

Andrzej Szymon WALISZEWSKI, Artur DYBA
Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów
Samochodowych

BADANIE KORELACJI MIĘDZY WŁAŚCIWOŚCIAMI ŚLIZGOWYMI CIECZY MYJĄCO-SMARUJĄCYCH A ICH WSKAŹNIKAMI ZWILŻANIA POWIERZCHNI STALOWEJ

Słowa kluczowe

Ciecze myjąco-smarujące, butelka, przenośnik, współczynnik tarcia, kąt zwilżania, korelacja.

Key words

Lubricating detergents, bottle, conveyor, friction coefficient, wetting angle, correlation.

Streszczenie

W referacie przedstawiono wyniki badań oporów tarcia przy przemieszczaniu się butelek po powierzchni stalowej, w warunkach stosowania płynów myjąco-smarujących o różnych stężeniach składników aktywnych w wodzie. Zbadano również kąty zwilżania tych roztworów metodą nanoszenia ich kropeł na stosowaną w badaniach powierzchnię stalową. Stwierdzono dobrą korelację pomiędzy badanymi właściwościami, przydatną do celów prognostycznych.

WPROWADZENIE I CEL BADAŃ

W przemyśle spożywczym, podczas transportu produktów w opakowaniach szklanych, przy wykorzystaniu przenośników płytkowych, stosuje się jednocześnie proces mycia natryskowego tych opakowań roztworami środków myjąco-smarujących. W odpowiedzi na zapotrzebowanie firm zajmujących się ich produkcją prowadzono badania nad przydatnością różnych środków tego typu oraz optymalizacją ich składu procentowego ze względu na

kryterium smarnościowe, istotne z punktu widzenia stabilności ruchowej opakowań na przenośniku [1]. Przy okazji tych badań można było zauważyć, że krople badanych cieczy o różnej zawartości składnika aktywnego, naniesione na powierzchnię stalową charakteryzowały się różnymi kątami zwilżania tej powierzchni, czyli kątami między powierzchnią ciała stałego i linią styczną do powierzchni kropli w miejscu zetknięcia trzech faz : ciała stałego, cieczy i otaczającego powietrza [2]. Wykorzystując ten fakt postanowiono sprawdzić, czy zachodzi dobra korelacja, przydatna do celów prognostycznych, pomiędzy właściwościami ślizgowymi badanych roztworów podczas przesuwania butelek szklanych po powierzchni stalowej a wskaźnikami zwilżania przez nie tej powierzchni.

PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań był układ tribologiczny modelujący w przybliżeniu przenośnik płytkowy ,które główne elementy były:

- korytka z blachy stalowej o powierzchni płaskiej mogące przesuwać się ruchem postępowym prostoliniowym z zadaną prędkością,
- butelka szklana napełniona piwem ,której dno podczas prób tarło o powierzchnię korytka,
- ciecz myjąco-smarująca nalana w cienkiej warstwie do korytka.

Cieczami myjąco-smarującymi były roztwory wodne o różnych stężeniach ciekłego preparatu produkowanego przez jednego z wytwórców. Składnikami tego preparatu były alkilopoliaminy, kwas organiczny i substancje buforujące. Aminy alifatyczne stanowiły tu 9,5% . Preparat rozpuszczał się w wodzie w każdym stosunku

METODYKA BADAŃ

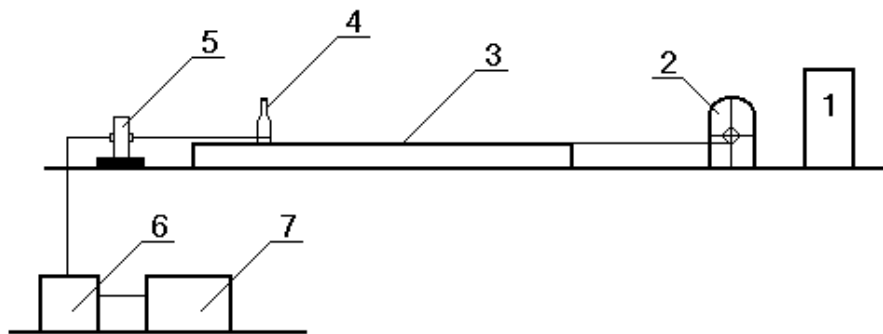
W celu zweryfikowania hipotezy o istnieniu korelacji pomiędzy właściwościami ślizgowymi badanych cieczy a wskaźnikami zwilżania przez nie powierzchni stalowej postanowiono wykonać badania oporów tarcia butelki podczas przeciągania pod nią korytka z blachy stalowej z naniesioną na jego powierzchnię cienką warstwą roztworu badanego preparatu o stężeniach w wodzie destylowanej od 0,2 do 1 % obj. z krokiem co 0,1 % .

Wykonano również próby dla wody destylowanej i wody z sieci miejskiej.

Grubość warstwy badanej cieczy wynosiła ok.1mm. Każdorazowo, przed napełnieniem korytka płynem było ono dokładnie myte w wodzie z kranu, a następnie płukane wodą destylowaną. Dla sprawdzenia powtarzalności wyników, co kilka pomiarów była przeprowadzana próba tarcia na wodzie destylowanej. W celu ograniczenia wpływu zmian temperatury na otrzymywane wyniki, wszystkie pomiary były wykonywane przy stałej temperaturze otoczenia równej w przybliżeniu 21°C.

Korytko zrobiono z taśmy oznaczonej symbolem ZW OC o wymiarach 105x0,15 wykonanej zgodnie z normą PN-59/H92332 ze stali nierdzewnej 1H18N9T o składzie chemicznym zgodnym z normą PN-71/H86020. Posiadało ono wymiary: długość / szerokość / wysokość – 550/90/5 mm. W osi przenośnika, w uchwycie był umocowany siłomierz na wysokości 50mm mierząc od powierzchni dna korytka do zaczepu na siłomierzu. Wynikało to z położenia środka ciężkości butelki, a chodziło o to, aby butelka tarła o podłoże całą powierzchnią styku dna (nie krawędzią). Do siłomierza umocowano butelkę znajdującą się w korytku. W badaniach używano butelki typu „Gold” o masie 825g ±0,001g (jest to masa butelki z piwem). Na wałku silnika zasilanego przez zasilacz, umieszczone było koło pasowe o średnicy 48mm, obracające się z prędkością $n=36$ obr/min. Korytko było przymocowane do wyżej wymienionego koła za pomocą nici. Nić nawijając się na koło powodowała ruch korytka po linii prostej z prędkością 5,43m/min. Czas pomiaru oporu tarcia wynosił około 6s.

Oporo, jakie powstawały między przesuwającym się korytkiem a butelką przenosiły się na siłomierz tensometryczny. Powstające impulsy pomiarowe z siłomierza były przekazywane na wzmacniacz, a następnie na kartę pomiarową komputera. Program komputerowy pozwalał na obserwację zmian oporów tarcia na ekranie monitora, a także na archiwizację danych na twardym dysku w celu dalszej obróbki wyników. Schemat układu do pomiaru oporów tarcia przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego: 1 - zasilacz prądu stałego, 2 - silnik, 3 – przenośnik (korytko), 4 - butelka, 5 - siłomierz, 6 - wzmacniacz, 7 - komputer

