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

Dwayne DAVID
Józef PARCHAŃSKI

WYZNACZANIE NAPRĘŻENIA ROZCIĄGAJĄCEGO I PRZEMIESZCZENIA DWUSTRONNIE SFREZOWANEGO WEWNĘTRZNEGO OGNIWA TYPU F-100

Streszczenie. Metodą elementów skończonych obliczono wartości naprężeń rozciągających σ_x, σ_y i σ_z w kierunkach osi X, Y i Z oraz przemieszczenia W_x i W_y w kierunkach osi X i Y dla modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach i porównano z wynikami obliczonymi dla modelu oryginalnego opisanymi w artykułach [1, 2].

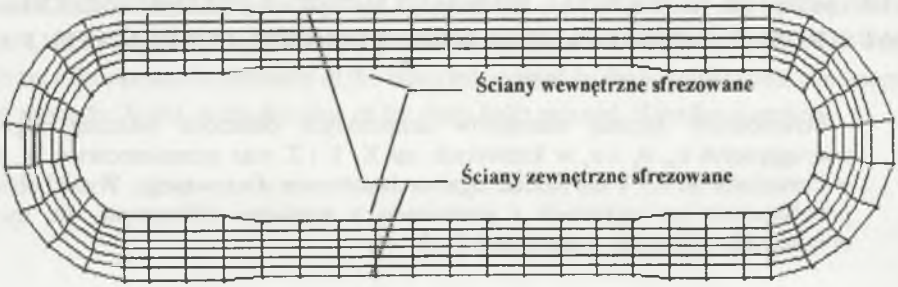
A DETERMINATION OF THE STRESS AND DISPLACEMENT WITHIN AN INTERNAL F-100 CHAIN LINK, MACHINED ON ITS INNER AND OUTER SURFACES

Summary. The σ_x, σ_y and σ_z tensile stress values in the direction of the X, Y and Z axes as well as W_x and W_y displacement values in the direction of the X and Y axes were determined for an internal F-100 chain link, machined on its inner and outer surfaces, using the finite elements method. The results are presented herein in the form of graphs and are compared with those of the original model as described in articles [1, 2].

1. WSTĘP

Aby doświadczalnie zweryfikować wyniki badań symulacyjnych opisanych w artykułach [1], [2], należy opracować koncepcję wykonania prototypu przetwornika naprężenia, zbudowanego na bazie wewnętrznego ogniwa łańcucha pociągowego typu F-100. Przy wyborze zasady działania przetwornika naprężenia i wyborze układu pomiarowego tego przetwornika zostaną wykorzystane wyniki rozkładów naprężenia i przemieszczenia elementów ogniwa przedstawionego w artykułach [1, 2] oraz w tym artykule.

Wybrano metodę tensometryczną. Aby możliwe było naklejenie i zabezpieczenie tensometrów przed uszkodzeniem mechanicznym, aby możliwy był montaż i eksploatacja opracowanego i wykonanego przetwornika naprężenia, sfrezowano materiał na grubości około 0,65 mm na prostych odcinkach wewnętrznych i zewnętrznych warstw ogniwa. Po sfrezowaniu określonych warstw materiału rozkład naprężenia i przemieszczenia będzie inny niż przed sfrezowaniem. Opracowano nowy, zmodyfikowany (dwustronnie sfrezowany — rys.1) model ogniwa i ponownie przeprowadzono obliczenia komputerowe, wykorzystując program PRO-MES4.4.



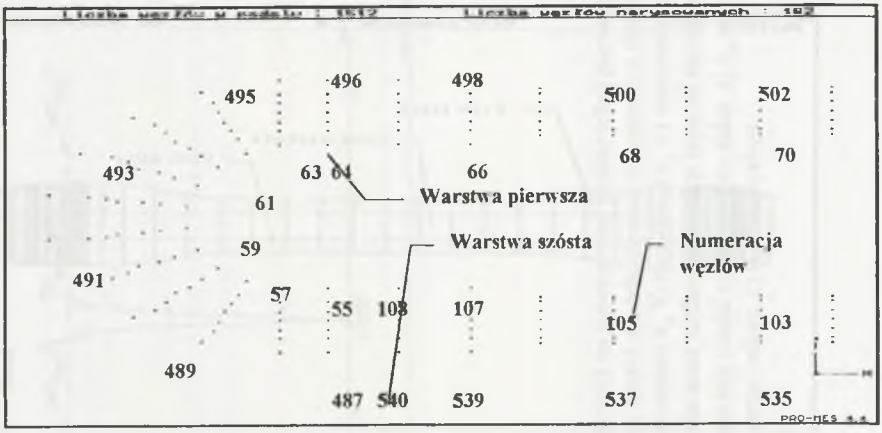
Rys.1. Widok ogniwa z dołu pokazujący miejsca dwustronnego sfrezowania
Fig.1. Bottom view of chain link showing the milled areas

2. WYNIKI KOMPUTEROWEJ SYMULACJI NAPRĘŻENIA ROZCIĄGAJĄCEGO W WYBRANYCH MIEJSCACH OGNIWA DWUSTRONNIE SFREZOWANEGO

Podobnie jak w artykułach [1, 2], model dwustronnie sfrezowanego wewnętrznego ogniwa łańcucha typu F-100 podzielono na 972 elementy i 1512 węzłów. Podparto 8 węzłów i zadano ciśnienie odpowiadające sile o znamionowej wartości 20 kN, działające na elementy 5, 59 i 113 tworzące wewnętrzną powierzchnię na łuku ogniwa.

