycznych punktów A, B i C, które oznaczają:

- A – kontakt nitki wątku z pierwszą nitką osnowy,
- B – kontakt nitki wątku z drugą nitką osnowy,
- C – opuszczenie kanału przez wątek, czyli zakończenie pierwszego dobicia.

Przemieszczenie osiowe wątku, od chwili wprowadzenia do kanału aż po zakończenie zagęszczania, określa chwilowa wartość promienia $R_w(t)$. Wątek w pierwszej fazie obrotu wału tkającego porusza się po okręgu o promieniu RPW ($R_w(t) = RPW$), aż do obrotu wału o około 57° (rys. 7, punkt A), kiedy to zyskuje kontakt z dolną gałęzią przesmyku ($R_w(t) > RPW$). Od tej chwili wątek jest unoszony, zmienia swój tor ruchu, oddalając się od promienia RPW , jaki wyznaczyło jego pierwotne położenie w kanale. Przy obrocie o około 67° zyskuje kontakt z górną gałęzią przesmyku (rys. 7, punkt B). Na wątek działa siła pochodząca od krawędzi zagęszczającej K_{zg} (rys. 4), która naciska na dolną gałąź przesmyku, co powoduje jej ugięcie. Od punktu B wątek jest intensywnie zagęszczany. Pomiedzy punktem A i C wątek oddala się niejednostajnie od osi obrotu wału. W tej strefie następuje przyrost długości promienia $R_w(t)$, który określa chwilowe położenie zagęszczanego wątku. Promień $R_w(t)$ mieści się w przedziale od RPW do RTZ i zwiększa się wraz z obrotem wału tkającego. Przyrost długości promienia $R_w(t)$ jest nieliniowy, co można zaobserwować na rysunku przemieszczenia. Po opuszczeniu ujścia kanału wątek jest

ponownie dobijany krawędzią tarczy. Możliwe położenia nitki wątku, osiągnięte po pierwszym etapie zagęszczania, zademonstrowano na rys. 7, punkt D.



Rys. 7. Przeszczenie wątku w krośnie rotacyjnym

Na rys. 7 (przeszczenia wątków) zaproponowano oznaczenie kolorów dla stref zagęszczania. Strefa zielona A => B to miejsce, gdzie wątek niezakleszczony nitkami osnowy jest swobodnie przemieszczany przez krawędź zagęszczającą tarcz. Występuje tutaj niewielkie tarcie pomiędzy wątkiem a dolną gałęzią przesmyku. Strefa czerwona B-C to miejsce intensywnego zagęszczania. Ponadto wątek jest z obu stron zakleszczony nitkami osnowy (przesmyk zamknięty), przez co może tu wystąpić duża, destrukcyjna siła tarcia pomiędzy nitkami.

3.2. Wnioski z analizy zagęszczania wątków na krośnie rotacyjnym:

- Na krośnie rotacyjnym zagęszczanie wątków może odbywać się dwuetapowo. Pierwszy raz wątek jest zagęszczany krawędzią zagęszczającą, drugi raz krawędzią zewnętrzną tarczy zagęszczającej. Istnieje możliwość sterowania drugim dobiciem poprzez położenie wałka rozpińki szerokościowej, czyli zmianę kąta odbioru tkaniny. Podwójne dobicie jest cechą osobliwą krosna rotacyjnego.
- W procesie zagęszczania wątku można wskazać trzy kluczowe punkty: kontakt wątku z dolną i górną krawędzią przesmyku oraz opuszczenie przez watek ujścia kanału. W tych punktach kąt działania krawędzi za-

gęszczającej Kzg na wątek przyjmuje wartości stałe, niezależnie od położenia wałka rozpinki szerokościowej.

- Na podstawie powyższych punktów można stwierdzić, że możliwe jest sterowanie (kontrolowanie) procesu zagęszczania wątku.

4. BEZPOŚREDNIE PORÓWNANIE WARUNKÓW TKANIA NA KROŚNIE ROTACYJNYM ORAZ KLASYCZNYM

W pracy wykonano bezpośrednie porównanie warunków tkania na krośnie klasycznym i rotacyjnym. Celem było uzyskanie podobnej struktury tkaniny i zbadanie wpływu warunków tkania na nitki osnowy. Dla zapewnienia obiektywnych warunków porównania zjawisk występujących w klasycznym i rotacyjnym formowaniu tkanin przyjęto podobny rodzaj tkaniny możliwy do tworzenia na obu urządzeniach. Wybrano ekstremalną strukturę tkaniny technicznej, którą można wykonać na krośnie klasycznym na granicy jego możliwości. Ze względu na konstrukcję wału tkającego krosna rotacyjnego przyjęto w obu tkaninach licznosc osnowy na poziomie 25 nitek/dm.

Na osnowę wybrano przędzę bawełnianą o masie liniowej 400tex, na wątek przędzę bawełnianą o masie liniowej 360tex. W tkaninie zastosowano splot płócienny. Licznosc osnowy 25 nitek/dm, licznosc wątku 100 nitek/dm. W obu krosnach zamontowano krzyżulec w tej samej odległości od osi przewału. Podczas tkania przyjęto ustawienia krosien jakie pozwalały formować tkaninę ze stabilną strukturą przy zachowaniu założonej podziałki wątku. Różnice budowy krosien spowodowały, iż zarówno napięcie wstępne osnow, jak i prędkość tkania były inne na obu urządzeniach.

