

Marek CIEŚLA, Grzegorz JUNAK, Piotr CZECH, Piotr FOLEGA

## DOŚWIADCZALNE WYZNACZENIE WPLYWU PEKNIĘCIA U PODSTAWY ZĘBA NA ZMIANĘ SZTYWNOŚCI KOŁA

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań mających na celu wyznaczenie wpływu pęknięcia u podstawy zęba koła na zmianę sztywności koła. Badania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej MTS.

## EXPERIMENTAL MARKING INFLUENCE OF CRACKING GEAR-TOOTH ON CHANGES WHEEL STIFFENESS

**Summary.** The work presents results of researches aimed at calculation influence of cracking on changes of stiffness gear-tooth. The researches was done on Material Testing System MTS.

### 1. WPROWADZENIE

W pracy [3] przedstawiono propozycje systemów diagnozujących uszkodzenia zębów kół przekładni zębatych przy wykorzystaniu do tego celu różnych metod sztucznej inteligencji. Jedną z metod były sztuczne sieci neuronowe. Aby uzyskać wystarczająco liczny zbiór danych uczących i walidacyjnych dla klasyfikatorów neuronowych, w pracy [3] postanowiono wykorzystać zidentyfikowany model przekładni zębatej, pracującej w układzie napędowym. Model ten został opracowany i zidentyfikowany na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej [7]. Pęknięcie w stopie zęba koła zostało w nim zaimplementowane jako procentowa zmiana sztywności zazębienia w stosunku do przekładni nieuszkodzonej. Ponieważ jednak założeniem pracy [3] było wykorzystanie klasyfikatorów neuronowych uczonych na zestawach wzorców pochodzących z modelu symulacyjnego, a pracujących na danych pochodzących z rzeczywistej przekładni, niezbęde stało się określenie wpływu głębokości pęknięcia w stopie zęba koła na procentową zmianę sztywności zazębienia.

Wyniki uzyskane ze wstępnych badań przedstawiono w pracach [4,5]. Celem przeprowadzonych w [4] badań była weryfikacja doświadczalna zaproponowanej uproszczonej metody obliczeń oraz opracowanego modelu numerycznego wieńca zębatego [5]. Niniejsze opracowanie stanowi kontynuację badań zapoczątkowanych w [4].

Informacje na temat wyznaczania sztywności zazębienia można znaleźć w [6,8].

W artykule przedstawiono wyniki uzyskane z badań na maszynie wytrzymałościowej MTS, mające na celu określenie wpływu pęknięcia w stopie zęba koła na zmianę sztywności koła.

## 2. STANOWISKO BADAWCZE

Badania stanowiskowe przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej MTS-810 o zakresie siły do 50 [kN] (rys. 1). Zastosowanie w doświadczeniach maszyny MTS umożliwia przeprowadzenie prób zmęczenia cieplno-mechanicznego [1,2].



Rys. 1. Maszyna wytrzymałościowa MTS-810  
Fig. 1. The Material Testing System MTS-810

W skład stanowiska badawczego wchodziły:

- ekstenzometry przystosowane do badań w temperaturze pokojowej oraz w wysokich temperaturach,
- piec oporowy typ MTS 653 02.A Furnace z temperaturą do 1200°C,
- komora grzewcza do 500°C,
- nagrzewnica indukcyjna firmy LEPEL typ DWGT-504-279,
- system Test Star II oraz Test WARE SX cyfrowego sterowania maszynami wytrzymałościowymi,
- system do badań zmęczenia cieplnego.

System cyfrowego sterowania Test Star II umożliwia niezależne sterowanie dwoma wielkościami równocześnie. Umożliwia to realizację badań zmęczenia cieplnego przy niezależnym sterowaniu cyklem cieplnym i obciążeniem mechanicznym. Obciążenie może być realizowane przy sterowaniu jedną z wielkości: siłą, przemieszczeniem lub odkształceniem.

