

MAREK CIĘŻOBKA, EDWARD LISOWSKI*

BADANIE LUZÓW ROZDZIELACZA HYDRAULICZNEGO W OBNIŻONEJ TEMPERATURZE

STUDY ON GAP SIZE OF DIRECTIONAL CONTROL VALVE AT LOW TEMPERATURE

Streszczenie

W artykule podjęto zagadnienie wpływu ciśnienia i temperatury na powstawanie luzów pomiędzy suwakiem a korpusem rozdzielacza hydraulicznego. Główną uwagę skupiono na wpływie temperatury. W tym celu do obliczeń przyjęto ciśnienie dopuszczalne dla rozdzielacza natomiast zmieniano temperaturę otoczenia korpusu jak i kanałów wewnętrznych. Do analizy wykorzystano system ANSYS oraz własne opracowane oprogramowanie do analizy wyników.

Słowa kluczowe: rozdzielacz hydrauliczny, MES

Abstract

The paper presents investigation of pressure and temperature influence on gaps size between spool and body of a control valve. The main attention is focused on the effects of temperature. For this purpose, the calculation was made under maximal allowable pressure and various ambient temperature of the body and internal channels. For the analysis system ANSYS was used and own software for results processing.

Keywords: directional control valve, FEM

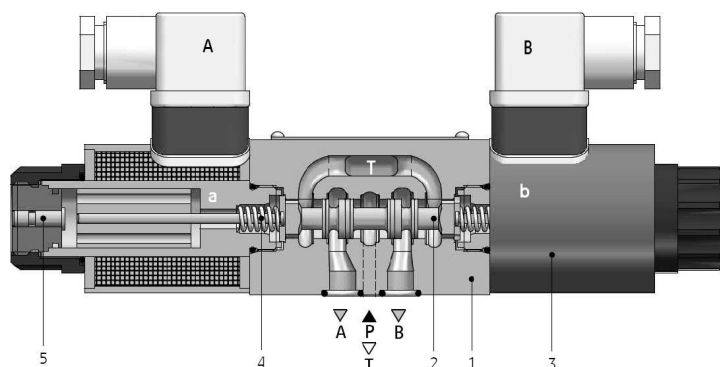
* Mgr inż. Marek Ciężobka, doktorant, prof. dr hab. inż. Edward Lisowski, Instytut Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Przedmiotem analizy przedstawionej w artykule jest rozdzielacz czterodrogowy trójpołożeniowy, w obudowie przystosowanej do montażu płytowego o wielkości nominalnej 6, przeznaczony do sterowania kierunkiem ruchu silnika lub siłownika hydraulicznego. Rozdzielacze tego typu należą do najbardziej popularnych, są stosowane w wielu zakładach przemysłowych, w konstrukcji maszyn i obrabiarek, jak i w maszynach mobilnych pracujących na przestrzeni otwartej. Szczególnie rozdzielacze pracujące w maszynach mobilnych na przestrzeni otwartej narażone są na oddziaływanie ujemnej temperatury. W artykule podjęto zadanie oceny wpływu temperatury na zmianę wymiarów geometrycznych korpusu i innych elementów, które pod wpływem zmian ciśnienia i temperatury ulegają zmianom. Temperatura może wpływać na zmianę luzów, naprężeń czy też na własności materiałowe, dlatego też podjęte zagadnienie jest istotne dla celów konstrukcyjnych, jak i eksploatacyjnych maszyn i urządzeń pracujących w obniżonej temperaturze otoczenia.

2. Obiekt badań

Rozdzielacze tego typu produkowane są przez wielu producentów, niektórzy z nich w jego oznaczeniu używają podobnego symbolu rozpoczynającego się od liter WE, WH, WM w zależności od rodzaju sterowania. Na przykład WE 6 produkowany jest między innymi przez ECOSAX, HALDEX, VOGEL. Na rysunku 1 przedstawiono schemat rozdzielacza według firmy PONAR Wadowice [5]. Rozdzielacz ten może być wykonywany w wielu wersjach z różnymi konstrukcjami suwaków realizujących różne konfiguracje dróg przepływowych.