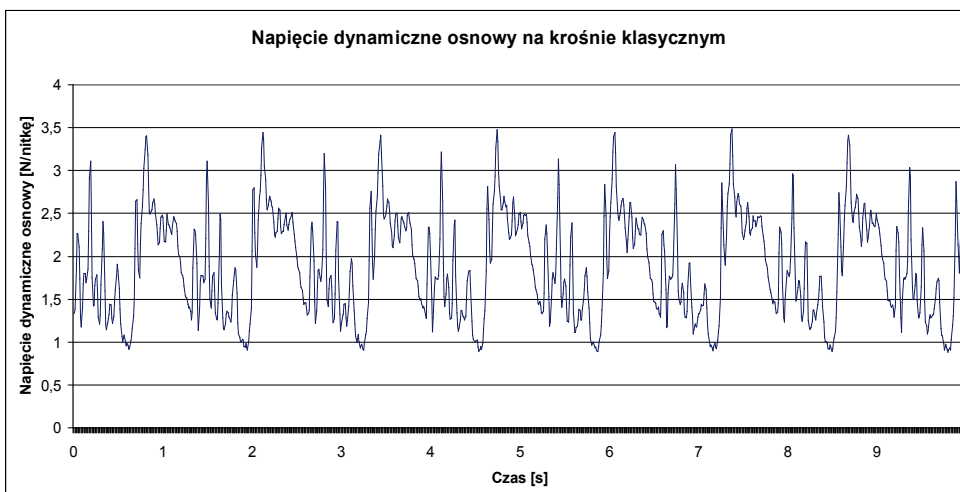


Rys. 8. Zdjęcie tkaniny wykonanej na krośnie rotacyjnym

Celem porównania destrukcyjnego wpływu działania mechanizmów obu krosien, zbadano siłę zrywającą zastosowanych nitek osnowy (wg normy PN-EN ISO 2062:2010) [5][6]. Formowanie przesmyku oraz dobicie powoduje, że na przędze działa intensywne ścieranie, zginanie, ściskanie i rozciąganie, przez co osnowa po tkaniu ulega degradacji. Wybrano siłę zrywającą jako parametr, który może pełnić funkcję oceny stopnia degradacji nitek osnowy.

Po wykonaniu podobnej tkaniny dwiema metodami (na krośnie klasycznym i krośnie rotacyjnym) siły zrywające przędz osnowowych uległy zmianom w stosunku do siły zrywającej nitki osnowy przed tkaniem. Jednakże dla osnów z obu krosien nie stwierdzono różnicy istotnej statystycznie. W porównaniu do średniej wartości siły zrywającej przed tkaniem, w obu przypadkach różnice są istotne.

Podczas wytwarzania tkaniny na obu krosnach wykonano pomiary napięcia dynamicznego osnowy [7]. Pomiar napięcia dynamicznego w obu przypadkach był prowadzony na nitkach jednej gałęzi przesmyku. W krośnie klasycznym (rys. 9) uwidacznia się to szczególnie w wartości maksymalnej siły po dobiciu, która ulega niewielkiej zmianie co drugi wątek. Wyższa wartość odpowiada górnemu położeniu osnowy w przesmyku. Za taki stan rzeczy jest odpowiedzialny zastosowany krzyżulec oraz niesymetryczny przesmyk.



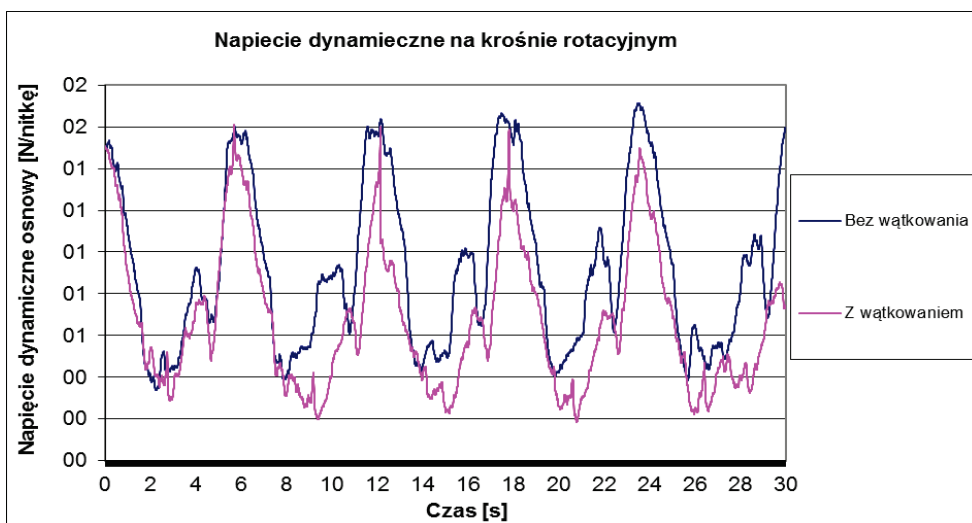
Rys. 9. Przebieg napięcia dynamicznego osnowy na krośnie klasycznym

