

Roman Bąk

Bogdan Tannenberg

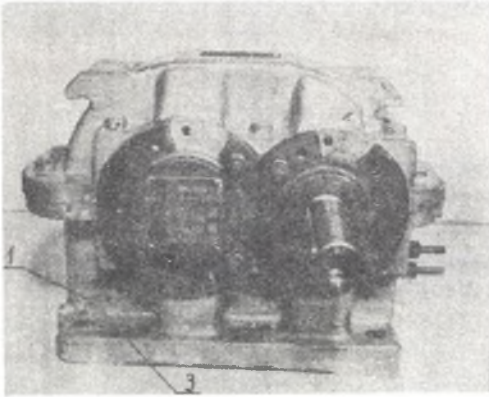
#### ANALIZA STANU NAPRĘŻENIA PRZY ŁĄCZNYM ZASTOSOWANIU METODY KRUCHYCH POKRYĆ I POMIARÓW TENSOMETRAMI ELEKTRYCZNYMI

Streszczenie. W pracy wykazano, że określenie rozmieszczenia tensometrów na podstawie badań wstępnych metodą kruchych pokryć prowadzi do obniżenia kosztów i zwiększenia pewności wykrycia miejsc niebezpiecznych.

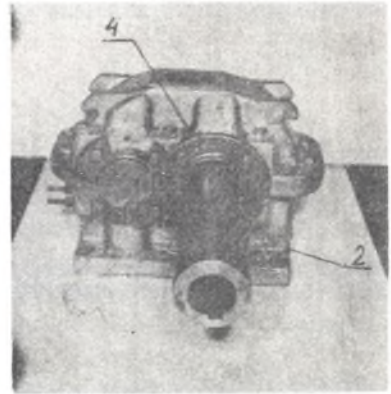
Doświadczalna analiza stanu naprężenia, w oparciu o pomiary odkształceń za pomocą tensometrycznych czujników oporowych, zdobyła sobie na trwałe miejsce w praktyce inżynierskiej. Przed pomiarami tensometrycznymi należy ustalić rozmieszczenie tensometrów. W bardzo wielu przypadkach robi się to w oparciu o intuicję inżynierską, ponieważ nieznane są przesłanki, które pozwalałyby na wytypowanie najbardziej niebezpiecznych miejsc w badanym elemencie. Istnieje ryzyko pominięcia w analizie stanu naprężenia miejsc, które decydują o wytrzymałości wyrobu. Szczególnie łatwo może się to zdarzyć w przypadku elementów o skomplikowanych kształtach np. w korpusach, gdzie jest wiele stref o dużej koncentracji naprężeń.

Wspomniane względy wskazują na potrzebę przeprowadzenia wstępnego rozpoznania w zakresie stanu naprężenia, którego celem byłoby wytypowanie punktów pomiarowych właściwych badań tensometrycznych. W tym celu zarówno ze względu na koszty badań, jak i pewność wykrycia niebezpiecznych miejsc korzystne jest zastosowanie metody kruchych pokryć. Pomimo, że metoda ta znana jest od dawna nie znalazła, przynajmniej w naszym kraju, zbyt dużego rozpowszechnienia. Wydaje się, iż praktyków pomiarowców odstręczają od niej kłopoty związane z technologią wykonania kruchego pokrycia. Tymczasem trudności są w gruncie rzeczy pozorne. Jakościową analizę stanu naprężenia metodą kruchych pokryć można przeprowadzić stosunkowo prosto - bez korzystania z pistoletów natryskowych, suszarek itp.

