ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 53 Nr kol. 439

Krystyna Harężlak, Piotr Wolniak
Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn

BADANIA EKSPERYMENTALNE NOŚNOŚCI TRÓJNIKÓW RÓWNOŚREDNICOWYCH PROSTOKĄTNYCH O RÓŻNYCH WZMOCNIENIACH ŻEBROWYCH

Streszczenie. Tensometrycznie wyznaczono stan naprężenia w trójnikach równośrednicowych prostokątnych, wzmocnionych żebrami. W badaniach uwzględniono pięć typów wzmocnień. Pomiary przeprowadzono na modelach wykonanych z polimetakrylanu metylu "plexi". Jako kryteria doboru optymalnego wzmocnienia przyjęto $\eta < 1$, $\eta_{śr}$ - względnie wysokie oraz małe wartości odchyłek standardowych, odniesionych do $\eta = 1$ i $\eta_{śr}$.

Na tej podstawie jako optymalne wybrano wzmocnienie pełnoobwodowe prętem o przekroju okrągłym.

Wstęp

Trójniki równośrednicowe prostokątne są naczyniami składającymi się z połączonych dwóch powłok cylindrycznych. Stanowią one jeden z elementów składowych rurociągów przemysłowych. Stan obciążenia trójników jak i rur determinują ciśnienie medium oraz siły działające na całość rurociągu. Ocena ogólnej nośności opiera się jednak na określeniu wytrzymałości na działanie ciśnienia wewnętrznego. Podstawą do wyznaczenia naprężeń w rurze cienkościennej jest błonowa teoria powłok. W miejscach połączeń powłok cylindrycznych, powodujących nieciągłości geometryczne siły wewnętrzne pomijane w teorii błonowej mogą być bardzo znaczne. Przyrosty naprężeń w obszarach połączenia, zwane "naprężeniami nieciągłości" powodują spiętrzenie naprężeń. Konsekwencją tego jest obniżenie nośności trójnika, dochodzące do 50% a nawet 30% nośności rury o tej samej grubości ścianki.

W praktyce inżynierskiej nośność trójników powiększa się przez zwiększenie grubości ścianek oraz stosowanie nakładek lub wzmocnień żebrowych. Podstawą doboru cech geometrycznych wymienionych wzmocnień jest metoda "rekompensaty utraconego przekroju" [1,2], nie posiadająca w pełni teoretycznego uzasadnienia. Trudności dostatecznie ścisłej analizy teoretycznej stanu naprężenia w trójnikach wzmocnionych stały się powodem przeprowadzenia badań eksperymentalnych.

Przebieg badań

Celem badań było przeprowadzenie tensometrycznej analizy stanu naprężenia w trójnikach o pięciu różnych typach wzmocnień żebrowych (rys. 1) dla oszacowania ich skuteczności i przydatności do szerszego zastosowania. Ze względu na znaczne koszty związane z wykonaniem badań na obiektach rzeczywistych, badania przeprowadzono na modelach wykonanych z polimetakrylanu metylu "plexi". Program badań obejmował 10 modeli trójników wzmocnionych, w tym jeden niewzmocniony (rys. 1a) oraz pomiary naprężeń w rurze gładkiej. Na podstawie wyników pomiarów podanych w pracy [3] ustalono miejsca pomiarowe na zewnętrznych ściankach modeli obejmujące strefy podwyższonych naprężeń.

Stanowisko do badań składało się z pompki hydraulicznej tłoczkowej o napędzie ręcznym, manometru (U-rurki wypełnionej rtęcią), modelu trójnika wypełnionego emulsją olejową oraz aparatury tensometrycznej. Rozeznanie własności reologicznych tworzywa modelu zwróciło uwagę na konieczność odpowiedniego czasu odczekania przy zmianie obciążenia. Odczyty wskazań tensometrów przeprowadzano co 100 mm Hg w zakresie od 0-800 mm Hg. Pomiary potwierdziły liniową sprężystość układu.

