

RELAKSACJA TAŚMY ZGRZEBLARKOWEJ JAKO EFEKT PROCESU WYRÓWNYWANIA KRÓTKOODCINKOWEGO.

mgr inż. Marek Idzik
Instytut Mechanicznej Technologii Włókna
Politechniki Łódzkiej

Zmniejszenie nierównomierności masy produktów przędzalniczych było do niedawna realizowane głównie przez łączenie taśm lub niedoprzędów na rozciągarkach, niedoprzędzarkach i przędzarkach. W latach 30-tych przy produkcji przędzy w granicach 20+25tex stosowano w procesie technologicznym około 3500 łączeń. Po wprowadzeniu jednoprosesowego trzepania liczba ta zmniejszyła się do 800+900, a po wyeliminowaniu trzeciej rozciągarki - do 144. W nowoczesnych systemach przędzenia liczba ta może być mniejsza od 10. Łączenie nie może więc być obecnie podstawową operacją zmniejszającą nierównomierności masy półproduktów przędzalniczych, które decydują przecież o jakości przędzy. Rolę tą spełniają obecnie powszechnie stosowane regulatory rozciągu.

Zasadnicze znaczenie w układach regulacji ma element pomiarowy. Jego zadaniem jest ściśnięcie strumienia włókien, ustalenie wartości wielkości włókienniczej odpowiadającej masie liniowej strumienia oraz przekazanie odpowiedniej wielkości elektrycznej (mechanicznej) do kolejnych członów regulatora w celu dalszej obróbki. Błąd pomiaru wielkości włókienniczej i zamiany na wielkość elektryczną (napięcie) wpływa na dokładność systemu regulacji i nie może być już skorygowany. Z literatury [1,2], rozwiązań patentowych oraz własnych doświadczeń [3,4] wiadomo, że istnieje 14 różnych, fizycznie możliwych organów pomiarowych, z czego praktyczne zastosowanie mają w zasadzie 3:

- a) układ mechaniczny (rys.1);
- b) układ pneumatyczny bierny (rys.2);
- c) układ pneumatyczny aktywny (rys.3).

Pomiar mechaniczny polega na rejestrowaniu przez czujnik przesunięć liniowych położenia górnej rolki pomiarowej wychylającej się proporcjonalnie do zmian masy liniowej (grubości) taśmy i wytworzeniu elektrycznego sygnału napięciowego sterującego układem regulacji.

W układzie pneumatycznym biernym taśma przechodzi przez dwa przewężenia, gdzie poddana jest działaniu stałego ciśnienia. W zależności od masy liniowej taśmy zmienia się opór przepływu, który jest rejestrowany i przekazywany do układu regulacji.

W układzie pneumatycznym aktywnym zamknięte w taśmie powietrze jest wypychane, a powstające nadciśnienie - rejestrowane.

Wszystkie trzy metody pomiaru są zależne od parametrów. W zakresie punktu pracy określają to zależności [1]:

1. Pomiar mechaniczny.

$$\frac{\Delta T}{T} = 0.11 \frac{\Delta M}{M} - 0.04 \frac{\Delta V}{V} + 0.37 \frac{\Delta K}{K}$$

2. Pomiar pneumatyczny bierny.

$$\frac{\Delta T}{T} = 0.75 \frac{\Delta M}{M} + 0.03 \frac{\Delta V}{V} + 0.21 \frac{\Delta p}{p}$$

3. Pomiar pneumatyczny aktywny.

$$\frac{\Delta T}{T} = 0.50 \frac{\Delta M}{M} - 0.45 \frac{\Delta V}{V}$$

Gdzie: T - masa liniowa mierzonej taśmy w [ktex];

M - wskaźnik Micronaire w [$\mu\text{g}/\text{inch}^2$];

V - prędkość przesuwu taśmy przez układ pomiarowy w [m/s];

K - obciążenie górnej rolki przy pomiarze mechanicznym w [N];

p - nacisk pneumatyczny w tzw. lejku biernym w [mbar].

Przedstawione powyżej wstępne empiryczne zależności pozwalają na ukierunkowanie pewnych tendencji:

1. Sygnał z pneumatycznych elementów pomiarowych jest w dużym stopniu zależny od grubości włókien, a przy pomiarze aktywnym również od prędkości przesuwu taśmy.
2. Przy biernym pneumatycznym pomiarze ważne jest, aby utrzymać stałość pneumatycznego docisku na zasilaniu.
3. Pomiar mechaniczny jest najlepszym kompromisem między techniką przędzenia i techniką pomiaru. W niewielkim stopniu zależy od rodzaju przerabianych włókien (wskaźnik Micronaire) oraz praktycznie w ogóle nie zależy od prędkości przesuwu taśmy. Duże znaczenie posiada natomiast stałość mechanicznego docisku rolek pomiarowych (rys. 8).

Zasada regulacji powinna opierać się na równaniu regulacji, przedstawiającym zależność rozciągu od wahań masy liniowej (grubości) taśmy rejestrowanych w urządzeniu mierzącym.

Do regulacji grubości taśmy potrzebny jest nie tylko pomiar nierównomierności grubości, lecz również znajomość rozkładu końców włókien w taśmie, który określa jej strukturę.

$$n_1(t) = n_1 [1 + \text{acos} (2\pi v_1 / \lambda_1) \cdot t]$$

gdzie:

n_1 - średnia liczba przednich końców włókien;

$n_1 a$ - amplituda wahań liczby przednich końców włókien;

λ_1 - długość fali wahań liczby przednich końców włókien;

$n_1(t)$ - liczba przednich końców włókien w dowolnej chwili t.

Analogicznie dla wałków wydających:

$$n_2(t) = n_1 / R [1 + \text{acos} (2\pi v_2 / \lambda_2) \cdot t]$$

gdzie: R - średni rozciąg;

$\lambda_2 = \lambda_1 R$ - dł. fali liczby przednich końców włókien na wydawaniu.

Do otrzymania stałej liczby przednich końców włókien w taśmie wydawanej konieczna jest zmiana rozciągu $R(t)$, proporcjonalna do liczby przednich końców włókien w przekroju taśmy wchodzącej do wałków zasilających:

$$n_2 = n_1 / R = n_1(L; t) / R(t)$$

Stąd:

$$R(t) = R/n_1 \cdot n_1(L; t) \quad - \quad \text{równanie regulacji}$$

gdzie:

L - długość strefy rozciągania.

Równanie regulacji określa zmianę rozciągu w funkcji gęstości przednich końców włókien w taśmie zasilającej.

Jeżeli założymy, że długość fali $\lambda_1 \geq 6l$, to

$$R(t) = R/m_1 \cdot m_1[Q; (t-t_z)]$$

gdzie:

m_1 - liczba włókien w taśmie znajdującej się w urządzeniu mierzącym (w przekroju Q);

t_z - czas opóźnienia.

W praktyce regulator jest w stanie wyróżnić nierównomierny rozkład masy o falach $\lambda_1 \geq 6l$.

Fale o długości mniejszej od $2l$ nie mogą być regulowane jedynie na podstawie informacji dotyczących nierównomierności grubości. Konieczna jest również znajomość rozkładu końców włókien w taśmie.

Analizując proces regulacji a w zasadzie jego skuteczność, badano taśmę zgrzeblarkową po wyjściu z wałków wydających krótkoodcinkowego regulatora zgrzeblarkowego. Taśma regulowana wykazywała rosnącą nierównomierność w kolejnych warstwach w garze mierzoną współczynnikiem CV wg Ustera (rys. 4). Początkowo wydawało się, że przyczyną jest niestabilna praca regulatora. W następnej próbie odwrócono więc kolejność badania i rozpoczęto analizę taśmy od dna gara. Uzyskano podobne tendencje (rys. 5), co wykluczyło niestabilną pracę regulatora i doprowadziło do wniosku, że przyczyną zmian równomierności taśmy może być nie miejsce jej ułożenia w garze, lecz czas, jaki upłynął od chwili regulacji do chwili pomiaru. Przypuszczenie to potwierdziła następna próba (rys. 6). Zgrzeblarkowa taśma regulowana zmienia więc swoją strukturę po procesie regulacji krótkoodcinkowej i dopiero po około 3 godzinach jej struktura ulega ustabilizowaniu.