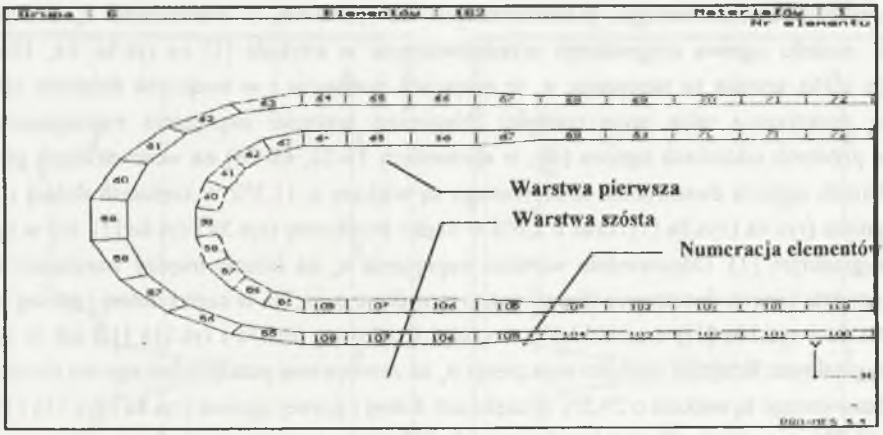
Rysunki 1÷3 przedstawiają podział i numerację wybranych elementów i węzłów modelu zmodyfikowanego ogniwa. Rozkłady naprężeń σ_x, σ_y i σ_z dla wybranych ścian dolnej i środkowej części ogniwa przedstawiono na rys.4÷9.

Przekrój poprzeczny dwustronnie sfrezowanych prostych odcinków ogniwa jest o około 15% mniejszy niż przekrój poprzeczny prostych odcinków ogniwa oryginalnego.



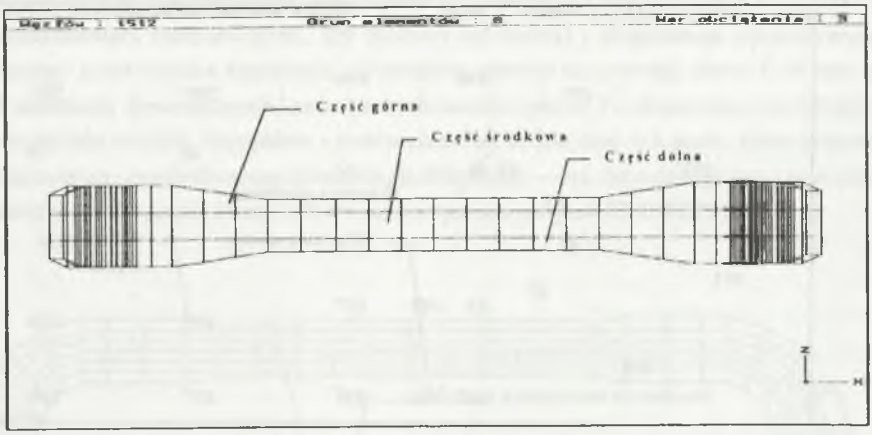
Rys.2a. Podział ogniwa na warstwy i węzły — część środkowa lewej połowy ogniwa, widok z dołu. Widok z góry jest identyczny, lecz numeracja węzłów inna

Fig.2a. The subdivision of the chain link into layers and nodes. The left half of the middle part is shown from the bottom. The top view is identical except for the node numbering



Rys.2b. Podział ogniwa na elementy — część środkowa lewej połowy ogniwa. 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

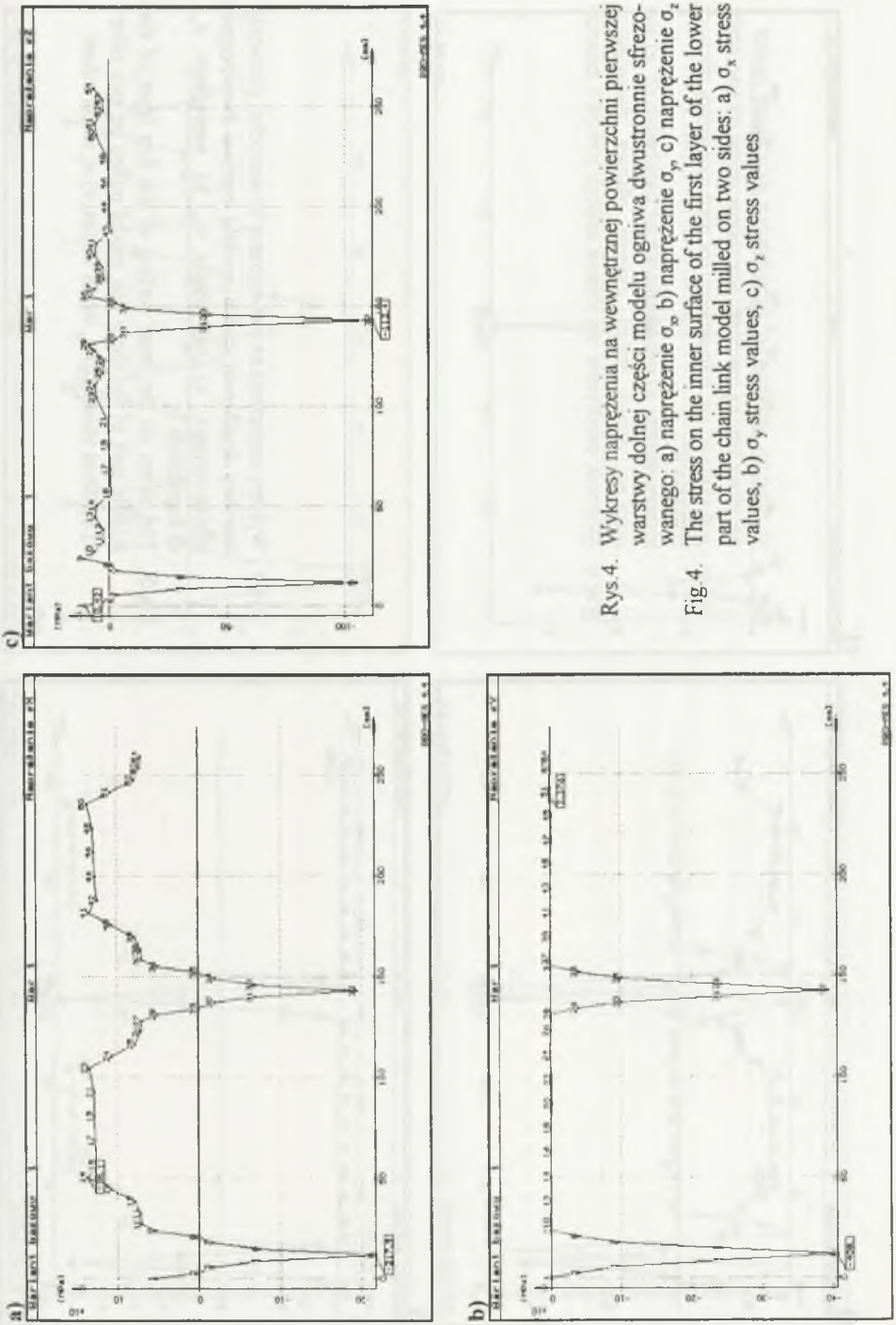
Fig.2b. The subdivision of the chain link into elements — the middle part of the left half shown. The first and sixth layers are numbered. The numbering is identical for the remaining layers. Elements number 1-54 from the lower part, 55-108 form the middle part and 109-162 form the upper part of the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