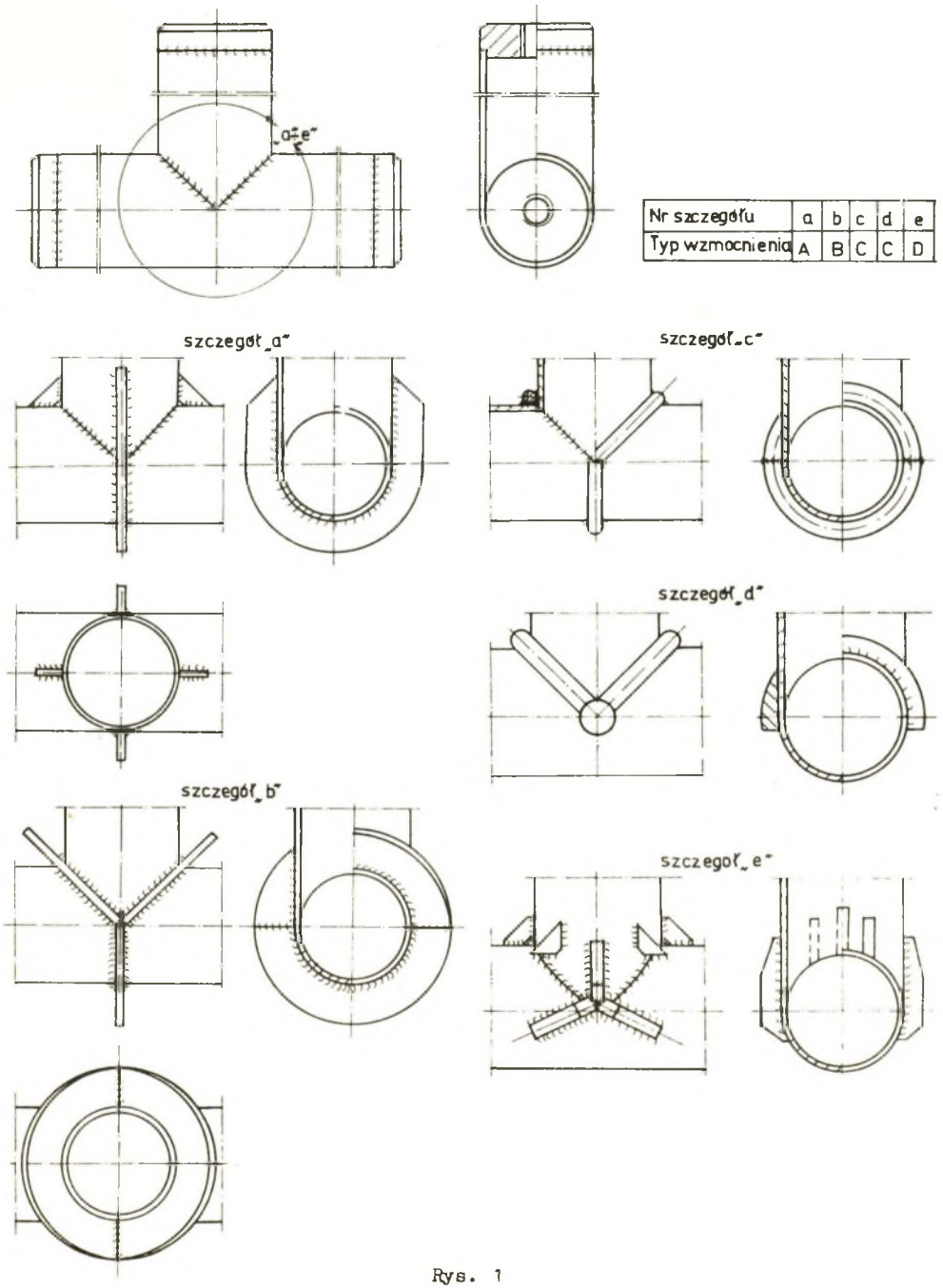
Analiza uzyskanych wyników

Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono wartości naprężeń głównych, ich kierunki i wartości naprężeń redukowanych wg hipotezy energii odkształcenia postaciowego. Z uwagi na dużą ilość pomiarów w obliczeniach zastosowano odpowiedni algorytm programu na EMC. W celu syntetycznego przedstawienia wyników pomiarów, pozwalającego na oszacowanie przydatności poszczególnych typów trójników w sensie ich wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne, wyznaczono współczynnik

$$\eta = \frac{\sigma_{red}\ \text{trójnika}}{\sigma_{red}\ \text{rury gładkiej}},$$

przy tym samym ciśnieniu wewnętrznym. Zestawienie graficzne współczynników η przedstawiono w tablicy 1.

Celem stosowania wzmocnień jest osiągnięcie przez trójnik wytrzymałości nie mniejszej od wytrzymałości rury. Nadmierne jednak wzmocnienie trójnika jest niecelowe. Pożądane bowiem jest unikanie wielkich gradientów stanu naprężenia, co może łączyć się ze znacznymi lokalnymi spiętrzeniami naprężeń w miejscach połączeń rury z żebrami.



Nr szczegółu	a	b	c	d	e
Typ wzmocnienia	A	B	C	C	D

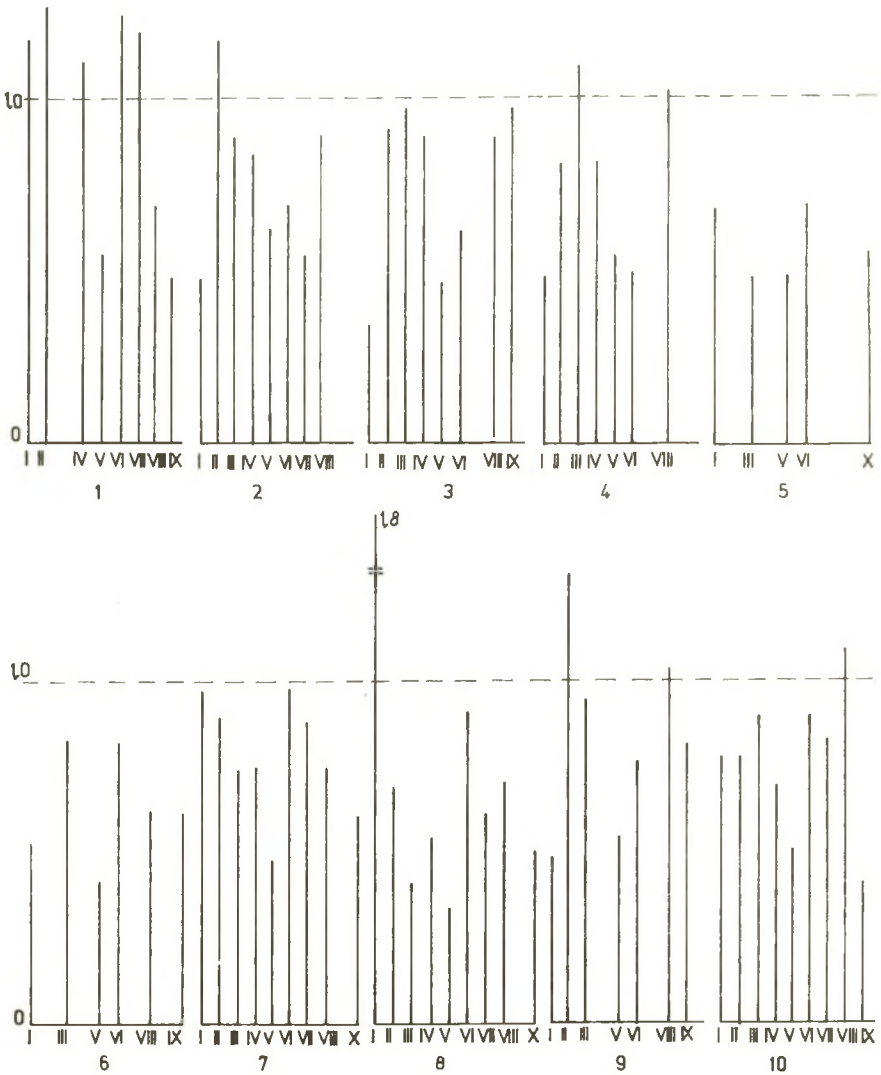
Rys. 1

Tablica 1

Zestawienie graficzne współczynnika η

1 ÷ 10 nr trójnika

I ÷ X miejsce rozety



Jako kryteria przydatności poszczególnych typów umocnienia żebrowego przyjęto następujące warunki:

1) $\eta < 1$,
2) $\eta_{śr}$ - względnie wysokie,
3) rozrzut wartości η dla danego trójnika możliwie mały.

W celu liczbowego ujęcia warunków 2 i 3, przy jednoczesnym spełnieniu warunku 1, wyznaczono wartości $\eta_{śr}$ oraz odchylenia standardowe s_1 i s_2, odniesione odpowiednio do $\eta_{śr}$ i $\eta = 1$ rury gładkiej.

Analiza wymienionych wskaźników dla poszczególnych trójników pozwala stwierdzić, że najkorzystniejszą postać wzmocnienia dają wzmocnienia pełnoobwodowe typu B i C. Spośród nich trójnik typu C (rys. 1c), w którym żebro utworzył pręt o przekroju okrągłym, mimo mniejszej sztywności na zginanie, wykazał wyniki najbardziej bliskie postulowanym warunkom $\eta \approx 1$, $\eta_{śr} = 0{,}777$, niskie wartości odchyłek s_1 i s_2). Ten typ wzmocnienia, spełniając warunki wytrzymałościowe posiada ponadto poważne zalety technologiczne. Ze względu na łatwość wykonania i małe zużycie materiału, wzmocnienie to można uznać za optymalne pod względem efektów ekonomicznych i rozwiązania konstrukcyjnego.

LITERATURA

[1] Rasciot i projektirowanije sistem truboprovodov, GOSTOPTECH, Moskva, 1961, 90.