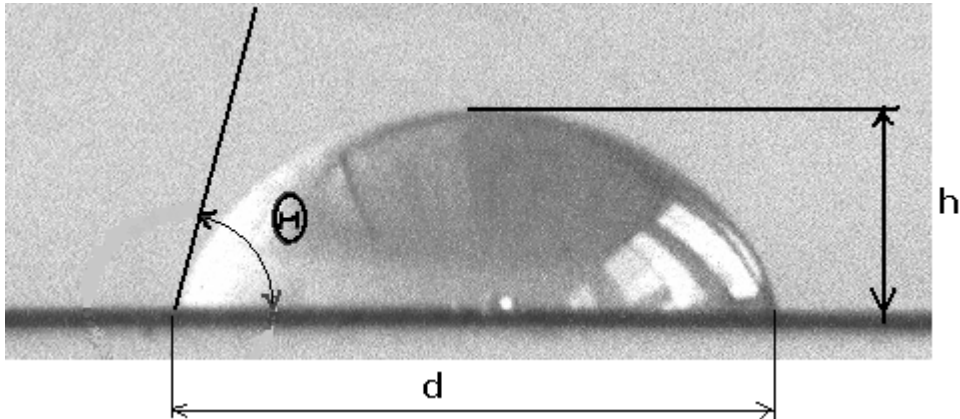
Fig. 1. Schema of the measuring system: 1- feeder, 2- electric motor, 3 - conveyor model, 4 - bottle, 5 - dynamometer (tensometer system), 6 - amplifier, 7 - computer

Przyjęto, że wskaźnikami zwilżania badanej powierzchni stalowej przez badane ciecze będą:

- kąt zwilżania θ (pomierzony na podstawie zarejestrowanego zarysu kropli cieczy naniesionej na powierzchnię stalowej próbki),
- wysokość h kropli cieczy,
- średnica d powierzchni styku kropli z badaną powierzchnią stalową,

– stosunek h/d .

Próbki wykonano z takiej samej blachy z jakiej wykonano korytka. Kroplę cieczy nanoszono na próbkę za pomocą mikropipety, od końca której odrywała się ona pod własnym ciężarem. Do rejestracji kształtu kropli i charakteryzujących ją kątów zwilżania wykorzystano odpowiednio przystosowany aparat fotograficzny, utrwalając na błonie filmowej obraz kropli na badanej powierzchni próbek w płaszczyźnie horyzontalnej. Czas od naniesienia kropli na powierzchnię próbki do zrobienia fotografii wynosił 15 sekund. Następnie, po wykonaniu pozytywowych odbitek fotograficznych, z zarysów kropliuzyskanych na nich dokonano oszacowania wartości wskaźników θ , h i d (rys.2).



Rys. 2. Charakterystyczne wymiary kropli
Fig. 2. Shape and dimensions of the lubricating detergent drop

WYNIKI BADAŃ

W trakcie przeprowadzania prób tarciovych uzyskiwano wykresy zależności odchylenia od położenia początkowego plamki na monitorze komputera (w woltach) w funkcji czasu, będące miarą oporów tarcia butelki o powierzchnię blachy stalowej. Wyniki pomiarów były rejestrowane na ekranie komputera w jednostkach napięcia [V]. W celu wyrażenia wartości oporów w niutonach należało wcześniej wyskalować układ pomiaru sił tarcia. Do skalowania układu został użyty dynamometr o zakresie od 0 do 10 [N].

Dla wszystkich badanych cieczy wykonano po 10 wykresów oporów tarcia w funkcji czasu. Jako wynik oporu tarcia przyjmowano średnią wartość rzędnej w zakresie ustabilizowanych oporów tarcia.

Wyznaczając z kolei średnie wartości oporów tarcia z 10 pomiarów dla danego stężenia cieczy i znając ciężar butelki wyznaczono współczynniki tarcia, a otrzymane wyniki zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1. Zestawienie wartości współczynników tarcia μ dla badanych płynów

	Stężenia preparatu w wodzie destylowanej									Woda z kranu	Woda destylowana
	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	0,60%	0,70%	0,80%	0,90%	1%		
μ	0,69	0,51	0,39	0,31	0,25	0,20	0,18	0,15	0,15	0,86	0,92