Rys. 10 demonstruje napięcie dynamiczne nitek osnowy podczas tkania na krośnie rotacyjnym podczas tkania z wątkowaniem i bez. Widoczny tu jest przebieg napięcia osnowy podczas tkania. Jest to rzeczywista postać przebiegu uwzględniająca takie zjawiska jak poślizg nitek osnowy na wale tkającym i przewale, tarcie oraz sprężystość osnowy. Analiza przebiegów oraz obserwacja procesu tkania pozwala jedynie postawić hipotezę, że pierwszy etap dobicia (do-

bicie krawędzią zagęszczającą) wątku ma miejsce w chwili pełnego otwarcia nowo powstającego przesmyku. Na rys. 10 jest to punkt maksymalny. Następnie napięcie osnowy gwałtownie spada. Drugi etap dobiecia może pojawiać się podczas kolejnego wzrostu napięcia. W procesie formowania tkaniny, a szczególnie w strefie otwartych przesmyków obserwujemy złożoność ruchów i napięć nitek osnowy. Pomimo odkrycia ekstremów na uzyskanym przebiegu napięć, nie można ich wyjaśnić i wskazać jednoznacznie chwilę dobiecia wątku. Zjawiska towarzyszące dobieciu nie są zidentyfikowane i stanowią obiekt do dalszych, bardziej szczegółowych badań. Planując takie badania, należy brać pod uwagę wpływ parametrów pracy krosna na te zjawiska, szczególnie prędkości wątkowania.

Dla celów porównawczych wykonano na krośnie pomiar napięcia dynamicznego osnowy także dla procesu bez wątkowania. Pomiaru dokonano na takich samych ustawieniach krosna, tych samych nitkach osnowy i po czasie 10 minut pracy krosna bez wątkowania (wątek usunięto z podajnika). Krosno nie było zatrzymywane przed pomiarem, pracowało w trybie ciągłym.

Pomiar taki miał umożliwić ocenę zmiany przebiegu napięcia osnowy podczas tkania z wątkowaniem i bez. Charakter przebiegu napięcia bez wątkowania nie odbiega znacząco od przebiegu z wątkowaniem. Dla tkania bez wątkowania maksima są dłuższe i nie mają wyraźnie zaznaczonej jednej dominującej wartości. Podczas wzrostu napięcia nitek osnowy nie ma gwałtownego skoku i napięcie rośnie do wartości krytycznej dla mechanizmu zasilania. Natomiast w przypadku tkania z wątkowaniem maksima są impulsowe.



Rys. 10. Przebiegi napięcia dynamicznego na krośnie rotacyjnym podczas tkania z wątkowaniem i bez wątkowania

Poszukując wyjaśnienia dla przedstawionych graficznych wyników napięcia dynamicznego osnowy w krośnie rotacyjnym, należy wskazać podobieństwo do charakteru przyrostu długości tylnej gałęzi przesmyku podczas jego formowania. Temat ten szerzej został opisany w rozdziale 5.4 rozprawy doktorskiej. Można stwierdzić, że zagęszczanie w krośnie rotacyjnym nie wywołuje gwałtownego wzrostu napięcia, jak to ma miejsce w krośnie klasycznym, ponadto sam charakter przebiegu napięć może pochodzić od geometrii tylnej gałęzi przesmyku.

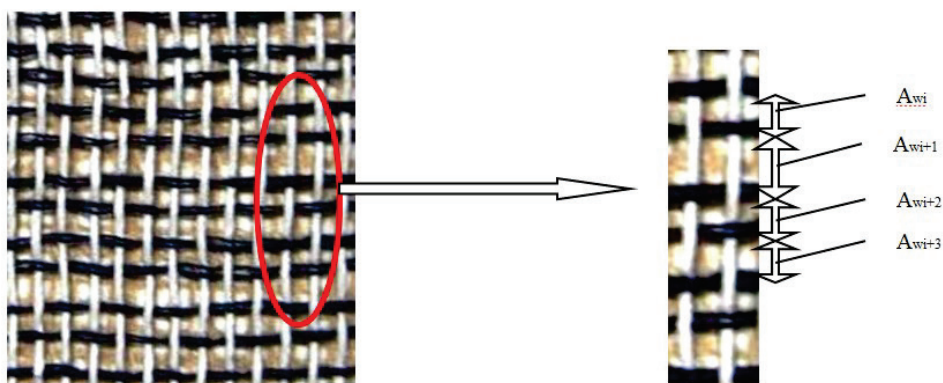
4.1. Na podstawie próby tkania podobnej tkaniny na krosnach rotacyjnym i klasycznym stwierdzono:

