

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Współczesne Materiały Inżynierskie

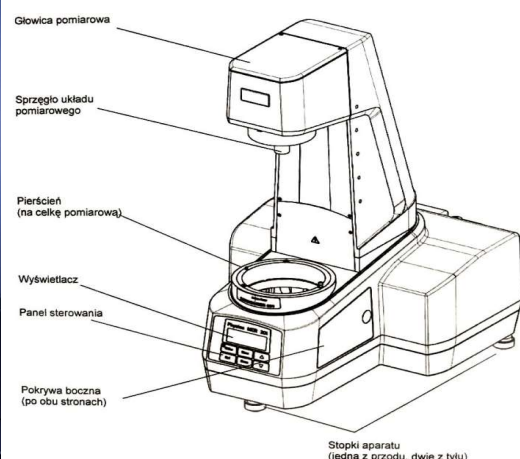
1. Temat: Badanie właściwości reologicznych cieczy magnetycznych

2. Cel ćwiczenia:

- zapoznanie się z rodzajem, budową i właściwościami cieczy magnetycznych,
- wyznaczenie zależności lepkości dynamicznej od wartości pola magnetycznego w przypadku ferrocieczy i cieczy magnetoreologicznej.

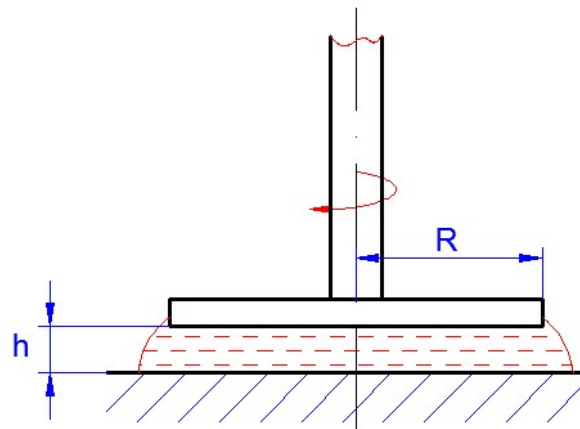
3. Opis stanowiska:

Reometr rotacyjny MCR 301 to urządzenie do pomiarów reologicznych, który mierzy moment oporu na obracającej się płytce.



Widok i budowa reometru MCR 301 [2]

3.1. Metodyka pomiarowa to układ płytka-płytki:



Schemat układu pomiarowego płytka- płytka

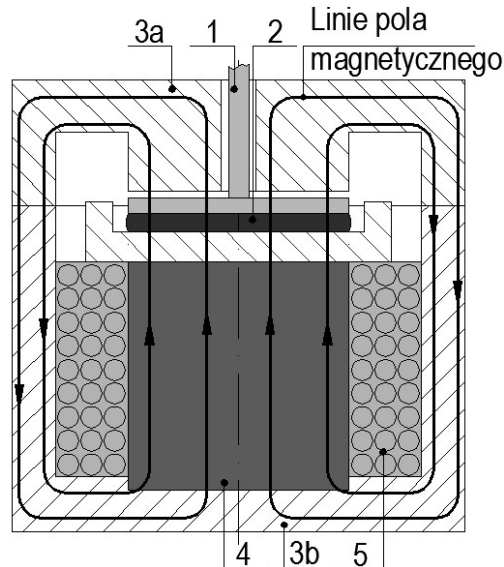
3.2. Pomiar lepkości w warunkach oddziaływania pola magnetycznego:

Pomiar lepkości cieczy magnetycznych przeprowadza się z wykorzystaniem przystawki do badań magneto-reologicznych MRD 180/1T pokazanej na rysunku poniżej.



Przystawka do badań magneto-reologicznych MRD 180/1T [2]

Schemat głowicy pomiarowej z tą przystawką przedstawiono na rysunku poniżej.