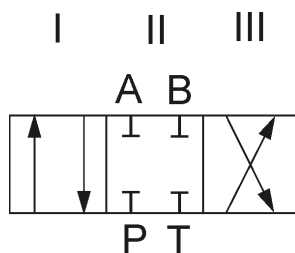


Rys. 1. Rozdzielacz hydrauliczny typu WE6: 1 – korpus, 2 – suwak, 3 – elektromagnesy, 4 – sprężyny sterujące, 5 – przyciski awaryjne [4]

Fig. 1. Directional control valve type WE6: 1 – body, 2 – spool, 3 – solenoid, 4 – control springs, 5 – emergency buttons [4]

Przesterowanie rozdzielacza następuje po przesunięciu tłoczka w jedno ze skrajnych położen pod wpływem działania elektromagnesu. Powrót do położenia środkowego wymuszają sprężyny centrujące. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy symbol graficzny

rozdzielacza dla konstrukcji suwaka oznaczonego katalogowo jak E [5]. Ten suwak umożliwia odcięcie wszystkich dróg przepływowych, gdy żaden z elektromagnesów jest nie zasilany, natomiast poprzez załączenie odpowiedniego elektromagnesu steruje się kierunkiem ruchu odbiornika.

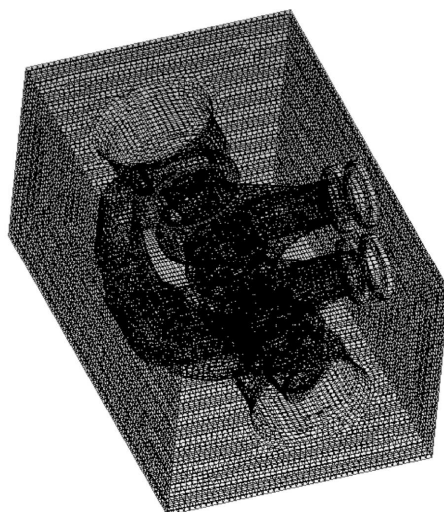


Rys. 2. Symbol graficzny rozdzielacza hydraulicznego WE6 z suwakiem E.
Oznaczenie przyłączy: A, B – odbiornik, P – pompa, T – zlew
I, II, III – położenie suwaka[5]

Fig. 2. Symbol of directional control valve: A, B – receiver,
P – pump, T – tank, I, II, III – spool position [1]

3. Badania MES

Stosując model CAD 3D rozdzielacza w programie ANSYS Workbench zbudowano model dyskretny na (rys. 3). W budowie modelu dyskretnego użyto funkcji *Hex Dominant*, uzyskano zagęszczoną siatkę MES w obszarze kanałów przepływowych. Do obliczeń przyjęto własności materiału korpusu, jak w tabeli 1, natomiast dla suwaka – jak w tabeli 2. Odebrano stopnie swobody korpusu w miejscu jego mocowania, zadano obciążenie ciśnieniem 31,5 [MPa].



Rys. 3. Model dyskretny rozdzielacza w systemie ANSYS
Fig. 3. Discrete model of directional control valve in the system ANSYS

Tabela 1

Właściwości materiału korpusu

Własność	oznaczenie	jednostka	wartość
Tensile strenght	R_m	N/mm ²	400
0,02% proof strenght	$R_{p0,2}$	N/mm ²	250
Modulus of elasticity	E_0	kN/mm ²	169
Poisson ratio	μ	–	0,28
Thermal condusivity	λ	W/(m*K)	58
Specific heat	C	J/(Kg*K)	460

