

Jan KOSZELSKI

## TRÓJOSIOWY STAN NAPRĘŻENIA W MODELU PŁASZCZA WIELOLINOWEGO KOŁA PĘDNEGO

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań wykonanych na dwóch modelach gładkich płaszczy wielolinowego koła pędnego. Na podstawie wyników pomiarowych obliczono równoleżnikowe naprężenia błonowe przy dwuosowym stanie naprężenia, przy czym pod przyłożonym obciążeniem otrzymano zaniżone wyniki. Po uwzględnieniu trójosiowego stanu naprężenia otrzymano poprawne wyniki naprężeń błonowych.

### 1. Wstęp

W pracach dotyczących wyteżenia materiału w płaszczy wielolinowego koła pędnego zakłada się występowanie dwuosowego stanu naprężenia [3, 5, 7].

Wyniki badań na modelach wykazują wyraźne zaniżenie wartości równoleżnikowych naprężeń błonowych pod przyłożonym obciążeniem w porównaniu do naprężeń występujących w odpowiednim oddaleniu od przyłożonego obciążenia. Zaniżenie to występuje w kolejnych trzech badaniach modelowych [1, 2, 3], a więc nie można go przypisać błędowi pomiarowemu.

Po uwzględnieniu trójosiowego stanu naprężenia, który wynika z obciążenia płaszczy, wartości naprężeń błonowych wypadają poprawnie. Stosowane w pracy słownictwo jest opisane w pracach [3, 5, 7].

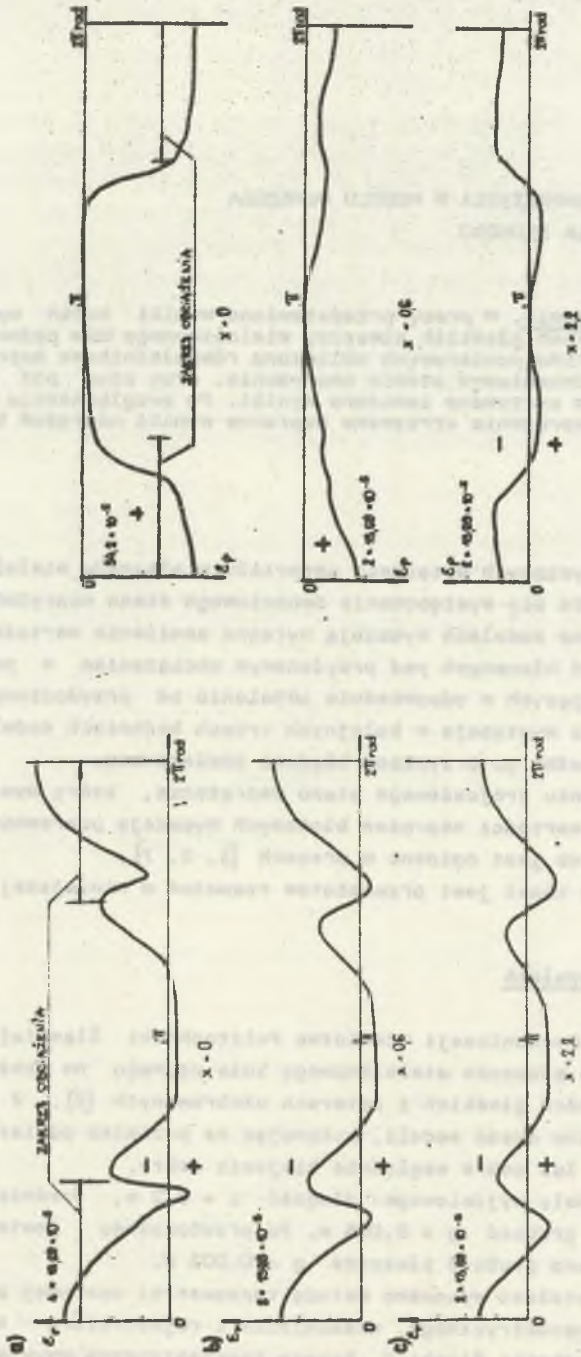
Przedstawiony temat jest przedmiotem rozważań w niniejszej pracy.