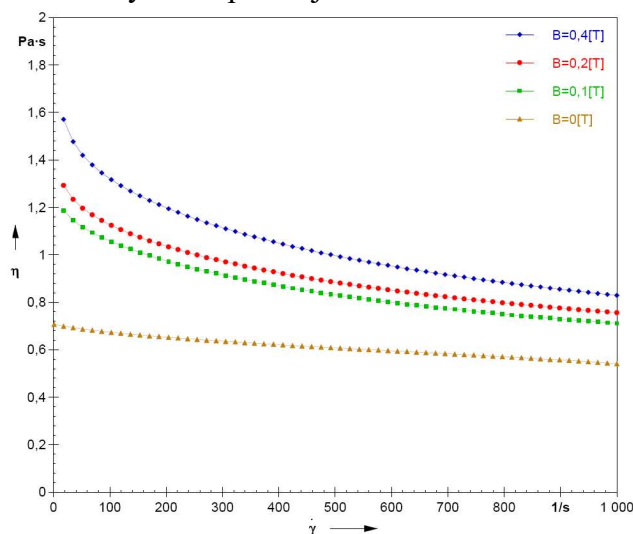


Schemat głowicy pomiarowej: 1 – płytką pomiarową, 2 – ciecz magnetyczna, 3a - górna obudowa komory, 3b - dolna obudowa komory 4 – rdzeń elektromagnesu, 5 – cewka

4. Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenie obejmuje wykonanie pomiarów lepkości η w zależności od szybkości ścinania $\dot{\gamma}$ dla dwóch rodzajów cieczy: ferrocieczy (nanocieczy magnetycznej) oraz cieczy magnetoreologicznej (mikrocieczy magnetycznej). Dla każdego rodzaju cieczy wykonane są dwa badania: przy zerowym polu magnetycznym oraz dla jednej wybranej wartości indukcji magnetycznej, różnej dla każdej grupy ćwiczeniowej.

Przykładowy wykres zależności lepkości η od szybkości ścinania $\dot{\gamma}$ dla ferrocieczy FLS040.040 przedstawiono na rysunku poniżej.



Krzywe płynięcia (zależność lepkości η od szybkości ścinania $\dot{\gamma}$) ferrocieczy dla wybranych wartości pola magnetycznego (indukcji magnetycznej).

4.1. Dane pomiarowe:

Rodzaj pomiaru: płytka-płytką

Promień płytki R: 10 mm

Wysokość szczeliny h: 0,2 mm

Ilość cieczy na jeden pomiar: 0,1 ml

Rodzaj badanych cieczy:

-ferrociecz BM-30 Batch 257

-magnetoreologiczna MFR-122EG

Zakres szybkości ścinania: 5-1000 1/s

Zakres indukcji magnetycznej: 0÷1 T

5. Opracowanie wyników badań

W sprawozdaniu:

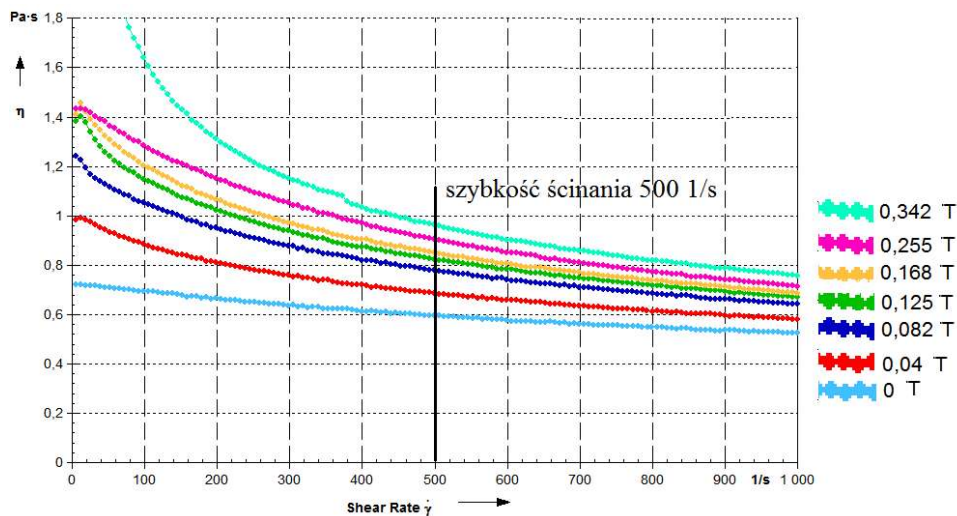
- przedstawić schemat głowicy pomiarowej reometru MCR 301,
- opisać przebieg ćwiczenia,
- na podstawie zbiorczych wykresów krzywych płynięcia wyznaczonych dla różnych wartości pola magnetycznego opracować wykresy:

Lepkość – Indukcja magnetyczna dla ferrocieczy i cieczy magnetoreologicznej dla danej szybkości ścinania $\dot{\gamma}$.

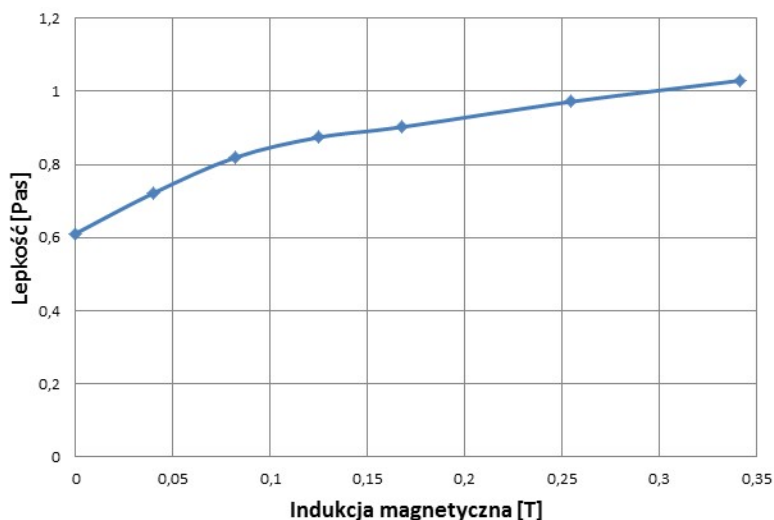
Sposób wykonania wykresu przedstawiony jest na rysunku poniżej.

d) wnioski.

Na rysunku poniżej pokazano sposób wyznaczania lepkości dynamicznej dla stałej szybkości ścinania z krzywych płynięcia cieczy magnetycznej dla różnych wartości pola magnetycznego. Na kolejnym rysunku pokazano zależność lepkości – indukcja magnetyczna.



Wyznaczanie zmiany lepkości dla stałej szybkości ścinania ($\dot{\gamma} = 500$ 1/s) od wartości indukcji magnetycznej



Zależności lepkości η od indukcji magnetycznej dla szybkości ścinania $\dot{\gamma} = 500 \text{ 1/s}$

Literatura:

- [1] Thomas G. Mezger, The Rheology Handbook: For Users Of Rotational And Oscillatory Rheometers,
- [2] Katalog firmy Anton Paar

6. Pytania kontrolne

- Budowa i rodzaje cieczy magnetycznych.
- Wyjaśnić zagadnienie sterowania lepkością w cieczach magnetycznych.
- Omówić i narysować sposób pomiaru lepkości dynamicznej cieczy magnetycznych w polu i bez pola magnetycznego.
- Omówić różnicę między cieczą newtonowską, a nienewtonowską.
- Pomiar lepkości cieczy magnetycznych.

7. Wytyczne BHP

Należy postępować według szkolenia udzielonego przez opiekuna przedmiotu, prowadzącego laboratorium oraz stosować się do OGÓLNEJ INSTRUKCJI BHP UŻYTKOWANIA.

Opracowanie: dr hab. inż. Marcin Szczęch



Katedra Projektowania i Eksploatacji Maszyn
Akademia Górniczo-Hutnicza im St. Staszica

Sprawozdanie

z ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu:

Współczesne Materiały Inżynierskie

Temat ćwiczenia

Badanie właściwości reologicznych cieczy magnetycznych

Prowadzący:

dr hab. inż. Marcin Szczęch

Wykonawcy

1.....

