ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1997
Seria: ELEKTRYKA z. 158 Nr kol. 1368

Dwayne DAVID
Józef PARCHAŃSKI

WYZNACZANIE NAPRĘŻENIA ŚCINAJĄCEGO I ZREDUKOWANEGO ORAZ PRZEMIESZCZENIA OKREŚLONYCH PUNKTÓW WEWNĘTRZNEGO OGNIWA ŁAŃCUCHA TYPU F-100

Streszczenie. Za pomocą programu PRO-MES4.4 wyznaczono metodą elementów skończonych naprężenia ścinające τ_{xy}, τ_{yz} i τ_{zx} oraz σ_{red} wg hipotezy Hubera. Obliczono i przedstawiono na wykresach przemieszczenia W_x, W_y i W_z w kierunkach osi X, Y i Z wybranych węzłów ogniwa łańcucha typu F-100.

A DETERMINATION OF THE SHEAR STRESS, REDUCED STRESS AND DISPLACEMENT AT CHOSEN POINTS WITHIN AN INTERNAL F-100 CHAIN LINK

Summary. Values of the shear stresses τ_{xy}, τ_{yz} and τ_{zx} as well as the reduced stress σ_{red} according to the Huber hipothesis were determined using the finite elements method and the program PRO-MES4.4. Displacement values W_x, W_y and W_z for chosen nodes of the F-100 chain link were calculated and are presented herein as graphs.

1. WSTĘP

W artykule [1] obliczono i wykreślono wartości naprężenia rozciągającego σ_x, σ_y i σ_z, działającego w osiach X, Y i Z, w poszczególnych elementach modelu ogniwa łańcucha pociągowego typu F-100.

W tym artykule za pomocą programu PRO-MES4.4 [2] wyznaczono w poszczególnych elementach wartości naprężeń ścinających, tj. τ_{xy} działającego w płaszczyźnie XY, τ_{yz} działającego

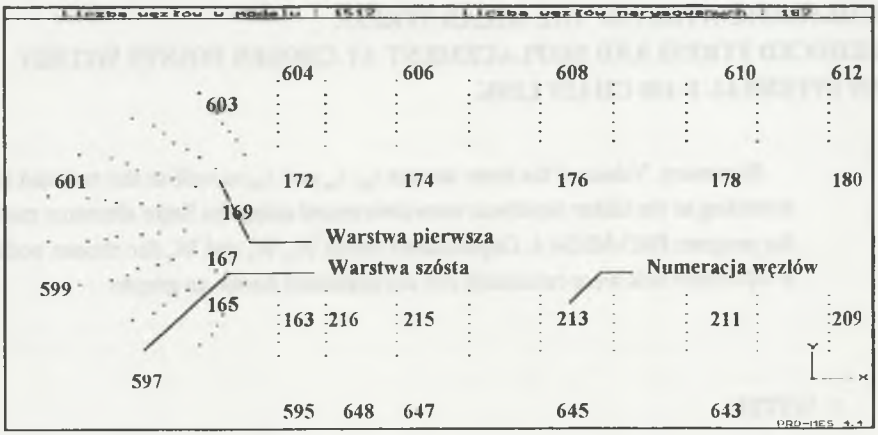
w płaszczyźnie YZ, τ_{zx} działającego w płaszczyźnie ZX oraz σ_{red} wg hipotezy Hubera

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_z\sigma_x + 3\,(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}. \tag{1}$$

Wyznaczono również przemieszczenia W_x w kierunku osi X, W_y w kierunku osi Y i W_z w kierunku osi Z poszczególnych węzłów modelu ogniwa.

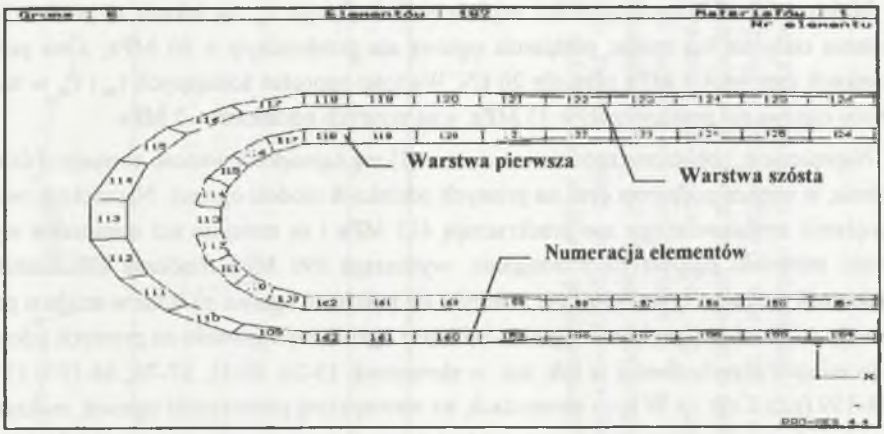
2. WYNIKI KOMPUTEROWEJ SYMULACJI NAPRĘŻENIA ŚCINAJĄCEGO I NAPRĘŻENIA ZREDUKOWANEGO