Kierując się tym zamysłem przeprowadzono doświadczalną analizę stanu naprężenia w żeliwnym korpusie przekładni zębatej ogólnego przeznaczenia IR - 125 (rys. 1 i 2). Do badań wykorzystano stanowisko umożliwiające statyczne obciążenie wejściowego wałka przekładni momentem skręcającym i siłą poprzeczną. Najpierw należało dobrać kruche pokrycie o odpowiednio dużej czułości; spodziewano się bowiem małych wartości mierzonych naprężeń gdyż jak wiadomo żeliwo posiada dwukrotnie mniejszy od stali moduł sprę-

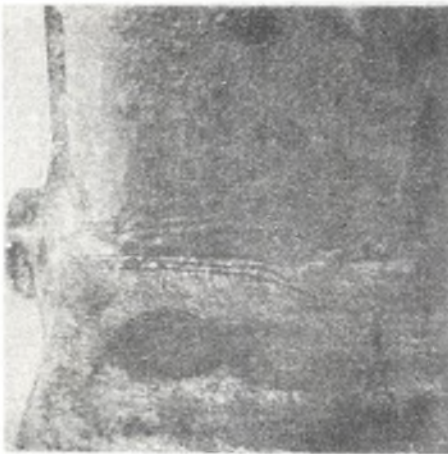


Rys. 1

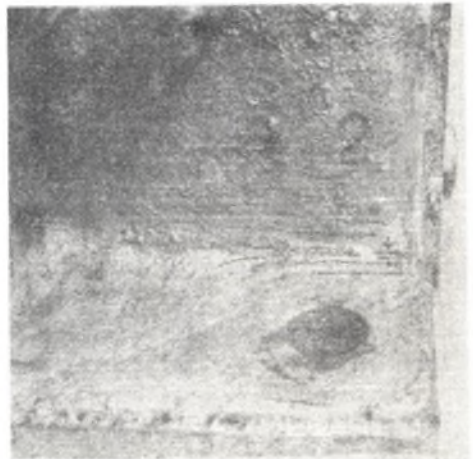


Rys. 2

żystości Younga. Po próbach wstępnych ustalono, że kruche pokrycie stanowić będzie chemicznie czystą kalafonią. W celu nałożenia warstwy kruchego pokrycia na powierzchnię skrzynki przekładni zębatej nagrzano ją palnikami gazowymi. Gdy korpus osiągnął  $150 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , jego powierzchnię pokryto, za pomocą miękkiego pędzla, warstwą kalafonii o grubości około 0,2 mm. Następnie skrzynkę ochłodzono powoli do temperatury  $15^{\circ}\text{C}$ , w której przeprowadzono badania.



Rys. 3

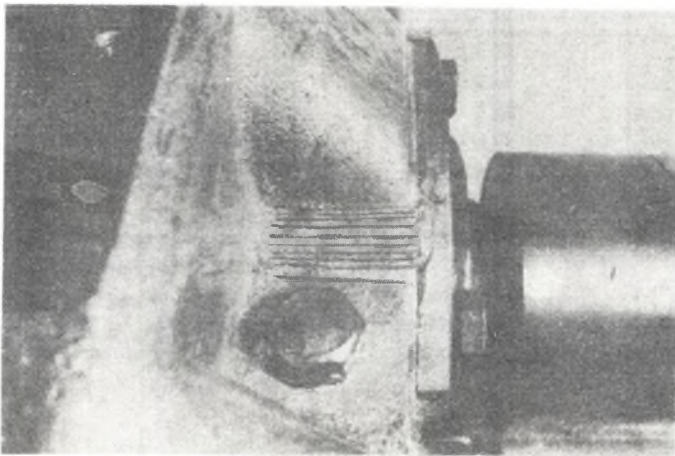


Rys. 4

Przekładnię obciążano równocześnie momentem skręcającym i siłą poprzeczną. Wzrastały one stopniowo od 100% do 150%, a następnie 220% wartości nominalnej. Zaobserwowano iż pierwsze pęknięcia kruche pokrycia pojawiły się w punktach 1 i 2 (rys. 3 i 4) przy przeciążeniu 150%, a następnie w punktach 3 i 4 (rys. 5 i 6) przy przeciążeniu 200%. Punkty 1, 2, 3, 4 w celu określenia ich położenia zostały uwidocznione także na rysunkach 1 i 2. W ten sposób zlokalizowano miejsca korpusu, w których naprężenia mają największą wartość, a na podstawie układu linii pęknięć wyznaczono kierunki główne stanu odkształcenia i naprężenia.



