Paweł ŚLIWIŃSKI*

PORÓWNANIE WŁASNOŚCI SMARNYCH WODY, EMULSJI OLEJU W WODZIE TYPU HFA-E ORAZ OLEJU TOTAL AZOLLA 46 JAKO CZYNNIKÓW ROBOCZYCH W UKŁADACH HYDRAULICZNCYH

COMPARISON OF THE LUBRICANT PROPERTY OF WATER, OIL-IN-WATER EMULSION TYPE HFA-E AND OIL TOTAL AZOLLA 46 AS WORKING LIQUIDS IN HYDRAULIC SYSTEMS

Słowa kluczowe:

trwałość warstwy granicznej, obciążenie zacierające, graniczne obciążenie zacierające, graniczny nacisk zatarcia, współczynnik tarcia, olej, emulsja HFA-E, woda, pitting

Key-words:

oil, HFA-E emulsion, water, hydraulic motor, lubricant property, scuffing load, seizure load, coefficient of friction, pitting

* Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, tel. (+48)58-3472267, e-mail: psliwin@mech.pg.gda.pl.

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano i opisano wyniki badań własności smarnych wody destylowanej, 1% emulsji oleju w wodzie typu HFA-E sporządzonej na bazie koncentratu do tworzenia emulsji Isosynth VH110BF, oleju Total Azolla 46 oraz, w celach porównawczych, samego koncentratu Isosynth VH110BF. Przedstawiono również wyniki badań powierzchniowego zużycia zmęczeniowego (pittingu) dla wyżej wymienionych czynników smarnych. Emulsja oleju w wodzie, olej oraz woda są czynnikami roboczym stosowanymi w układach hydraulicznych.

WPROWADZENIE

Obecnie większość hydraulicznych układów napędowych jest zasilanych olejami. Jednakże olej jako medium robocze nie może być stosowany wszędzie tam, gdzie występuje ryzyko wystąpienia pożaru. Jest to szczególnie ważne w przypadkach stosowania w górnictwie podziemnym, metalurgii, przemyśle zbrojeniowym, lotnictwie i w wojsku.

W polskich kopalniach do napędu urządzeń górniczych takich jak: wiertaki ręczne, wciągniki, wiertnice, żurawie górnicze itp. są stosowane silniki hydrauliczne zasilane emulsją HFA-E. Emulsja HFA-E charakteryzuje się kilkadziesiąt razy mniejszą lepkością oraz gorszymi własnościami smarnymi w porównaniu z olejami hydraulicznymi. Wobec tego stawia się wysokie wymagania koncentratom stosowanym do tworzenia tych emulsji (zwłaszcza pod kątem własności tribologicznych) oraz urządzeniom układów hydraulicznych, szczególnie pod kątem trwałości mechanizmów silników hydraulicznych i pomp. Dlatego też istnieje potrzeba rozwijania konstrukcji silników hydraulicznych, stanowiących jednostki napędowe narzędzi, maszyn i urządzeń pracujących w podziemiach kopalń, gdzie wykorzystuje się emulsję jako medium robocze. Silniki hydrauliczne powinny charakteryzować się trwałością i niezawodnością przy zasilaniu emulsją HFA-E.

Na potrzeby górnictwa silniki hydrauliczne są dostarczane zarówno przez producentów polskich, jak i zagranicznych. Znane są w kraju wolnoobrotowe wysokomomentowe hydrauliczne silniki satelitowe, które mogą pracować przy zasilaniu emulsją HFA-E. Silniki te są obecnie produkowane przez takie firmy jak: FAMA w Gniewie, Hydromech w Lublewie oraz Stosowanie Maszyn w Katowicach. FAMA w Gniewie i Hydromech w Lublewie produkują hydrauliczne wysokomomentowe silniki

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

satelitowe typu HF o objętościach roboczych: od 40 do 160 cm^3/obr (**Rys. 1).** Ponadto FAMA w Gniewie produkuje nowej generacji silniki satelitowe typu HS o objętości roboczej od 320 do 6300 cm^3/obr **(Rys. 2)**. Natomiast Stosowanie Maszyn w Katowicach produkuje silniki satelitowe o bardzo małych objętościach roboczych od 5 do 73 cm^3/obr.

Autor, w ramach pracy doktorskiej **[L. 11],** prowadził badania porównawcze zjawisk występujących silnikach satelitowych zasilanych zarówno olejem Total Azolla 46 jak i emulsją HFA-E.