[2] SCHWAIGERER S.: Rohrleitungen, Theorie und Praxis, Springer, Berlin 1967.

[3] Badania rozkładu naprężeń w ściankach trójników równośrednicowych. ODT, Poznań 1970.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ РАВНОДИАМЕТРАЛЬНЫХ ТРОЙНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ

Р е з ю м е

При помощи тензометров определялось напряженное состояние в прямоугольных равнодиаметральных тройниках усиленных ребрами жесткости.
В исследованиях было учтено пять типов усиления. Измерения производились на моделях изготовленных из органического стекла. В качестве критерия подбора оптимального усиления было принято $\eta < 1$, $\eta_{śr}$ - относительно высокие и небольшие значения стандартных отклонений отнесенных к $\eta = 1$ и $\eta_{śr}$
На этом основании как оптимальное было выбрано окружное усиление прутком круглого сечения.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE LOAD CAPACITY OF EQUAL - DIAMETER T-PIPES WITH DIFFERENT FINNED REINFORCEMENTS

S u m m a r y

State of stress in the equal-diameter T-pipe was determined with the aid of strain gauge. Measurements were carried out on models made of polymethylmethacrylate (plexi).

Relatively high η_{mean}, $\eta < 1$, and low values of the standard mean deviations with the reference to $\eta = 1$, and $\eta = \eta_{mean}$, were selected as the criteria for the optimal strain hardening. On this grounds full circumference reinforcement with the use of round bar has been selected as the best one.