

POLITECHNIKA WARSZAWSKA
Instytut Podstaw Budowy Maszyn

LABORATORIUM
PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN

Instrukcja

Ćwiczenie nr 9

**BADANIA STANU NAPRĘŻENIA W CIENKOŚCIENNEJ
POWŁOCE ZBIORNIKA CIŚNIENIOWEGO**

Instrukcję opracował:
Benedykt Ponder

Warszawa 2007

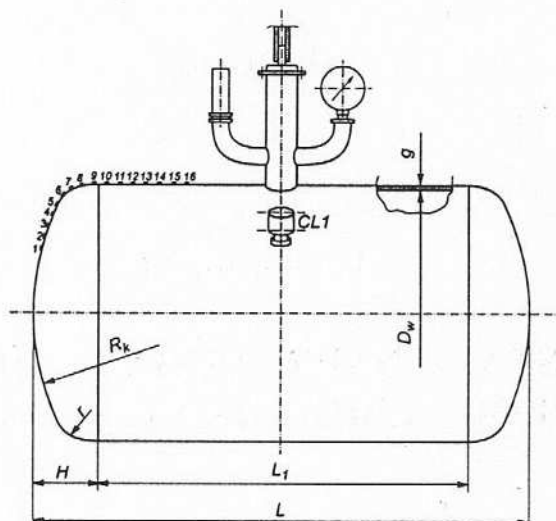
1. Cel badań

Głównym celem ćwiczenia jest określenie i analiza rozkładu naprężeń w powłoce cienkościennego zbiornika obciążonego ciśnieniem wewnętrznym.

Celem ćwiczenia jest również poznanie komputerowego systemu pomiaru odkształceń i naprężeń oraz opracowywania wyników badań.

2. Przedmiot badań

Przedmiotem badań jest cienkościenny zbiornik wykonany ze stali nierdzewnej 1H18N9T. Geometria badanego zbiornika jest przedstawiona na rysunku 1.



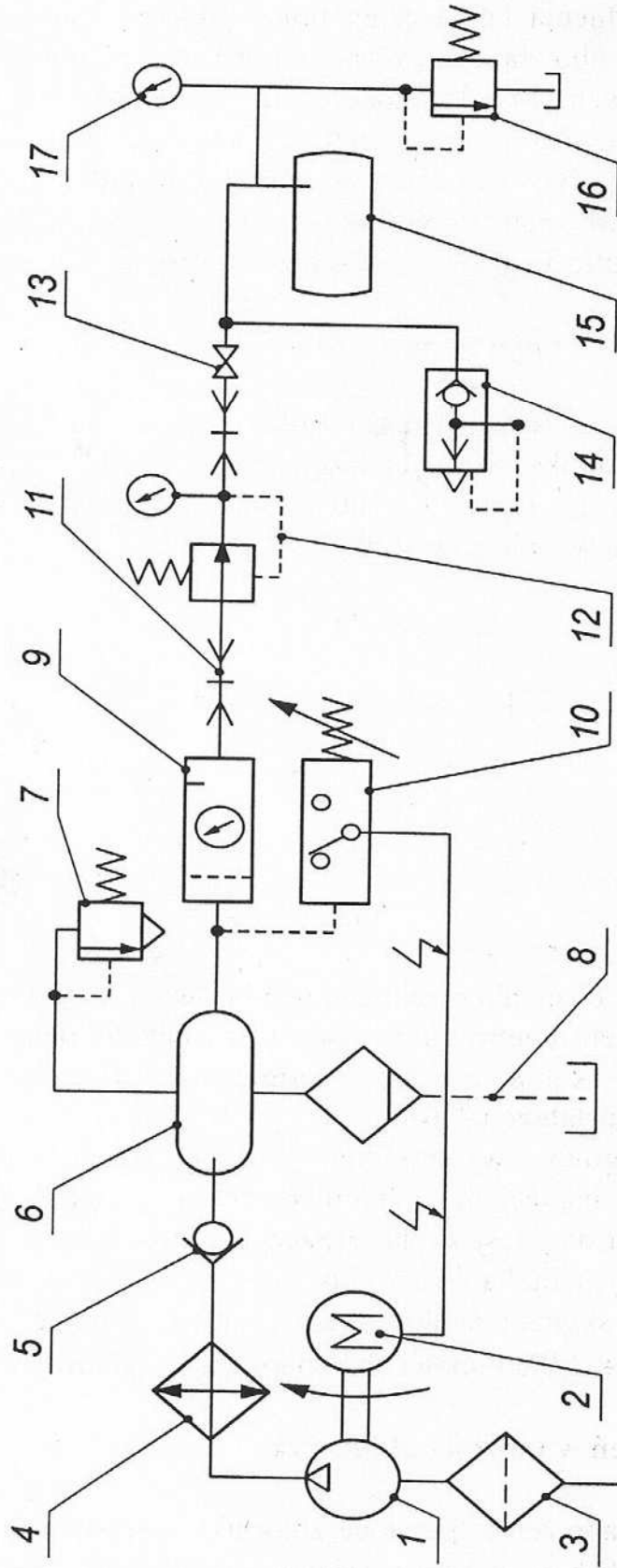
Rys. 1

Podstawowe wymiary zbiornika:

- | | |
|---|-------------------------|
| - średnica wewnętrzna | $D_w = 400 \text{ mm},$ |
| - grubość ścianki zbiornika | $g = 2,5 \text{ mm},$ |
| - całkowita długość | $L = 760 \text{ mm},$ |
| - długość części walcowej zbiornika | $L_1 = 570 \text{ mm},$ |
| - wysokość dennicy | $H = 95 \text{ mm},$ |
| - promień wewnętrzny czaszy kulistej | $R_k = 400 \text{ mm},$ |
| - promień zaokrąglenia powierzchni przejściowej | $r = 45 \text{ mm}.$ |

3. Stanowisko badawcze

W skład stanowiska będą wchodziły trzy główne zespoły, tj. badany zbiornik, układ pneumatyczno-hydrauliczny przeznaczony do obciążania zbiornika ciśnieniem wewnętrznym oraz układ pomiarowy.



Rys. 2. Schemat układu pneumatyczno-hydraulicznego

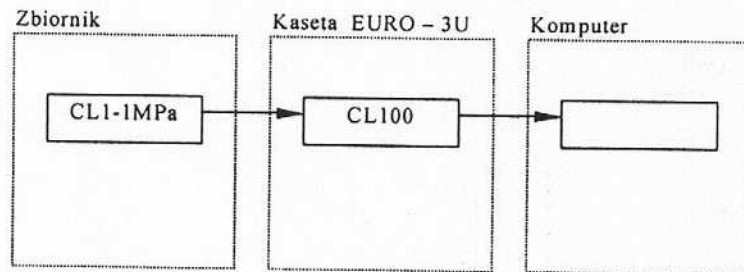
1 - sprężarka, 2 - silnik elektryczny, 3 - filtr, 4 - chłodnica, 5 - zawór zwrotny, 6 - akumulator pneumatyczny, 7 - zawór bezpieczeństwa, 8 - odwadniacz, 9 - pneumatyczny zespół wejściowy (filtr, reduktor, manometr), 10 - przełącznik ciśnieniowy, 11 - szybkozłączka, 12 - reduktor z manometrem, 13 - zawór odcinający, 14 - zawór szybkiego spustu, 15 - zbiornik hydrauliczny, 16 - zawór bezpieczeństwa (hydrauliczny), 17 - manometr

W celu zapewnienia bezpiecznej pracy podczas badań zbiornik został wykonany zgodnie z obowiązującymi normami i warunkami technicznymi dla urządzeń ciśnieniowych. Przed rozpoczęciem eksploatacji zbiornika zostały przeprowadzone odpowiednie jego próby i badania jakościowe przez UDT. Podczas prób ciśnieniowych cały zbiornik musi być wypełniony wodą.

Nadciśnienie wewnątrz zbiornika wywołuje się za pomocą układu pneumatyczno-hydraulicznego, którego schemat przedstawiony jest na rys. 2.

3.1. Pomiar ciśnienia wewnątrz zbiornika

Pomiar ciśnienia wewnątrz zbiornika realizowany jest przy użyciu tensometrycznego czujnika ciśnienia względnego typu CL1 zabudowanego w kasecie wzmacniacza typu CL100. Sposób przetwarzania sygnału przedstawiono schematycznie na rysunku 3.



Rys. 3

Zastosowany czujnik ciśnienia o zakresie pomiarowym 0 - 1 MPa, klasy 0.2 ma wbudowany zespół tensometrów pracujących w układzie pełnego mostka. Jest zrównoważony i skompensowany termicznie. Współpracuje on ze wzmacniaczem prądu stałego CL100.

Wzmacniacz analogowy wyposażony jest w układ zasilania mostka tensometrycznego napięciem stabilizowanym, układ automatycznej kompensacji wpływu długości kabla łączącego wzmacniacz z czujnikiem oraz wewnętrzne źródło sygnału kalibrującego.

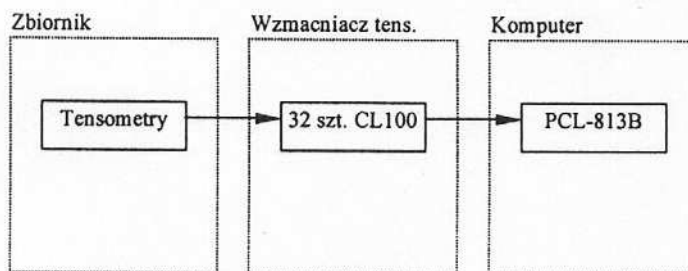
Wzmocnienie sygnału napięciowego jest tak dobrane, aby wartościom ciśnienia z zakresu 0÷1MPa odpowiadało napięcie wyjściowe 0÷1 V.

3.2. Pomiar naprężeń w powłoce zbiornika

Do pomiaru naprężeń w powłoce zbiornika zastosowano wysokiej klasy tensometry firmy Vishay o bazie pomiarowej 3 mm i oporności 350 Ω , pracujące w układzie półmostka. Tensometry są naklejone na powierzchni zbiornika w wybranych punktach położonych w płaszczyźnie poosiowej w strefie przejściowej dennicy i części walcowej. Do pomiaru naprężeń zastosowano wielokanałowy wzmacniacz tensometryczny. Sygnały napięciowe

ze wzmacniacza są przekazywane do modułu przetwornika analogowo-cyfrowego PCL.

Sposób przetwarzania sygnału przedstawiono schematycznie na rysunku 4.



Rys. 4

Dla wszystkich torów pomiarowych naprężeń wzmocnienie sygnału napięciowego było tak dobrane, aby odkształceniom z zakresu $0 \div 0,1$ % odpowiadało napięcie wyjściowe od $0 \div 1$ V.

Analiza wielkości błędów pomiarowych w przypadku zastosowanego układu wykazała, że dokładność pomiarów odkształceń wynosi około 1 %.

3.3. Oprogramowanie

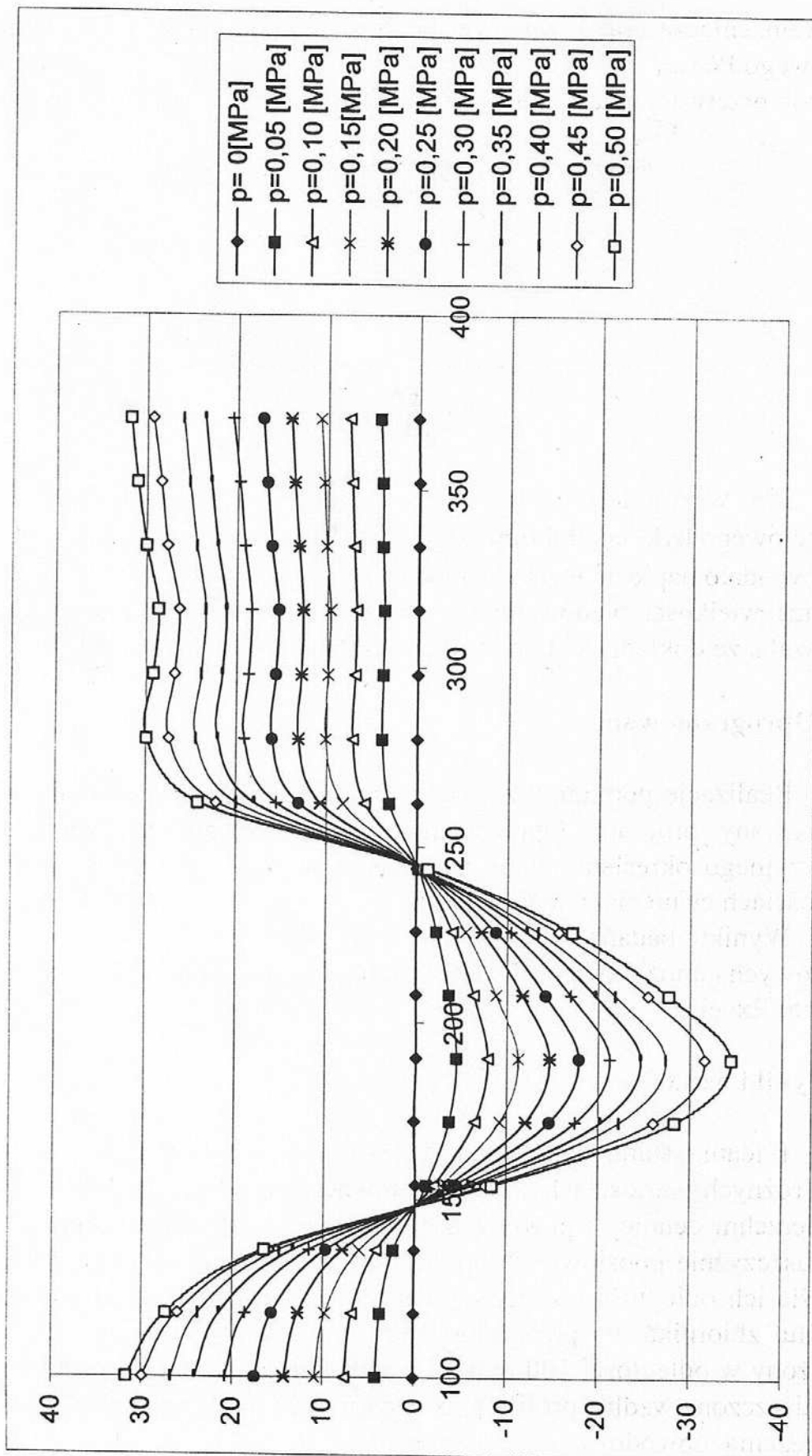
Realizację pomiarów z wykorzystaniem komputera umożliwia specjalnie opracowany program. Opracowany system pomiarowy stwarza możliwość precyzyjnego określenia stanu naprężenia w powłoce zbiornika przy różnych wartościach ciśnienia w jego wnętrzu.

Wyniki badań są zapisywane i przedstawiane w postaci zbiorów tekstowych umożliwiającą dalszą ich obróbkę numeryczną, np. za pomocą pakietu Excel.

4. Wyniki badań

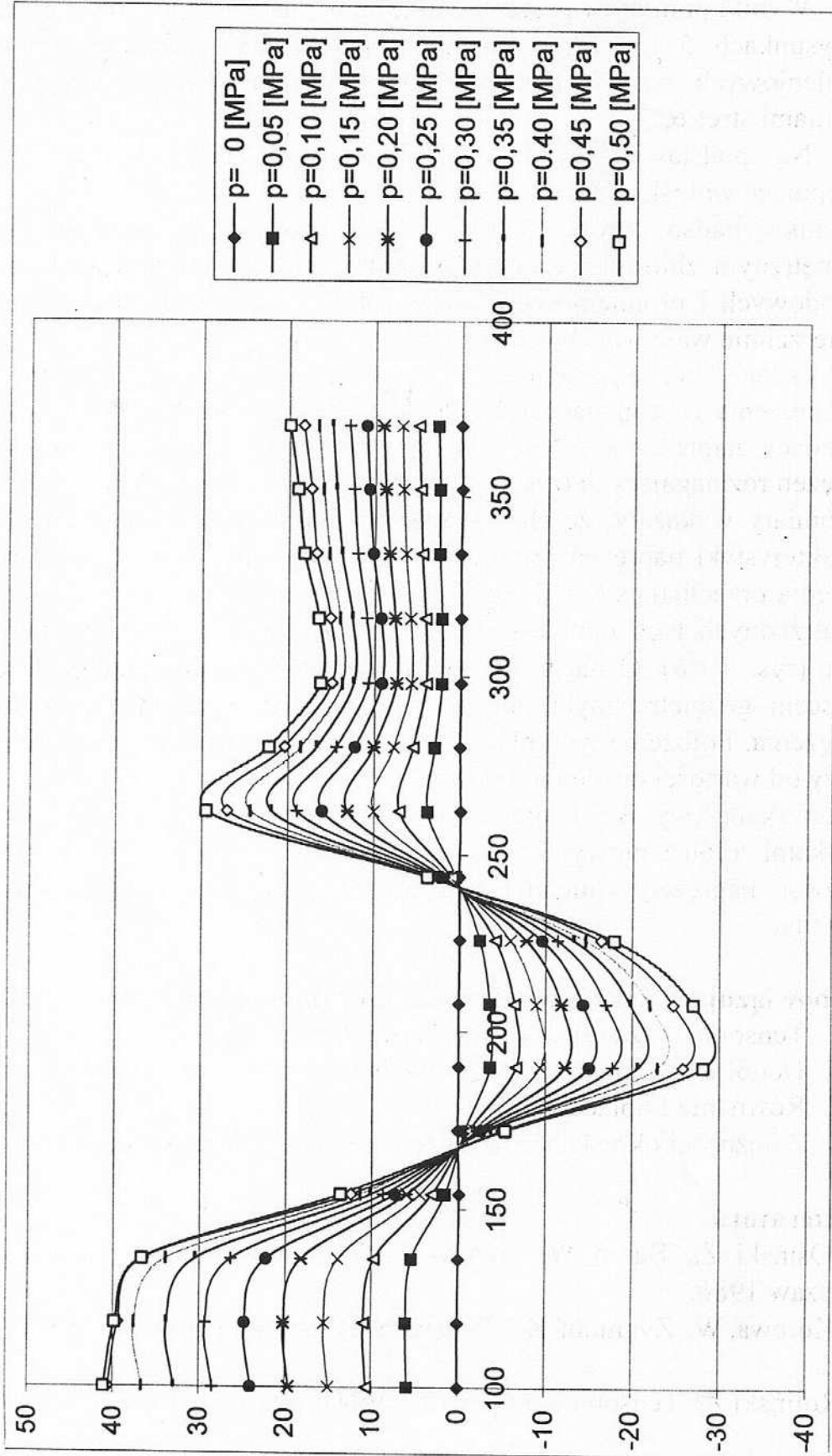
Badania stanu naprężenia w powłoce zbiornika należy przeprowadzić przy różnych wartościach ciśnienia wewnętrznego. Naprężenia są mierzone na powierzchni dennicy i powierzchni walcowej w wybranych punktach leżących w płaszczyźnie poosiowej zbiornika. Położenie punktów pomiarowych (rys. 1) określa ich odległość od bieguna dennicy (do osi zbiornika) mierzona wzdłuż profilu zbiornika w przekroju osiowym. Pierwszy punkt pomiarowy jest położony w odległości 100 mm od osi zbiornika, natomiast następne punkty są rozmieszczone wzdłuż profilu przy zachowaniu stałej podziałki równej 18 mm. Naprężenia obwodowe i promieniowe są mierzone w 16-tu równoodległych punktach, których położenie na powierzchni zbiornika jest przedstawione na rysunku 1.