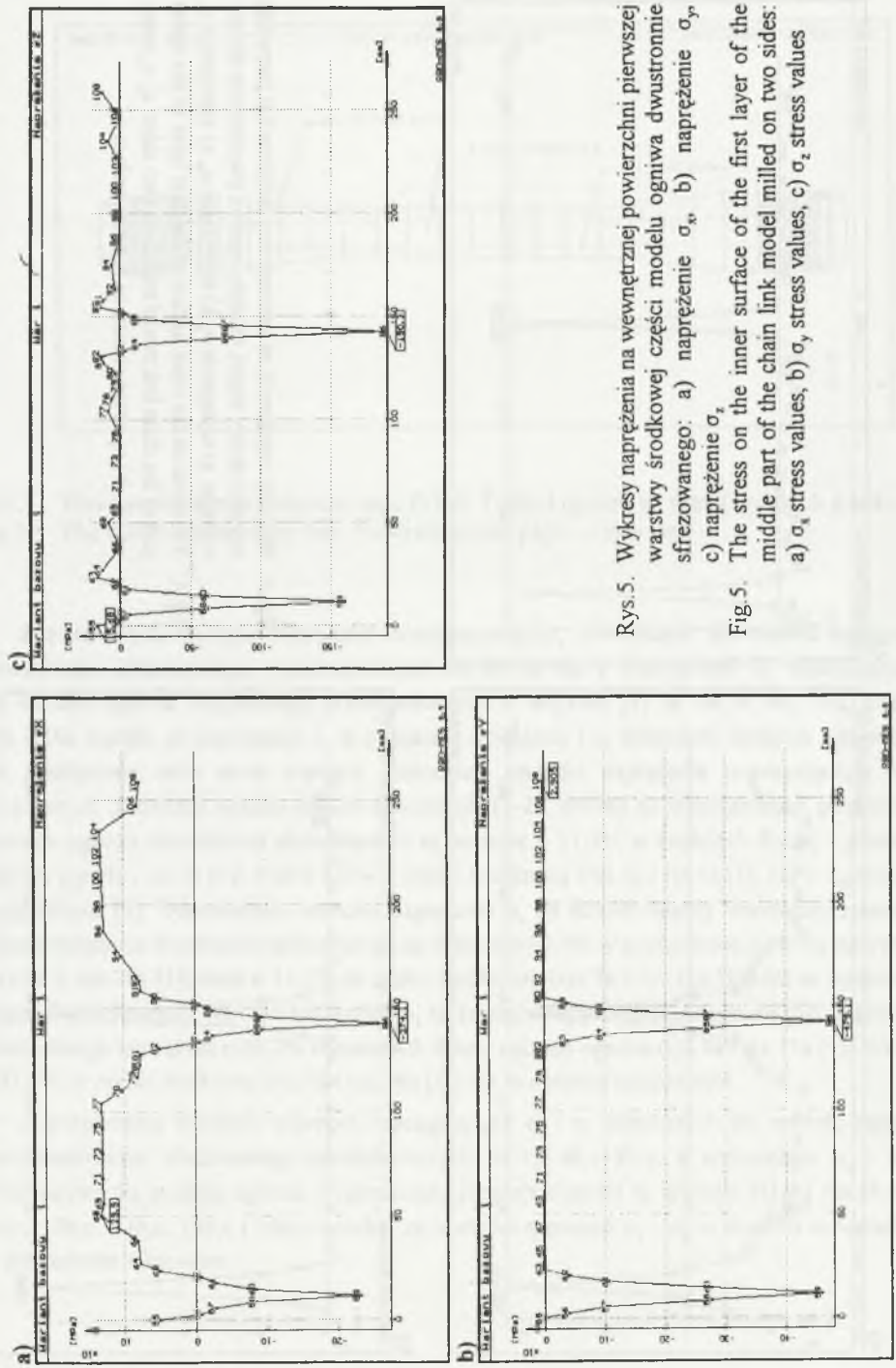
Z porównania wartości naprężenia rozciągającego σ_x obliczonych dla modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego, przedstawionych na rys.4a÷9a, z wartościami σ_x obliczonymi dla modelu ogniwa oryginalnego przedstawionymi w artykule [1] na rys.5a, 6a, 10a, 11a, 15a i 16a wynika że naprężenie σ_x w miejscach podparcia i w miejscach działania ciśnienia ma praktycznie takie same wartości. Natomiast wartości naprężenia rozciągającego σ_x na prostych odcinkach ogniwa (np. w elementach 15-22, 69-76) na wewnętrznych powierzchniach ogniwa dwustronnie sfrezowanego są większe o 11,5% w częściach dolnej i górnej ogniwa (rys.4a i rys.5a [1]) oraz o 8,6% w części środkowej (rys.5a i rys.6a [1], niż w ogniwie oryginalnym [1]. Odpowiednio wartości naprężenia σ_x na ścianie między warstwami trzecią a czwartą ogniwa dwustronnie sfrezowanego są większe o 10,7% w części dolnej i górnej ogniwa (rys.6a i rys.10a [1]) oraz o 13,5% w części środkowej (rys.7a i rys.11a [1]) niż w ogniwie oryginalnym. Również wartości naprężenia σ_x na zewnętrznej powierzchni ogniwa dwustronnie sfrezowanego są większe o 29,2% w częściach dolnej i górnej ogniwa (rys.8a i rys.15a [1]) oraz o 33,3% w części środkowej (rys.9a i rys.16a [1]) niż w ogniwie oryginalnym.

Z porównania wyników naprężeń rozciągających σ_y i σ_z obliczonych dla modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego przedstawionych na rys.4b,c÷9b,c, z wartościami σ_y i σ_z obliczonymi dla modelu ogniwa oryginalnego, przedstawionymi w artykule [1] na rys.5b,c, 6b,c; 10b,c; 11b,c; 15b,c i 16b,c wynika, że wartości naprężeń σ_y i σ_z w obydwu modelach są praktycznie takie same.



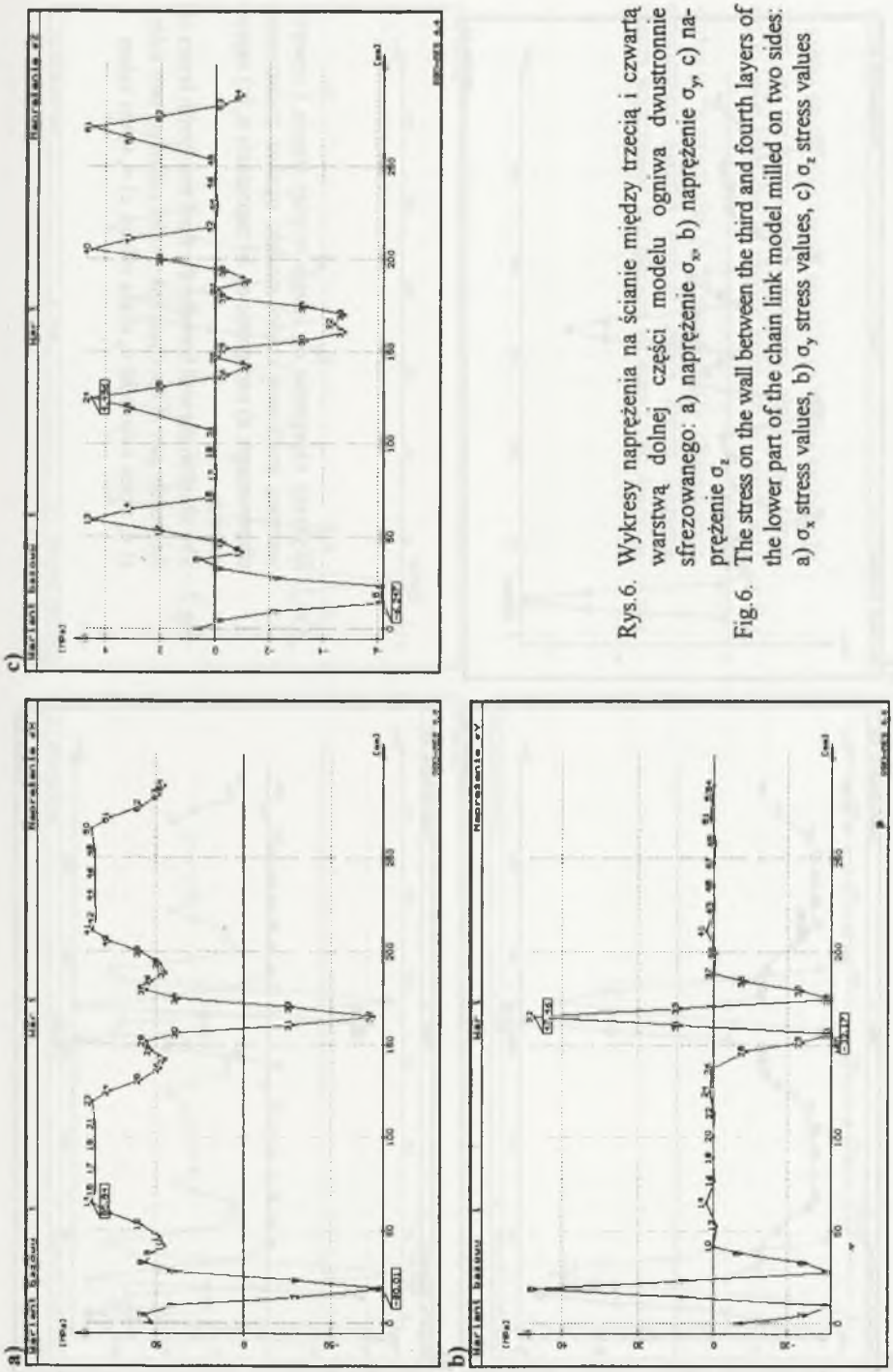
Rys.4. Wykresy naprężenia na wewnętrznej powierzchni pierwszej warstwy dolnej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

Fig.4. The stress on the inner surface of the first layer of the lower part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values



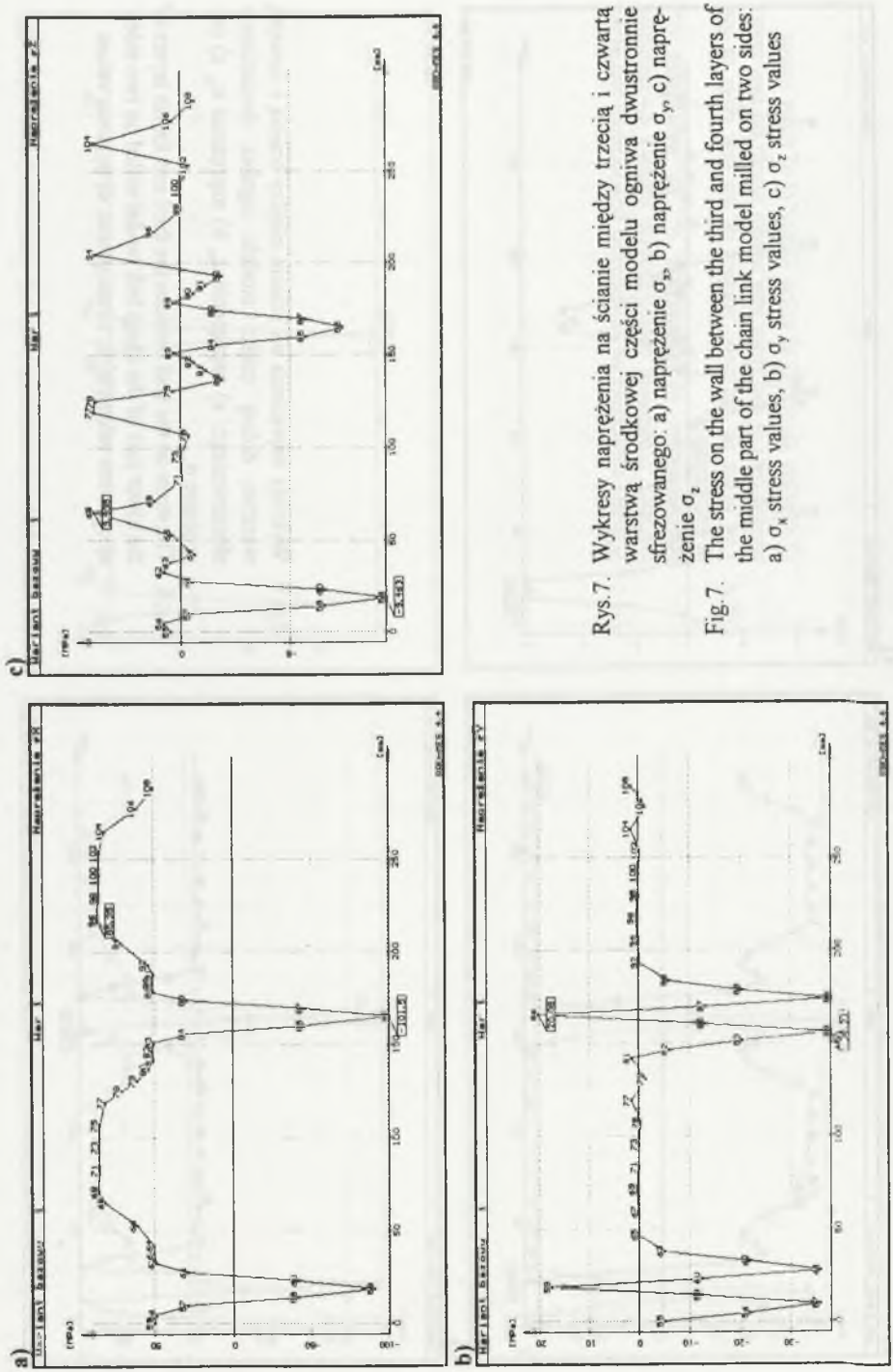
Rys.5. Wykresy naprężenia na wewnętrznej powierzchni pierwszej warstwy środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

Fig.5. The stress on the inner surface of the first layer of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values



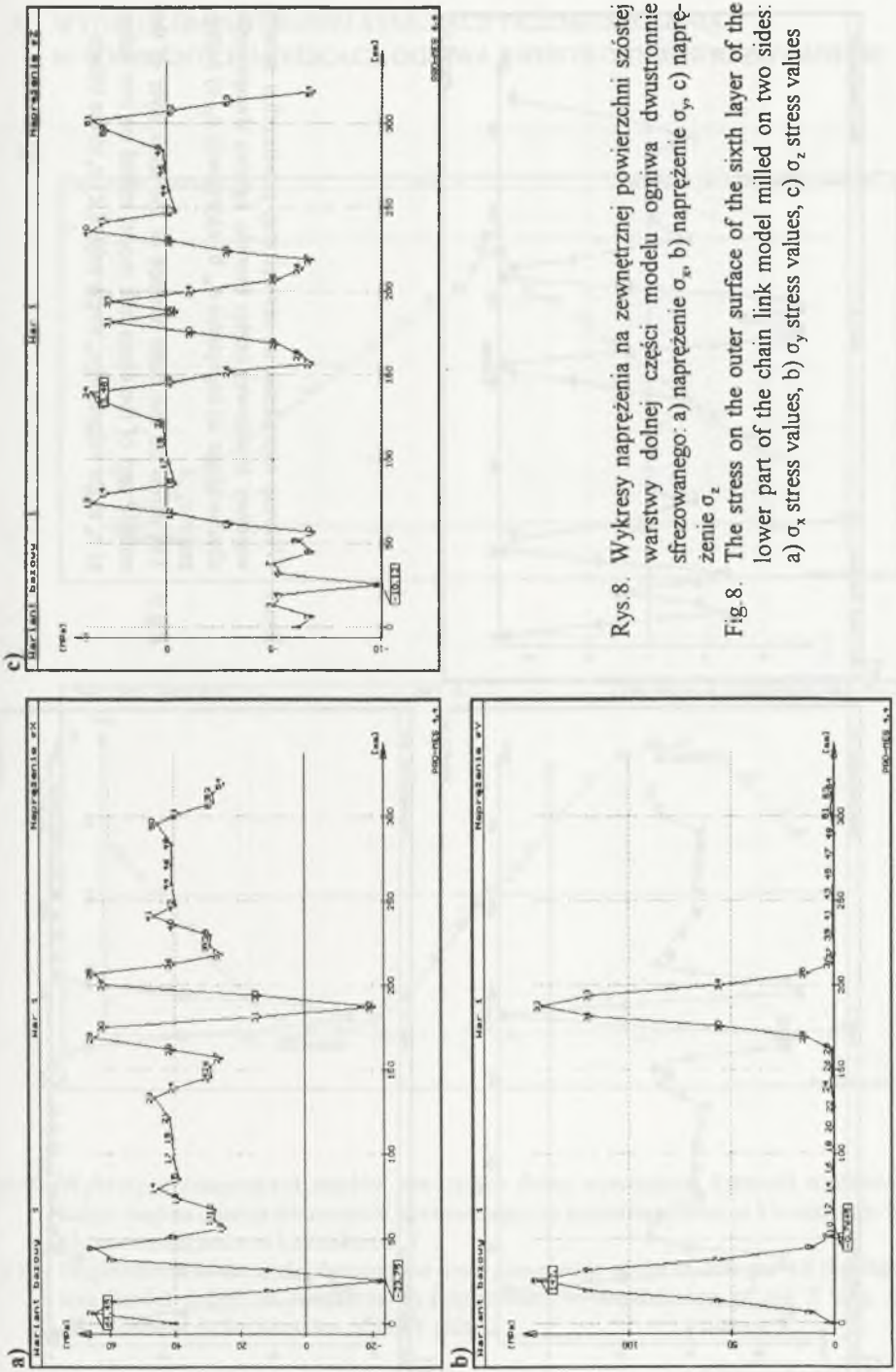
Rys.6. Wykresy naprężenia na ścianie między trzecią i czwartą warstwą dolnej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