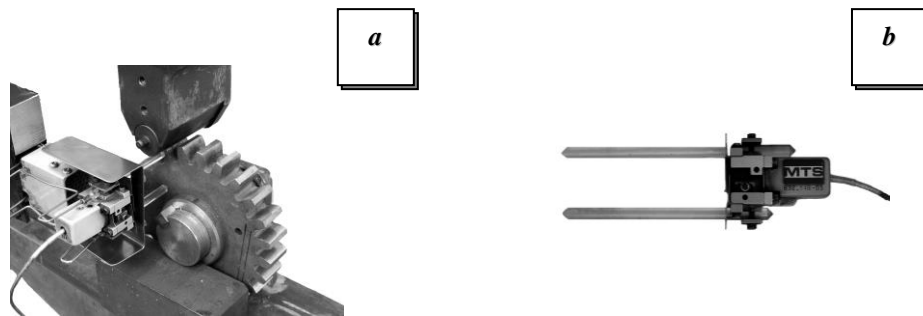
## 3. BADANIE WPLYWU PĘKNIĘCIA W STOPIE ZĘBA NA ZMIANĘ SZTYWNOŚCI ZAZĘBIENIA

Doświadczalne badanie wpływu pęknięcia w stopie zęba na zmianę sztywności koła przeprowadzono dla następujących parametrów:

- liczby zębów koła:  $z = 24$ ,
- współczynnika korekcji koła:  $x = -0,5$ ,
- kąta przyporu:  $\alpha_{on} = 20^\circ$ ,
- wysokości głowy narzędzia:  $h_{ao} = 1,2$ ,
- promienia zaokrąglenia głowy narzędzia:  $\rho_{ao} = 0,2$ .

W doświadczeniach rejestrowano ugięcie zęba w punkcie przyłożenia siły w kierunku jej działania za pomocą umieszczonych ekstenzometrów połączonych z układem rejestrującym.

Sposób obciążenia zęba z umieszczonym ekstenzometrem pokazano na rys. 2.

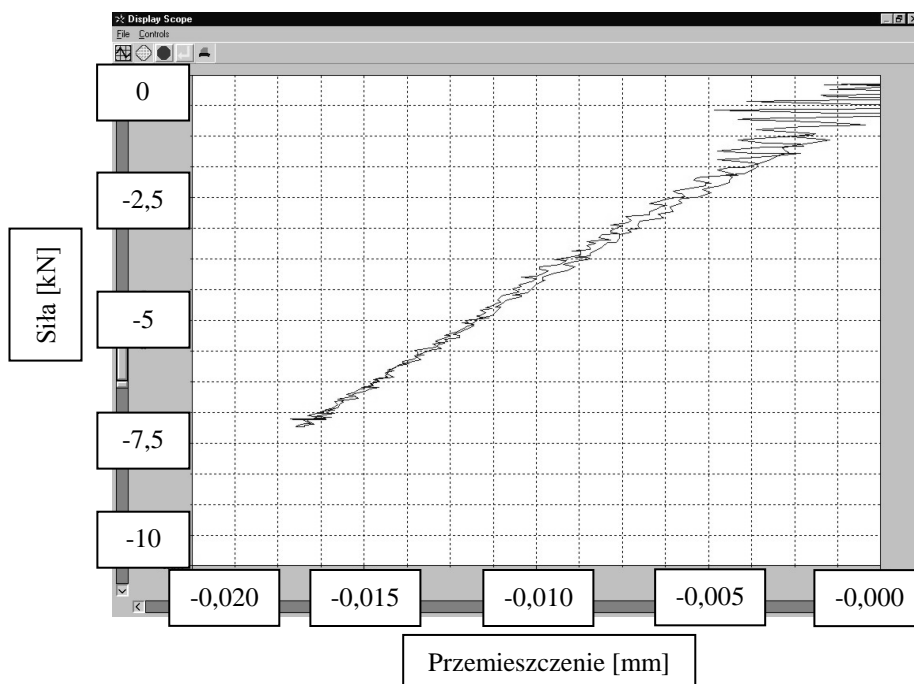


Rys. 2. Sposób obciążenia zęba koła (a) oraz wykorzystany do rejestracji przemieszczenia ekstenzometr (b)