Dla porównania na rys. 7 przedstawiono zmianę równomierności taśmy nieregulowanej po przejściu przez regulator pracujący ze stałym rozciąganiem. Taśma nie wykazuje praktycznie tendencji zmian równomierności po opuszczeniu regulatora.

Przyczyną właściwości relaksacyjnych regulowanej taśmy zgrzeblarkowej może być wahanie siły rozciągania w trakcie procesu regulacji spowodowane ciągłą zmianą rozciągu. W pracach Kownera określono teoretycznie wielkość siły rozciągania. Charakterystykę przebiegu siły rozciągania taśmy przy różnych rozciągach przedstawiono na rys.9. Charakter tej krzywej w badanym procesie regulacji będzie na pewno nieco odbiegał od przedstawionego, lecz tendencje będą na pewno zachowane.

Zgrzeblarkowe regulatory krótkoodcinkowe pracują najczęściej przy rozciągach poniżej 1.5. Badany regulator pracował przy rozciągu 1.35, co przy wahaniami masy liniowej taśmy w granicach $\pm 25\%$ powodowało wahania rozciągu od 1.01 do 1.69, a więc i wahanie siły rozciągania w granicach od 0 do 500cN. W granicach stabilnej pracy regulatora ($R=1.2+1.8$) najmniejsze wahania siły rozciągania występują przy rozciągu 1.55 (zgodnie z krzywą Kownera). Badania potwierdziły występowanie wówczas najmniejszych tendencji relaksacyjnych, ale ze względu na większe wartości nierównomierności taśmy rozciąg ten nie jest zalecany.

Całkowita wartość siły tarcia w polu rozciągowym może być określona wzorem :

$$T = \alpha_f f(x, t) g[f(x, t) t] \Phi \left[\beta_f \frac{\delta v(x, t)}{\delta x} \right]$$

gdzie:

T - siła tarcia w polu rozciągowym;

α_f - całkowita liczba styków między włóknami w badanym przekroju strumienia;

$f(x, t)$ - liczba włókien w badanym przekroju strumienia;

$g[f(x, t) t]$ - średnie ciśnienie między włóknami będące funkcją grubości produktu;

$v(x, t)$ - średnia prędkość włókien w badanym przekroju;

β_f - współczynnik zależny od długości włókien rozmieszczonych w pobliżu badanego przekroju;

$$\Phi \left[\beta_f \frac{\delta v(x, t)}{\delta x} \right] = \mu - \text{współczynnik tarcia między włóknami.}$$

Jeżeli pominie się bezwładność włókien, to siła tarcia będzie równa i przeciwnie skierowana do siły zewnętrznej wyciągającej włókna z pola rozciągowego.

Równanie to nazywa się często zasadniczym równaniem rozciągania i stanowi ono punkt wyjścia do obliczenia tzw. charakterystyk widmowych (spektralnych) pola rozciągowego.

Przemieszczanie włókien w polu rozciągowym jest możliwe po pokonaniu określonego oporu tych włókien. Konieczne jest więc

przyłożenie odpowiedniej siły zewnętrznej. Siła ta, powodująca rozciąganie produktu, nazywa się siłą rozciągania.

Wartość rozciągu, przy którym siła rozciągania osiąga maksimum oraz wartość maksymalnej siły rozciągania zależą od warunków rozciągania, a przede wszystkim od rodzaju włókien, grubości produktu zasilającego, stopnia skręcenia tego produktu, długości włókien, odległości między zaciskami wałków rozciągowych oraz innych parametrów o mniejszym znaczeniu.