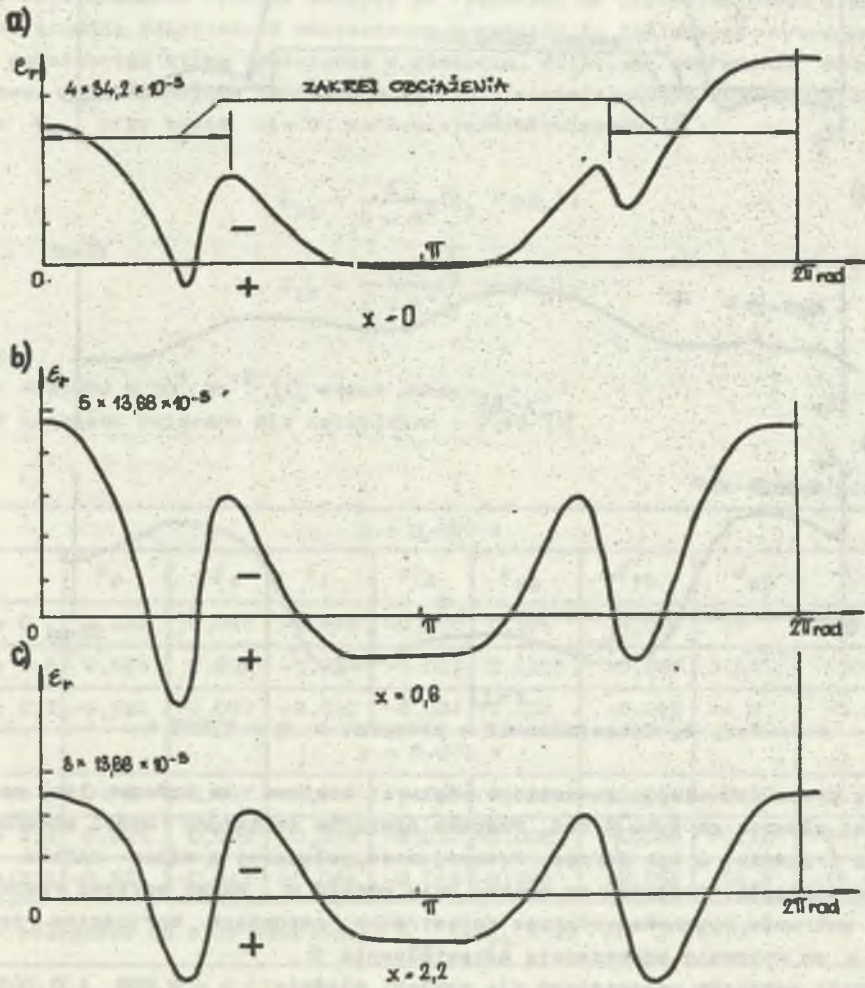
### 2. Badania na modelach

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach wykonano badania płaszczy wielolinowego koła pędnego na sześciu modelach z metapleku: dwóch gładkich i czterech uźebrowanych [2]. Z modelu wyjściowego otrzymano sześć modeli, wykonując na przemian pomiary i przetoczenie płaszczy lub zębra względnie klejenie zębra.

Parametry modelu wyjściowego: długość  $L = 0,2$  m, średnica podziałowa  $D_p = 0,195$  m i grubość  $g = 0,005$  m. Po przetoczeniu powierzchni zewnętrznej otrzymano grubość płaszczy  $g = 0,003$  m.