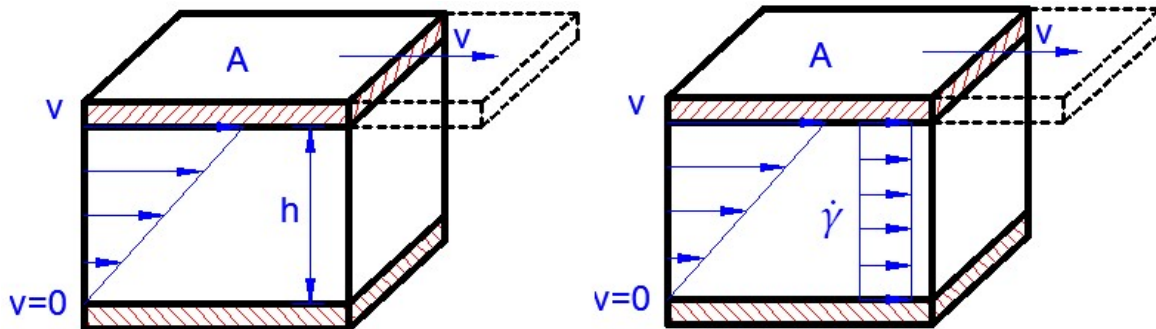
2.....

Grupa.....

Kraków, 20.....

Teoria cieczy magnetyczne

Podstawowy reologii



Rys. 1. Model płynięcia cieczy między dwoma równoległymi płytkami, geometria i rozkład prędkości

Napięcie ścinające (Shear stress)

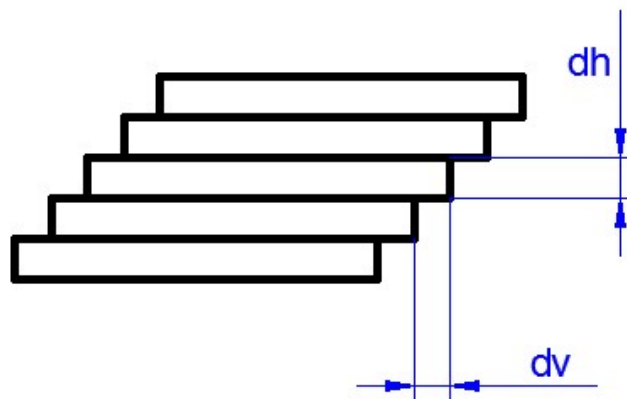
$$\tau = \frac{F}{A} \text{ [Pa]}$$

Szybkość ścinania (Shear rate)

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h} \left[\frac{1}{s} \right]$$

Dla idealnych przepływów laminarnych, różnica prędkości między dwoma warstwami ma tę samą wartość ($dv=const$), ponieważ prędkość $v(h)$ maleje liniowo w szczelinie h (grubość każdej warstwy cieczy jest stała ($dh=const$)). Wynika z tego, że prędkość ścinania ma stałą wartość między dwoma warstwami cieczy.

$$\dot{\gamma} = \frac{dv}{dh} = \frac{const}{const} = const$$



Warstwy ścinanej cieczy o grubości (dh) i prędkości (dv) w przepływie laminarnym



Definicja współczynnika lepkości (Viscosity)

Dla wszystkich cieczy w ruchu, cząstki pozostają między sobą w ruchu względnym, procesowi temu towarzyszy wewnętrzne tarcie. Dla cieczy opór ten można określić poprzez parametr lepkości dynamicznej η .