Im większa jest nierównomierność produktu, tym większe będą zmiany siły rozciągania.

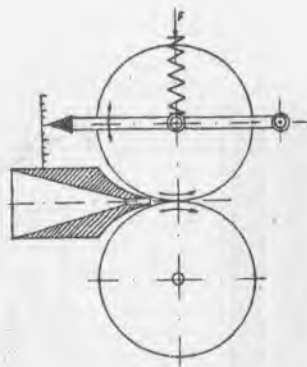
Wartość siły rozciągania zależy także od stopnia wyprostowania włókien. Siła rozciągania dla taśmy z trzeciej rozciągarki jest blisko cztery razy mniejsza niż dla taśmy ze zgrzeblarki.

W procesie rozciągania stopień wyprostowania włókien wzrasta proporcjonalnie do wartości rozciągu. Po wyjściu z aparatu rozciągowego, gdy ustanie działanie sił rozciągających i prostujących, włókno na skutek elastyczności usiłuje powrócić do stanu wyjściowego. Jednak zawsze zachowuje część uzyskanych w procesie rozciągania odkształceń. Przyczyną może być budowa strukturalna włókien, charakteryzujących się dużą sprężystością, w związku z czym stawiają one znaczny opór sile prostującej; po ustaniu działania tej siły wracają do swego pierwotnego kształtu.

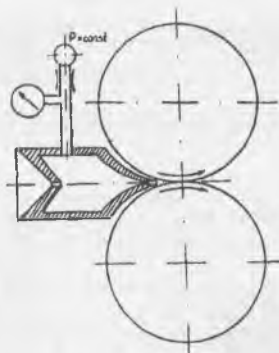
Reasumując należy stwierdzić, że ocena skuteczności działania krótkoodcinkowego regulatora zgrzeblarkowego nie jest jednoznaczna. Czas jaki upływa od chwili regulacji do chwili pomiaru ma zasadnicze znaczenie, gdyż taśma ulega relaksacji. Nie jest więc obojętne jak szybko przekażemy taśmę zgrzeblarkową regulowaną do następnej maszyny w procesie technologicznym. Nierównomierność początkowa produktu może wówczas zmieniać się w sposób niekontrolowany.

Literatura

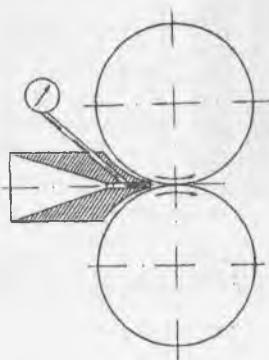
1. E. King - "Die Rolle der modernen Strecke" - International Textil Bulletin. Garnherstellung. 1991, nr 1, str. 35.
2. H. Fritsch, G. Mandl, H.-P. Meile - "Kardenregulierung - Wirkung und Aufbau" - Melland Textilberichte 1984, nr 9, str. 577.
3. M. Idzik - "Rola regulatorów rozciągu w nowoczesnych systemach przedzenia" - Przegląd Włókienniczy 1993, nr 9, str. 218.
4. M. Idzik - "Próby pominięcia rozciągarek w procesie technologicznym przy zastosowaniu regulatora rozciągu na zgrzeblarce" - Przegląd Włókienniczy 1993, nr 5, str. 113.
5. S.N. Djiev - "Modeling a Double-Zone Drafter as an Object of Control" - Textile Research Journal 1994 nr 8, str. 449.



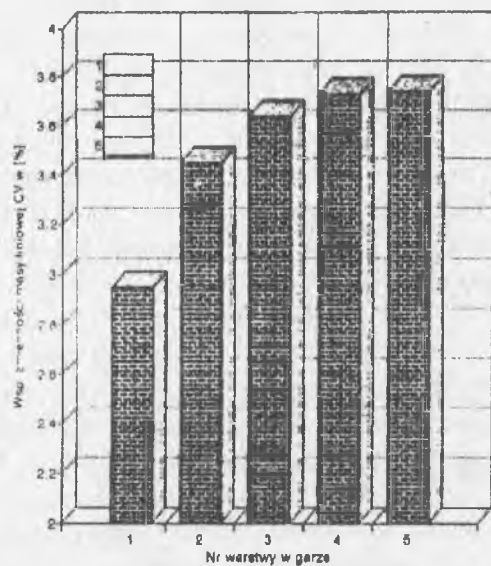
Rys. 1. Schemat mechanicznego układu pomiarowego.



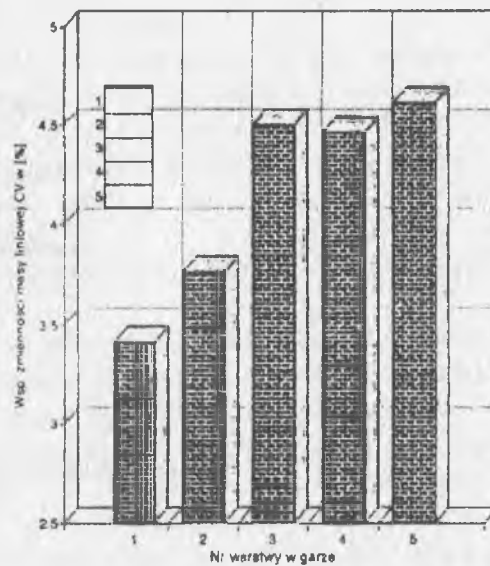
Rys. 2. Schemat biernego pneumatycznego układu pomiarowego.



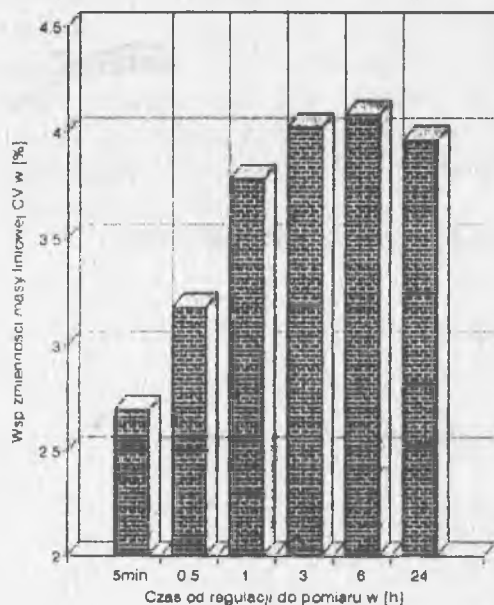
Rys. 3. Schemat aktywnego pneumatycznego układu pomiarowego.



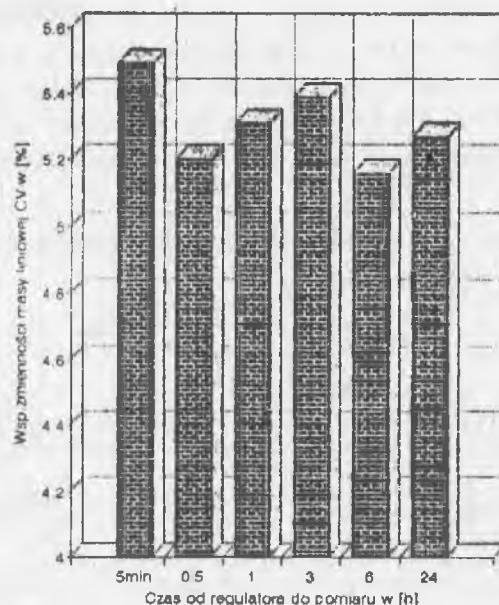
Rys.4. Współczynnik zmienności masy liniowej CV[%] wg Ustera dla taśmy zgrzeblarkowej regulowanej wyznaczony w kolejnych warstwach w garze (numeracja od góry gara).