Fig. 2. The method of load gear-tooth (a) and sensing element to measure displacement (b)

Badania przeprowadzono dla koła bez uszkodzeń oraz koła z zamodelowanym podcięciem w stopie zęba na głębokości 1, 2 i 3 mm.

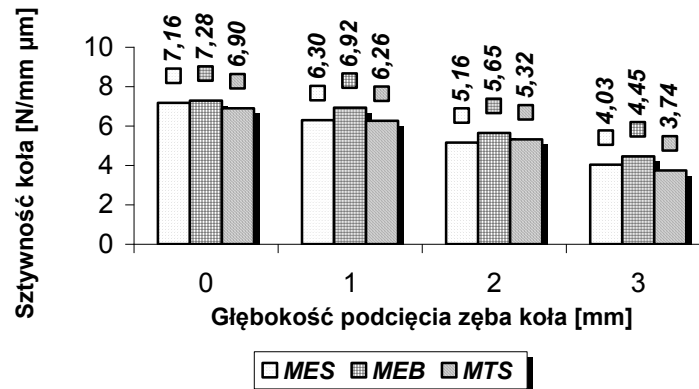
Przeprowadzone badania były realizowane przy sterowaniu siłą w zakresie od 0 do 7,5 [kN]. Zakres siły został tak dobrany, aby nie przekroczyć odkształcenia sprężystego. Przykładowy zarejestrowany przebieg zmian ugięcia wierzchołka zęba w wyniku zwiększania siły przedstawiono na rys. 3. Obciążenie zostało przyłożone na wierzchołku zęba koła.



Rys. 3. Przykładowe ugięcie zęba pod wpływem przyłożonej siły

Fig. 3. Example of influence of load gear-tooth on displacement

Uzyskane w eksperymencie wyniki zostały porównane z otrzymanymi w czasie badań z użyciem MES i MEB [3]. Zestawienie wyników przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Szttywność koła

Fig. 4. Stiffness of gear-tooth

Przeprowadzone badania na maszynie wytrzymałościowej MTS potwierdziły poprawność eksperymentów numerycznych wykorzystujących MES i MEB [3].

Występujące różnice mogą wynikać z przyjętej w poszczególnych eksperymentach metodologii badań.

## Bibliografia

1. Chladek W., Cieśla M., Plaza M.: Metoda badania zmęczenia cieplnego przy wykorzystaniu układu próbka-konstrukcja nośna. „Inżynieria Materiałowa”, Nr 1, 1983.
2. Chladek W., Plaza M.: Techniki prowadzenia badań zmęczenia cieplnego na sztywnych konstrukcjach i maszynach serwohydraulicznych. „Inżynieria Materiałowa”, Nr 4, 1982.
3. Czech P.: Wykrywanie uszkodzeń przekładni zębatych za pomocą metod sztucznej inteligencji. Rozprawa doktorska, Katowice, 2006.
4. Czech P., Folęga P.: Doświadczalne wyznaczanie sztywności zębów kół. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 57, Gliwice 2005.
5. Folęga P., Czech P., Figlus T.: Wyznaczanie sztywności zazębienia za pomocą MES. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 57, Gliwice 2005.
6. Jaśkiewicz Z., Wąsiewski A.: Przekładnie walcowe. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1992.
7. Łazarz B.: Zidentyfikowany model dynamiczny przekładni zębatej jako podstawa projektowania. Studia i Rozprawy. Instytut Technologii Eksploatacji, Katowice–Radom 2001.
8. Müller L.: Przekładnie zębate. Dynamika. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1986.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski