

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"

POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ

Beskid Śląski, 1990

Dominik Senczyk

Politechnika Poznańska

POMIARY NAPRĘŻEN WŁASNYCH W ODLEWACH RAM NAPRĘŻENIOWYCH Z ŻELIWA  
SZAREGO RÓŻNYMI METODAMI

Streszczenie. Pomiarów naprężeń w odlewach krat naprężeniowych dokonano czterema metodami: metodą opisaną w normie BN-80/4051-02, metodą rentgenograficzną, na podstawie odkształcenia sprężystego kraty i na podstawie bezpośrednio wyznaczonej siły działającej w kratce. Przeprowadzone potwierdziły słuszność wniosku Tychowskiego [1,2,3], dotyczącego trzykrotnie większej wartości naprężeń zmierzonych według normy w porównaniu z wartością zmierzona pozostałymi trzema metodami.

1. Wprowadzenie i cel pracy

Wśród wyrobów metalowych poważną grupę stanowią odlewy, a jednym z najpopularniejszych materiałów stosowanych w ich produkcji jest żeliwo szare. Zalety jego są powszechnie znane. W trakcie wytwarzania odlewów żeliwnych powstają różne wady. Do najczęstszych należą pęknięcia i wypaczenia spowodowane naprężeniami własnymi. Wobec ważności tego zagadnienia została ustanowiona norma BN-80/4051-02, której przedmiotem jest technologiczna próba skłonności żeliwa szarego do tworzenia naprężeń własnych ( w normie mówi się o naprężeniach wewnętrznych ) podczas

krzepnięcia i stygnięcia odlewy. Wynik jej stosowania zależy jednak m. in. od sposobu i miejsca przecinania kraty naprężeniowej [2]. W związku z tym norma powyższa była kilkakrotnie zmieniana. Mimo ustalenia warunków przecinania środkowego pręta kraty naprężeniowej jest ona dość rzadko stosowana w praktyce inżynierskiej. Wiąże się to z wątpliwościami dotyczącymi poprawności wyniku pomiaru naprężeń. Konieczne jest więc rozstrzygnięcie stopnia zgodności wyników pomiarów naprężeń w kratkach według cytowanej normy z wynikami pomiaru naprężeń innymi metodami. Problem ten stanowi właśnie cel niniejszej pracy.

## 2. Badany materiał

Badaniom poddano odlewy ram naprężeniowych wykonanych zgodnie z normą BN-80/4051-02. Zastosowano żeliwo szare o składzie chemicznym, który w danych warunkach krzepnięcia i stygnięcia ramy o ustalonych wymiarach zapewniał osnowę ferrytyczną lub perlietyczną. Potwierdziły to badania mikrostruktury i składu chemicznego żeliwa na próbkach wyciętych ze środkowego pręta kraty po przeprowadzeniu odpowiednich pomiarów i jego przecięciu.

## 3. Metodyka badań

Pomiarów naprężeń w środkowym pręcie ramy dokonano czterema metodami :

- metodą opisaną w normie BN-80/4051-02,
- metodą rentgenograficzną,
- na podstawie sprężystego odkształcenia ramy po przecięciu jej środkowego pręta
- na podstawie bezpośrednio wyznaczonej siły działającej w ramie.

Naprężenia w ramach zgodnie z normą określono ze wzoru :

$$\sigma = \frac{F_m \cdot K_m}{F_c} \quad (1)$$

gdzie  $F_m$  jest powierzchnią przekroju pręta, która uległa rozerwaniu,  $F_c$  jest powierzchnią całkowitą pręta,  $R_m$  jest wytrzymałością na rozciąganie próbki o średnicy 20 mm.

W pomiarach naprężeń metodą rentgenograficzną stosowano dyfraktometr rentgenowski "Strainflex" PSF-1M firmy Rigaku - Japonia. Naprężenie w danym kierunku wyznaczano ze wzoru :

$$\sigma_\phi = K_1 \cdot m \quad (2)$$

gdzie :  $K_1 = - [ s_2 \cdot \text{tg } \Theta_0 ]^{-1} \quad (3)$

$s_2 = 2(\nu + 1) / E$  jest stałą sprężystą ferrytu w żeliwie,  $\nu$  - współczynnik Poissona,  $E$  moduł Younga,  $\Theta_0$  - położenie ustalonej linii dyfrakcyjnej wyżarzonego ferrytu,  $m$  - nachylenie linii regresji  $2\Theta_{\phi,\psi} = f(\sin^2 \psi)$ ,  $\Theta_{\phi,\psi}$  - położenie ustalonej linii dyfrakcyjnej ferrytu w ramie.

Wielkość naprężeń działających w ramie wyznaczono również z jej sprężystego odkształcenia stosując wzór :

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad (4)$$

gdzie  $P$  jest wielkością siły wyznaczonej ze wzoru [3] :

$$P = K \cdot E \cdot \Delta l_1 \quad (5)$$

w którym  $K$  jest czynnikiem, którego wartość zależy od kształtu i rozmiarów kraty,  $\Delta l_1$  jest zmianą wzajemnej odległości belek poprzecznych kraty, spowodowaną nacięciem i rozerwaniem pręta środkowego kraty,  $F_0$  jest polem przekroju tego pręta.