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad [Pa \cdot s = N \cdot s/m^2] \text{ lepkość dynamiczna}$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \left[\frac{m^2}{s}\right] - \text{lepkość kinematyczna, } \rho - \text{gęstość cieczy}$$

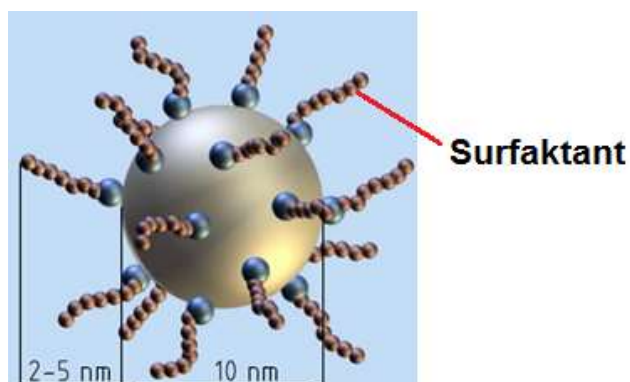
Ciecze magnetyczne

Ciecz magnetyczna jest zawiesiną cząstek o właściwościach ferromagnetycznych. Ze względu na rozmiary cząstek można wyróżnić dwa rodzaje cieczy magnetycznych. Ferrociecz (ang. Ferrofluids, skr. FF) wytwarzane są z cząstek o średnicy rzędu kilku nanometrów. Z kolei ciecze magnetoreologiczne (ang. Magnetorheological Fluids, skr. MRF) zawierają cząstki o rozmiarach rzędu kilku mikrometrów. Dodatkowo cząstki w każdym z typów cieczy pokrywane są czynnikiem powierzchniowo aktywnym (surfaktantem) w celu zapobiegania agregacji i sedymentacji.

Ciecze magnetyczne należą do klasy materiałów o sterowalnych właściwościach reologicznych. Oddziaływanie pola magnetycznego wpływa na ich właściwości reologiczne (lepkość dynamiczną, granicę płynięcia). Zakres zmian właściwości cieczy jest funkcją wielu parametrów, a w szczególności: objętościowego udziału cząstek magnetycznych w cieczy, właściwości magnetycznych materiału cząstek, rozmiaru oraz kształtu cząstek i parametrów pola magnetycznego. Zakres zmienności właściwości jest znacznie większy w cieczach MRF niż w cieczach FF.

Ciecze ferromagnetyczne - ciecze magnetyczne wytworzone na bazie cząstek o rozmiarach rzędu nanometrów. Nieznacznie zmieniają swoje właściwości reologiczne na skutek działania pola magnetycznego, nie ulegają sedymentacji.

Ciecze magnetoreologiczne - ciecze magnetyczne zawierające cząstki o rozmiarach rzędu mikrometrów. Znaczenie zmieniają swoje właściwości reologiczne na skutek działania pola magnetycznego. Ulegają sedymentacji.

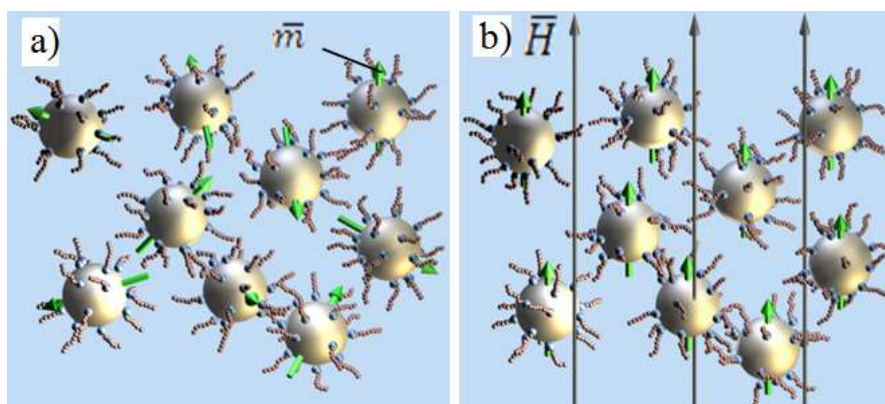


Model cząstki cieczy ferromagnetycznej pokrytej substancją powierzchniowo czynną (surfaktant) o budowie polarnej