Fig.6. The stress on the wall between the third and fourth layers of the lower part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values



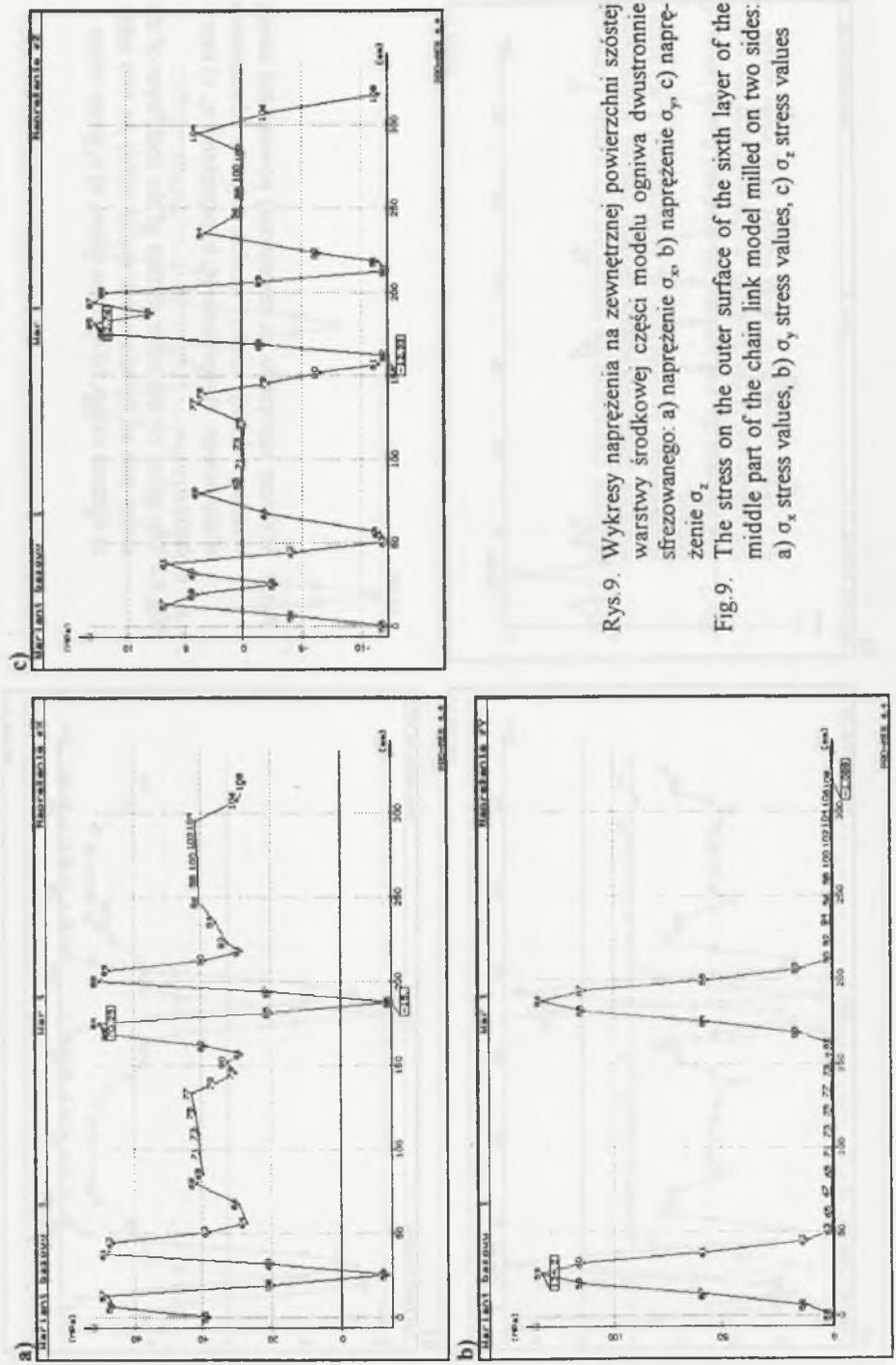
Rys.7. Wykresy naprężenia na ścianie między trzecią i czwartą warstwą środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

Fig.7. The stress on the wall between the third and fourth layers of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values



Rys.8. Wykresy naprężenia na zewnętrznej powierzchni szóstej warstwy dolnej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

Fig.8. The stress on the outer surface of the sixth layer of the lower part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values