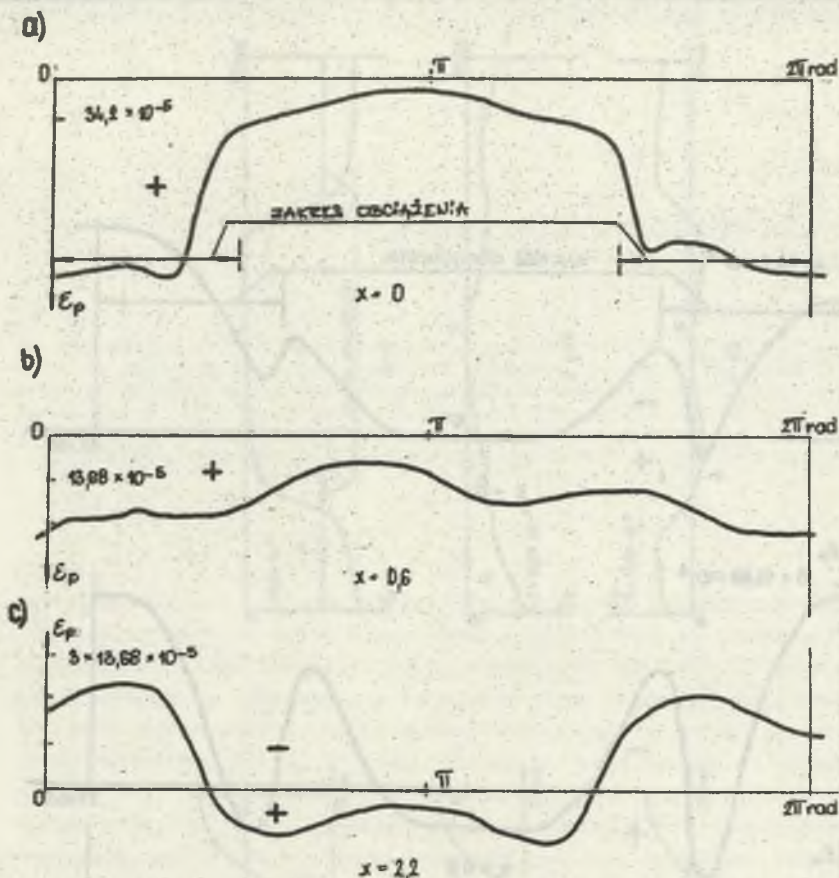
Pomiary odkształceń wykonano metodą tensometrii oporowej przy zastosowaniu mostka tensometrycznego, wzmacniacza i rejestratora typu RXY-101 produkcji Politechniki Śląskiej. Rozety tensometryczne przyklejono od strony wewnętrznej płaszczy lub zębra. Model obciążono siłą  $Z = 400$  N, reali-

Rys. 1. Odkształcenia w piaseczku o  $g = 0,005$  mRys. 2. Odkształcenia w piaseczku o  $g = 0,005$  m



Rys. 3. Odkształcenia w płaszczu o  $g = 0,003 \text{ m}$





Rys. 4. Odkształcenia w płaszczu o  $g = 0,003 \text{ m}$

zowaną przez równoległe zawieszona ciężarki stalowe na końcach liny opasującej płaszcz na łuku  $\pi$  rad. Podczas pomiarów obciążony model obracano powoli (ręcznie) o kąt  $2\pi$  rad. Potencjometr, połączony z wałem modelu za pomocą sprzęgła, reagował na zmianę kąta obrotu  $\alpha$ , dając wartość rzędnej  $x$  na wykresie wykonywanym przez rejestrator, natomiast wartościom rzędnych  $y$  na wykresie odpowiadają odkształcenia  $\epsilon$ .

Wyniki pomiarów odkształceń dla powłoki gładkiej  $g = 0,005$  i  $0,003 \text{ m}$  przedstawiono na rys. 1, 2, 3, 4, które są kopiami wykresów otrzymanych na papierze milimetrowym za pomocą rejestratora RXY-101.

### 3. Analiza wyników

Współczynnik geometryczny  $\frac{R}{g}$  dla zbadanych modeli płaszczu  $g = 0,005$  i  $g = 0,003 \text{ m}$  wynosi odpowiednio 19,5 i 32,2, a więc wartości są nieco za granicą zakresu 20-30, przy którym nie przewiduje się występowania mo-

mentów lokalnych [4]. Na rys. 1a i 3a w otoczeniu kąta  $\pi$  rad krzywa jest płaska, co oznacza, że przy kącie  $\alpha = 0$  i  $\alpha = \pi$  rad równoleżnikowy moment lokalny jest równy zeru. Z rysunków 1, 2, 3 i 4 odczytano wartości odkształceń południkowych  $\varepsilon_p$  i równoleżnikowych  $\varepsilon_r$  przy kącie  $\alpha = 0$ , przy czym zrobiono również odczyty na rysunkach nie przedstawionych i wartości średnie odkształceń umieszczono w tabelicy 1. Zakładając występowanie dwuosiowego stanu naprężenia w płaszczu, obliczono naprężenia południkowe  $\sigma_{pg}$  zginające tworzące płaszczu i równoleżnikowe naprężenia błonowe  $\sigma_{rb}$  przy kącie  $\alpha = 0$ , korzystając ze związków [6]:

$$\sigma_{pg} = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_p + \nu \varepsilon_r),$$

$$\sigma_{rb} = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_r + \nu \varepsilon_p),$$
(1)

gdzie:

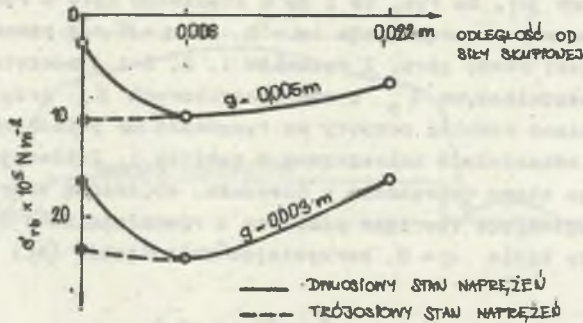
$E = 31000 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  [1] moduł Younga,

$\nu$  - liczba Poissona dla metapleksu = 0,35 [1].

Tabela 1

g = 0,005 m								
	$\varepsilon_p$	$\nu \varepsilon_p$	$\varepsilon_r$	$\nu \varepsilon_r$	$\varepsilon_{pg}$	$\varepsilon_{rb}$	$\sigma_{pg}$	$\sigma_{rb}$
x = 0	0,123	0,043	-0,048	-0,012	0,106	-0,006	38	-2,2
x = 0,6	0,023	0,008	-0,037	-0,013	0,0103	-0,029	3,63	-10,3
x = 2,2	-0,021	-0,007	-0,012	-0,004	-0,025	-0,019	-8,8	-6,6
g = 0,003 m								
x = 0	0,190	0,067	-0,113	-0,040	0,150	-0,046	53,0	-16,35
x = 0,6	0,025	0,009	-0,078	-0,027	-0,002	-0,069	-0,72	-24,3
x = 2,2	-0,031	-0,011	-0,044	-0,015	-0,046	-0,055	-16,8	-19,4
x - odległość od siły skupionej; $\sigma_{pg}$ i $\sigma_{rb} \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ; $\varepsilon_x \times 10^{-2}$								

Wyniki obliczeń umieszczono w tabelicy 1, a rozkład naprężeń  $\sigma_{rb}$  wzdłuż tworzącej przedstawiono na rys. 5. Jak zauważamy na rys. 5 wartości naprężeń pod siłą skupioną są mniejsze w porównaniu do naprężeń występujących w odległości 0,016 m od siły skupionej. Naprężenia  $\sigma_{rb}$  pod siłą skupioną powinny być większe od naprężeń występujących w odległości 0,016 m. Przypisanie zanizenia wartości naprężeń systematycznemu błędowi pomiarowemu jest nie do przyjęcia, ponieważ to zanizenie już zauważono w dwóch badaniach poprzednich [1, 3]. Błąd tkwi zatem w założeniu dwuosiowego sta-



Rys. 5. Rozkład naprężeń błonowych  $\sigma_{rb}$  wzdłuż tworzącej płaszczki, wyznaczony drogą doświadczalną

nu naprężenia, ponieważ w rzeczywistości występuje trójosiowy stan naprężenia spowodowany obciążeniem skierowanym promieniowo i wywołującym ścisnienie płaszczki.