Tabela 2

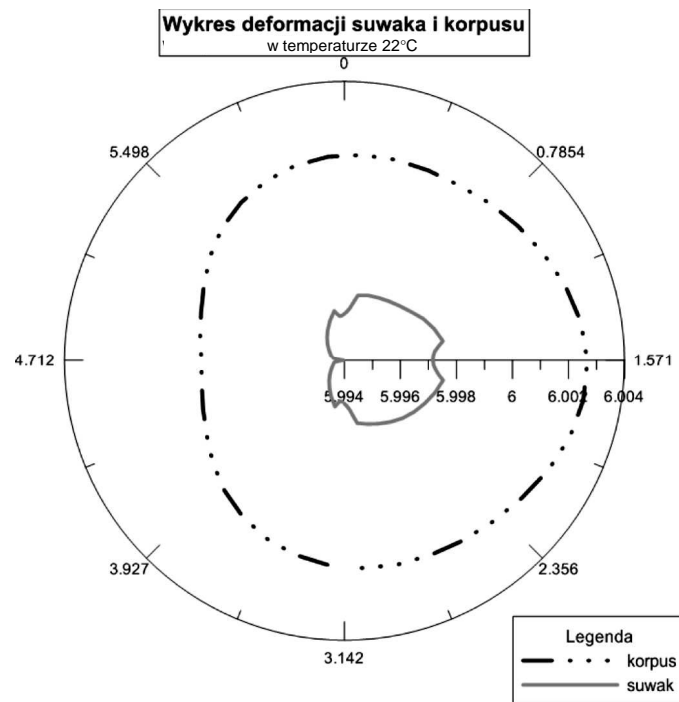
Właściwości materiału suwaka

Własność	oznaczenie	jednostka	wartość
Tensile strenght	R_m	N/mm ²	500
0,02% proof strenght	$R_{p0,2}$	N/mm ²	275
Modulus of elasticity	E_0	kN/mm ²	210
Poisson ratio	μ	–	0,28
Thermal condusivity	λ	W/(m*K)	14
Specific heat	C	J/(Kg*K)	440

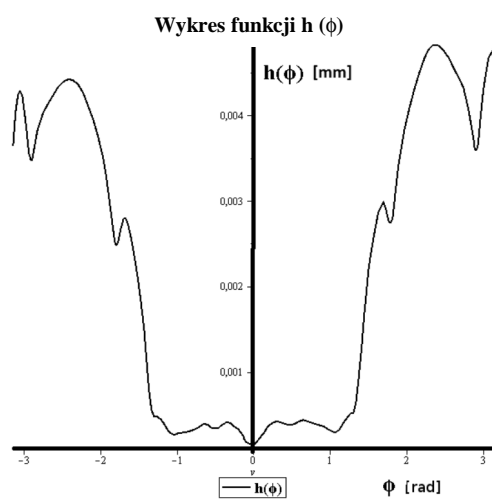
4. Analiza wyników

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wyznaczono naprężenia i przemieszczenia wybranych krawędzi korpusu i suwaka. W analizie przedstawiono przypadek, w którym przemieszczenia są najistotniejsze. Na rysunku 4 porównano kształty krawędzi sterującej suwaka i korpusu przy ciśnieniu 31,5 [MPa] w temperaturze 22 [°C]. W tej temperaturze i ciśnieniu może powstać szczelina pomiędzy suwakiem a korpusem o wartości 0,005 [mm], co jest ponad dwukrotnym powiększeniem się luzu montażowego w odniesieniu do warunków bez obciążenia ciśnieniem. Na rysunku 5 przedstawiono funkcję $h(\varphi)$ wyznaczoną na podstawie danych z obliczeń MES jako zmianę wartości różnicy promieni suwaka i otworu w korpusie (luzu) w funkcji kąta zmieniającego się względem w osi suwaka. Oś rzędnych zdefiniowano jako różnicę promieni krawędzi sterującej korpusu i suwaka, a odciętych położenie katowe suwaka w korpusie. Do obliczeń przecieków rozdzielacza niezbędne jest wyznaczenie pola przekroju szczeliny powstałej pomiędzy suwakiem a krawędzią współpracy suwaka z korpusem. Całkując funkcję $h(\varphi)$, można obliczyć pole przekroju tej szczeliny, w tym przypadku otrzymano to 0,010626 [mm²].