- Bezpośrednie porównanie tkania na krosnach rotacyjnym i klasycznym pokazuje, że uzyskano tkaniny o bardzo podobnej strukturze.
- Badanie siły zrywającej przędz z obu wykonanych tkanin nie wykazało ich istotnej statystycznie różnicy. W porównaniu do średniej wartości siły zrywającej przed tkaniem, w obu przypadkach różnice są istotne.
- Rzeczywista postać przebiegu napięcia osnowy uwzględnia takie zjawiska jak poślizg nitek osnowy na wale tkającym i przewale, tarcie oraz sprężystość osnowy. Przebieg ten ma charakter podobny do przyrostu długości nitek w tylnej gałęzi przesmyku. Można przypuszczać, że geometria formowania przesmyku ma wpływ na charakter przebiegu napięcia osnowy na krośnie rotacyjnym.
- Analizując przebiegi napięcia osnowy na krośnie rotacyjnym można zauważyć, że ich charakter ulega niewielkim zmianom podczas tkania z wątkowaniem i bez wątkowania. Podczas tkania z wątkowaniem maksimum napięcia osnowy osiągnęte jest impulsowo, jednak sama jego wartość nie różni się znacznie od tej osiągniętej podczas tkania bez wątkowania.
- Zagęszczanie tkaniny na krośnie rotacyjnym nie daje gwałtownego i wysokiego wzrostu napięcia nitek osnowy w chwili dobiecia, jak ma to miejsce w krośnie klasycznym.
- Pomimo odkrycia ekstremów na uzyskanym przebiegu napięć osnowy na krośnie rotacyjnym, nie można ich wyjaśnić i wskazać jednoznacznie chwile dobiecia wątku. Można jedynie postawić hipotezę, że pierwszy etap dobiecia (dobiecie krawędzią zagęszczającą) wątku ma miejsce w chwili pełnego otwarcia nowo powstającego przesmyku, kiedy napięcie osnowy osiąga wartość maksymalną. Drugi etap dobiecia może pojawiać się podczas kolejnego wzrostu napięcia.
- Występuje duża złożoność ruchów i napięć nitek osnowy w procesie formowania tkaniny, a zjawiska towarzyszące dobieciu nie są nadal w pełni zidentyfikowane i stanowią obiekt do dalszych, bardziej szczegółowych badań.

5. WPŁYW PARAMETRÓW NASTAWCZYCH KROSNA NA STRUKTURĘ TKANINY

Szereg przeprowadzonych w pracy analiz w znaczny sposób przybliżył warunki formowania tkaniny na krośnie rotacyjnym. Zaobserwowano wiele zjawisk mogących mieć istotne znaczenie dla działania krosna rotacyjnego. Podczas prób zmieniano wielokrotnie parametry nastawcze krosna, co objawiało się pozytywnymi lub negatywnymi zmianami w obserwowanej zmienności podziałki wątku. Podjęto więc próbę określenia wpływu parametrów nastawczych krosna na strukturę tkaniny.

Realizacja prób badawczych wymagała modyfikacji układu mocowania wałka rozpinki szerokościowej do ramy krosna rotacyjnego, co miało na celu możliwość zmiany geometrii samego przesmyku. Poza położeniem wałka rozpinki szerokościowej, w próbach zmieniano także prędkość wątkowania, założoną podziałkę wątku oraz napięcie osnowy. Zastosowano osnowę z przędzy bawełnianej o masie liniowej 400tex, jaka była stosowana w próbie tkania jednakowej tkaniny na krosnach klasycznym i rotacyjnym. Na wątek została użyta przędza poliestrowa o masie liniowej 100tex i kontrastowym kolorze. Zgodnie z założonym planem eksperymentu wykonano szereg wariantów tkanin. Następnie została zmierzona wartość podziałki dla nitki wątku, po czym wyznaczono jej współczynnik zmienności. Przykład pomiaru zaprezentowano na rys. 11.

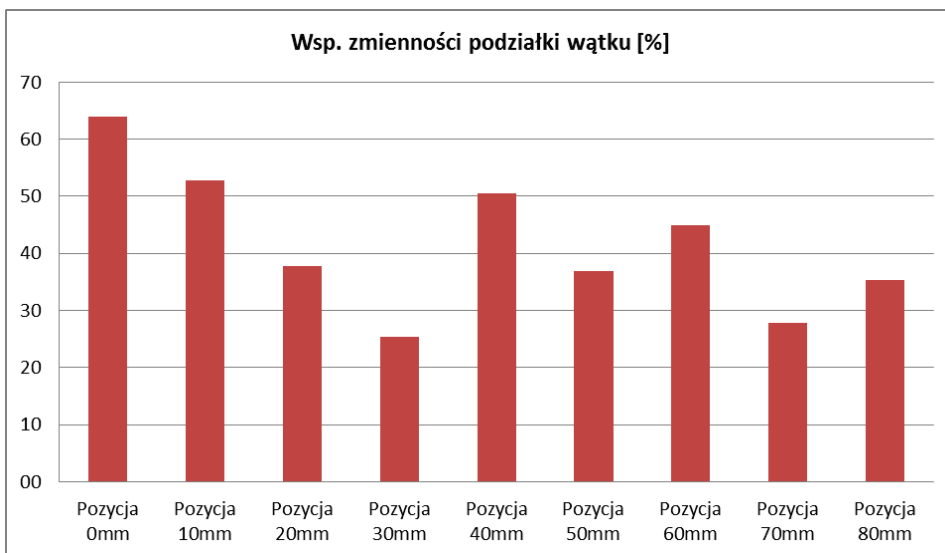


Rys. 11. Metoda pomiaru podziałki wątku

Za pomocą regresji wielokrotnej krokowej planowano określić, które parametry nastawcze krosna mają istotny wpływ na współczynnik zmienności podziałki wątku v . Pionierskie badania, przyjęte zakresy wartości dla zmiennych oraz otrzymane wyniki nie umożliwiły jednak wykrycia zależności statystycznej między przyjętymi zmiennymi niezależnymi i współczynnikiem zmienności podziałki wątku.