Pod siłę skupioną, w kierunku tworzącej i od strony wewnętrznej płaszczki działają naprężenia wynikające ze zginienia  $\sigma_{pg}$ ; w kierunku stycznym do okręgu występują naprężenia ścisające  $\sigma_{rb}$ , a w kierunku promieniowym występują naprężenia ścisające  $\sigma_{pr}$ . W rozważanym przypadku siła naciągu  $Z$  wynosi 400 N.

Nacisk na jednostkę długości dla  $g = 0,005$  m,

$$P = \frac{Z}{R} = \frac{400}{10} = 40 \text{ N/cm} \quad \text{i} \quad P_1 = \frac{400}{9,7} = 41 \text{ N/cm}, \quad \text{dla } g = 0,003 \text{ m.}$$

Naciek powierzchniowy  $p$ , przy szacunkowej szerokości styku linii z płaszczkiem 0,15 cm; przy linie o średnicy 0,4 cm, nałożonej bez wykładziny:

$$p = \frac{40}{0,15} = 267 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}, \quad (2)$$

$$P_1 = \frac{41}{0,15} = 274 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

Promieniowe naprężenie ścisające  $\sigma_{pr}$  założono równe naciskowi  $p$  i  $P_1$ , z zależności między odkształceniem a naprężeniem:

$$\epsilon_{pr} = \frac{\sigma_{pr}}{E}. \quad (3)$$



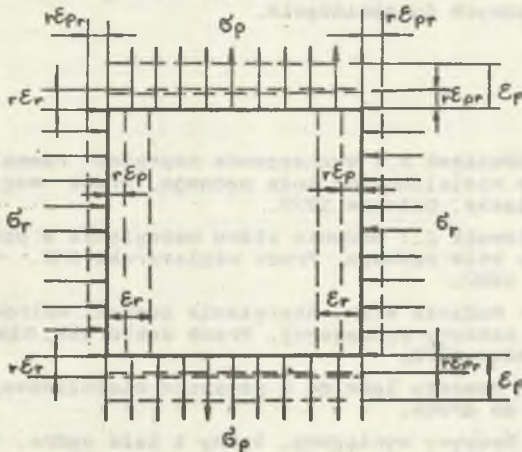
Odkształcenia w trójosiowym stanie naprężenia  $[\epsilon]$  :

$$\begin{aligned}\epsilon_p &= \frac{1}{E} [\sigma_{pg} - \nu(\sigma_{rb} + \sigma_{pr})] \\ \epsilon_r &= \frac{1}{E} [\sigma_{rb} - \nu(\sigma_{pg} + \sigma_{pr})] \\ \epsilon_{pr} &= \frac{1}{E} [\sigma_{pr} - \nu(\sigma_{pg} + \sigma_{rb})]\end{aligned}\quad (4)$$

Po przekształceniu (4) i opuszczeniu wyrazów z czwartą i piątą potęgę liczby Poissona :

$$\begin{aligned}\sigma_{pg} &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_p + \nu\epsilon_r + \nu\epsilon_{pr} + \nu^2\epsilon_r + \nu^2\epsilon_{pr} + 2\nu^3\epsilon_p + \\ &\quad + \nu^3\epsilon_r + \nu^2\epsilon_{pr}). \\ \sigma_{rb} &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_r + \nu\epsilon_p + \nu\epsilon_{pr} + \nu^2\epsilon_p + \nu^2\epsilon_{pr} + 2\nu^3\epsilon_r + \\ &\quad + \nu^3\epsilon_{pr} + \nu^3\epsilon_p).\end{aligned}\quad (5)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{pr} &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_{pr} + \nu\epsilon_p + \nu\epsilon_r + \nu^2\epsilon_p + \nu^2\epsilon_r + 2\nu^3\epsilon_{pr} + \\ &\quad + \nu^3\epsilon_p + \nu^3\epsilon_r).\end{aligned}$$



Rys. 6. Element płaszcza w trójosiowym stanie naprężenia,  $\sigma_{pr}$  skierowane prostopadle do rysunku

Na rys. 6 przedstawiono element płaszcza pod siłą skupioną i odkształcenia:  $\epsilon_p$ ,  $\epsilon_r$ ,  $\sigma\epsilon_p$ ,  $\sigma\epsilon_r$  i  $\sigma\epsilon_{pr}$ .

Wartości  $\epsilon$  z tablicy 1 i z (3) podstawiono do (5) i obliczono  $\sigma_{pg}$  i  $\sigma_{rb}$ , a wyniki zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

$g = 0,005 \text{ m}$	$\sigma_{pg}$	$\sigma_{rb}$
	$\times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$	$\times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$
$x = 0$	34	-10,0
$g = 0,003 \text{ m}$		
$x = 0$	38,7	-23,0

Naprężenia  $\sigma_{rb}$  w trójosiowym stanie naprężenia zaznaczono na rys. 5. Jak zauważono na rys. 5 naprężenia błonowa  $\sigma_{rb}$  są bardziej zbliżone do wyniku prawidłowego w trójosiowym stanie naprężeń niż w stanie dwuosiowym.

#### 4. Wnioski

1. W badaniach modelowych, przy obciążeniu płaszcza linię bez wykładziny, należy uwzględnić trójosiowy stan naprężeń pod siłami obciążającymi.

2. W rzeczywistym kole pędnym przy zastosowaniu wykładziny czarnej obciążenie rozkłada się na pasie szerokości wynoszącej kilka cm i wartości naprężeń ściskających występujących w trzeciej osi (wzdłuż promienia) są dla celów praktycznych do pominięcia.

#### LITERATURA

- [1] Czernik P., Domiczek A.: Wyznaczenie naprężeń równoleżnikowych w modelu płaszcza wielolinowego koła pędnego. Praca magisterska IMG, Politechnika Śląska, Gliwice 1979.
- [2] Lipka B., Żelawski Z.: Badanie stanu naprężenia w powłoce uźebrowanej wielolinowego koła pędnego. Praca magisterska IMG, Politechnika Śląska, Gliwice 1980.
- [3] Koszelski J.: Badania stanu naprężenia powłoki walcowej wielolinowego koła pędnego maszyny wyciągowej. Praca doktorska, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 1973.
- [4] Koszelski J.: Momenty lokalne w płaszczu wielolinowego koła pędnego. Praca oddana do druku.
- [5] Popowicz O.: Maszyny wyciągowe, bębny i koła pędne. Politechnika Śląska, Gliwice 1964.
- [6] Roliński Z.: Zarys elektrycznej tensometrii oporowej. WNT, Warszawa 1963.



- [7] Szewczenko F.L.: Priblizhonnij raschet ebołodzki podjomnoj meeziny MK-3,25 x 4. Razrabotka miestorozdienij poleznych iskropajemych, nr 29, 153 Izdatielstwo "Tiechnika", Kijew 1972.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan ORLACZ

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1983 r.

#### НАПРЯЖЕНИЯ В МОДЕЛИ ОБШИВКИ МНОГОКАНАТНОГО ПРИВОДНОГО КОЛЕСА

#### Р е з ю м е

В работе представлено результаты испытаний двух моделей гладких пласко-стей многоканатного приводного колёса. На основе измерений рассчитанно параллельные пленочные напряжения для случая двухосного состояния напряжений. Получено занкльённые значения. Учёт трёхосного состояния напряжений приводит к правильным результатам.

#### THREEAXIS STRESSES STATE IN THE MODEL OF A MANTEL OF A KOEPE PULLEY

#### S u m m a r y

Experimental results for two models of smooth mantels of multirope Koepe pulleys are presented. Stresses lying evenly with a parallel of latitude are found assuming twoaxis state of stresses. Taking into account three axis state of stresses the improvement of the results is observed.