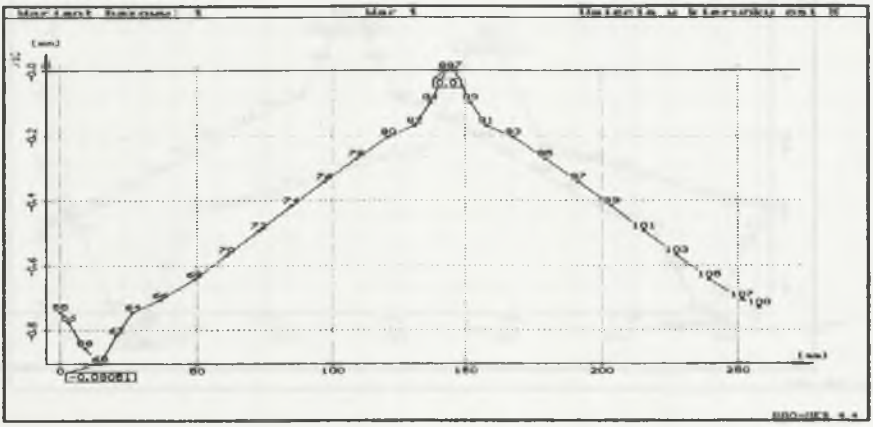


Rys.9. Wykresy naprężenia na zewnętrznej powierzchni szóstej warstwy środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) naprężenie σ_x, b) naprężenie σ_y, c) naprężenie σ_z

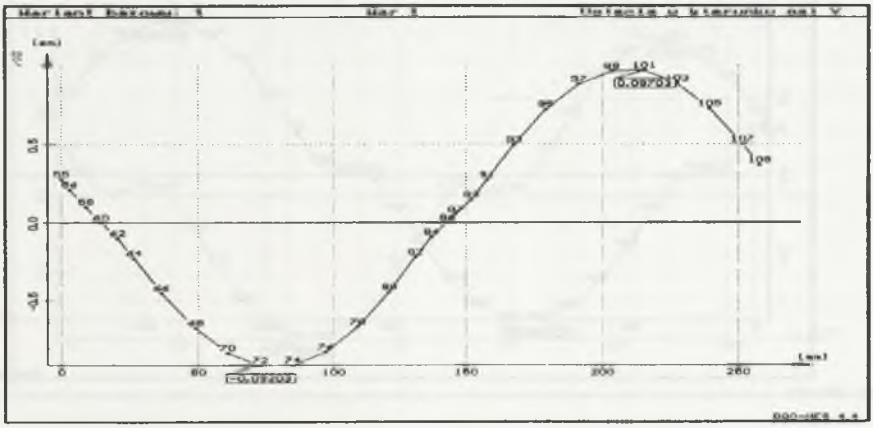
Fig.9. The stress on the outer surface of the sixth layer of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) σ_x stress values, b) σ_y stress values, c) σ_z stress values

3. WYNIKI KOMPUTEROWEJ SYMULACJI PRZEMIESZCZENIA W WYBRANYCH MIEJSCACH OGNIWA DWUSTRONNIE SFREZOWANEGO

a)



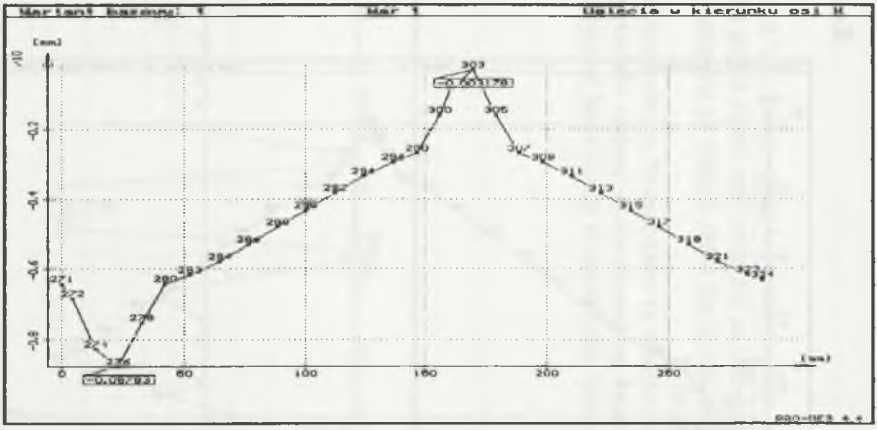
b)



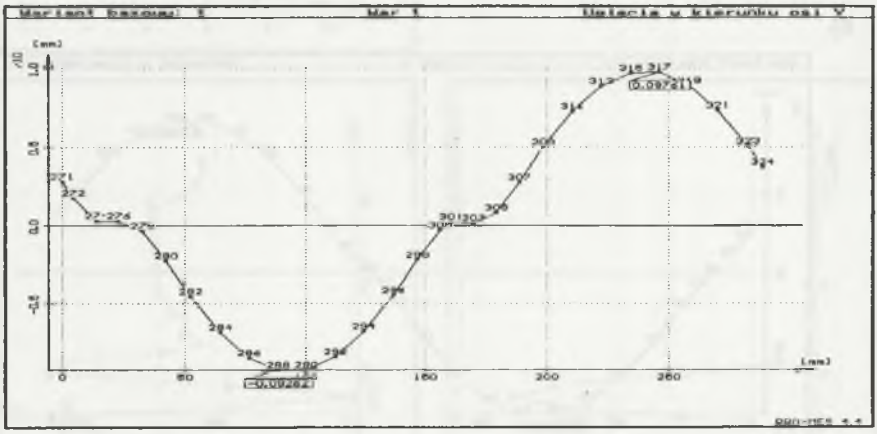
Rys.10. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną wewnętrzną krawędź środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y

Fig.10. Displacement of the nodes froming the lower, inner edge of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis

a)