Olej mineralny Total Azolla 46 i 1% emulsja HFA-E są cieczami, które zdecydowanie różnią się między sobą takimi parametrami, jak lepkość i gęstość, mającymi bezpośredni wpływ na straty objętościowe w silnikach hydraulicznych. Natomiast własności smarne tych cieczy, mające wpływ na straty mechaniczne w silnikach, są przedmiotem niniejszego artykułu.

SILNIKI HYDRAULICZNE

Badania własności smarnych cieczy roboczych oraz badania tribologiczne materiałów, z jakich wykonane są mechanizmy robocze silników odniesiono do hydraulicznych silników satelitowych typoszeregu HF i HS **(Rys. 1** i **2)** były podstawowym przedmiotem badań autora. Budowa i zasada działania tych silników zostału już opisane w publikacjach **[L. 1, 3–10]** oraz w pracy doktorskiej autora **[L. 11].**

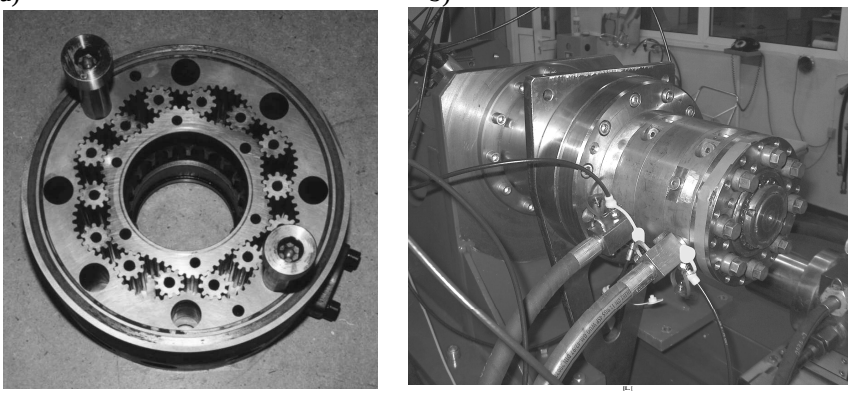
a) b) c)

Rys. 1. Silniki typoszeregu HF: a) widok ogólny silnika H50A; b) mechanizm roboczy silników typoszeregu HF; c) widok ogólny silnika H50j

Fig. 1. Motors of series of types HF: a) general view of motor H50A; b) working mechanism of motor; c) general view of motor H50j

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

a) b)



Rys. 2. Silnik typoszeregu HS: a) mechanizm roboczy silnika, b) widok ogólny silnika HS1,5-500 zamontowanego na stanowisku badawczym

Fig. 2. Motor of series of types HS: a) working mechanism; b) general view of motor HS1,5-500 on the test stand

Wirnik i satelity silników satelitowych wykonane są ze stali 15HN nawęglanej i hartowanej do twardości 62HRC, zaś płyty boczne (lub płyty kompensaycjne – w zależności od typu silnika) wykonane są ze stali 38HMJ azotonasiarczanej o twardości 800÷1000HV.

STANOWISKO BADAWCZE

Badania własności smarnych wody destylowanej, emulsji HFA-E i oleju Total Azolla 46 przeprowadzono na aparacie czterokulowym w Katedrze Siłowni Okrętowych Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa. Na tymże aparacie przeprowadzono również badania pittingu z udziałem wyżej wymienionych cieczy jako czynników smarnych. Elementami testowymi w aparacie czterokulowym są kulki o średnicy nominalnej ½” wykonane w zerowej klasie dokładności ze stali łożyskowej ŁH15 o twardości 62,7HRC i chropowatości powierzchni R_a = 0,032 μm (wg PN-83/M-86452).

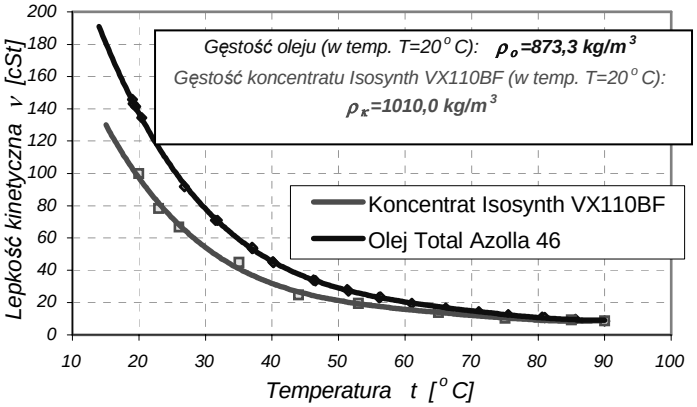
CHARAKTERYSTYKA LEPKOŚCIOWO-TEMPERATUROWA CIECZY STOSOWANYCH W BADANIACH

W trakcie badań laboratoryjnych silników hydraulicznych, badań tribologicznych własności smarnych cieczy roboczych, badań tribologicznych na próbkach płaskich używano następujących cieczy roboczych:

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

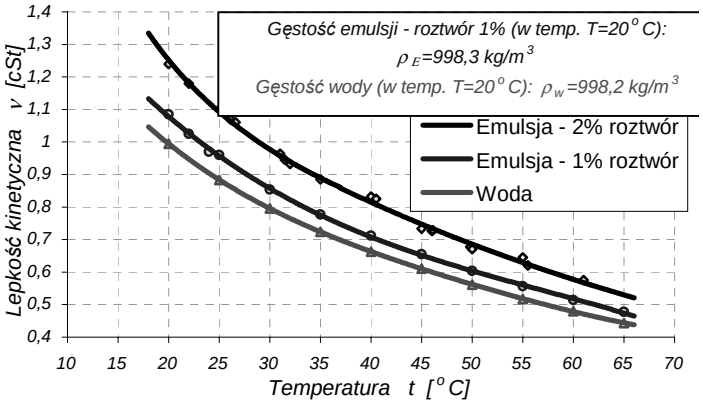
a) oleju Total Azolla 46,
b) emulsji oleju w wodzie typu HFA-E o stężeniu 1% w stosunku wagowym,
c) wody destylowanej,
d) koncentratu do sporządzania emulsji wodno-olejowych Isosynth VH110BF.

Charakterystyki lepkościowo-temperaturowe wyżej wymienionych cieczy roboczych pokazano na **Rys. 3** i na **Rys. 4.** Badania lepkości cieczy prowadzono na wiskozymetrze Englera i Hopplera.



Rys. 3. Charakterystyka lepkościowo-temperaturowa oleju Total Azolla 46 i koncentratu do sporządzania emulsji Isosynth VH110BF [L. 11]

Fig. 3. Characteristic of viscosity of oil Total Azolla 46 and concentrate Isosynth VH110BF



Rys. 4. Charakterystyka lepkościowo-temperaturowa wody i emulsji oleju w wodzie typu HFA-E

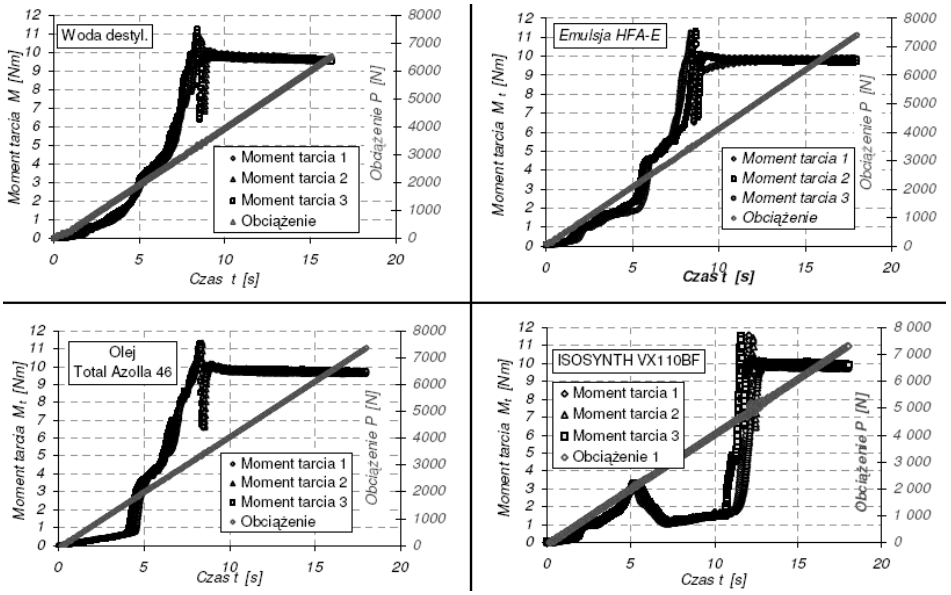
Fig. 4. Characteristic of viscosity of water and HFA-E oil-in-water emulsion

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

WŁASNOŚCI SMARNE CIECZY ROBOCZYCH [L. 11]

Badania własności smarnych czynników roboczych przeprowadzono na aparacie czterokulowym zgodnie z normą PN-76/C-04147 **[L. 12]** oraz zgodnie z instrukcją aparatu czterokulowego **[L. 2]**.