Do określenia naprężeń na podstawie siły działającej w ramie stosowano wzór podobny do (4).

#### 4. Wyniki badań i ich analiza

W tabelicy 1 zestawiono wartości naprężeń własnych zmierzonych czterema ustalonymi metodami w badanych ramach naprężeniowych.

Porównując ich wartości stwierdzamy, że :

- pomiary według normy BN-80/4051-02 prowadzą do wartości trzy-

Tablica 1

Zmierzone wartości naprężeń własnych [MPa]

metoda żeliwa	według normy	rentgeno- graficzna	odkształce- nie sprężyste	pomiar siły
Z1 200	50,85	17,01	17,67	16,95
		18,23		
Z1 250	60,00	20,75	21,22	20,41
		21,24		

krotnie większych od zmierzonych pozostałymi trzema metodami.

- wartości naprężeń zmierzonych metodą rentgenograficzną na podstawie odkształcenia sprężystego ramy po nacięciu i rozerwaniu jej środkowego pręta oraz na podstawie bezpośrednio wyznaczonej siły działającej w ramie są praktycznie sobie równe.

Zastosowanie więc metody rentgenograficznej, będącej metodą nieniszczącą, pozwoliło zmierzyć naprężenia własne działające w ramie. Bardzo dobra zgodność wyników pomiarów uzyskanych wymienionymi wyżej trzema metodami wskazuje na przydatność sposobu pomiaru naprężeń własnych na podstawie sprężystego odkształcenia ramy [3].

Pomiary naprężeń własnych według normy BN-80/4051-02 prowadzą do trzykrotnie większej wartości naprężeń. Wiąże się to z faktem, że trzy pozostałe metody wykorzystują wyłącznie część sprężyste odkształcenia, natomiast na wyniki pomiaru według normy wpływa całość przebiegu naprężenie - odkształcenie dla żeliwa, przy czym w trakcie tego przebiegu zmienia się wartość modułu sprężystości. Prowadzi to do większych wartości naprężeń.

## 5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały słuszność wniosku Tychowskiego [1,2,3], dotyczącego trzykrotnie większej wartości naprężeń zmierzonych według normy branżowej w porównaniu z wartością zmierzoną z bezpośredniego pomiaru siły i z odkształcenia sprężystego ramy. Relację tę potwierdzają również wyniki pomiaru naprężeń metodą rentgenograficzną.

Wobec faktu, że badania naprężeń w ramach żeliwnych sposobem opisanym w normie branżowej wymagają pomiaru aż trzech wielkości (powierzchnia całkowita i powierzchnia przekroju pręta, która uległa rozerwaniu oraz wytrzymałość na rozciąganie) wydaje się, że można je zastąpić badaniami na podstawie odkształcenia sprężystego ramy, wymagającymi pomiaru tylko dwóch wielkości (moduł Younga i zmiana wzajemnej odległości belek poprzecznych kraty, spowodowana nacięciem i rozerwaniem pręta) oraz jednorazowego obliczenia stałej  $K$  dla danego modelu ramy.

## LITERATURA

- [1] Tychowski F. : Zesz. Nauk. Polityki i Ekonomiki, Poznań, Mechanizacja i elektryfikacja rolnictwa, 1957, z. 1, ss. 5 - 14
- [2] Tychowski F. : Zesz. Nauk. Polityki i Ekonomiki, Poznań, Mechanizacja i elektryfikacja rolnictwa, 1957, z. 1, ss. 15 - 44
- [3] Tychowski F. : Poznań, Tow. Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Budowy Maszyn i Elektrotechniki, 1962 t. 1 z. 3, ss. 3 - 32

## ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОТЛИВКАХ РЕШЕТОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

### Резюме

Измерения напряжений в отливках из серого чугуна исполнили четырьмя методами : методом описанным в стандарте BN-80/4051-02, рентгенографическим методом, методом основанным на измерении упругой деформации решетки после разреза её центрального стержня и на основе непосредственно определённой силы действующей в решётке. Проведённые исследования подтвердили сущность предложения Тыховского [1-3], касающего трижды большего значения напряжений измеренных согласно стандарту в сравнении со значением измеренным тремя остальными методами.

## INTERNAL STRESS MEASUREMENTS IN TENSION FRAME GRID CASTINGS MADE OF GREY CAST IRON BY DIFFERENT METHODS

### Summary

Measurements of stresses in frame castings have been performed by four methods : a method described in the standard BN-80/4051-02, the X-ray method, the method based on elastic strain of the frame after cutting its central rod and by the method based on directly determined force acting in the frame. The results of investigations have proved the rightness of Tychowski's [1-3] conclusion, that a value of stresses as measured according to the standard is three times greater than those measured by other three methods.