ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: MECHANIKA z. 92 Nr kol. 1027

XIII MIĘDZYNARODOWE KOLOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"

13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"

25-28.04.1989 ZAKOPANE

Józef KAPŁANEK
Gabriel WRÓBEL

Instytut Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska

O PEWNYM PROBLEMIE REGULACJI POŁOŻENIA ROLEK SAMOTOKU BLACH GRUBYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę układu samotoku metodą elementów skończonych ze względu na wyrównanie nacisków na rolki. Czynnikiem wpływającym zasadniczo na wielkość nacisków dla określonych sztywności blachy i układu rolek jest ich wysokość położenia w stosunku do blachy. Ta regulowana wysokość stanowi zmienną optymalizacyjną rozważanego układu. W wyniku analizy uzyskano interesujący efekt usztywnienia w zakresie odkształceń transportowanych blach, co znacznie przyczynia się do podwyższenia trwałości rolek wskutek zminimalizowania niekorzystnych mechanicznych uderzeń ugiętej krawędzi blachy w czasie jej najazdu na rolki samotoku.

1. Wprowadzenie

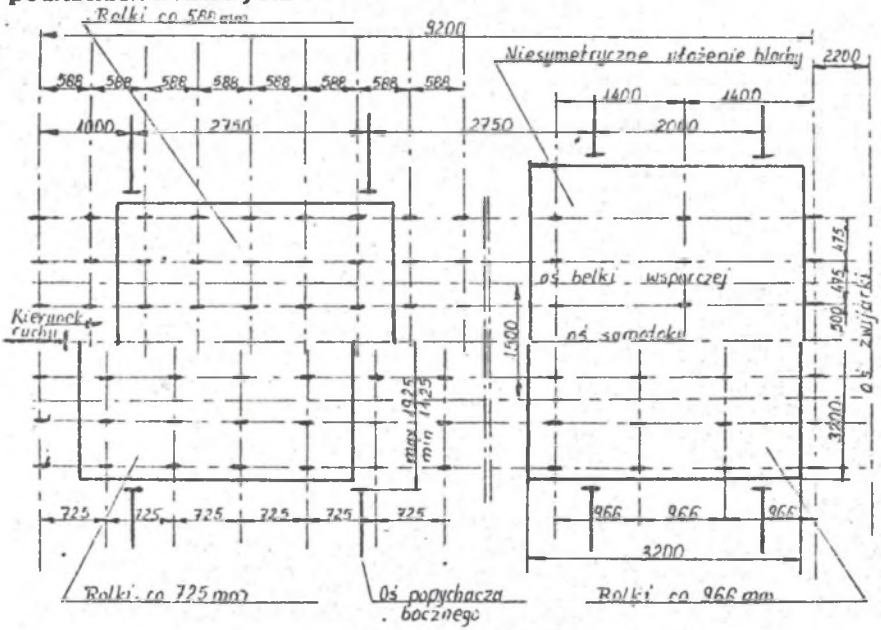
Przedstawione w pracy rozwiązanie uzyskane zostało dla samotoku blach grubych zwijarki czterowalcowej [1,2] służącego do transportu arkuszy blach stalowych o wymiarach 3200x3200x35 oraz 9500x3200x25 mm.

Celem podjętej analizy jest sformułowanie zaleceń konstrukcyjnych dotyczących regulacji wysokości położenia poszczególnych rolek, tak by uzyskać możliwie równomierny rozkład nacisków blachy na rolki przy równoczesnej minimalizacji ugięcia swobodnej krawędzi blachy przed jej najazdem na kolejny układ rolek. Minimalizacja takiego ugięcia prowadzi bowiem do zmniejszenia prawdopodobieństwa mechanicznego uszkodzenia elastycznej wykładziny rolek.

Analiza prowadzona ze względu na tak sformułowane kryteria, przy zmianie rozstawu rolek i regulacji wysokości ich ustawienia, pozwala wnioskować o równoważności układów z zagęszczonymi rozstawami rolek i bez regulacji wysokości z układem o mniejszej ilości rzadziej rozstawionych rolek przy możliwości regulacji ich położenia w pionie.

2. Opis obiektu

Samotok jest urządzeniem transportującym blachy za pomocą układów rolek. Rolki transportowe beznapędowe rozlokowane są w równoległych układach po sześć rolek rozłożonych symetrycznie względem osi samotoku na długości 9,2 m (rys.1). Rolki Φ150 są samonastawne do kierunku transportu blachy dzięki ich mimośrodowemu mocowaniu względem osi pionowej. Rozstaw rolek wzdłuż osi dla różnych wariantów obliczeń przedstawia rys.1 . Układ rolek posadowiony jest na wspólnym fundamencie. Wzdłuż osi samotoku ułożone są symetrycznie dwie belki wsporcze zabezpieczające przed ewentualnym zsunięciem się transportowanych arkuszy blach z rolek. Belki te ponadto usztywniają cały układ samotoku. Ustawione są one poziomo 10mm poniżej płaszczyzny przechodzącej przez punkty styku rolek z transportowanym arkuszem blachy (w warunkach braku ugięcia rolek). Ustawienie blach względem osi samotoku zapewniają popychacze, których wysuw w kierunku prostopadłym do osi samotoku wynosi maksymalnie 1925mm , a minimalnie 1125mm. Rolki Φ 150mm mają bieżnię o szerokości 40mm wykonaną z wykładziny dźwiękochłonnej ADIPREN-L o module sprężystości E=10MPa i Rm=40MPa. Rolki łożyskowane są tocznie w poziomej osi wspornika, który łożyskowany jest z kolei mimośrodowo w osi pionowej, co umożliwia samonastawność rolek stosownie do kierunku prędkości transportowanego arkusza. Wysokość ustawienia rolek wraz ze wspornikiem podlega regulacji za pomocą podkładek stalowych.



Rys.1 Schemat czterech wariantów rozmieszczenia rolek samotoku

3. Model obliczeniowy układu płyta - rolki jezdne samotoku

Do obliczeń przyjęto przypadek arkusza blachy o grubości 35mm, co odpowiada dominującej wartości obciążenia jednostkowego ciężarem . Analiza wpływu położenia arkusza blachy na

rolkach samotoku wskazuje na przypadek (a) najmniej korzystnego obciążenia rolek, który został wzięty pod uwagę w obliczeniach: skrajne położenie arkusza blachy, symetryczne względem osi samotoku z podparciem na 18 rolkach (rys.1). Przypadek ten odpowiada skrajnemu położeniu arkusza w chwili najazdu krawędzi na kolejny rząd rolek jezdnych. Jako model obliczeniowy arkusza blachy przyjęto płytę izotropową podpartą sprężyście w miejscu usytuowania rolek samotoku. Obliczenia przeprowadzono przyjmując, że osie obrotu rolek leżą w jednej płaszczyźnie poziomej. Płyta jest obciążona tylko ciężarem własnym rozłożonym równomiernie na całej jej powierzchni. Zagadnienie jest statycznie niewyznaczalne. Analizę przeprowadzono metodą elementów skończonych [3]. W tym celu płytę przedstawiono za pomocą 169 prostokątnych elementów skończonych. Siatka elementów zawiera 196 węzłów. Przyjęto układ współrzędnych, którego osie x i y leżą w płaszczyźnie płyty. Warunki podporowe przyjęto w postaci sprężystych ograniczeń przemieszczeń w kierunku osi z dla węzłów, których położenie odpowiada miejscu podparcia płyty przez rolkę samotoku. Model zawiera zatem 18 sprężystych elementów podporowych.

4. Sztywności podporowe rolek samotoku

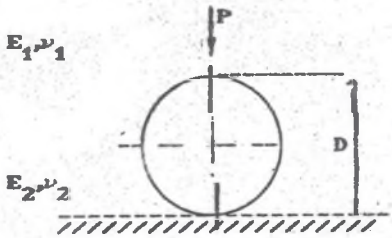
W układzie samotoku ciężar transportowanych arkuszy blachy przenoszony jest przez zespoły jezdne, których podstawowym elementem są rolki łożyskowane na osiach osadzonych w samonastawnych korpusach zespołu. Obciążenie rolki można zatem przyjąć w postaci promieniowego nacisku blachy wynikającego z rozkładu ciężaru arkusza na układ rolek samotoku. Na wartość tego nacisku wpływają w sposób zasadniczy:

- gęstość powierzchniowa ciężaru arkusza blachy,
- położenie arkusza blachy względem układu rolek,
- początkowe ustawienie rolek w pionie - odchylenia od nominalnej płaszczyzny wstępnego ułożenia powierzchni styku rolek z blachą.

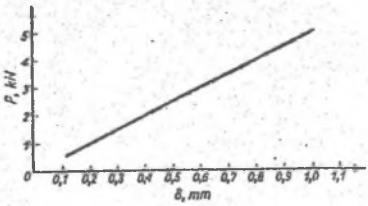
Przyjęty model układu składa się z płytowego modelu arkusza blachy oraz sprężystych elementów podporowych. Elementy podporowe reprezentują w modelu warunki podparcia arkusza blachy przez rolki zespołów jezdnych. Podatność tych elementów stanowi zatem w modelu odpowiednik podatności zespołów jezdnych samotoku. Jej wartość wynika w dominującym stopniu z podatności zewnętrznej warstwy wykładziny dźwiękochłonnej rolek wykonanej z tworzywa ADIPREN-L. Sztywność zastępcza rolki ustalona zostanie przy wykorzystaniu modelu obciążonego wzdłuż tworzącej walca sprężystego wspartego na nieodkształcalnej powierzchni płaskiej (rys.2). Dla modelu takiego wartość odkształcenia pionowej średnicy walca ΔD oraz szerokość c strefy przylegania walca i powierzchni wyrażają się zależnościami [4,5]

$$\Delta D = 4p\frac{1-\nu_1^2}{\pi E_1}\left(\frac{1}{3} + \ln\frac{D}{c}\right), \quad c = 0.8\sqrt{pD\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)}, \quad (1)$$

w których p to intensywność liniowa obciążenia, E i ν to moduł Younga i liczba Poissona tworzyw walca i powierzchni, na którą wywierany jest nacisk. Podatne tworzywo rolki ma formę wydrążonego walca o średnicach: zewnętrznej - D=0,15m oraz wewnętrznej - d=0,1m. Wewnętrzny walec charakteryzuje się znacznie większą sztywnością niż warstwa dźwiękochłonna. Stąd odkształcenie ΔD średnicy warstwy sprężystej w warunkach obciążenia jak na rys.2 można z dobrym



Rys.2 Model nacisku blachy na rolkę



Rys.3 Charakterystyka odkształcenia rolek

przybliżeniem przyjąć jako różnicę odkształceń walców o średnicach D oraz d poddanych temu samemu obciążeniu p. Otrzymamy zatem

$$\Delta D' = \Delta D - \Delta d \quad , \quad \Delta D' = 4p\frac{1-\nu_1^2}{\pi E_1}\left(\ln\frac{D}{c_1} - \ln\frac{d}{c_2}\right) = 4p\frac{1-\nu_1^2}{\pi E_1}\ln\frac{D}{d}\frac{c_2}{c_1}, \quad (2)$$

gdzie:

$$c_1 = 0{,}8\sqrt{pD\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)}, \quad c_2 = 0{,}8\sqrt{pd\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)}. \quad (3)$$

W układzie jezdnym samotoku rolka wsparta w osi obrotu obciążona jest w strefie bliskiej tworzącej stykającej się z blachą. Stąd wielkość ugięcia pod zadanym obciążeniem p można przyjąć stosownie do opisanego modelu jako równą $\delta = \Delta D/2$. Na podstawie przedstawionych zależności określone zostały wartości ugięć δ_i dla wybranych wartości sił nacisku na rolkę z zakresu nacisków roboczych. Wyniki zilustrowano wykresem (rys.3).

Na podstawie zależności, która w badanym zakresie z bardzo dobrym przybliżeniem ma charakter liniowy, w opisie modelu obliczeniowego zastępczą sztywność niezależną od siły nacisku przyjęto równą 4850 N/mm.

5. Wyniki analizy stanu obciążenia i odkształcenia arkusza blachy symetrycznie ułożonego na rolkach samotoku

W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano rozkład przemieszczeń węzłów siatki modelu oraz składowych stanu naprężenia w elementach płytowych i sił w elementach brzegowych, które są równoważne naciskom na rolki w analizowanym układzie. Rozpatrzono trzy warianty układu rolek:

a) - w odstępach co 966 mm w jednej płaszczyźnie,
b) - w odstępach co 966 mm i podniesionymi o 1 mm rolkami w równoległych do osi samotoku środkowych rzędach,
c) - w odstępach co 588 mm w jednej płaszczyźnie.

W wariancie a maksymalna wartość nacisku na rolki wynosi 3,259 kN (rys.4). Jednocześnie największe ugięcia blachy, jak to wynika z analizy stanu odkształcenia, występują w środkowej części wysuniętej krawędzi arkusza (po zejściu z rolek) i wynoszą około 2mm (rys.5). Zwracają uwagę występujące w tym przypadku nierównomierności w rozkładzie nacisków na rolki. W celu analizy możliwości zmniejszenia tej nierównomierności, a przez to i zmniejszenia wartości nacisków oraz z uwagi na potrzebę analizy wpływu niedokładności ustawienia rolek (w pionie) na rozkład nacisków na rolki, przeprowadzono obliczenia dla rozważanego położenia arkusza blachy z uwzględnieniem wstępnego zróżnicowania wysokości ustawienia rolek (wariant b). Na rys.6 przedstawiono odpowiednie rozkłady nacisków na rolki w tym wariancie, zaś na rys.7 odkształconą postać blachy. Maksymalny nacisk

wynosi 1.89 kN , największe ugięcie odpowiednio 0.4 mm.

Intencją tak sformułowanych zadań było określenie wrażliwości nacisków na rolki na zmiany położenia pionowego rolek, a przez to stwierdzenie ewentualnych możliwości doboru najkorzystniejszych kombinacji wstępnego ustawienia rolek, to znaczy kombinacji prowadzących do wyrównania nacisków w strefie kontaktu płyty z rolkami. Wariant (b), odpowiadający uniesieniu rolek odległych o 0,975 m od osi, wykazał stan obciążenia bliski optymalnemu (rys.6). Analiza dotyczy szczególnego położenia arkusza blachy tuż przed jej najazdem na kolejny układ rolek, jednak każde przesunięcie arkusza wzdłuż osi samotoku względem rolek musi prowadzić do obciążeń jeszcze korzystniejszych (mniejsze wysunięcie poza linię rolek). Przyjmując zatem taki stan jako pożądany, należy zalecić wstępne ustawienie wysuniętych w wariancie (b) rolek o 1mm powyżej poziomu pozostałych rolek samotoku. Zwraca uwagę, że w tym przypadku deformacja poprzecznego przekroju płyty wywołuje usztywnieniający efekt na jej długości, co prowadzi do minimalizacji strzałki ugięcia płyty na jej wysuniętej krawędzi do 0.4mm (rys.7), co nawet na podniesionych rolkach prowadzi do najmniejszej (około 1,4mm) różnicy położenia powierzchni tocznej rolek i dolnej powierzchni arkusza blachy.

Z uwagi na trwałość uwarunkowaną kumulującymi się efektami zmęczeniowymi oraz uszkodzeniami mechanicznymi, należy zmierzać do minimalizacji nacisków oraz możliwie "płynnego" najazdu blachy na rolki, co oznacza minimalizację ugięcia krawędzi blachy w chwili najazdu na nie. Z punktu widzenia tych czynników można stwierdzić, że najkorzystniejsze z uwagi na trwałość będzie ustawienie rolek jak w wariancie (b).

W dalszej kolejności poddano analizie wariant (c) samotoku o zagęszczonych do 588 mm rozstawach rzędów rolek . Na rys.8 pokazano odpowiednie rozkłady nacisków na rolki, a na rys.9 postać odkształconą płyty.

W tablicy 1 zestawiono dla poszczególnych wariantów obliczeń maksymalne ugięcia y_{max} krawędzi blachy najeżdżającej na kolejne rolki, a także maksymalne naciski P na rolki oraz ich procentową nierównomierność

$$\Delta P = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max}} 100\%$$

w obrębie zarysu transportowanej blachy.

Tablica 1

Wariant obliczeń	Rozstaw rolek	Maksymalne ugięcie	Maksymalne naciski	Nierównomierność nacisków
-	mm	mm	kN	%
a	966	1,970	3,259	85
b	966	0,400	1,891	28
c	588	0,470	1,492	62

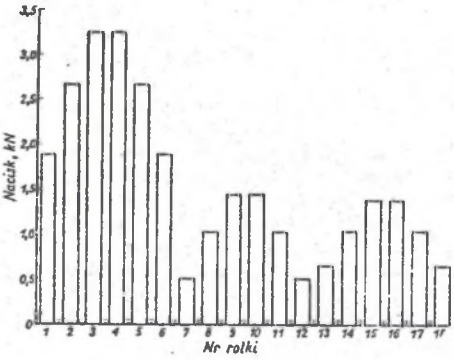
6. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej analizy numerycznej wariantów modelu obliczeniowego arkusza blachy usytuowanego na rolkach samotoku można sformułować następujący wniosek :

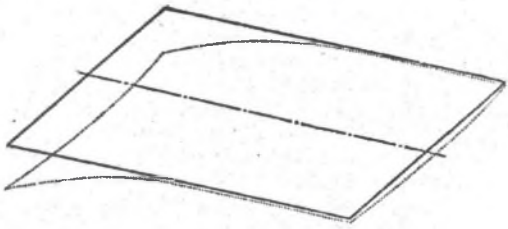
Najkorzystniejsze warunki obciążenia i pracy rolek uzyskuje się przez uniesienie o 1mm rolek na liniach odległych o 0,975m od osi samotoku.

Wobec granicznej dokładności ustawienia wszystkich rolek 0,5 mm postulat powyższy należy traktować jako zalecenie montażowe, którego przybliżone spełnienie może znacząco wpłynąć na trwałość rolek w układzie samotoku. Zalecone w tym wariancie podniesienie rolek o 1mm powoduje zdecydowaną poprawę warunków najazdu arkusza blachy na rolki.

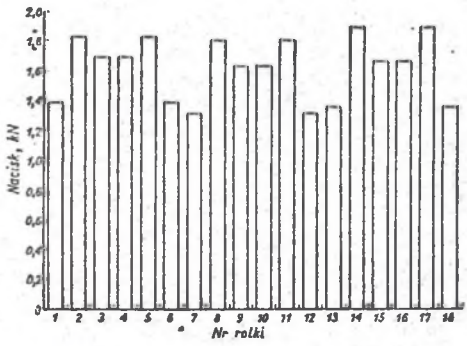
W opracowaniu wykazano, że efekt regulacji wysokości środkowych rolek o 1 mm jest porównywalny z dodatkowym zagęszczeniem rolek o dwa rzędy w obrębie zarysu blachy (rozstawowi rolek wzdłuż osi samotoku co 588 mm). Rozstawiając rzędy co 966 mm przy równoczesnej regulacji wysokości rolek, można na całkowitej długości samotoku 9,2 m wyeliminować 6 rzędów rolek (w odniesieniu do wariantu z rozstawem rzędów co 588 mm) uzyskując przy tym ten sam skutek.



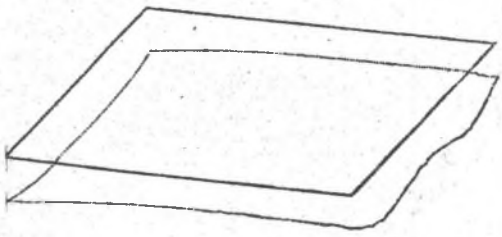
Rys. 4 Naciski na rolki dla wariantu (a)



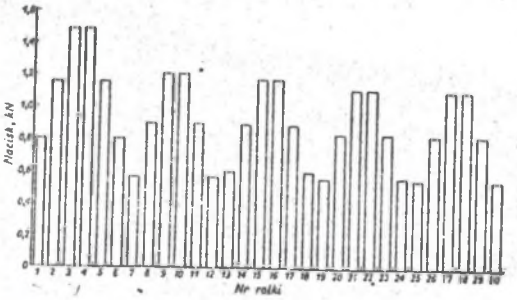
Rys. 5 Postać blachy odkształconej dla wariantu (a)

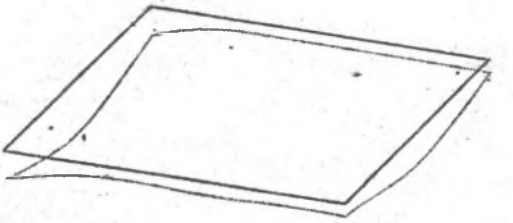


Rys. 6 Naciski na rolki dla wariantu (b)



Rys. 7 Postać blachy odkształconej dla wariantu (b)





Rys.8 Naciski na rolki dla wariantu (c)

Rys.9 Postać blachy odkształconej dla wariantu (c)

LITERATURA

[1] J. KAPŁANEK, G. WRÓBEL: Analiza stanu odkształcenia blachy i nacisku na rolki samotoku zwijarki blach grubych w Hucie Ferrum. Centrum Postępu Technicznego SIMP, Rydzyna 1988.

[2] J. KAPŁANEK, G. WRÓBEL: Projektowanie rozmieszczenia rolek samotoku blach grubych metodą elementów skończonych. Hutnik , Nr 8-9, sierpień-wrzesień 1988.

[3] O.C. Zienkiewicz: Metoda elementów skończonych. Arkady, PWN, Warszawa 1984.

[4] M. Niezgodziński, T. Niezgodziński: Wzory , wykresy , tablice wytrzymałościowe. PWN, Warszawa 1984.

[5] Poradnik inżyniera. Mechanika t.1, WNT, Warszawa 1969.

Об некоторой проблеме регулирования разположения роликов транспортного самотека толстих жестьей

Резюме

В работе представлено анализ самотека принимают метод конечных елементов по отношении равномерного разположения нажима роликов. Главними факторами влияющими на величину нажимов для определенных жестъкости жестъеиразположенияроликов являетъся их высота разложения в отношении до жестья. Эта регулированаявысотаявляетъсяпеременной оптимизации. Получено интересным ефект возроста жестъкости транспортированных жестъей. Это повышает прочность роликов вследствие минимизации механических ударов согнутого края жестъя во время его наезда на ролики самотека.

On a regulation problem of position of rolls in transport system of plates' rollway

S u m m a r y

In this paper an analysis of rollway with application of finite elements method is presented. Conditions of equalization of load distribution on rolls are formulated. It appears that the principal factor giving an effect on the loads' value for specifieds plates stiffness and rolls spacing is initial elevation of rolls. These regulated positions are optimalization variables . An interesting increased effect of transported plates stiffness has been found . It prolongs the life of rolls as the effect of minimization of mechanical impact of deflected plate's edge during it's inroad on rollway's rolls.

Recenzent: doc. dr inż. T. Młynarski

Wpłynęło do Redakcji 16.I.1989 r.