Pomimo braku zależności statystycznej, możliwa była ocena wizualna wyników, dająca orientacyjny pogląd na wpływ poszczególnych ustawień krosna na podziałkę wątku. W pewnych zakresach można zaobserwować wpływ położenia wałka rozpinki szerokościowej i założonej podziałki wątku na wartość współczynnika zmienności podziałki wątku w gotowej tkaninie. Podobnego wniosku nie można wyciągnąć odnośnie do prędkości wątkowania i napięcia osnowy.

Otrzymany wynik wskazuje na to, że rzeczywiste zjawiska jakie towarzyszą formowaniu tkanin na krośnie rotacyjnym mają charakter bardziej złożony niż początkowo sądzono. Oczekiwano mniej skomplikowanego charakteru tych oddziaływań. Wydaje się, że w przyszłych badaniach należy rozpatrywać krosno rotacyjne jako system regulacji złożony nie tylko z wału tkającego, nitki osnowy i wątku, ale współdziałającego z mechanizmami zasilania osnową, przewalem oraz mechanizmem odbioru tkaniny. W systemie tym występują sprzężenia zwrotne nie tylko między mechanizmami krosna, ale i tkaniną – zjawisko autoregulacji struktury tkaniny. Odkryto ciekawy, nowy obszar badawczy. Świadczy to o tym, że należy kontynuować badania, poszerzając ich zakres oraz poszukiwać nowych metod badawczych, co wykraczało poza zakres pracy.



Rys. 12. Współczynnik zmienności podziałki wątku dla 9 dodatkowych tkanin

Dążąc do potwierdzenia przypuszczeń o bardziej złożonym charakterze występujących zjawisk na tym krośnie oraz znaczeniu położenia wałka rozpinki szerokościowej, wykonano dodatkową ocenę struktury tkaniny mierzonej współczynnikiem zmienności podziałki wątku. Wykonano 9 kolejnych próbek. Ustalono, iż zmianie podlegać będzie tylko pozycja rozpinki szerokościowej, a reszta

parametrów nastawczych będzie stała. Przyjęto prędkość wążkowania 7 wążków/minutę, podziałka 1 mm, napięcie osnowy 250 N. Założona podziałka wążku to 1 mm, wartość minimalna możliwa do ustawienia na krośnie. Przy takiej podziałce obserwowano największe problemy z równomiernością podziałki wążku uzyskiwanej w tkaninie. Położenie rozpinki szerokościowej zmieniano co 10 mm w zakresie od 0 do 80 mm.

Podczas tkania z rozpinką szerokościową w położeniu od 0 do 30 mm zaobserwowano wyraźną poprawę równomierności podziałki wążku w gotowej tkaninie. Zmiana położenia rozpinki w zakresie od 40 mm do 80 mm nie wykazywała takiej samej tendencji. W tej grupie tkanin pojawił się problem z poprawnym opuszczeniem kanału przez wążek. Wielokrotnie wążek klinował się w ujściu kanału i był wyszarpywany przez osnowę. Zjawisko to potwierdza, że na uzyskane wyniki mają wpływ także inne, nieuwzględniane i niewykryte w pracy zjawiska.

5.1. Wnioski z przeprowadzonego eksperymentu

- Otrzymane wyniki eksperymentu wskazują na to, że rzeczywiste zjawiska, jakie towarzyszą formowaniu tkanin na krośnie rotacyjnym mają charakter bardziej złożony niż początkowo sądzono.
- Przyjęte zakresy wartości dla zmiennych oraz otrzymane wyniki nie pozwoliły wykryć zależności statystycznej między zmiennymi niezależnymi i współczynnikiem zmienności podziałki wążku.
- Na podstawie dodatkowych prób stwierdzono, iż zmiana położenia rozpinki szerokościowej (odsunięcie od osi wału tkającego) w pewnym zakresie pozwala zmniejszyć współczynnik zmienności podziałki wążku. Poza tym zakresem następuje istotna zmiana warunków tkania, czego efektem są występujące zakłócenia w podziałce wążku.
- Krosno rotacyjne wykazuje wysoką czułość na zmiany parametrów nastawczych. Zmiany ustawień krosna powodują powstawanie kolejnych zjawisk, występujących jedynie w ograniczonym zakresie pracy urządzenia. Rozważając kolejne eksperymenty, należy określić obszary pracy, w których będą prowadzone prace badawcze.
- Konieczne są dalsze badania, aby jednoznacznie określić wpływ parametrów nastawczych krosna na warunki tkania.
- W przyszłych badaniach należy rozpatrywać krosno rotacyjne jako system regulacji złożony nie tylko z wału tkającego, nitek osnowy i wążku, ale współdziałającego z mechanizmami zasilania osnową, przewalem oraz mechanizmem odbioru tkaniny. W systemie tym występują sprzężenia zwrotne nie tylko między mechanizmami krosna, ale i tkaniną – zjawisko autoregulacji samej tkaniny.