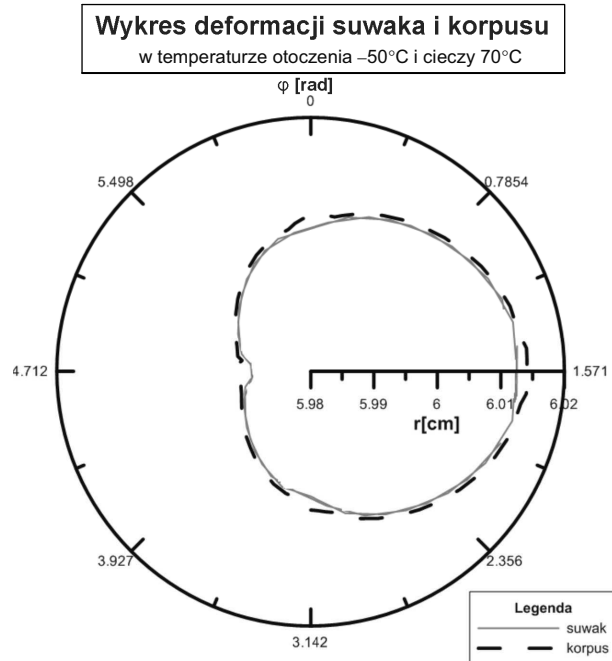
Następnym krokiem badań było oszacowanie luzów przy zadanym ciśnieniu i temperaturze korpusu i otoczenia –50 [°C] i temperaturze elementów rozdzielacza, z którymi styka się ciecz, równej 70 [°C], warunki te oznaczono jako przypadek II. Wyniki dla przypadku II przedstawiono na rys. 6, dla celów wizualnych deformację powiększono 100 razy. Na rysunku 7 znajduje się wykres analogiczny do wykresu z rysunku 5. Całkując funkcję $h_1(\varphi)$, obliczono pole przekroju tej szczeliny, w tym przypadku otrzymano 0,020236 [mm²], zatem pole przekroju wzrosło o około 100%.



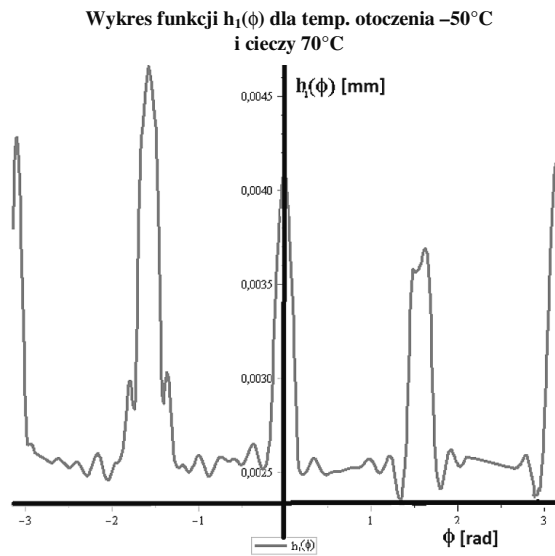
Rys. 4. Porównanie kształtów suwaka i korpusu po odkształceniu
Fig. 4. Comparison of the deformed shape of spool and the body



Rys. 5. Wykres funkcji luzów
Fig. 5. Graph of a function gaps size



Rys. 6. Porównanie zmian kształtu suwaka i korpusu dla przypadku II
Fig. 6. Comparison of spool and body shape for the second case



Rys. 7. Wykres funkcji luzów dla przypadku II
Fig. 7. Graph of a function gaps size in the second case

5. Wnioski

Przedstawiony artykuł zawiera wstępne wyniki badań, jakie dotyczą zmian wpływu ciśnienia i temperatury na powstanie luzów powodujących zwiększenie przecieków bądź powodujących zakleszczenia się suwaka w korpusie rozdzielacza. Dotychczas przeprowadzone badania metodą MES potwierdzają, że zarówno ciśnienie, jak i temperatura wpływa znacząco na zmianę luzu pomiędzy suwakiem a współpracującymi z nim krawędziami w korpusie.

Opracowane podejście z wykorzystaniem programu ANSYS oraz własnego oprogramowania pozwala na określenie luzów promieniowych suwaka i korpusu z uwzględnieniem wpływu ciśnienia i temperatury.

Literatura

- [1] Gromala P., *Model przepływowo-wytrzymałościowy rozdzielacza hydraulicznego*, praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2009.
- [2] Gromala P., Lisowski E., *Utilization of modern engineering tools for designig directional control valve*, Politechnika Krakowska, Kraków 2010.
- [3] *Karta katalogowa rozdzielacza suwakowego sterowanego elektrycznie typu WE 6* (<http://www.ecosax.de>).
- [4] *Karta katalogowa rozdzielacza suwakowego sterowanego elektrycznie typu WE 6* (www.haldex.com).
- [5] *Karta katalogowa rozdzielacza suwakowego sterowanego elektrycznie typu WE 6* (www.ponar.pl).