Naprężenia obwodowe



Rys. 5

Naprężenia promieniowe



Rys. 6

Wyniki pomiarów przedstawione są w postaci wykresów zamieszczonych na rysunkach 5 i 6. Przedstawiają one rozkłady naprężeń obwodowych i promieniowych wzdłuż profilu zbiornika w przekroju osiowym w objętej badaniami strefie.

Na podstawie otrzymanych rezultatów badań można sformułować następujące wnioski:

1. Wyniki badań wykazują, że w ściankach obciążonego ciśnieniem wewnętrznym zbiornika występuje bardzo znaczna zmiana wartości naprężeń obwodowych i promieniowych, szczególnie w strefie przejściowej dennicy w powierzchnię walcową zbiornika.
2. W badanej strefie następuje zmiana znaku istniejących naprężeń. Występują tu naprężenia rozciągające i ściskające. Szczególnie duże wartości przyjmują ściskające naprężenia obwodowe. Są one tego samego rzędu co wartości naprężeń rozciągających (rys.5).
3. Pomiary wykazały, że charakterystyki naprężeń obwodowych, jak również charakterystyki naprężeń promieniowych otrzymane przy różnych wartościach ciśnienia przecinają się w dwóch punktach leżących na osi odciętych. Wartości współrzędnych tych punktów dla naprężeń obwodowych i promieniowych są różne (rys. 5 i 6). Oznacza to, że na dennicy występują cztery okręgi będące miejscem geometrycznym punktów, w których występuje jednoosiowy stan naprężenia. Położenie tych okręgów jest stałe dla danej geometrii dennicy i nie zależy od wartości ciśnienia wewnątrz zbiornika.
4. Uzyskane wyniki badań eksperymentalnych mogą być porównane z wynikami obliczeniowymi pod warunkiem uwzględnienia w obliczeniach wartości naprężeń zmiennej grubości blachy dennicy powstałej podczas tłoczenia.

5. Obowiązujący zakres wiadomości do zaliczenia ćwiczenia

1. Tensometryczne metody pomiaru naprężeń.
2. Uogólnione prawo Hooke'a dla dwuwymiarowego stanu naprężeń.
3. Równanie Laplace'a.
4. Zależności określające naprężenia w powłokach cienkościennych.

6. Literatura

- [1] Osiński Z., Bajon W., Szucki T.: Podstawy konstrukcji maszyn. PWN, Warszawa 1986.
- [2] Korewa W. Zygmunt K.: Podstawy konstrukcji maszyn. WNT, Warszawa 1975.
- [3] Roliński Z.: Tensometria oporowa. WNT, Warszawa 1981.