6. PODSUMOWANIE

Krosno rotacyjne to urządzenie, które w prosty sposób eliminuje wiele niedoskonałości klasycznej technologii tkania szczególnie w obszarze osnowy. Odmienne sposoby formowania przesmyku oraz zagęszczania wątku powoduje zupełnie nowe, nieznane warunki dla nitek osnowy. W pracy podjęto próbę zdefiniowania oraz scharakteryzowania zjawisk, jakie zachodzą podczas takiego tkania, co umożliwi poszerzenie wiedzy teoretycznej i praktycznej na temat możliwości oraz ograniczeń krosna rotacyjnego. Praca oraz prowadzone badania miały charakter pionierski, gdyż dostępna wiedza i występujące zjawiska są nieznane lub znane w niewielkim stopniu.

W niniejszej pracy została wykonana autorska analiza zagęszczania wątku na krośnie rotacyjnym. Analizę przeprowadzono na wirtualnym dwuwymiarowym modelu z odwzorowaniem kształtów i wymiarów prototypowego krosna rotacyjnego. Demonstrując proces zagęszczania tkaniny, rozpatrzono sytuację, kiedy rozpoczyna się tkanie i wprowadzane jest do tkaniny sześć pierwszych wątków. Dzięki temu przedstawiono, jak geometria przesmyków zmienia się wraz z kolejnymi wątkami, aż do chwili jej ustabilizowania. Analizowano zachowanie wątków podczas obrotów wału od 0° do 90° . Przyjęto przyrost obrotu co 5° .

Podczas analizy odkryto tzw. podwójne dobicie, co jest cechą osobliwą krosna rotacyjnego. Zjawisko to nie jest spotykane w żadnym innym krośnie. Stwierdzono, że na krośnie rotacyjnym zagęszczanie wątków może odbywać się dwuetapowo, pierwszy raz krawędzią zagęszczającą, drugi raz krawędzią zewnętrzną tarczy zagęszczającej. Istnieje możliwość sterowania drugim dobiciem poprzez położenie wałka rozpinki szerokościowej, czyli zmianę kąta odbioru tkaniny.

Ważnym wnioskiem płynącym z analizy przemieszczenia wątku (rys. 7) jest to, iż w procesie zagęszczania wątku można wskazać trzy kluczowe punkty. Jest to kontakt wątku z dolną i górną krawędzią przesmyku oraz opuszczenie przez wątek ujścia kanału. Przemieszczenie osiowe wątku od chwili wprowadzenia do kanału, aż po zakończenie zagęszczania określa natomiast chwilowa wartość promienia $R_w(t)$, który charakteryzuje się nieliniowym przyrostem długości.

Analizy przeprowadzone w pracy w znaczny sposób poszerzają wiedzę teoretyczną i praktyczną na temat zjawisk występujących podczas tkania na krośnie rotacyjnym. Wskazują też, że mamy do czynienia ze znacząco zmienionymi warunkami tkania. Wykonane zostało bezpośrednie porównanie rzeczywistych warunków tkania na krośnie klasycznym oraz rotacyjnym. Podczas równoległych prób na obu urządzeniach wykonano tkaninę o podobnej strukturze z tych samych przędz. Wybrano ekstremalny przypadek tkaniny technicznej, możliwej do wykonania na obu krosnach. Zastosowana przędza osnowowa została zbadana pod kątem stopnia jej zniszczenia po wytkaniu. Jako parametr, który może pełnić funkcję oceny stopnia degradacji nitek osnowy wybrano siłę zrywającą. Osnowa ulega degradacji ze względu na występujące podczas tkania intensywne ścieranie,

zginanie, ściskanie i rozciąganie. Uzyskane wyniki potwierdziły, że siła zrywająca przędz osnowowych uległa zmianom w stosunku do przędzy przed tkaniem. Po analizie statystycznej stwierdzono, że różnice pomiędzy średnią siłą zrywającą przed tkaniem i po tkaniu na obu krosnach są istotne statystycznie. Nie stwierdzono natomiast istotnej statystycznej różnicy dla średnich sił zrywających przędze osnowy po tkaniu na obu krosnach.