Tak jak w artykule [1], model ogniwa łańcucha typu F-100 podzielono na 972 elementy i 1512 węzłów (rys.1, 2, 3). Również podparto 8 węzłów i zadano ciśnienie odpowiadające sile o wartości znamionowej 20 kN, działające na elementy 5, 59 i 113, tworzące wewnętrzną powierzchnię na łuku ogniwa.



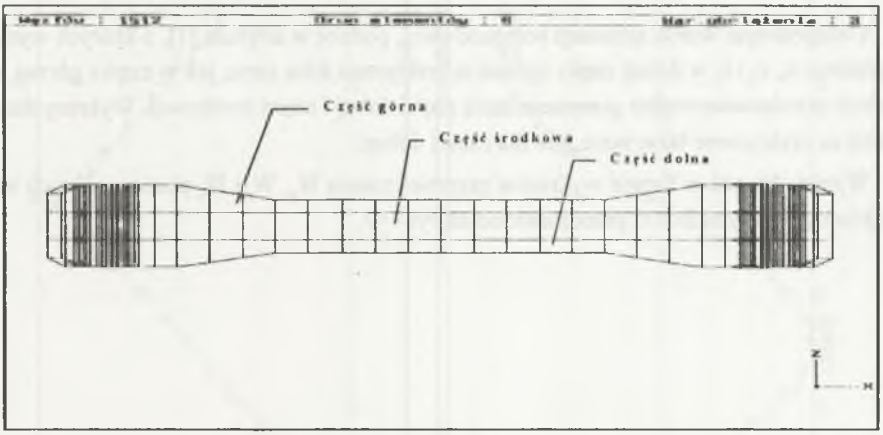
Rys.1. Podział ogniwa na warstwy i węzły — część górna lewej połowy ogniwa, widok z góry. Widok od dołu jest identyczny, lecz numeracja węzłów inna

Fig.1. The subdivision of the chain link into layer and nodes — the upper part of the left half shown from the top. The bottom view is identical, except for the node numbers



Rys 2. Podział ogniwa na elementy — część górna. Warstwy pierwsza i szósta ponumerowane — dla pozostałych warstw układ jest identyczny. Elementy od 1-54 — część dolna; 55-108 — część środkowa; 109-162 — część górna

Fig.2. The subdivision of the chain link into elements — the upper part of the left half shown. The first and sixth layers are numbered. The numbering is identical for the remaining lauers. Elements number 1-54 from the lower part; 55-108 from the niddle part and 109-162 form the upper part of the chain link



Rys.3. Wewnętrzne ogniwo łańcucha typu F-100. Podział ogniwa na części — widok z boku

Fig.3. The f-100 internal chain link. Subdivision into parts — side view

Maksymalne obliczone wartości naprężenia ścinającego τ_{xy} na łukach w pobliżu miejsc działania ciśnienia lub miejsc podparcia ogniwa nie przekroczyły ± 60 MPa, a na prostych odcinkach ogniwa ± 5 MPa przy sile 20 kN. Wartości naprężeń ścinających τ_{yz} i τ_{zx} w żadnym miejscu ogniwa nie przekroczyły ± 15 MPa, a na prostych odcinkach ± 2 MPa.