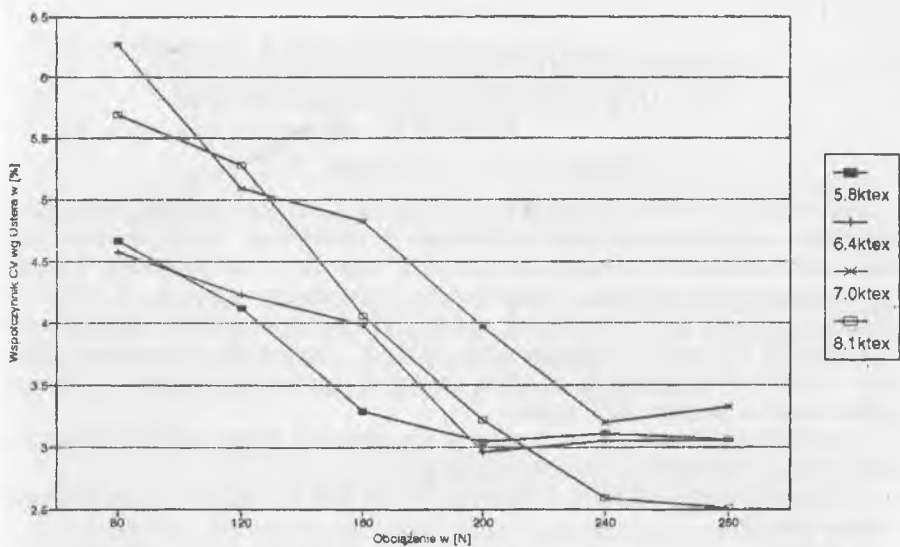
Rys.5. Współczynnik zmienności masy liniowej CV[%] wg Ustera dla taśmy zgrzeblarkowej regulowanej wyznaczony w kolejnych warstwach w garze (numeracja od dołu gara).



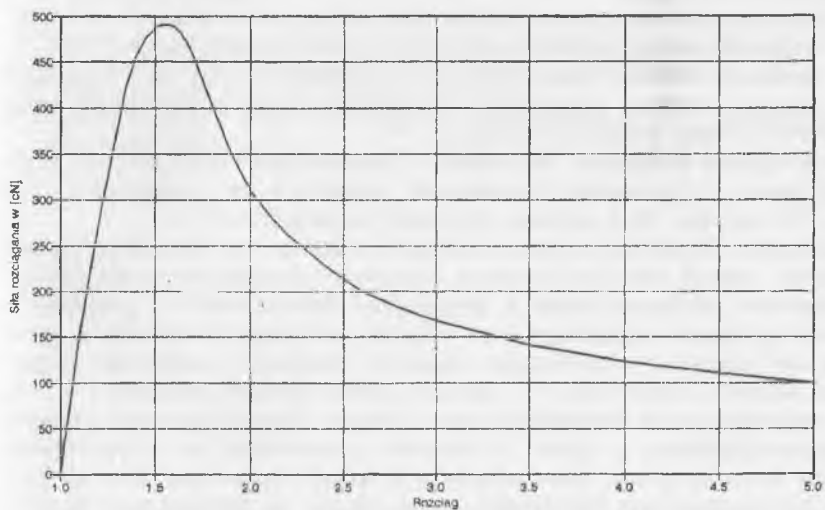
Rys.6. Współczynnik zmienności masy liniowej CV[%] wg Ustera dla taśmy zgrzeblarkowej regulowanej wyznaczony w różnym czasie po regulacji.



Rys.7. Współczynnik zmienności masy liniowej CV[%] wg Ustera dla taśmy zgrzeblarkowej nieregulowanej wyznaczony w różnym czasie po przejściu przez regulator.



Rys. 8. Nierównomierność taśmy zgrzeblarkowej regulowanej w funkcji obciążenia rolki pomiarowej.



Rys. 9. Charakterystyka przebiegu siły rozciągania taśmy przy różnych rozciąganiach.