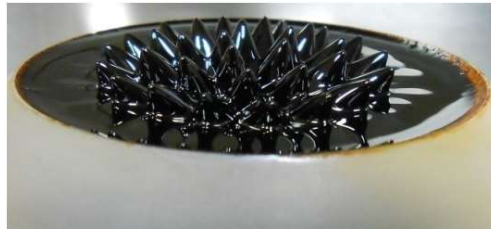
Porównanie cieczy magnetycznych

	Ciecz magnetoreologiczna	Ciecz ferromagnetyczna
Wielkość cząstek	1 ÷ 10 μm	5 ÷ 15 nm
Udział objętościowy cząstek, [%]	20 ÷ 50	do 10

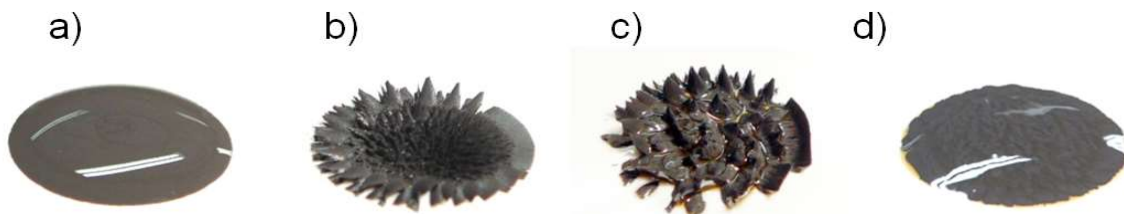
Zachowanie się cząstek w cieczy ferromagnetycznej w wyniku oddziaływania natężenia pola magnetycznego przedstawione jest na rysunku poniżej. Na rys. a wektory momentów magnetycznych \vec{m} cząstek w cieczy nośnej przy braku oddziaływania przyjmują przypadkowe kierunki. Pod wpływem natężenia pola magnetycznego następuje uporządkowanie momentów \vec{m} zgodnie z kierunkiem natężenia pola \vec{H} jak na rys. b. Ciecz ferromagnetyczna magnetyzuje się.



Model zachowania się cząstek magnetycznych w cieczy ferromagnetycznej: a) bez obecności pola magnetycznego, b) pod działaniem pola magnetycznego o natężeniu \vec{H} , \vec{m} – wektor momentu magnetycznego w cząstce magnetycznej



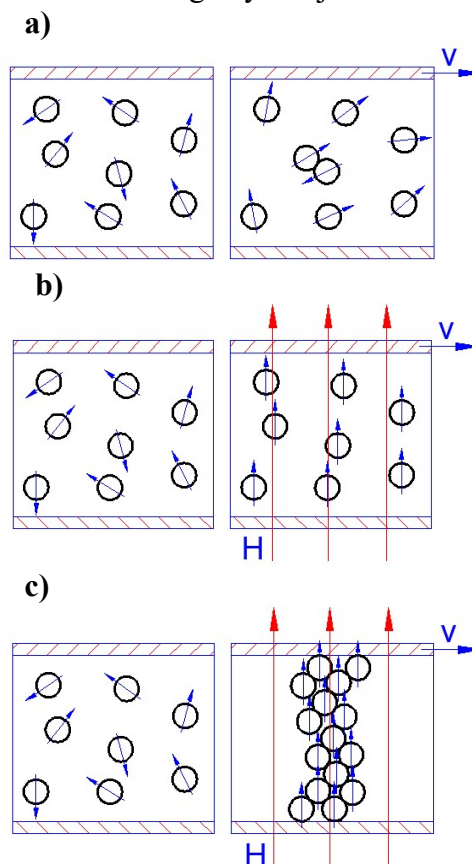
Ferrociecz- reakcja cieczy na działanie natężenia pola magnetycznego



Ciecz magnetoreologiczna (MR):

a) bez pola magnetycznego, b),c) reakcja cieczy na działanie natężenia pola magnetycznego o różnej wartości, d) wyłączenie źródła pola magnetycznego

Zmiana lepkości dynamicznej jest wynikiem zmiany struktury wewnątrz cieczy magnetycznej:



Zachowanie się cząstek magnetycznych w cieczy nośnej: a) bez pola magnetycznego, b) w polu magnetycznym - ferrociecz, c) w polu magnetycznym - ciecz magnetoreologiczna, H - wektor natężenia pola magnetycznego