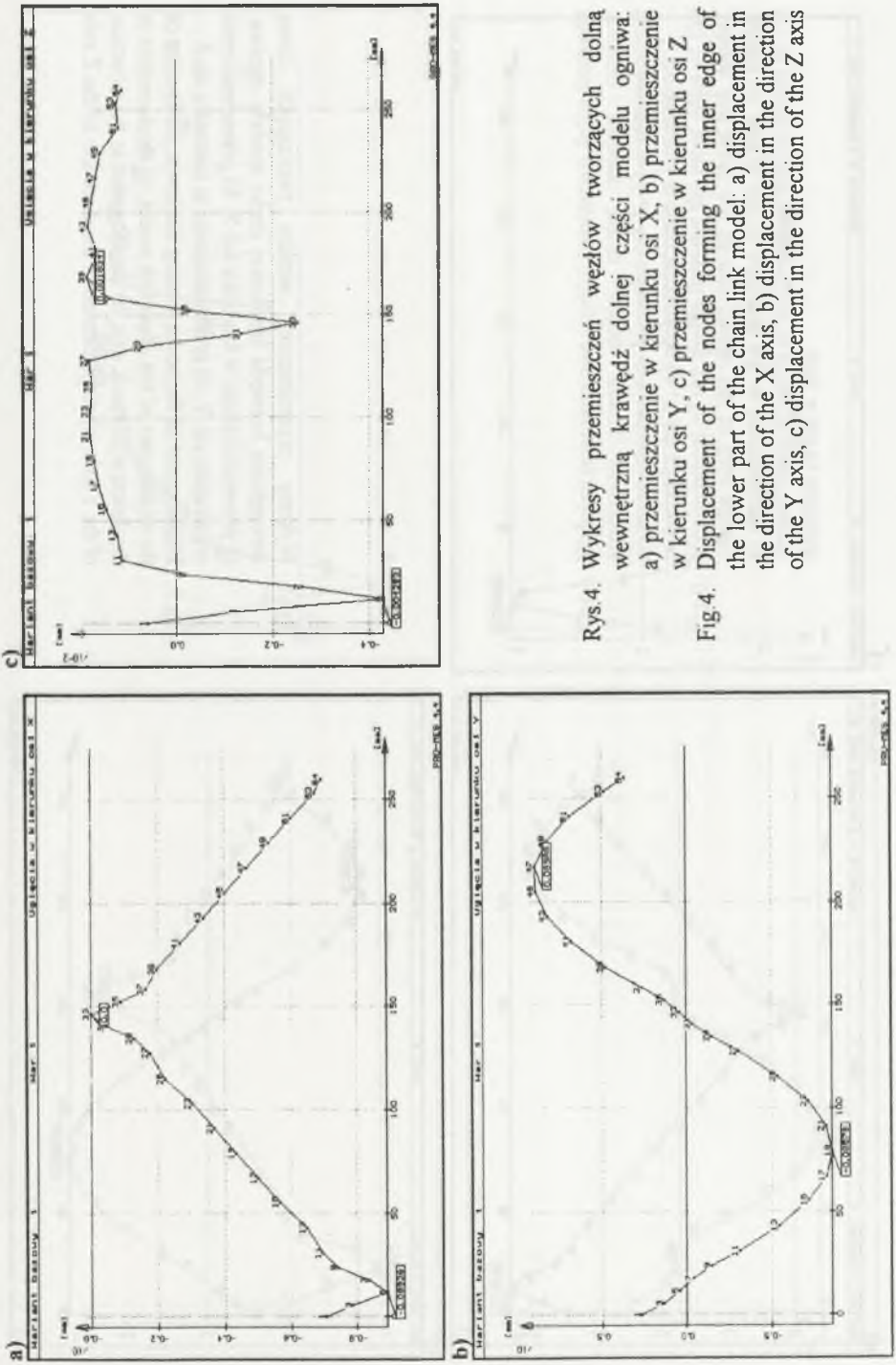
Naprężenie σ_{red} obliczone zgodnie ze wzorem (1) ma największą wartość w miejscu działania ciśnienia, w miejscu podparcia oraz na prostych odcinkach modelu ogniwa. Największe wartości naprężenia zredukowanego nie przekraczają 415 MPa i są mniejsze niż minimalna wytrzymałość materiału ogniwa na rozciąganie, wynosząca 690 MPa. Podczas kilkunastuletniej eksploatacji łańcucha typu F-100 nie zdarzyło się pęknięcie ogniwa na łuku w miejscu przyłożenia siły ani w miejscu podparcia ogniwa. Pęknięcie ogniwa występowało na prostych odcinkach aż do miejsca przechodzenia w łuk, tzn. w elementach 13-24, 40-51, 67-78, 94-105, 121-132 i 148-159 (patrz. rys.2). W tych elementach, na wewnętrznej powierzchni ogniwa, maksymalne naprężenia rozciągające σ_x działające zgodnie z osią X ogniwa, osiągają wartość do 120 MPa przy ciśnieniu odpowiadającym sile o wartości znamionowej 20 kN [1].

Ze względu na to, iż miejsca, w których występują największe wartości naprężenia zredukowanego σ_{red} lub największe wartości naprężeń ścinających τ_{xy}, τ_{yz} i τ_{zx}, nie pokrywają się z miejscami, w których pęka ogniwo typu F-100, wykresów tych naprężeń nie zamieszczono w artykule.

