

Roman KAŹMIROWICZ¹, Petro MAŁACZIWSKIJ²

¹Ukraińska Akademia Drukarstwa, Lwów,

²Centrum Matematycznego Modelowania Ukrainy, ISPMN NAN

AUTOMATYZACJA KONTROLI I STEROWANIA DOKŁADNOŚCIĄ PROCESU KROJENIA STOSÓW ARKUSZY NA JEDNONOŻOWEJ KRAJARCE

Streszczenie. Rozpatrzono zagadnienie zmniejszenia błędu nieprostokątności krojenia stosu arkuszy papieru. Dla zmniejszenia tych błędów wykorzystano metodę wykorzystującą nachyloną belkę wymiarową. Kąt nachylenia belki wymiarowej wyznacza się przy założeniu zapewnienia najmniejszego odchylenia rzeczywistego rozmiaru otrzymanego arkusza od nominalnego. Przewidziano możliwość automatycznej korekcji kąta nachylenia belki wymiarowej w zależności od wyników bieżącej kontroli rozmiaru arkuszy, otrzymanych podczas krojenia.

CONTROL OF AUTOMATIZATION AND REGULATION OF AMOUNT CUTTING THE PAPER ON THE SHEETERS

Summary. It is to be solved a problem of reducing of mistake unperpendicularity cutting the paper on the sheeter. For reducing these mistakes we suggest using the bented hander. The bent of hander we find from the condition about the smallest deflexion of the true shut size from the nominal size. We have a possibility of automatical correction bented hander in response to the results of current controlling about the sheet size, which we receive during a cutting.

1. Postawienie problemu

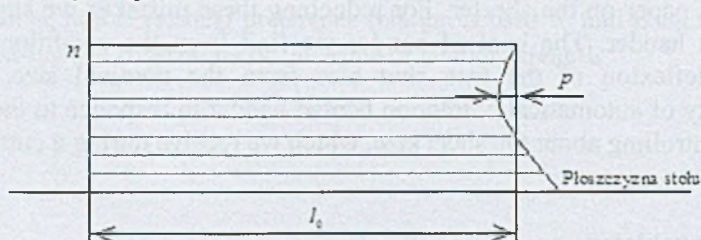
Jednym z błędów krojenia stosu arkuszy papieru na jednonożowych krajarkach jest zjawisko nieprostokątności krojenia stosu klinowym nożem [1,2,3,5,6], które ujawnia się w nierównej długości górnych i dolnych arkuszy stosu w odniesieniu do ich nominalnej długości. W jednych wypadkach nóż może się odchylić w stronę belki nożowej, w innych - w stronę odciętej części stosu. Takie zjawisko nazywa się górnym (górne arkusze są krótsze od dolnych) albo dolnym okrawaniem (dolne arkusze są krótsze od górnych) [6]. Zjawisko to nasila się przy stępieniu noża. Powstanie odchylen w procesie krojenia jest powodowane także nadmiernym naciskiem na stos belką nożową oraz nieprawidłowym kątem zaostrenia noża itp.[1,6]. Oprócz tego, nie każdy rodzaj materiału arkuszy poddaje się jednakowo procesowi krojenia. Dlatego

aktualnym problemem jest zmniejszenie wad produkcji podczas krojenia. Zmniejszenie takich wad osiąga się metodą korekcji nachylenia belki wymiarowej w stosunku do powierzchni stołu krajarki.

W celu kompensacji błędów nieprostokątności krojenia stosu na jednołożowych krajarkach niektórych zachodnich firm [5] zastosowano urządzenie z uchylną belką wymiarową. Urządzenie to pozwala za pomocą indywidualnego serwowilnika z ręcznym sterowaniem ustawiać belkę wymiarową pod kątem w stosunku do płaszczyzny stołu nieco różnym od kąta prostego. Przy tym górna krawędź belki wymiarowej może odchyłać się od pionu w obie strony do 1,5 mm. Jednak taka procedura jest mało produktywna i nie zawsze dokładnie wykonywana. Dlatego automatyzacja procedury kontroli i sterowania dokładnością procesu krojenia stosów na jednołożowej krajarce jest ważnym zadaniem branży poligraficznej. Realizacja zadania podwyższenia dokładności krojenia stosu arkuszy polega na opracowaniu sposobu automatycznej kontroli jakości krojenia oraz metody wyznaczenia optymalnego kąta nachylenia belki wymiarowej.

2. Ogólne omówienie problemu

Dla zapewnienia niezbędnej dokładności wymiarów oraz wymaganej odległości od linii konturu obszaru przeznaczanego do wypełnienia drukiem podczas krojenia można zastosować metody statystycznego sterowania procesem technologicznym. Metoda ta polega na korekcji parametrów procesu technologicznego na podstawie danych uzyskiwanych z bieżącej kontroli wytwarzanego produktu. Metoda pozwala na wyznaczenie optymalnego kąta nachylenia belki na podstawie analizy rozmiarów arkuszy podczas krojenia. Graficzne wyznaczenie błędu krojenia przedstawiono na rysunku 1, na którym oznaczono: n – liczba arkuszy w stosie, l_0 – nominalny rozmiar arkusza, p – błąd krojenia.



Rys. 1. Schemat profilu krojenia stosu arkuszy

W ogólnym wypadku krzywa krojenia stosu arkuszy w zależności od jej wysokości jest funkcją nieliniową [1,3]. Dlatego wyznaczenie kąta nachylenia belki wymiarowej tylko na podstawie różnicy rozmiarów górnych i dolnych arkuszy nie daje zadowalających wyników. Kąt nachylenia belki wymiarowej trzeba wybierać tak, aby błąd krojenia był jak najmniejszy.

Rozwiązanie tego problemu polega na znajdowaniu takiego kąta nachylenia belki wymiarowej w stosunku do płaszczyzny krojenia, przy którym różnica odchylenia nominalnego rozmiaru arkusza od rzeczywistego będzie najmniejsza. Taki

kąt nachylenia belki wymiarowej do płaszczyzny krojenia można wyznaczyć na podstawie aproksymacji błędów krojenia p prostą

$$p = a + bn, \quad (1)$$

która opisuje zależność błędu krojenia od liczby arkuszy n . Jeżeli parametry tej prostej są znane, to szukany kąt nachylenia belki wymiarowej w stosunku do płaszczyzny stołu wyznacza się z formuły

$$\alpha = \arctg(\tau/b), \quad (2)$$

gdzie τ – grubość arkusza $\tau = H/n$, H – wysokość stosu, a n – liczba arkuszy.

W pracy [2] dla wyznaczenia parametrów a i b prostej (1) wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów, co gwarantuje minimalne błędy odchyień obserwowanych wartości od wartości wyrażonych prostą (1).

Niech (n_i, p_i) , $i = \overline{1, k}$ – stanowią wyniki obserwowane z błędem p_i krojenia n_i -tego arkusza, wtedy znalezienie prostej (1) według metody najmniejszych kwadratów oznacza, że parametry a i b wyznacza się z warunku

$$\sum_{i=1}^k (p_i - a - bn_i)^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Dokładność krojenia można podwyższyć, jeżeli kąt nachylenia belki wymiarowej wyznaczy się z zastosowaniem aproksymacji błędów krojenia z kryterium minimaxowego [4]

$$\max_{1 \leq i \leq k} |p_i - a^* - b^* n_i| = \min_{a, b} \max_{1 \leq i \leq k} |p_i - a - b n_i|, \quad (4)$$

zgodnie z którym parametry a^* i b^* zapewniają osiągnięcie najmniejszej możliwej wartości odchylenia tej prostej od wartości błędów krojenia p_i w punktach obserwacji n_i , $i = \overline{1, k}$. Wartości parametrów a^* i b^* aproksymacji liniowym modelem (1) wyników obserwacji (n_i, p_i) , $i = \overline{1, k}$ zgodnie z minimaxowym kryterium wyrażają się zależnościami

$$b^* = \left(p_{z_3} - p_{z_1} \right) / \left(n_{z_3} - n_{z_1} \right), \quad (5)$$

$$a^* = \left(p_{z_2} + p_{z_1} - b^* (n_{z_2} + n_{z_1}) \right) / 2, \quad (6)$$

gdzie z_j , $j = 1, 2, 3$ – uporządkowanie według wzrostu numerów punktów alternansu: $1 \leq z_1 < z_2 < z_3 \leq k$. Dla znajdowania punktów alternansu można zastosować algorytm Remeza [4].

Efektywność zastosowania aproksymacji według kryterium minimaxowego dla wyznaczenia optymalnego kąta nachylenia belki wymiarowej pokazemy na wynikach pomiarów błędów krojenia dla stosu 1000. arkuszy, które podano w tabeli 1. W kolumnie n tabeli 1, podany jest numer arkusza, a w kolumnie p – odpowiednia wartość krojenia z ustalonym prostopadłym ustawieniem belki wymiarowej. W kolumnie Δ_m podano wartości możliwych błędów krojenia w wypadku wyznaczenia kąta nachylenia belki wymiarowej z zastosowaniem aproksymacji modelu (1) według kryterium minimaxowego.

Otrzymany przy tym liniowy model (1) ma postać

$$p_m = 2.29 - 0.0024 n. \quad (7)$$

Tabela 1

Wartości błędów krojenia stosu arkuszy

n	p [mm]	Δ_m [mm]	Δ_{lq} [mm]	Δ_{mu} [mm]
1000	0	-0.29	-0.055	0.0
975	0.20	-0.33	0.090	0.15
950	0.10	-0.22	-0.064	0.0
925	-0.10	-0.16	-0.319	-0.25
900	0.35	-0.1	0.077	0.15
875	0.15	-0.090	-0.177	-0.1
850	0.10	-0.030	-0.282	-0.2
825	0.30	-0.020	-0.136	-0.050
800	0.15	0.090	-0.341	-0.25
775	0.10	0.050	-0.445	-0.35
750	0.60	-0.040	0.000	0.1
725	0.85	-0.030	0.196	0.3
700	0.90	0.030	0.192	0.3
675	1.00	0.14	0.237	0.35
650	1.00	0.15	0.183	0.3
625	1.10	0.11	0.228	0.35
600	1.15	0.070	0.224	0.35
575	1.20	0.18	0.219	0.35
550	1.20	0.14	0.165	0.3
525	1.20	0.1	0.111	0.25
500	1.20	0.11	0.056	0.2
475	1.25	0.17	0.052	0.2
450	1.35	0.23	0.097	0.25
425	1.45	0.29	0.143	0.3
400	1.40	0.3	0.038	0.2
375	1.50	0.31	0.084	0.25
350	1.60	0.27	0.129	0.3
325	1.65	0.33	0.125	0.3
300	1.60	0.29	0.021	0.2
275	1.60	0.3	-0.034	0.15
250	1.65	0.11	-0.038	0.15
225	1.80	-0.33	0.057	0.25
200	1.90	-0.22	0.103	0.3
175	1.85	-0.010	-0.002	0.2
150	1.90	-0.15	-0.006	0.2
125	1.90	-0.040	-0.060	0.15
100	1.95	0.22	-0.065	0.15
75	1.95	-0.17	-0.119	0.1
50	1.95	0.090	-0.174	0.050
25	1.90	0.25	-0.278	-0.050
1	2.00	0.11	-0.233	0.0

Dla porównania w kolumnie Δ_{lq} przedstawiono wartości możliwych błędów krojenia w wypadku wyznaczenia kąta nachylenia belki wymiarowej z zastosowaniem metody najmniejszych kwadratów dla tych samych wyników obserwacji. Odpowiedni liniowy model w tym przypadku opisuje zależność

$$p_{lq} = 2.2326 - 0.0021774n.$$

(8)

Analiza przedstawionych w tabeli 1 wyników potwierdza efektywność zastosowania aproksymacji według minimaxowego kryterium w porównaniu z metodą najmniejszych kwadratów. Maksymalna wartość odchylenia rzeczywistej długości arkuszy od nominalnej, z zastosowaniem nachylenia belki wymiarowej wyznaczonego według minimaxowego kryterium, osiąga wartość 0.33 mm, podczas gdy z zastosowaniem metody najmniejszych kwadratów – 0.445 mm.

Przy krojeniu stosów arkuszy zadrukowanych, w szczególności różnego rodzaju blankietów, etykietek, cennych papierów itp., kontrolę dokładności ich obróbki prowadzi się przeważnie wizualnym sposobem albo ostatnio opracowanymi systemami automatycznego rozpoznawania dokładności pozycjonowania obrazów górnego arkusza stosu. W tym przypadku celowy jest wybór takiego kąta nachylenia belki wymiarowej, przy którym błąd krojenia górnego arkusza równa się zeru. Taki kąt nachylenia belki wymiarowej można wyznaczyć stosując aproksymację według minimaxowego kryterium i interpolację [4] w punkcie, który odpowiada górnemu arkuszowi. Parametry liniowego modelu (1) aproksymacji według minimaxowego kryterium i interpolacji wyrażają się zależnościami

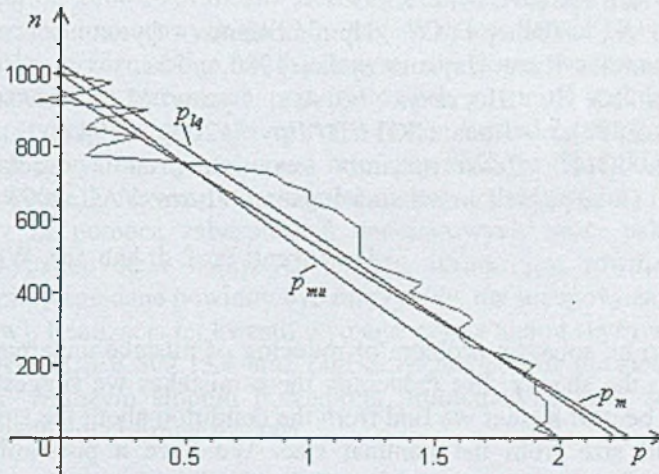
$$b = (p_{z_2} + p_{z_1}) / (n_{z_2} + n_{z_1} - 2n_0), \quad (9)$$

$$a = -bn_0, \quad (10)$$

gdzie z_j , $j = 1, 2$ – uporządkowane według wzrostu numerów punktów alternansu: $1 \leq z_1 < z_2 \leq k$, a n_0 – numer górnego arkusza, którego rzeczywiste rozmiary po krojeniu są równe nominalnym. Dla znalezienia punktów alternansu można zastosować algorytm Remeza. Liniowy model (1) wyznaczony według wyników minimaxowej aproksymacji z interpolacją dla wyników obserwacji przedstawionych w tabeli ma następującą postać

$$p_{mu} = 2.0 - 0.002n. \quad (11)$$

Wartości możliwych błędów krojenia w przypadku wyznaczenia kąta nachylenia belki wymiarowej z zastosowaniem minimaxowej aproksymacji modelu (1) z interpolacją przedstawiono w kolumnie Δ_{mu} tabeli 1. Maksymalna wartość błędu krojenia w tym przypadku osiąga wartość 0.35 mm.



Rys. 2. Wykres błędów krojenia i możliwe nachylenia belki

Wykres zmiany błędów rozmiarów etykietek p w funkcji wysokości stosu n , na podstawie danych przedstawionych w tabeli, i możliwe nachylenie belki wymiarowej przedstawiono na rysunku 2. Na tym rysunku odcinki prostych przedstawiają możliwe nachylenia belki wymiarowej, i tak: p_m – oznacza kąt nachylenia, wyliczony według minimaksowej aproksymacji, p_{mu} – wyliczony według minimaksowej aproksymacji z interpolacją, a p_{lq} – z zastosowaniem aproksymacji według metody najmniejszych kwadratów.

Automatyzacji pomiaru niedokładności krojenia arkuszy w zależności od wysokości stosu na jednonożowych krajarkach dokonuje się za pomocą czujników przemieszczenia.

3. Wnioski

Zaproponowane sposoby wyznaczenia optymalnego kąta nachylenia belki wymiarowej jednonożowej krajarki istotnie podwyższają jakość wytwarzania poligraficznej produkcji i są przydatne dla opracowania systemów automatycznego sterowania dokładnością krojenia. Optymalny kąt nachylenia belki wymiarowej otrzymuje się stosując aproksymację odchyień rzeczywistego rozmiaru arkuszy od nominalnego według minimaksowego kryterium. W przypadku braku błędu krojenia górnego arkusza celowe jest zastosowanie minimaksowej aproksymacji z interpolacją.

LITERATURA

1. Гинзбург В. З.: Исследование процесса резания на одноножевых бумагорезальных машинах: Автореф. дис. канд.техн.наук. – М., 1958.
2. Казьмірович Р. В.: Дослідження та деякі способи підвищення точності виготовлення етикетної продукції згідно з її розмірами // Поліграфія і видавнича справа. – Львів: УАД, 1993. N. 27, с. 109-113.
3. Казьмірович Р. В.: Оцінка точності процесу різання етикетної продукції на одноножових паперорізальних машинах // Поліграфія і видавнича справа. – Львів: УАД, 1988. N. 24, с. 95-99.
4. Попов Б. А., Теслер Г. С.: Приближение функций для технических приложений. – Киев: Наукова думка. 1980, с. 352.
5. Хведчин Ю. Й., Шостачук Ю. А., Оусар М.: Резальные машины и комплексы Polar. – Киев: ПКП СП "Друк", 2004. – 204 с.
6. Хведчин Ю. Й.: Деякі питання механіки різання стосів клиноподібним ножом // Поліграфія і видавнича справа. – Львів: УАД, 2003. N. 40, с. 37-43.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Owskiak

Abstract

It is to be solved a problem of reducing of mistake unperpendicularity cutting the paper on the sheeter. For reducing these mistakes we suggest using the bented hander. The bent of hander we find from the condition about the smallest deflexion of the true shut size from the nominal size. We have a possibility of automatical correction bented hander in responce to the results of current controlling about the sheet size, which we receive during a cutting.