W trakcie realizacji prób wykonano także pomiary napięcia dynamicznego osnowy na krośnie rotacyjnym i klasycznym. Analizując przebiegi napięcia osnowy na krośnie rotacyjnym można stwierdzić, że ich charakter ulega niewielkim zmianom podczas tkania z wątkowaniem i bez wątkowania. Co prawda podczas tkania z wątkowaniem maksimum napięcia osnowy jest osiągane impulsowo, jednak sama jego wartość nie różni się znacznie od tej osiągniętej podczas tkania bez wątkowania. Ponadto, ta rzeczywista postać przebiegu napięcia osnowy uwzględnia takie zjawiska jak poślizg nitek osnowy na wale tkającym i przewale, tarcie oraz sprężystość osnowy. Przebieg napięcia osnowy ma charakter podobny do przyrostu długości nitek w tylnej gałęzi przesmyku. Można przypuszczać, że geometria formowania przesmyku ma wpływ na charakter przebiegu napięcia osnowy na krośnie rotacyjnym. Jest to obszar stanowiący ciekawą tematykę do dalszych badań. Pomimo odkrycia ekstremów na uzyskanym przebiegu napięć osnowy na krośnie rotacyjnym, nie można ich wyjaśnić i wskazać jednoznacznie chwile dobicia wątku. Można jedynie postawić hipotezę, że pierwszy etap dobicia (dobicie krawędzią zagęszczającą) wątku ma miejsce w chwili pełnego otwarcia nowo powstającego przesmyku, kiedy napięcie osnowy osiąga wartość maksymalną. Drugi etap dobicia może pojawiać się podczas kolejnego wzrostu napięcia.

Zagęszczanie tkaniny na krośnie rotacyjnym nie daje gwałtownego i wysokiego wzrostu napięcia nitek osnowy w chwili dobicia, jak ma to miejsce w krośnie klasycznym. Dla prezentowanego i omawianego przykładu maksymalna wartość napięcia dynamicznego osnowy, uzyskana podczas tkania na krośnie rotacyjnym dla podobnej tkaniny, wyniosła 1,571 N/nitkę. Dla krosna klasycznego było to 3,440 N/nitkę, co stanowi wartości ponad dwukrotnie większą niż dla krosna rotacyjnego. Ponadto amplituda zmian napięcia jest wyższa dla krosna klasycznego, co potwierdza, że warunki tkania na krośnie rotacyjnym są bardziej komfortowe dla stosowanych przędz. Pozwala to stwierdzić, że na krośnie rotacyjnym możliwe jest formowanie takich samych tkanin ze znacznie niższymi napięciami dynamicznymi osnowy. Daje to możliwość formowania tkanin z przędz osnowowych, niestosowanych na krośnie klasycznym ze względu na zbyt duże napięcie podczas formowania przesmyku i dobicia wątku. Jest to dowód, że obciążenia dynamiczne nitek zostały ograniczone poprzez zmianę warunków tkania. Należy brać pod uwagę, iż występuje duża złożoność ruchów i napięć nitek osnowy w procesie formowania tkaniny, a zjawiska towarzyszące

dobiciu nie są nadal w pełni zidentyfikowane i stanowią obiekt do dalszych, bardziej szczegółowych badań.

Przeprowadzone analizy przybliżyły warunki formowania tkaniny na krośnie rotacyjnym i wygenerowały kolejny eksperyment mający na celu zbadanie wpływu parametrów nastawczych krosna na strukturę tkaniny. Jako parametr wyjściowy przyjęto współczynnik zmienności podziałki wątku w tworzonej tkaninie. Zgodnie z planem eksperymentu wykonano 31 przypadków tkanin.

Planowano określić, które parametry nastawcze krosna mają istotny wpływ na współczynnik zmienności podziałki wątku v . Przyjęte zakresy wartości dla zmiennych oraz otrzymane wyniki nie umożliwiły jednak wykrycia istotnej zależności statystycznej między zmiennymi niezależnymi i współczynnikiem zmienności podziałki wątku. Rozszerzono eksperyment o dodatkowe 9 przypadków, dla których ustalono, iż zmianie podlegać będzie tylko pozycja położenia rozpinki szerokościowej, a reszta parametrów nastawczych będzie stała. Wytępowano skrajne ustawienia krosna, dające wysoki współczynnik zmienności podziałki wątku w poprzednim etapie eksperymentu. Po analizie wyników stwierdzono, iż zmiana położenia rozpinki szerokościowej (odsunięcie od osi wału tkającego) w pewnym zakresie pozwala zmniejszyć współczynnik zmienności podziałki wątku. Poza tym zakresem następuje istotna zmiana warunków tkania, czego efektem są występujące zakłócenia w podziałce wątku. Stwierdzono także, że krosno rotacyjne wykazuje wysoką czułość na zmiany parametrów nastawczych. Zmiany ustawień krosna powodują często powstawanie kolejnych zjawisk, występujących jedynie w ograniczonym zakresie pracy urządzenia.

Otrzymane wyniki wskazują na to, że rzeczywiste zjawiska, jakie towarzyszą formowaniu tkanin na krośnie rotacyjnym mają charakter bardziej złożony niż początkowo sądzono. Oczekiwano mniej skomplikowanych oddziaływań. Wydaje się, że w przyszłych badaniach należy rozpatrywać krosno rotacyjne jako system regulacji złożony nie tylko z wału tkającego, nitek osnowy i wątku, ale współdziałającego z mechanizmami zasilania osnową, przewalem oraz mechanizmem odbioru tkaniny. W systemie tym występują sprzężenia zwrotne nie tylko między mechanizmami krosna, ale i tkaniną – zjawisko autoregulacji struktury tkaniny.

Udało się znacząco poszerzyć wiedzę teoretyczną i praktyczną na temat zjawisk, możliwości oraz ograniczeń tkania na krośnie rotacyjnym. Odkryto wiele ciekawych zjawisk, z których najistotniejsze jest podwójne dobicie wątku, występujące jedynie na krośnie rotacyjnym. Udowodniono, iż formowanie struktur tkanych na krośnie rotacyjnym znacząco zmienia warunki tkania, w tym obciążenia dynamiczne nitek osnowy. Odkryto ciekawy, nowy i bardzo szeroki obszar badawczy. Należy kontynuować te badania poszerzając ich zakres oraz poszukiwać nowych metod badawczych, co wykracza poza zakres tej pracy.

Literatura

- [1] **Kabziński A.:** *Rotary loom. The possibility of weaving without dynamic warp loading. Comparison of conventional and rotational weaving.* IX Conference of Faculty of Engineering and Marketing of Textile 2006.
- [2] *Wieloprzesmykowe rotacyjne formowanie struktur tkanych* – pod redakcją J. Szoslanda Polska Akademia Nauk OŁ, monografie naukowe – seria Włókiennictwo, Łódź 2002.
- [3] **Kabziński A.:** *Utylizacja krajki pomocniczej przy użyciu krosna rotacyjnego.* Politechnika Łódzka. Praca dyplomowa magisterska, promotor J. Szosland, Katedra Architektury Tekstyliów Politechniki Łódzkiej 2005.
- [4] **Szosland J.:** *Podstawy budowy i technologii tkanin,* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1991.
- [5] **Jackowski T.:** Chylewska B.: *Przędzalnictwo. Pudowa i technologia przędz,* Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999.
- [6] **Żurek T.:** *Metrologia włókiennicza, T4, WN-T, Warszawa 1973.*
- [7] **Szosland J.:** *Podstawy budowy i technologii tkanin,* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1991.

KINETICS OF WOVEN STRUCTURES FORMATION ON A ROTATIONAL LOOM

Summary

PhD thesis "Kinetics of woven structures formation on a rotational loom" concerns weaving technology which was not previously investigated. This new method of fabric forming gives completely new, unknown conditions for the warp and weft threads. Hereafter summary of thesis.

In the present study author tries to define and characterize the phenomena that occur during rotational weaving. It is necessary to improve theoretical and practical knowledge about the possibilities and limitations of rotational loom. Knowledge and experience in this area are unknown or little known, therefore the research done is pioneering. The dissertation can be divided into two main parts, theoretical and practical. The theoretical part presents analysis of the weaving process. The practical part includes a description of the experiments done, together with the results analysis.

A literature review includes discussion of classical weaving methods and a number of technologies alternative to the classic loom. There are presented are examples of looms, which were obtained in different weaving conditions by using rotating components for sheading and beating. Special attention was paid to the laboratory model of rotational loom and the prototype of an industrial rotational

loom (used in experiments), which was established in 2004. The importance of individual elements of the loom was explained.

The next stage of work was to develop, build and mount fully electronically controlled warp pay-off mechanism in the industry prototype of rotational loom. Because of planned experiment, possibility of electronic warp pay-off mechanism control was very important.

Theoretical analysis of the kinetics of rotational weaving was divided into two sections. The first concerns formation of the shed and weft beating with detail discussion about the fabric formation zone. There was examined and described the situation when weaving starts and first six wefts are inserted into the fabric. It has been demonstrated how sheds geometry changes with each introduced weft. The summary of this analysis is a new trajectory of the weft thread in the rotational loom. Double weft beating phenomenon was discovered during this analysis. The nature of this unique phenomenon has been described.

For more comprehensive description of the phenomena, shedding formation analysis was performed separately (second section). For clarity of the drawings only the shed geometry change during weaving beam move was considered. During analyzing of forming a new shed process, it was observed that there were increases in the length of the warp threads between weaving beam and back rest. Length analysis was carried out, but author considered only extreme case without threads slippage on the weaving beam, friction and elasticity of the warp.

In the next part of the thesis conditions on the classic weaving loom and a rotational loom were compared. The following was discussed: used yarns, fabric design and looms setup parameters. Warp was examined for changes in breaking load after weaving. The breaking load was chosen as the parameter which can describe the degree of degradation of the warp threads after weaving process. Obtained results were evaluated statistically. During trials also measurements of the dynamic tension of warp on both looms were taken.

The presented analysis significantly explained the theoretical kinetics of formation of the fabric on a rotational loom. This generated next experiment designed to investigate the influence of loom setting parameters on fabric structure. According to the experiment plan 31 cases were selected to carry out on the rotational loom. Used in the experiment yarns and loom parameters were described in the thesis. As an output parameter, the coefficient of weft pitch variation was selected. This coefficient reflects the structure of the fabric. To determine which loom setting parameters have a significant influence on the coefficient of weft pitch variation, stepwise multiple regression was used. There has been no ability to detect statistically significant relationships between the independent variables (loom setting parameters) and coefficient of weft pitch variation. For a better understanding of the situation the experiment was extended for an additional nine cases in which varied only one parameter. The obtained results were evaluated and selected groups of cases were compared. Such evaluation