3. WYNIKI KOMPUTEROWEJ SYMULACJI PRZEMIESZCZENIA

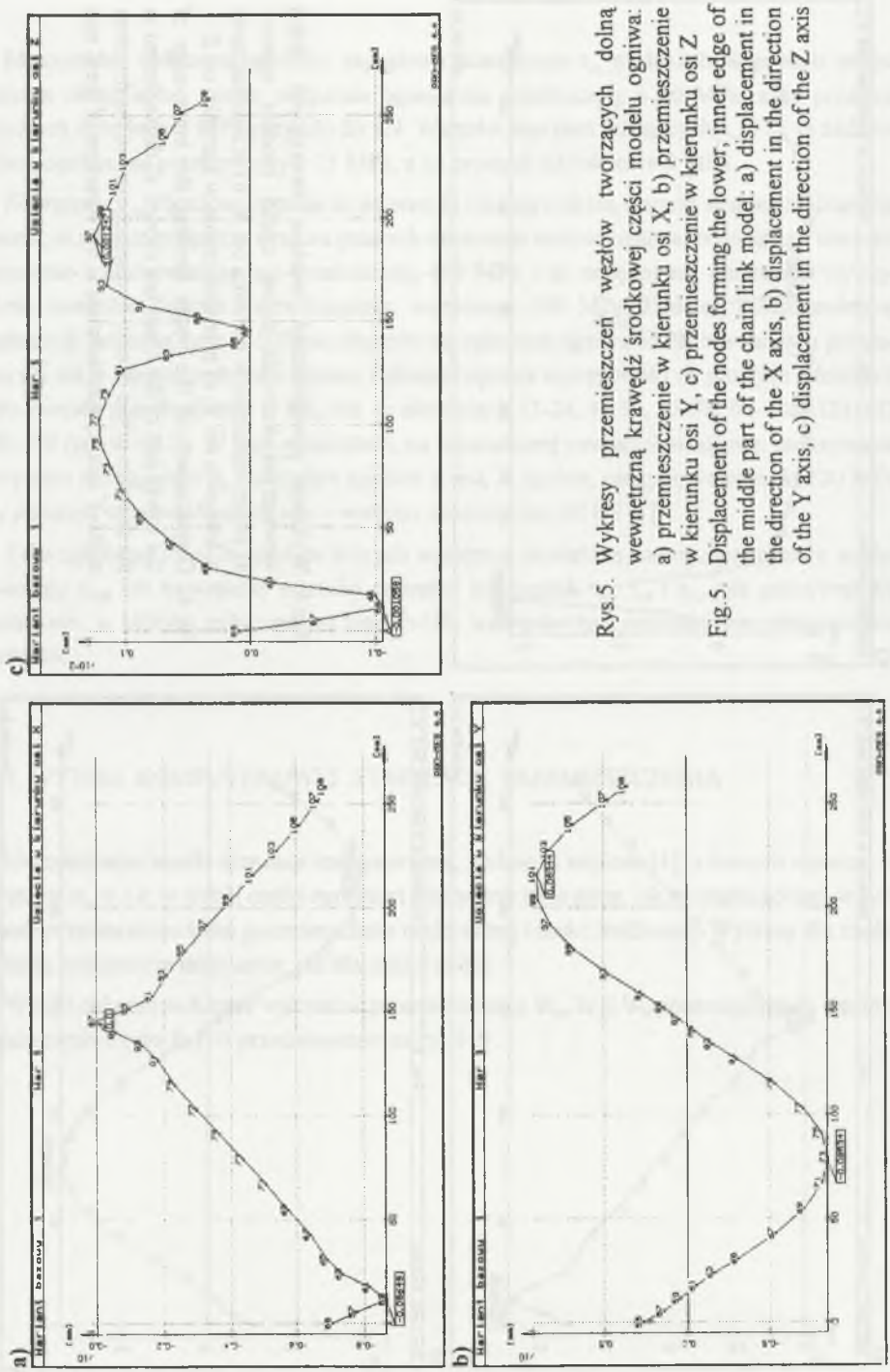
Uwzględniając wyniki symulacji komputerowej, podane w artykule [1], z których wynika, że naprężenia σ_x, σ_y i σ_z w dolnej części ogniwa są praktycznie takie same, jak w części górnej, w tym artykule przedstawiono tylko przemieszczenia części dolnej i części środkowej. Wykresy dla części górnej są praktycznie takie same, jak dla części dolnej.

Wyniki obliczeń w formie wykresów przemieszczenia W_x, W_y i W_z poszczególnych węzłów modelu ogniwa typu F-100 przedstawiono na rys.4÷9.