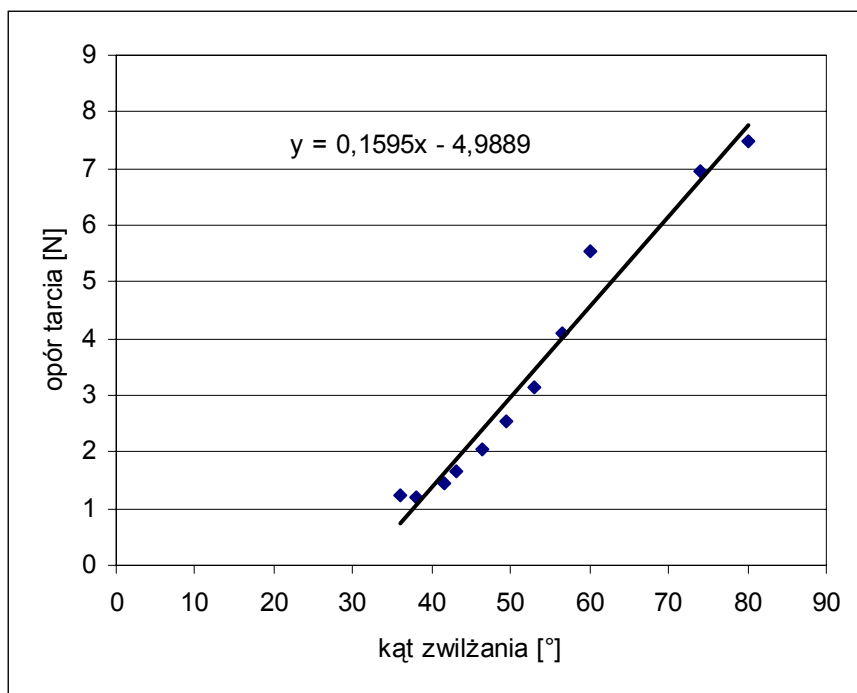
Przykład fotografii kropli roztworu na próbce ze stali nierdzewnej przedstawiono już wcześniej na rys.2.

Na podstawie uzyskanych fotografii dokonano pomiarów kątów zwilżania i innych wskaźników kształtu kropli, które zamieszczono w tablicy 2.

Tablica 2. Zestawienie wyników pomiarów wskaźników kształtu kropli dla badanych płynów

Stężenia roztworów	Wyniki pomiarów					
	Kąt zwilżania θ_1 [°]	Kąt zwilżania θ_2 [°]	Średni kąt zwilżania $\bar{\theta}$ [°]	Średnica kropli d [mm]	Wysokość kropli h [mm]	Stosunek $\frac{h}{d}$
1%	38	34	36	8,4	1,8	0,21
0,90%	41	35	38	8,2	1,8	0,22
0,80%	43	40	41,5	8,1	1,9	0,23
0,70%	44	42	43	7,6	2,0	0,26
0,60%	50	43	46,5	7,3	2,2	0,30
0,50%	53	46	49,5	7,4	2,2	0,30
0,40%	57	49	53	7,3	2,4	0,33
0,30%	62	51	56,5	7,2	2,6	0,36
0,20%	64	56	60	7,1	2,7	0,38
woda z kranu	76	72	74	6,7	3,2	0,48
Woda destylowana	82	78	80	6,5	3,3	0,51

Z kolei na podstawie uzyskanych wyników sporządzono wykres średnich oporów tarcia w funkcji kąta zwilżania i przedstawiono go na rys. 3.



Rys. 3. Wykres zależności oporu tarcia od kąta zwilżania (współczynnik korelacji $r=0.98$)
 Fig. 3. Changes of the friction power versus the wetting angle

Stwierdzono, że istnieją wysokie korelacje między kątami zwilżania a średnicami kropli ($r = 0.94$), wysokościami kropli ($r = 0.994$) i stosunkiem wymiarów h/d ($r = 0.996$).

Zależność współczynnika tarcia od stosunku wysokości kropli do ich średnicy (h/d) można opisać linią prostą, a współczynnik korelacji $r = 0.94$.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analizując wyniki uzyskane w trakcie badań na stanowisku modelującym przenośnik można stwierdzić, że dla wszystkich stosowanych tu stężeń badanego preparatu w wodzie destylowanej opory tarcia dna butelki o powierzchnię stalową są znacznie mniejsze w porównaniu do sytuacji, gdy stosuje się zwykłą wodę z sieci miejskiej lub wodę destylowaną. Opory tarcia maleją wraz ze wzrostem stężenia tego preparatu w roztworze. Świadczyć to może o pełniejszym obsadzeniu miejsc aktywnych na powierzchni stalowej przez substancje czynne preparatu i tworzeniu lepszej warstewki smarującej

Ponadto stwierdzono, że im wyższa jest procentowa zawartość preparatu w roztworze, tym kąt zwilżania jest mniejszy. Badany preparat dodawany do wody destylowanej zmniejszał jej napięcie powierzchniowe, co w efekcie

powodowało rozplýwanie się cieczy po powierzchni stalowej i zmniejszanie kąta zwilżania cieczy [3].

Wysoką wartość współczynnika korelacji między oporami tarcia a wskaźnikami zwilżania badanej powierzchni stalowej można tłumaczyć tym, że zarówno na jedne jak i drugie zależą od ilości wprowadzonej substancji czynnej do roztworu cieczy myjąco-smarującej.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów i ich analizy można sformułować następujące wnioski:

- istnieje wysoka korelacja między wielkością oporów tarcia dna butelki o powierzchnię blachy ze stali nierdzewnej 1H18N9T pokrytej warstwą roztworów myjąco-smarujących badanego preparatu w wodzie destylowanej, o stężeniach: 0,20%, 0,30%, 0,40%, 0,50%, 0,60%, 0,70%, 0,80%, 0,90%, 1,00% a ich wskaźnikami zwilżania tej powierzchni ;
- istnieje możliwość prognozowania wielkości oporów tarcia w oparciu o znajomość wartości wskaźników zwilżania stalowej powierzchni tarcia;
- w przypadku trudności pomiaru kąta zwilżania można posłużyć się innymi parametrami kształtu kropli : średnicą, wysokością lub stosunkiem wysokości do średnicy (najlepszy sposób).

LITERATURA

- [1] Waliszewski A. Sz., Janiak I., Ocena właściwości ślizgowych środków myjąco- smarujących stosowanych w przenośnikach płytkowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej, Mechanika z.61,nr kol.256, 2000
[2] Hebda M., Wachal A., Trybologia, WNT, Warszawa, 1980
[3] Atkins P.W., Chemia fizyczna, Wyd. Naukowe PWN. Warszawa 2001

Investigation of the correlation between the sliding properties of the lubricating detergents and their wetting indexes of the steel surface

Summary

The aim of the present paper is to investigate the correlation between the sliding properties of the lubricating detergents used for slat conveyors and their wetting indexes .

The theoretical part describes the overall structures slat conveyors chain and of plate link chains as well as basic issues concerning friction, wear and lubrication. Furthermore, the very section deals with the cog qualities of wash and swarf and the issues referring to the physical – chemical characteristics of liquids (e.g. surface tension on a phase boundary – line, the moistening degree of solids by liquids). Additionally, it includes a characterization of component substances of those liquids as well as research hypotheses. The methodological part presents verifications of the hypotheses, a description of the test stands, the course of research, and the methods of classifying the results. Then, the paper introduces statistically described results obtained on the test stand modelling a slat conveyor and on the test stand for measuring the wetting angle. Moreover, the thesis contains the results of research on the correlation between sliding properties (friction coefficient) of the lubricating detergents used for slat conveyors and their wetting angle and other parameters concerning the shape of a drop such as: diameter, height and the proportion of the latter to the former. Finally, the summarizing part presents an analysis of the results which have been obtained in the course of research. Similarly, the last chapter is focused on conclusions and observations concerning the conducted research.