Rys. 5



Rys. 6

Następnie dokonano ilościowej oceny wartości naprężeń głównych rozciągających w punktach 1,2,3,4 w oparciu o pomiar odległości pomiędzy poszczególnymi pęknięciami. Posługując się przyrządem do wzroczenia, kruchych pokryw ustalono zależność  $\sigma = f(l)$ , na podstawie pomiarów odległości (1) pomiędzy pęknięciami, które spowodowane zostały znanymi naprężeniami  $\sigma$ . Do opisanja tej zależności dobrano następującą postać wzoru:

$$\sigma = A + \frac{B}{l}.$$

Stałe współczynniki  $A = 189$  i  $B = 173$  wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Ponieważ warunki wykonania kruchego pokrycia na belce wzrocowej i badanym korpusie przekładni były identyczne w obydwu przypadkach, obowiązuje ta sama zależność  $\sigma = f(l)$ . Wystarczyło więc zmierzyć odległości pomiędzy pęknięciami kruchego pokrycia w punktach 1,2,3,4 korpusu, aby ustalić wartości panujących tam naprężeń.

Kierując się wynikami badań metodą kruchych pokryw w miejscach niebezpiecznych naklejono tensometry i zmierzono nimi odkształcenia główne rozciągające  $\epsilon_1$ . Pominęto przy tym  $\epsilon_2$ , aby umożliwić porównanie wyników uzyskanych obydwoma metodami.

Dla porównania wartości naprężeń w punktach 1,2,3,4 przy przeciążeniu 200% określone na podstawie pomiarów tensometrycznych i metodą kruchych pokryw zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Wartości naprężeń zmierzone w punktach 1,2,3,i 4 metodą tensometryczną i kruchych pokryw

Punkt pomiarowy	Metoda tensometryczna	Metoda kruchych pokryw
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
1.	356	330 ± 45
2.	345	330 ± 45
3.	255	280 ± 42
4.	235	280 ± 42

Wyniki badań własnych porównano z wynikami poprzednio wykonanych badań tensometrycznych, dla których rozmieszczenie tensometrów ustalono intuicyjnie. Okazało się, że w przypadku intuicyjnego rozmieszczenia punktów pomiarowych zużyto kilkakrotnie więcej tensometrów, a mimo to mniej trafnie wytypowano miejsca niebezpieczne.

### Wnioski

1. Łączne stosowanie metody kruchych pokryw i pomiarów tensometrycznych okazało się korzystne zarówno ze względu na zwiększenie pewności wykrycia miejsc niebezpiecznych, jak i zmniejszenie kosztów badań.

2. Ustalenie rozmieszczenia tensometrów elektrycznych oporowych przy zastosowaniu metody kruchych pokryć jest mało kłopotliwe i możliwe do przeprowadzenia za pomocą prostych i łatwo dostępnych środków.

3. Wyniki ilościowej oceny naprężeń metodą kruchych pokryć są zbliżone z wynikami pomiarów tensometrycznych, nawet przy uproszczonym sposobie wykonania kruchego pokrycia.

#### LITERATURA

1. Z. Roliński, H. Ginalski: "Przegląd Techniczny", 21, 1965, 285.
2. H. Głowacki: Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, Maj, 1960, 38.
3. T. Gawryś, R. Bąk, J. Zieliński, "Zahradnik, J. Kossakowski, J. Loska: Praca Naukowo-Badawcza IMiPKM, symbol: NB-368/347/RME/5/71.

#### АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА ХРУПКИХ ПОКРЫТИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ТЕНЗОМЕТРАМИ

#### Резюме

В статье доказывается, что определение расположения тензометров на основании предварительных испытаний по методу хрупких покрытий ведёт к уменьшению накладов и росту надёжности проявления опасных мест.

#### STRESS ANALYSIS USING BOTH METHOD'S OF STRESS COATS AND STRAIN GAUGE MEASUREMENTS

#### Summary

This paper proves, that estimation of dispositions strain of the gauges based on preliminary research using method of stress coats, leads to lower total costs and improves the localisation.