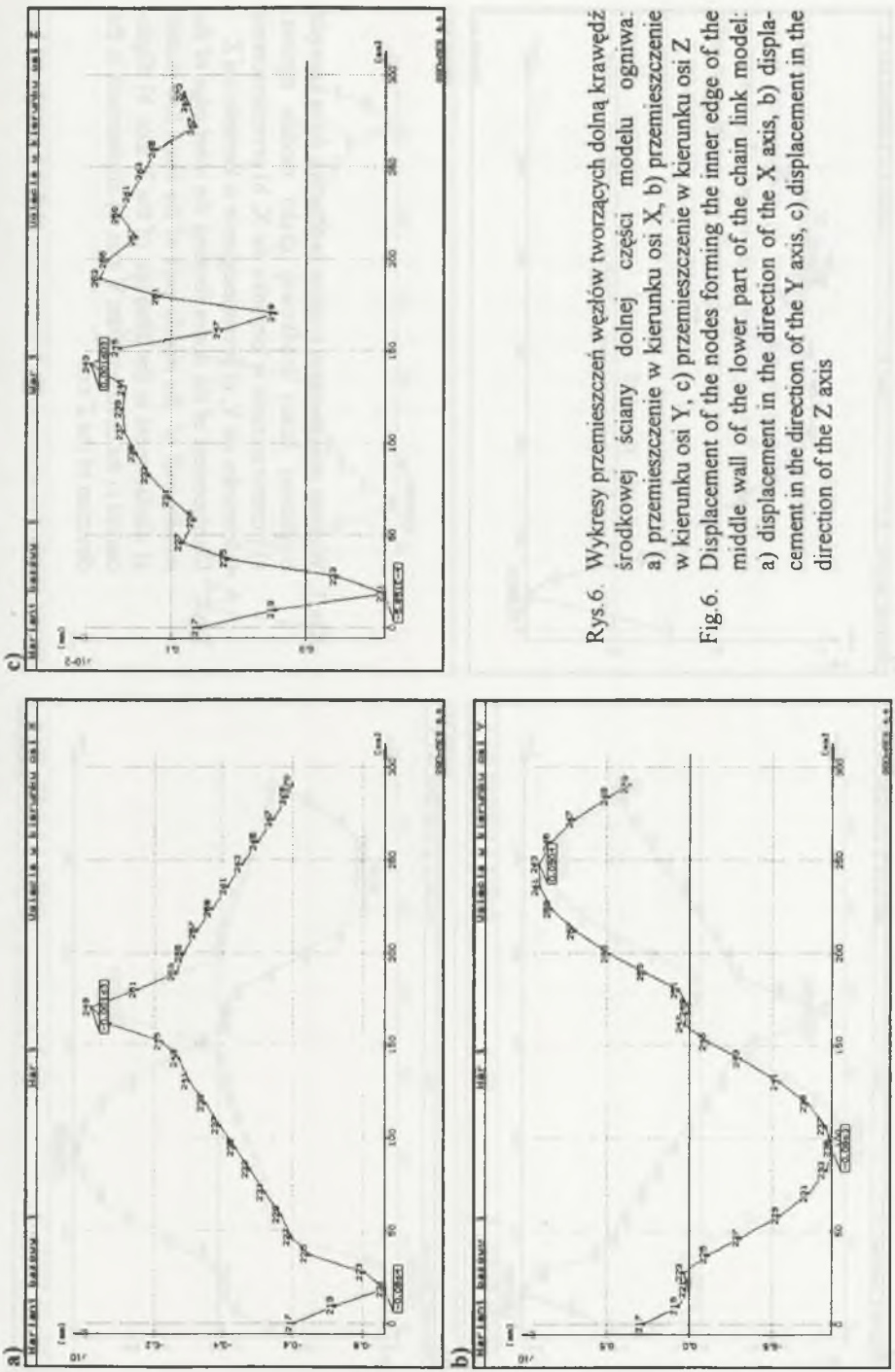
Rys.4. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną wewnętrzną krawędź dolnej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.4. Displacement of the nodes forming the inner edge of the lower part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis



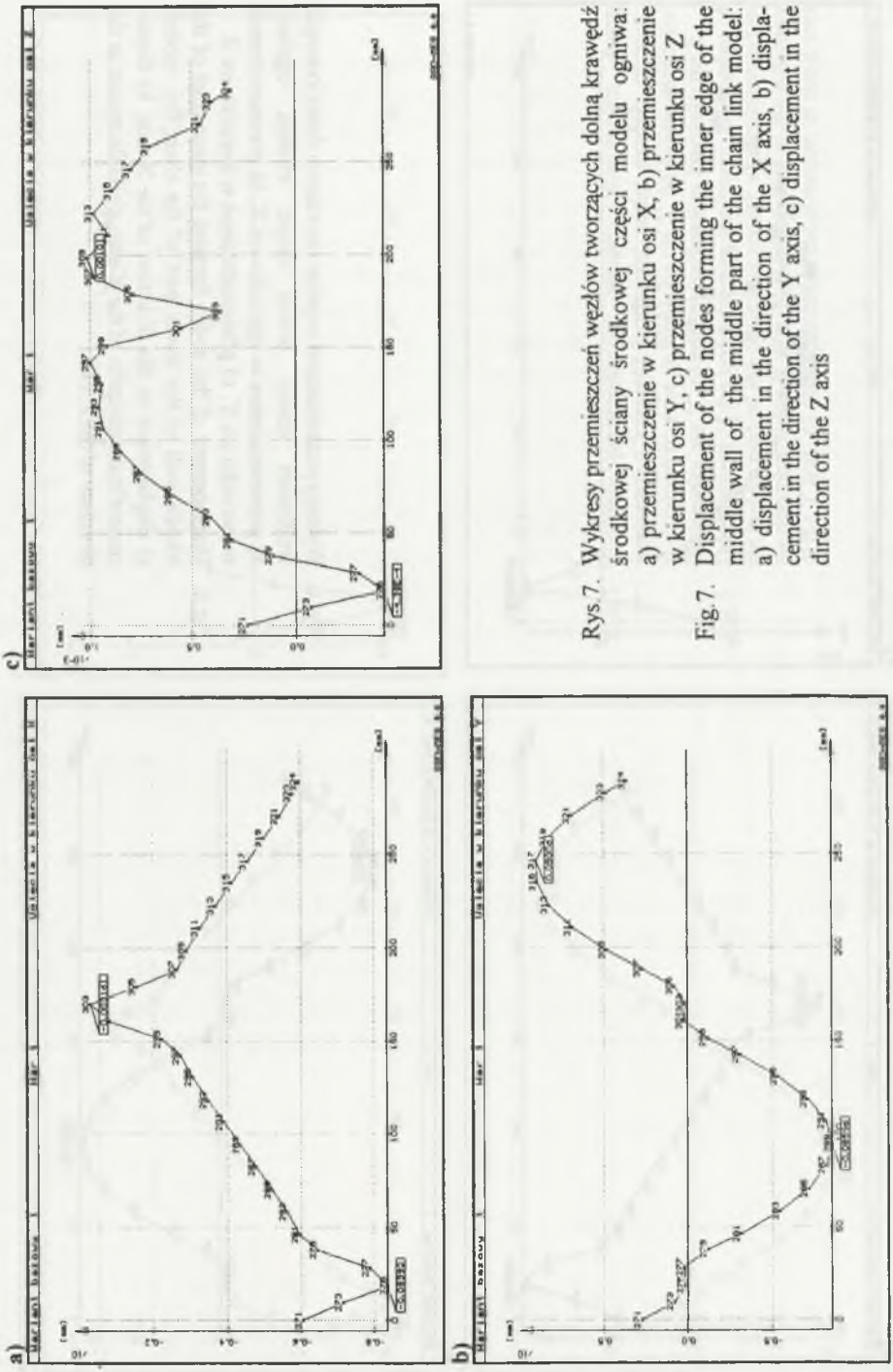
Rys.5. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną wewnętrzną krawędź środkowej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.5. Displacement of the nodes forming the lower, inner edge of the middle part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis



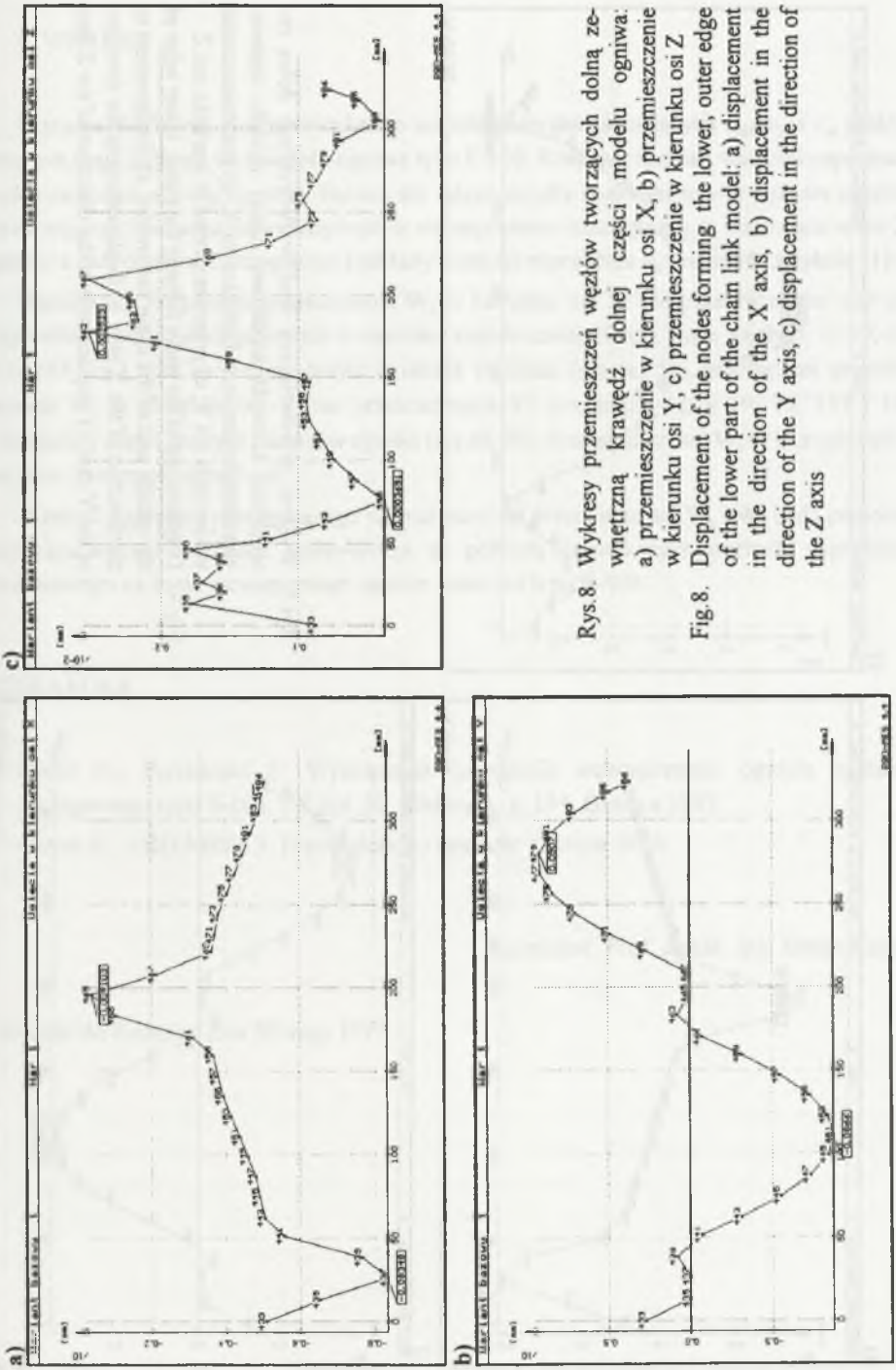
Rys.6. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną krawędź środkowej ściany dolnej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.6. Displacement of the nodes forming the inner edge of the middle wall of the lower part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis



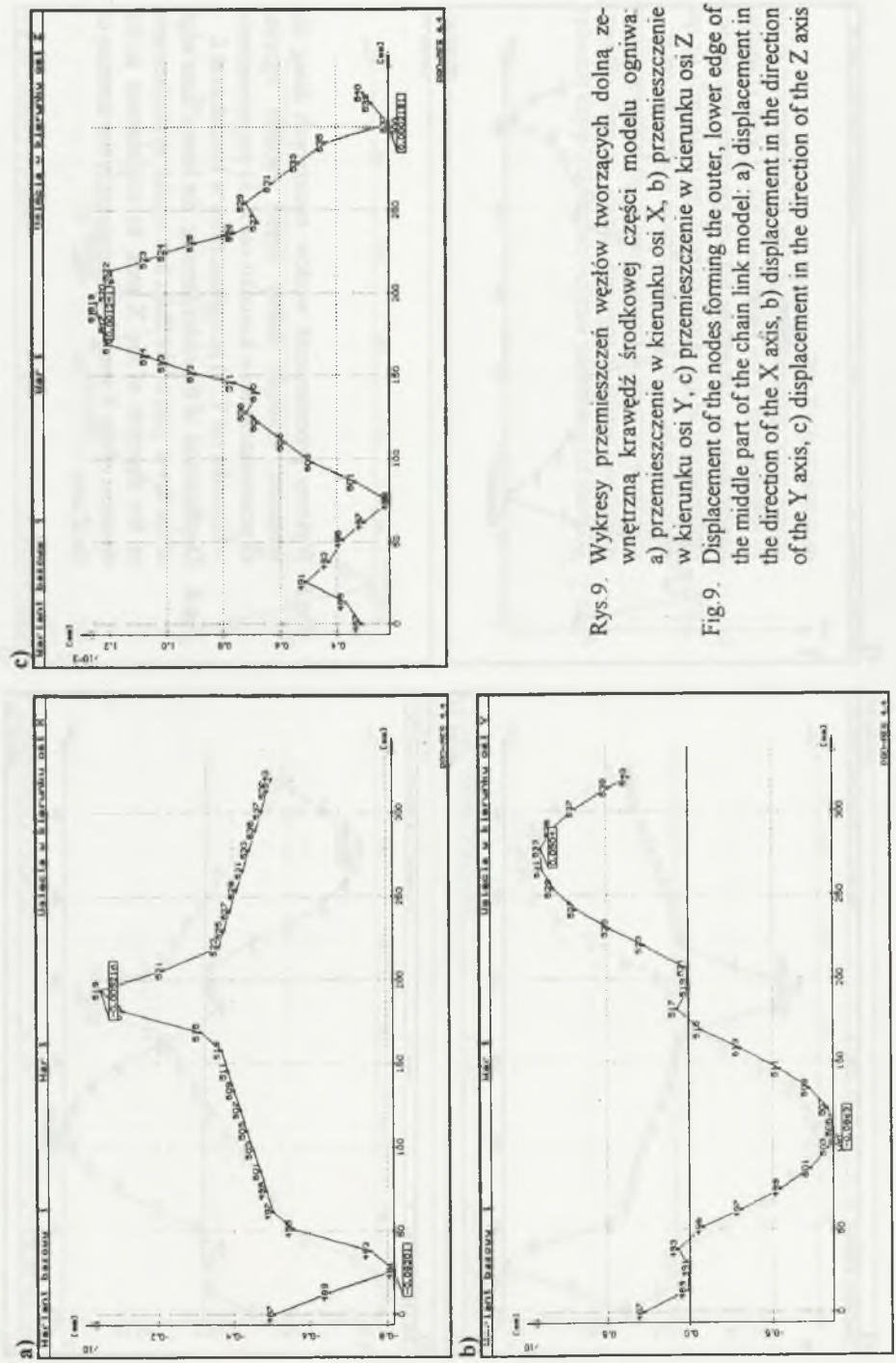
Rys.7. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną krawędź środkowej ściany środkowej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.7. Displacement of the nodes forming the inner edge of the middle wall of the middle part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis



Rys.8. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną zewnętrzną krawędź dolnej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.8. Displacement of the nodes forming the lower, outer edge of the lower part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis



Rys.9. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną zewnętrzną krawędź środkowej części modelu ogniwa: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y, c) przemieszczenie w kierunku osi Z

Fig.9. Displacement of the nodes forming the outer, lower edge of the middle part of the chain link model: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis, c) displacement in the direction of the Z axis

4. WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wartości naprężeń ścinających τ_{xy}, τ_{yz} i τ_{zx} praktycznie nie mają wpływu na trwałość ogniwa typu F-100. Również rozkład wartości naprężenia zredukowanego σ_{red} wg hipotezy Hubera nie odzwierciedla rozkładu miejsc pękania ogniwa. Na awaryjność łańcucha największy wpływ ma naprężenie rozciągające σ_x, działające w osi X, zgodnie z osią ogniwa. Szczegółowe rozkłady wartości naprężenia σ_x podano w artykule [1].

Największe wartości przemieszczenia W_x w kierunku osi X, nie przekraczające 100 μm przy ciśnieniu odpowiadającym sile o wartości znamionowej 20 kN, mają węzły 5, 6, 59, 60, 113, 114, 167, 168 w pobliżu miejsc działania ciśnienia (rys.4a, 5a). Największe przemieszczenia W_y w kierynku osi Y, nie przekraczające 92 μm, mają węzły 19, 73, 127 i 181 w środkowej części prostych odcinków ogniwa (rys.4b, 5b). Przemieszczenie W_z w kierunku osi Z jest małe i nie przekracza 5 μm.

Wartość naprężnia rozciągającego σ_x oraz wartości przemieszczeń W_x i W_y będą pomocne przy opracowaniu koncepcji przetwornika do pomiaru największych wartości naprężenia, zbudowanego na bazie wewnętrznego ogniwa łańcucha typu F-100.

LITERATURA

1. David D., Parchanski J.: Wyznaczanie naprężenia wewnętrznego ogniwa łańcucha pociągowego typu F-100. ZN Pol. Śl., Elektryka, z. 158, Gliwice 1997.
2. Grajek K.: PRO-MES4.3. Przewodnik po systemie. Gliwice 1995.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stefan Kubisa

Wpłynęło do Redakcji dnia 20 maja 1997

Abstract

The F-100 inter chain link model was subdivided into 972 elements and 1512 nodes. The numbering of the layers and nodes of the upper section, left half of the chain link is shown in Fig.1, while the subdivision into elements is shown in Fig.2. The subdivision of the chain link into section is shown in Fig.3. Values of the shear stresses τ_x, τ_y, τ_z as well as the reduced stress σ_{red} according to the Huber hypothesis were determined using the finite elements method and the PRO-MES 4.4 sofware. Displacement values W_x, W_y and W_z for chosen nodes of the f_100 chain link were calculated and presented herein in Fig.4÷9. The analysyis conducted shows that the shear stress values τ_x, τ_y and τ_z do not significantly affect the durability of the F-100 chain link. The most significant influence on the durability of the chain link exerted by the σ_x tensile stress component acting along the X axis, in the direction of the chain link's axis and of the force applied.