

KINGA STASIK**Katedra Mechaniki Maszyn Włókienniczych
Politechnika Łódzka**

ANALIZA METOD SEPARACJI WYKROJU Z NAKŁADU MATERIAŁU

Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Zajączkowski**Recenzenci: prof. dr inż. Włodzimierz Więżlak,
prof. dr hab. inż. Jacek Stadnicki**

W pracy przedstawiono cztery modele matematyczne mechanizmu chwytaka o napędzie elektrycznym, charakteryzujące się różnymi cechami. Do każdego modelu sformułowano równania opisujące ich charakterystykę kinematyczną i dynamiczną. Otrzymane równania rozwiązano numerycznie. Wyniki obliczeń ilustrujące reologiczną reakcję materiału na działanie chwytaków przedstawiono na wykresach.

Opracowanemu modelowi chwytaka, charakteryzującemu się zwiększoną powierzchnią roboczą, w dniu 27.09.2007 r. udzielono patentu na wynalazek pt. „Urządzenie do pobierania pojedynczej warstwy z nakładu materiału” nr P-368085.

Chwytnik ten wykorzystuje zjawisko tarcia pomiędzy warstwami tkaniny oraz pomiędzy tkaniną a podłożem do separowania tkaniny. Na podstawie jego modelu przeanalizowano operację rozdzielania warstwy materiału z nakładu.

Dla oceny możliwości pobierania pojedynczego wykroju z nakładu materiału według opracowanego pomysłu, zbudowano stanowisko badawcze, zawierające model tego chwytaka. Metodą eksperymentalną zbadano skuteczność separacji różnych rodzajów tkanin i dzianin.

1. WPROWADZENIE

Produkcja odzieży jest procesem charakteryzującym się dużą pracochłonnością, gdzie dąży się do uzyskania maksymalnej wydajności, zachowując przy tym wysoką jakość produkcji. Aby wygrać konkurencję z krajami taniej

robocizny w masowej produkcji konfekcji, państwa europejskie musiałyby zrobotyzować cały proces produkcji.

Podjęmowano próby pełnej automatyzacji przemysłu, ale je zarzucono jako niewykonalne. Tematyką automatycznej produkcji odzieży zajmowały się trzy ogromne projekty badawcze: japoński program MITTI, amerykański (TC)² i europejski BRITE. Pomimo że próby automatyzacji przemysłu odzieżowego oraz zastosowanie robotów w przemyśle odzieżowym natrafiło na poważne trudności, nadal są to interesujące zagadnienia i prowadzi się badania w tym kierunku, zwłaszcza w Japonii [1].

Stosowanie robotów przemysłowych związane jest ze średnim wzrostem wydajności pracy do 20% oraz podniesieniem jakości produkcji [2].

Do przemysłu tekstylnego roboty wprowadza się stosunkowo rzadko i w ściśle określonym celu. Odchodzi się od zestawiania robotów z maszynami szyjącymi. Specjalne skonstruowane manipulatory oraz roboty przemysłowe, wraz z chwytakami, wykonują stosunkowo proste, jednakże czasochłonne operacje.

Najczęściej spotykane chwytaki do tekstyliów bazują na stosowaniu igieł jako elementu chwytającego na podobnej zasadzie jak chwytak Littelwood'a [3]. Można je wykorzystać to tekstyliów o różnej grubości dzięki regulacji stopnia wysunięcia igieł.

Stosowanie chwytaków we współpracy z maszyną szyjącą jest korzystne, gdy stosuje się je jako oprzyrządowanie pomocnicze np. do podawania drobnych elementów (np. naszywki) operatorowi [4] lub transportowania półfabrykatów z jednej maszyny do innej.

Najlepsze dla manipulatorów wyposażonych w chwytaki do tekstyliów, są zadania związane z transportowaniem lub podawaniem skrojonych elementów lub półfabrykatów od jednej maszyny, stołu, pojemnika itp. do innej maszyny, stosu czy pojemnika.

Należy poszukiwać takich zadań dla manipulatorów i chwytaków, które mogłyby wyeliminować obecność człowieka przy czynnościach prostych, przez co nużących i męczących lub przy zadaniach, gdzie człowiek jest narażony na czynniki zmniejszające komfort pracy, takie jak podwyższona temperatura lub szkodliwe opary (prasa).

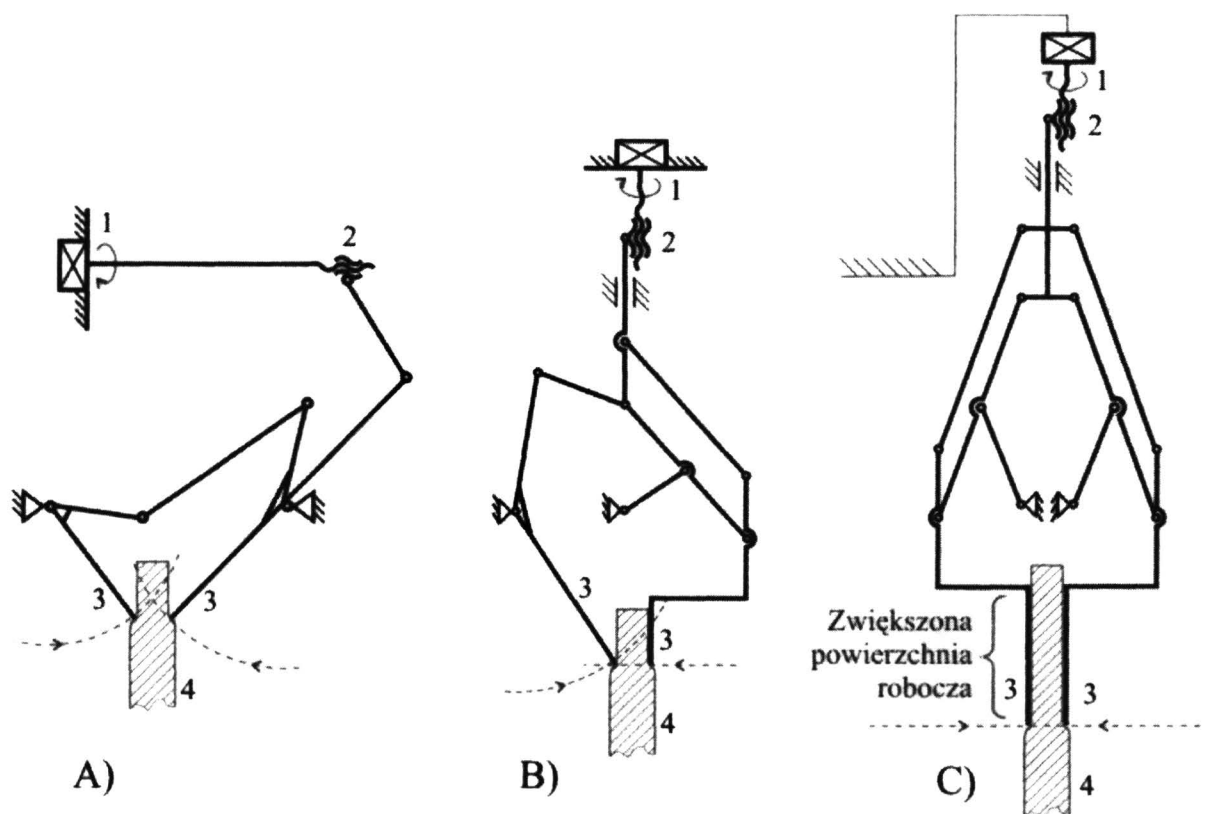
Przedmiotem rozważań niniejszej pracy było opracowanie modelu chwytaka oraz weryfikacja doświadczalna skuteczności separowania wykroju z nakładu materiałów przez chwytak o zwiększonej powierzchni roboczej dla wybranych materiałów.

2. ANALIZA SEPARACJI TKANINY Z NAKŁADU

2.1. Modele matematyczne chwytaków do tekstyliów

Istniejące chwytaki bardzo często wykorzystują sprężyny do ściskania [5-7]. Tekstylia narażone są na zniszczenie, ponieważ kontaktują się ze szczękami na bardzo małej powierzchni i nie ma możliwości kontrolowania siły ściskającej. W pracy zaproponowano ulepszenie z tym związane.

Na kolejnych schematach zaprezentowane są modele usprawnionych chwytaków. Trzymają one materiał na zasadzie „uszczypnięcia” (rys. 2 A i B). Jeden z nich naśladuje dłoń ludzką (rys. 1B). Sprężyna jest tutaj zastąpiona silnikiem, który ma zapobiegać przekraczaniu nacisków dopuszczalnych dla tkaniny dzięki czemu nie dojdzie do jej zniszczenia. Momenty siły silników – dla tych chwytaków – są sterowane w funkcji wielkości nacisków.



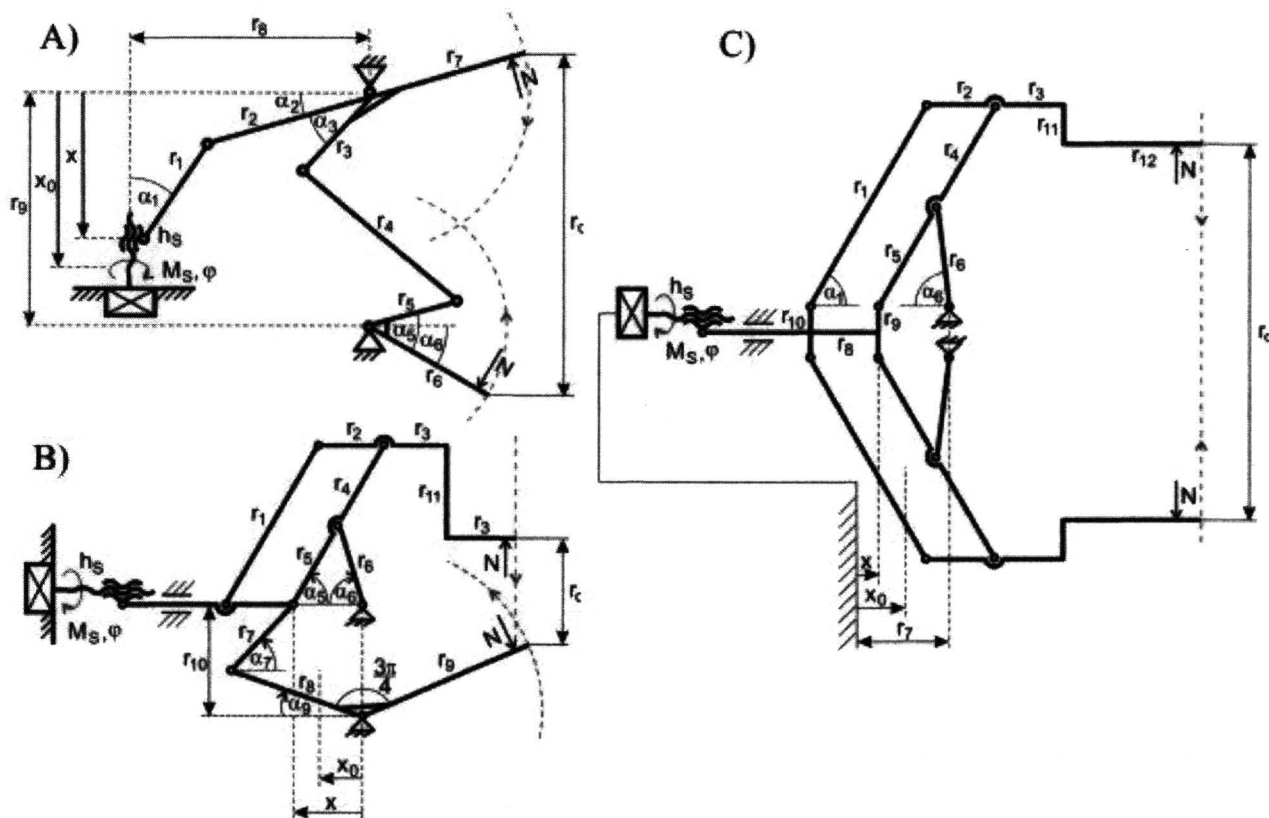
Rys. 1. Chwytaki w pozycji zamkniętej: A, B) trzymające materiał na zasadzie „uszczypnięcia”, C) chwytak o palcach równoległych
1 – silnik, 2 – mechanizm śrubowy, 3 – palec, 4 – materiał