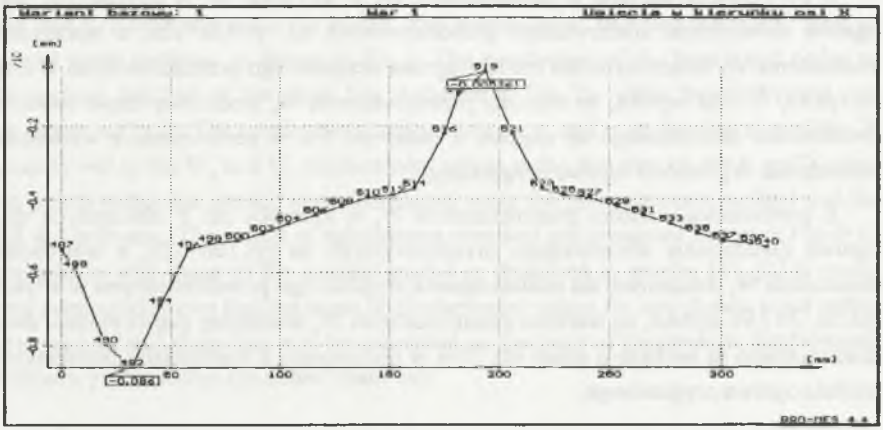
b)



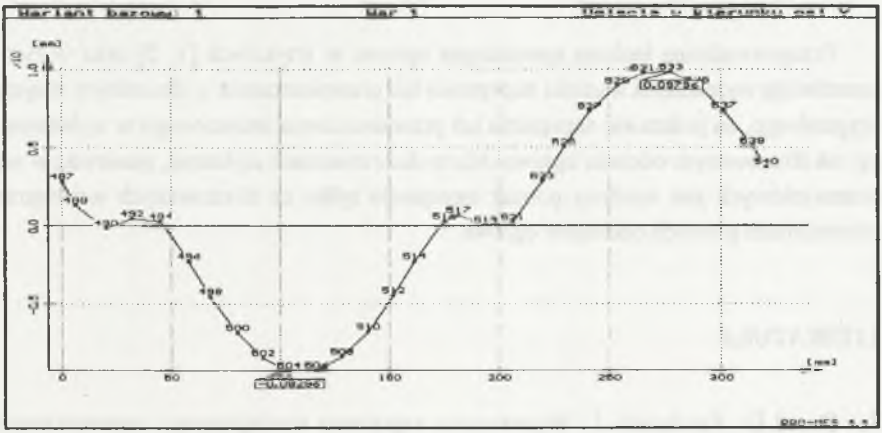
Rys.11. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną krawędź środkowej ściany środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y

Fig.11. Displacement of the nodes froming the lower, middle edge of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis

a)



b)



Rys.12. Wykresy przemieszczeń węzłów tworzących dolną zewnętrzną krawędź środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego: a) przemieszczenie w kierunku osi X, b) przemieszczenie w kierunku osi Y

Fig.12. Displacement of the nodes froming the lower, outer edge of the middle part of the chain link model milled on two sides: a) displacement in the direction of the X axis, b) displacement in the direction of the Y axis

Wyniki komputerowych obliczeń w formie wykresów przemieszczeń W_x i W_y poszczególnych węzłów modelu ogniwa typu F-100 dwustronnie sfrezowanego przedstawiono na rys.10÷12.

Z porównania wartości przemieszczenia W_x w kierunku osi X obliczonych dla modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego przedstawionych na rys.10a÷12a, z wartościami przemieszczenia W_x obliczonymi dla modelu ogniwa oryginalnego przedstawionymi w artykule [2] na rys.5a, 7a i 9a wynika, że wartości przemieszczenia W_x środkowej części modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego są większe o mniej niż 5% w porównaniu z wartościami przemieszczenia W_x modelu ogniwa oryginalnego.

Z porównania wartości przemieszczenia W_y w kierunku osi Y obliczonych dla modelu ogniwa dwustronnie sfrezowanego przedstawionych na rys.10b÷12b, z wartościami przemieszczenia W_y obliczonymi dla modelu ogniwa oryginalnego przedstawionymi w artykule [2] na rys.5b, 7b i 9b wynika, że wartości przemieszczenia W_y środkowej części modelu dwustronnie sfrezowanego są większe o mniej niż 10% w porównaniu z wartościami przemieszczenia W_y modelu ogniwa oryginalnego.

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania symulacyjne opisane w artykułach [1, 2] oraz w tym artykule umożliwiają wyznaczenia wartości naprężenia lub przemieszczenia w dowolnym miejscu ogniwa oryginalnego, na podstawie naprężenia lub przemieszczenia zmierzonego w wybranym miejscu, np. na sfrezowanym odcinku ogniwa. Ma to duże znaczenie utylitarne, ponieważ w warunkach przemysłowych jest możliwy pomiar naprężenia **tylko** na sfrezowanych wewnętrznych powierzchniach prostych odcinków ogniwa.

LITERATURA

1. David D., Parchański J.: Wyznaczanie naprężenia rozciągającego wewnętrznego ogniwa łańcucha pociągowego typu F-100. ZN Pol. Śl., ser. Elektryka, z.158 Gliwice 1997.
2. David D., Parchański J.: Wyznaczanie naprężenia ścinającego i zredukowanego oraz przemieszczenia określonych punktów wewnętrznego ogniwa łańcucha pociągowego typu F-100. ZN Pol. Śl., ser. Elektryka, z.158. Gliwice 1997.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stefan Kubisa

Wpłynęło do Redakcji dnia 20 maja 1997

Abstract

The model of the F-100 internal chain link, machined on its inner and outer surfaces was subdivided into 972 elements and 1512 nodes. The bottom view, showing the milled areas of the inner and outer surfaces, is shown in Fig.1. The numbering of the layers and nodes of the middle section, left half of the chain link is shown in Fig. 2a, while the subdivision into elements is shown in Fig.2b. The tensile stress components σ_x, σ_y and σ_z in the direction of the X, Y and Z axes as well as the W_x and W_y displacement values in the direction of the X and Y axes, for chosen points within the model, were determined using the finite elements method and the PRO-MES 4.4 software. The results of calculations executed are presented herein in Fig.4÷12 and a comparison with those of the original model as described in articles [1], [2] is made. The analysis conducted shows that the stress or displacement values for any chosen point within the original (not milled) chain link may be calculated on the basis of the stress or displacement values of chosen points within the milled chain link.