Pomimo zastosowania silnika w miejsce sprężyny i możliwości sterowania wielkością nacisków na materiał – siły działające punktowo na tekstylnia mogą być nadal za duże.

Zmniejszenie nacisków koniecznych dla utrzymania tkaniny możliwe jest przez zwiększenie powierzchni nacisku szczęk. W związku z powyższym zaproponowano rozwiązanie tego problemu, za pomocą chwytaka posiadającego palce równoległe (rys. 1C). Palce te kontaktują się z separowaną tkaniną na znacznie większej powierzchni niż zaprezentowane chwytaki trzymające tkaninę na zasadzie „uszczypnięcia”.

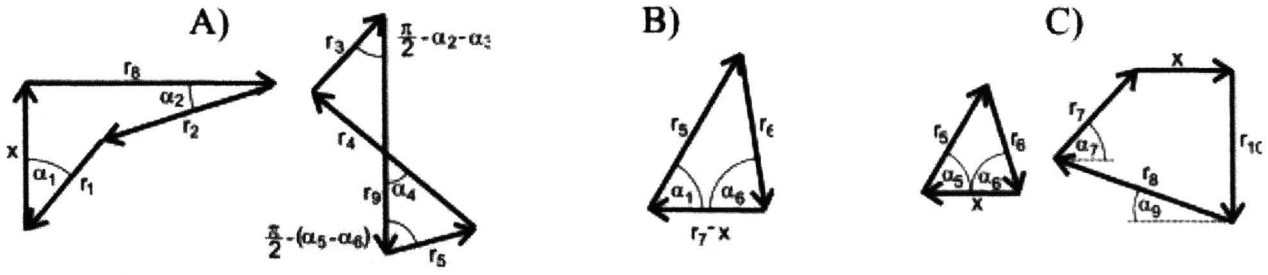
Ruch obrotowy silnika zamieniany jest na ruch postępowy za pomocą śruby o skoku h_s , co powoduje zamykanie się i otwieranie palców chwytaków (rys. 2). Linia przerywaną pokazano trajektorię ruchu końców palców chwytaków. Palce chwytaka typu punktowego (rys. 1A i 2A) poruszają się po łukach o promieniach równych długości palców r_6 , r_7 . Palce chwytaka pokazanego na rys. 1C i 2C poruszają się zachowując równoległość. Dzieje się to w przypadku, gdy ogniwa r_4 , r_5 oraz r_6 są tej samej długości, a ogniwo $r_1 = r_4 + r_5$. Chwytak realizujący ruch postępowy i obrotowy posiada jeden palec poruszający się po łuku o promieniu r_9 (długość palca), a drugi podobnie jak w przypadku chwytaka o palcach równoległych (rys. 1B i 2B).

Komputerowe modele zostały utworzone w oparciu o sposób analizy opisany w [8].



Rys. 2. Schemat chwytaka do tekstyliów: A) typu punktowego, B) realizującego ruch postępowy i obrotowy, C) o palcach równoległych

Mechanizmy z rys. 2 zastąpiono zamkniętymi wielobokami wektorów reprezentujących odpowiednie długości ogniw i ich wzgledne położenie.



Rys. 3. Zamknięte wieloboki wektorów reprezentujących odpowiednie odległości chwytaków pokazanych na rys. 2

Stosując zasadę prac wirtualnych do ruchomych części chwytaków pokazanych na rysunku 2 A-C otrzymano równania dynamiczne ruchu w postaci:

a) dla chwytaka do tekstyliów typu punktowego

$$M_s - I_s \frac{d^2 \varphi}{dt^2} - I_7 \frac{d^2 \alpha_2}{dt^2} \frac{d \alpha_2}{d \varphi} + N \frac{d \alpha_2}{d \varphi} r_7 - I_6 \frac{d^2 \alpha_6}{dt^2} \frac{d \alpha_6}{d \varphi} + N \frac{d \alpha_6}{d \varphi} r_6 = 0 \quad (1)$$

b) dla chwytaka realizującego ruch postępowy i obrotowy

$$\begin{aligned} M_s - I_s \frac{d^2 \varphi}{dt^2} - m_3 \frac{d^2 y}{dt^2} \frac{dy}{d \varphi} - m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} \frac{dx}{d \varphi} - I_1 \frac{d^2 \alpha_5}{dt^2} \frac{d \alpha_5}{d \varphi} - I_4 \frac{d^2 \alpha_5}{dt^2} \frac{d \alpha_5}{d \varphi} + \\ - I_6 \frac{d^2 \alpha_6}{dt^2} \frac{d \alpha_6}{d \varphi} + N \frac{dy}{d \varphi} - m_1 \frac{d^2 x_{Cl}}{dt^2} \frac{dx_{Cl}}{d \varphi} - m_4 \frac{d^2 x_{C4}}{dt^2} \frac{dx_{C4}}{d \varphi} - (m_1 + m_4) \frac{d^2 y_C}{dt^2} \frac{dy_C}{d \varphi} + \\ - I_9 \frac{d^2 \alpha_9}{dt^2} \frac{d \alpha_9}{d \varphi} + N r_9 \frac{d \alpha_9}{d \varphi} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

c) dla chwytaka do tekstyliów o palcach równoległych

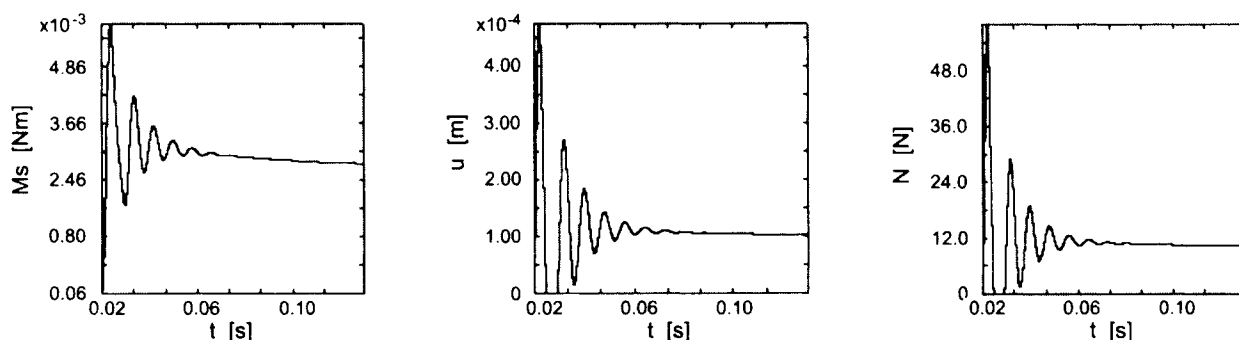
$$\begin{aligned} M_s - I_s \frac{d^2 \varphi}{dt^2} - 2m_3 \frac{d^2 y}{dt^2} \frac{dy}{d \varphi} - m_8 \frac{d^2 x}{dt^2} \frac{dx}{d \varphi} - 2I_1 \frac{d^2 \alpha_1}{dt^2} \frac{d \alpha_1}{d \varphi} - 2I_4 \frac{d^2 \alpha_1}{dt^2} \frac{d \alpha_1}{d \varphi} + \\ - 2I_6 \frac{d^2 \alpha_6}{dt^2} \frac{d \alpha_6}{d \varphi} + 2N \frac{dy}{d \varphi} - 2m_1 \frac{d^2 x_{Cl}}{dt^2} \frac{dx_{Cl}}{d \varphi} - 2m_4 \frac{d^2 x_{C4}}{dt^2} \frac{dx_{C4}}{d \varphi} + \\ - (2m_1 + 2m_4) \frac{d^2 y_C}{dt^2} \frac{dy_C}{d \varphi} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Tutaj, φ oznacza kąt obrotu wału głównego, I_s oznacza moment bezwładności wału silnika, (I_1, I_4, I_6, I_7, I_9) zredukowane momenty bezwładności odpowiednich elementów, ($r_3, r_7, r_6, r_9, r_{12}$) długości palców chwytaków, (m_1, m_2, m_3, m_4, m_8) masy odpowiednich części chwytaków, M_s momenty napędowe silników, N siła nacisku palców chwytaków na materiał, ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_9$) odpowiednie kąty.

Analiza kinematyki i dynamiki chwytaków miała na celu dobranie odpowiednich parametrów geometrycznych budowy a przez to odpowiedniej wielkości siły, jaką wywierają na separowaną tkaninę. Siła ta powinna osiągać taką wartość, by zapobiegać wysuwaniu się tkaniny z palców chwytaka. Wielkość ta nie powinna przekroczyć nacisków dopuszczalnych dla tkaniny.

Dla wszystkich chwytaków przyjęto model tkaniny jako nieliniową deformację (trzeciego stopnia) ściskanego materiału. Programy komputerowe symulujące pracę chwytaków rozszerzono o równania momentów napędowych silników. Wprowadzono sprzężenie zwrotne logiczne dzięki któremu regulowano wartość siły elektromotorycznej, a w konsekwencji także wartość natężenia prądu oraz momentu napędowego silnika.

Dla wszystkich chwytaków otrzymano podobne wykresy (rys. 4). Parametry charakteryzujące zachowanie chwytaków stabilizują się w czasie i osiągają zadane wartości graniczne.

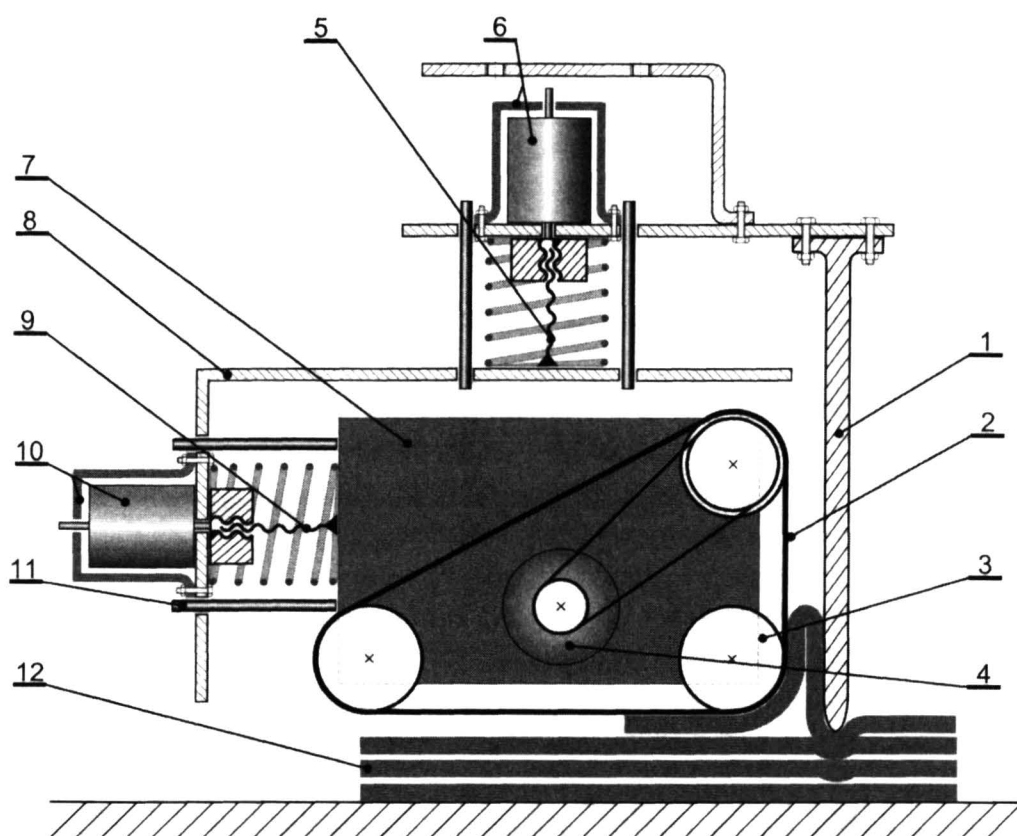


Rys. 4. Przebieg momentu napędowego silnika M_S [Nm] i ściśnięcia materiału u [m], siły nacisku na tkaninę N [N] w funkcji czasu t [s]

2.2. Chwytak wykorzystujący zjawisko tarcia do separowania tkaniny

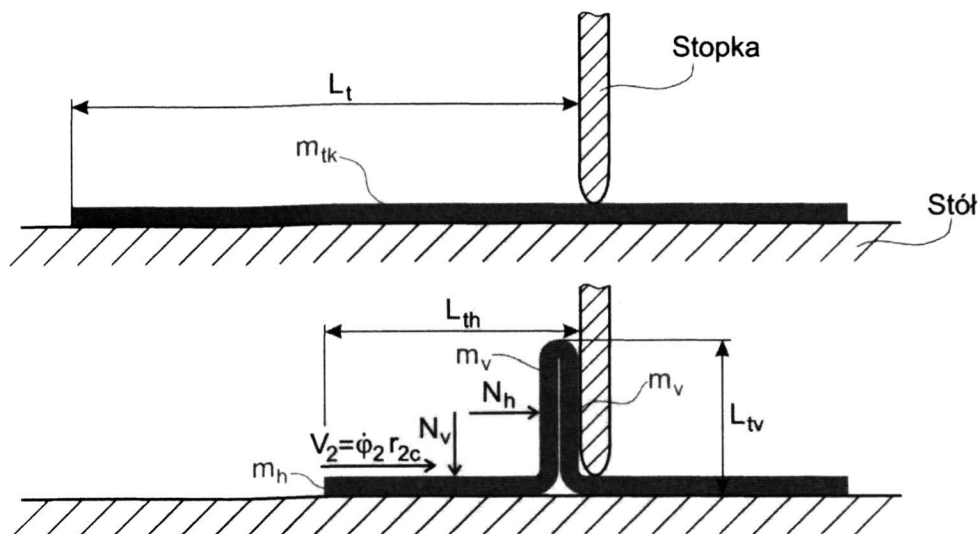
Omówione chwytaki mogłyby pełnić rolę chwytaków do tekstyliów, ale potrzebują, aby podać im tkaninę pomiędzy palce. Skuteczne odseparowanie tkaniny wymaga mechanizmu wprowadzającego tkaninę pomiędzy palce.

Kolejny zaproponowany chwytak (rys. 5) rozwiązuje powyższe problemy. Jest to chwytak o palcach równoległych, gdzie jeden palec stanowi nieruchoma stopka 1 przytrzymująca nakład materiału 20, a drugi to pas bez końca 2 (naciągnięty na trzy wałki prowadzące 3 napędzane silnikiem elektrycznym 4), który wprowadza tkaninę pomiędzy równoległe palce z wykorzystaniem sił tarcia. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest fakt, że nacisk chwytaka na materiał w nakładzie i odseparowanej warstwy ściskanej pomiędzy palcami jest sterowany silnikami za pomocą sprzężenia zwrotnego. Silnik 18 steruje ruchem chwytaka i dociskiem w kierunku poziomym, silnik 9 w kierunku pionowym.



Rys. 5. Schemat chwytaka do separowania pojedynczej warstwy materiału z nakładu
 1 – stopka do przytrzymywania nakładu tkaniny, 2 – taśma gumowa, 3 – rolka prowadząca taśmę, 4 – silnik elektryczny do napędu rolek 3 prowadzących taśmę 2, 5 – śruba nadająca ruch pionowy części ruchomej chwytaka, 6 – silnik elektryczny inicjujący ruch pionowy chwytaka, 7 – płytki stanowiące oparcie dla rolek prowadzących 3, 8 – obudowa, 9 – śruba nadająca ruch poziomy części ruchomej chwytaka, 10 – silnik elektryczny inicjujący ruch poziomy chwytaka, 11 – prowadnica stabilizująca ruch poziomy, 12 – stół

W równaniach, opisujących działanie chwytaka, należało uwzględnić fakt, że masa i długość materiału zmieniają się w czasie z jednostajną prędkością V_2 . To powoduje, że sztywność materiału oraz ilość warstw również zmieniają się w czasie. Aby utrzymać taki sam nacisk na jednostkę długości tkaniny trzeba zmniejszać, bądź odpowiednio zwiększać, siłę nacisku na materiał. Wszystkie te warunki uwzględniono w równaniach.



Rys. 6. Schemat rozkładu masy tkaniny m_{tk} o długości L_t podczas jej pobierania
 m_h – masa tkaniny leżącej na stole (jeszcze nie pobranej) o długości L_{th} ,
 m_v – masa tkaniny znajdującej się pomiędzy stopką i pasem o długości L_{tv} ,
 V_2 – prędkość przesuwania tkaniny

$$m_h = m_{tk} - V_2 t \frac{m_{tk}}{L_t} = m_{tk} - \frac{d\varphi_2}{dt} r_{2c} t \frac{m_{tk}}{L_t} \quad m_v = \frac{m_{tk} - m_h}{2} = \frac{1}{2} \frac{d\varphi_2}{dt} r_{2c} t \frac{m_{tk}}{L_t} \quad (4)$$

Chwytnik separuje jedną warstwę tkaniny dzięki temu, że spełnia następujące warunki:

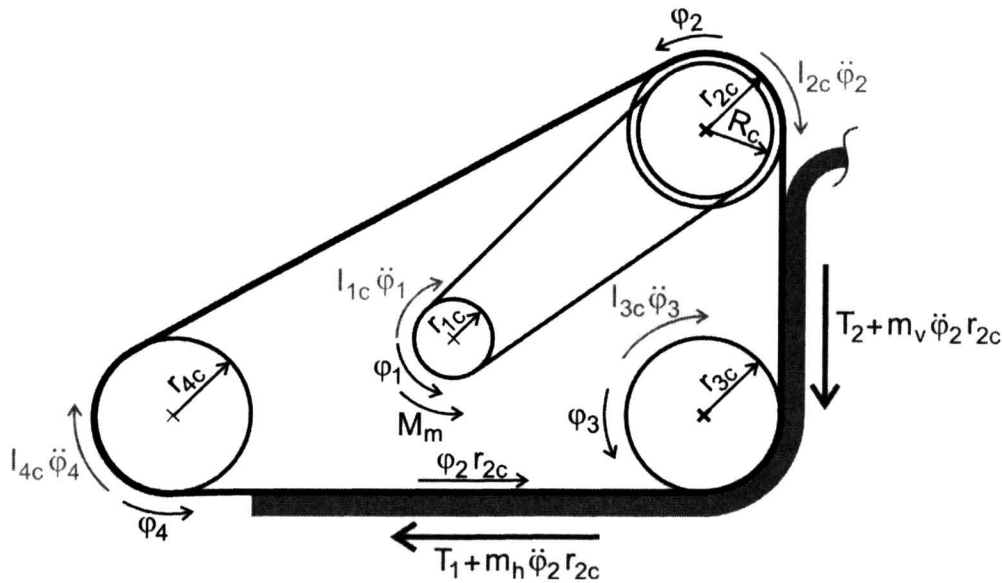
1. Pas nie ślizga się po tkaninie.
2. Poślizg następuje pomiędzy pierwszą i drugą warstwą materiału.
3. Pakiet tkaniny nie ślizga się po stole.

Poślizg nastąpi właśnie pomiędzy pierwszą i drugą warstwą tkaniny, istnieje dzięki temu, iż siła nacisku pomiędzy pierwszą i drugą warstwą jest zwiększona o dodatkowy ciężar pierwszej warstwy.

Pomimo tego, iż działamy na nakład tą samą siłą normalną, to na każdą kolejną warstwę działa siła normalna powiększona o masy warstw leżących powyżej.

W związku z powyższym spełniony jest warunek, że wartość graniczna siły tarcia pomiędzy pasem i tkaniną jest większa od wartości granicznej siły tarcia pomiędzy pierwszą i drugą warstwą tkaniny i poślizg następuje pomiędzy warstwami tkaniny, a nie pomiędzy pasem a pierwszą warstwą w nakładzie.

Program komputerowy symulujący pracę chwytnika zawiera również równania dynamiczne ruchu tego chwytnika, rozszerzone – podobnie jak dla poprzednich chwytników – o równania momentów napędowych silników i sprzężenia zwrotne.



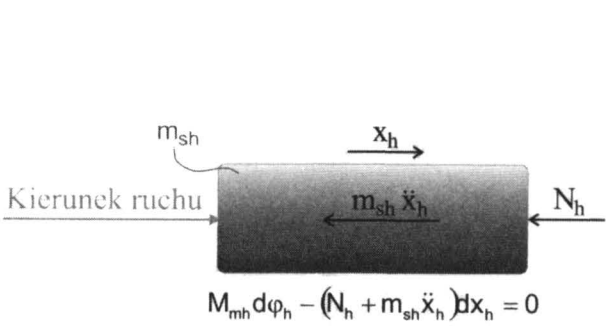
Rys. 7. Rozkład i kierunki momentów w układzie ruchomej części chwytaka

Założono, iż rolki prowadzące taśmę są jednakowe, a ich masowe momenty bezwładności I_{2c} , I_{3c} , I_{4c} , promienie r_{2c} , r_{3c} , r_{4c} oraz kąty obrotów φ_2 , φ_3 , φ_4 są sobie równe. Uprozczone równanie dynamiczne ruchu dla układu pokazanego na rys. 7 uzupełnione o wzory (4) na rozkład masy tkaniny oraz siły tarcia $T_1 = \mu_t(N_v + m_h g)$, $T_2 = \mu_t N_h$ wynosi:

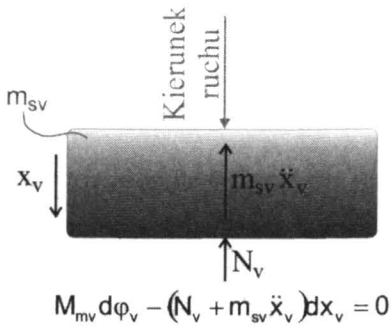
$$\left(I_{1c} + 3I_{2c} \left(\frac{r_{1c}}{R_c} \right)^2 + (m_v + m_h) \left(\frac{r_{1c} r_{2c}}{R_c} \right)^2 \right) \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + \mu_t (N_v + N_h + m_h g) \frac{r_{1c} r_{2c}}{R_c} = M_m \quad (5)$$

Ruch chwytaka w kierunku pionowym inicjuje silnik elektryczny 9 o momencie napędowym M_{mv} i kącie obrotu wału głównego φ_v za pośrednictwem śruby 7 o skoku h_{sv} zamieniającej ruch obrotowy silnika w ruch postępowy pionowy. Analogicznie ruch w kierunku poziomym chwytaka realizowany jest za pomocą silnika elektrycznego 18 o momencie M_{mh} i kącie obrotu wału głównego φ_h oraz śruby 16 o skoku h_{sh} .

Rozkład przyspieszenia i siły działających na masę chwytaka m_{sh} w kierunku poziomym przedstawiono na rys. 8, a na masę chwytaka m_{sv} w kierunku pionowym rys. 9.



Rys. 8. Rozkład przyspieszenia i siły działających na masę chwytaka poruszającego się w kierunku poziomym wprowadzonego w ruch przez silnik elektryczny 18



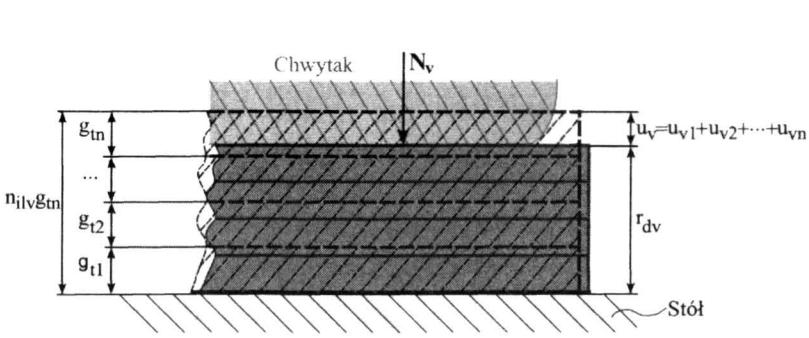
Rys. 9. Rozkład przyspieszenia i siły działających na masę chwytaka poruszającego się w kierunku pionowym wprowadzonego w ruch przez silnik elektryczny 9

Na masę m_{sh} składają się elementy chwytaka, tj. płyta 13 z trzema wałkami prowadzącymi taśmę 3, silnikiem e lektrycznym 4 i gumową taśmą 2, a na m_{sv} masa m_{sh} , sprężyna 16, przewodnice 19 do stabilizowania ruchu chwytaka w kierunku poziomym, silnika elektrycznego 2 i obudowy 14.

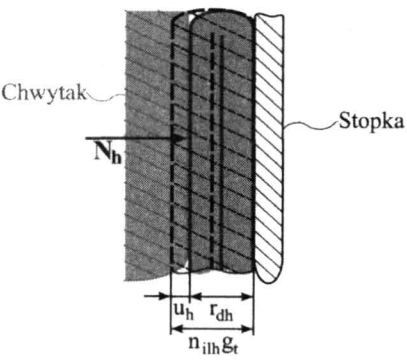
Równania dynamiczne ruchu dla układów z rys. 8 i 9 można przedstawić, stosując zasadę prac wirtualnych:

$$M_{mh} - N_h \frac{dx_h}{d\varphi_h} - m_{sh} \frac{d^2 x_h}{dt^2} \frac{dx_h}{d\varphi_h} = 0 \qquad M_{mv} - N_v \frac{dx_v}{d\varphi_v} - m_{sv} \frac{d^2 x_v}{dt^2} \frac{dx_v}{d\varphi_v} = 0 \quad (6)$$

Współrzędne liniowe x_h i x_v oraz współrzędne katowe φ_h i φ_v określają położenie układu o masie m_{sh} i m_{sv} . Sposób określenia funkcji ruchu $x_h = x_h(\varphi_h)$ i $x_v = x_v(\varphi_v)$ oznaczają geometryczny związek pomiędzy ruchem obrotowym silnika elektrycznego 9 i 18 oraz ruchem poziomym i pionowym chwytaka.



Rys. 10. Schemat ściskania pakietu tekstyliów z siłą N_v



Rys. 11. Schemat ściskania warstwy materiału z siłą N_h

Związki pomiędzy siłami ściskającymi i odkształceniami pakietu tekstyliów leżącego na stole (rys. 10) przyjęto w postaci:

$$N_v = \frac{k_{v1}}{g_t n_{ilv} + g_t \frac{L_t}{L_{th}}} u_v + \frac{k_{v2}}{g_t n_{ilv} + g_t \frac{L_t}{L_{th}}} u_v^3 + c_{tv} \frac{du_v}{dt} \quad \text{dla } u_v > 0 \quad \text{i} \quad L_h > 0,001$$

$$N_v = \frac{k_{v1}}{g_t n_{ilv}} u_v + \frac{k_{v2}}{g_t n_{ilv}} u_v^3 + c_{tv} \frac{du_v}{dt} \quad \text{dla } u_v > 0 \quad \text{i} \quad L_h \leq 0,001$$

$$N_v = 0 \quad \text{dla } u_v \leq 0$$
(7)

Natomiast dla pakietu ściskanego pomiędzy stopką i ruchomą częścią chwybaka (rys. 11):

$$N_h = \frac{k_{h1}}{g_t n_{ilh} + g_t \frac{L_t}{L_{tv}}} u_h + \frac{k_{h2}}{g_t n_{ilh} + g_t \frac{L_t}{L_{tv}}} u_h^3 + c_{th} \frac{du_h}{dt} \quad \text{dla } u_h > 0$$

$$N_h = 0 \quad \text{dla } u_h \leq 0$$
(8)

gdzie N_h oznacza siłę ściskającą materiał pomiędzy stopką i ruchomą częścią chwybaka, N_v siłę ściskającą pakiet leżący na stole, $(k_{h1}, k_{h2}, k_{v1}, k_{v2})$ stałe sprężystości, c_h, c_v współczynniki tłumienia, $u_h, u_v = u_{v1} + u_{v2} + \dots + u_{vm}$ oznaczają ściśnięcia kolejnych warstw materiału o grubościach równych odpowiednio $g_{t1} = g_{t2} = \dots = g_{tm}$.

Parametry charakteryzujące zachowanie chwybaków stabilizują się w czasie i osiągają zadane wartości graniczne.

3. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Weryfikacja doświadczalna skuteczności separowania wykroju z nakładu materiałów przez chwybak o zwiększonej powierzchni roboczej dla wybranych materiałów, z użyciem trzech pasów o różnych współczynnikach tarcia – została ograniczona do sprawdzenia, czy rzeczywiście da się odseparować tkaninę zaprezentowaną zasadą. Dla wszystkich materiałów udało się dobrać pas.

4. WNIOSKI

W rozprawie doktorskiej zbudowano aktualne, uniwersalne narzędzie do modelowania zachowań zmian struktury tkaniny poddanej obciążeniom statycznym. Pozwala ono uwzględnić zachowanie poszczególnych elementów

struktury tkaniny, co ułatwia zrozumienie zjawisk zachodzących w niej podczas użytkowania gotowego wyrobu.

1. Postawione tezy zostały potwierdzone.

- Siła wywierana przez chwytak na separowaną tkaninę osiąga wartość zapobiegającą wysunięciu się tkaniny z zacisku.
- Zastąpienie sprężyny zaciskającej szczęki chwytaka silnikiem zapobiega przekraczaniu dopuszczalnych nacisków.
- Zmniejszenie nacisków koniecznych dla utrzymania tkaniny uzyskano przez zwiększenie powierzchni nacisku szczęk.
- Wprowadzanie brzegu tkaniny pomiędzy szczęki chwytaka zrealizowano z zastosowaniem pasa bez końca ciągnącego tkaninę siłą tarcia w kierunku miejsca zablokowania jej przesuwu, gdzie tworzy się fałda wchodząca pomiędzy szczęki.

2. Programy komputerowe, opisujące pracę chwytaków do tekstyliów umożliwiają analizę zachowania się układu, co pozwala skrócić proces projektowania urządzenia. Badania modelowe wykazały, że istnieje możliwość doboru właściwych parametrów tych mechanizmów.

3. Tezy pracy doktorskiej zaowocowały zgłoszeniem wniosku patentowego.

LITERATURA

- [1] Tsourveloudis N.C., Kolluru R., Valavanis K.P. and Gracanin D.: *Suction Control of a Robotic Gripper: A Neuro-Fuzzy Approach*. Journal of Intelligent and Robotic Systems 2000, Vol. 27, No 3. pp. 215-235.
- [2] Щоробков В.И., Прытков В.Г.: *Роботы и Одежда*. Москва, Легпромбытиздат, 1984, с 128.
- [3] Needle Grippers: Techno-Sommer Automatic: <http://www.techno-sommer.com/GrDesign12.htm>
- [4] Reeves A., Harbor M.O., Reina P.V., Sandgren R.T.: all of Nashville, Tenn: *Fabric Pickup Device*; Patent Number: 5,018,715; Date of Patent: May 28, 1991.
- [5] Fort J., Darnieulles, France: *Gripper for Textile Cloth or The Like*; Patent Number: 4,526,363; Date of Patent: Jul. 2, 1985.
- [6] Keeton J.H.: *Cloth Pickup and Folding Head*; Patent Number: 4,444,384; Date of Patent: Apr. 24, 1984.
- [7] Fort J., Darnieulles, France: *Gripper for Textile Layer or The Like*; Patent Number: 4,697,837; Date of Patent: Oct. 6, 1987.
- [8] Zajaczkowski J.: *Computer Modelling of Textile Machines*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2000, Vol. 8, No. 3 (30), pp. 59-62, No. 4(31) pp. 78.

ANALYSIS OF SEPARATION METHODS OF A PATTERN FROM THE FABRIC STACK

Summary

The dissertation presents four mathematical models of the gripper mechanism that are characterized by different properties. The analysis has been conducted for grippers with an electric drive. For each model, the equations describing their kinematic and dynamic characteristics have been formulated. The equations have been solved numerically. The calculation results that illustrate a rheological reaction of the fabric to the operation of grippers are shown on diagrams.

The developed gripper has been patent at the Polish Patent Office in 27.09.2007 entitled "Device for gripping a single layer from the material stack" as the invention project no. P-368085.

A separation of the fabric layer from the stack has been analyzed on the basis of the gripper model in which the phenomenon of friction was employed.

To evaluate the possibility of separating a single pattern from the fabric stack with the method described, a test stand including a gripper model based on the device that separates a single fabric layer has been built. The efficiency of separation of various types of woven and knitted fabrics has been experimentally investigated on a specially built test stand.

Departament of Mechanics of Textile Machines
Technical University of Lodz, Poland