Przeprowadzono badania własności smarnych wody destylowanej, emulsji HFA-E o stężeniu 1% w stosunku objętościowym sporządzonej na bazie koncentratu Isosynth VH110BF, samego koncentratu Isosynth VH110BF oraz oleju Total Azolla 46. Badania zostały powtórzone minimum trzykrotnie dla każdego czynnika smarnego. Wyniki badań zostały przedstawione na **Rys. 5.**



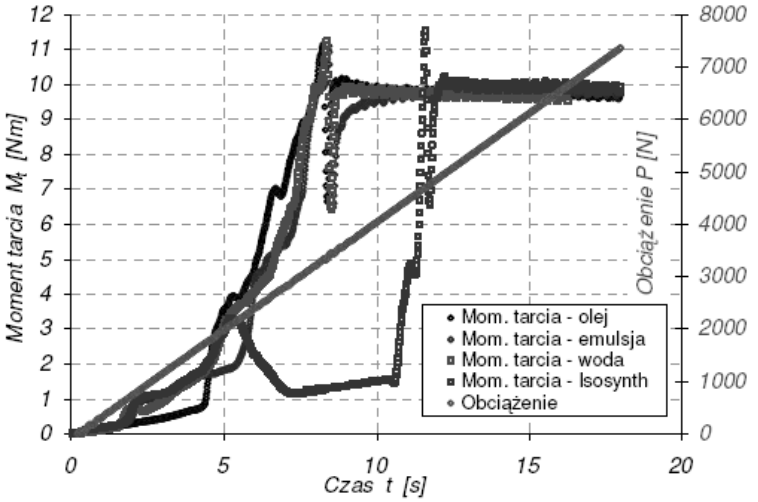
Rys. 5. Przebieg obciążenia P = f(t) i momentu tarcia M_t = f(t) w funkcji czasu t dla: wody destylowanej, emulsji oleju w wodzie typu HFA-E, oleju Total Azolla 46 oraz koncentratu Isosynth VH110BF [L. 10, 11]

Fig. 5. Course of load P = f(t) and torque of friction M_t = f(t) as a function of time t for: distilled water, HFA-E oil-in-water emulsion, oil Total Azolla 46 and concentrate Isosynth VH110BF

Z charakterystyk przedstawionych na **Rys. 6** widać, że najszybciej warstwa graniczna ulega niszczeniu w trakcie smarowania wodą. Niewiele większą trwałość ma warstwa graniczna w przypadku smarowania

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

emulsją HFA-E. W przypadku smarowania olejem Total Azolla 46 trwałość warstwy granicznej jest prawie dwukrotnie większa. Natomiast charakterystyka momentu tarcia M_t koncentratu Isosynth VH110BV wykazuje odmienne właściwości. Początkowo niszczenie warstwy granicznej zachodzi podobnie jak dla wody czy emulsji, potem następuje faza zużywania elementów współpracujących i znów powrót do warstwy granicznej. Można to tłumaczyć dużym stężeniem i silną adsorbcją na powierzchni metalu związków chemicznych zawartych w koncentracie mających na celu poprawę własności smarnych emulsji tworzonych na bazie tego koncentratu. Wobec tego jako trwałość warstwy granicznej w przypadku smarowania badanego węzła koncentratem autor przyjął czas t, po którym następuje skokowy wzrost wartości momentu tarcia M_t.



Rys. 6. Przebieg obciążenia F i momentu tarcia M_t w funkcji czasu t. Porównanie czynników smarnych: wody destylowanej, emulsji HFA-E, oleju Total Azolla 46 i koncentratu Isosynth VH110BF [L. 10,11]

Fig. 6. Course of load P=f(t) and torque of friction M_t=f(t) as a function of time t. Comparison of lubricant medium: distilled water, HFA-E emulsion, oil Total azolla 46 and concentrate Isosynth VH110BF

Z charakterystyki przedstawionej na **Rys. 5** oraz charakterystyki zbiorczej przedstawionej na **Rys. 6** widać, że w przypadku smarowania węzła czterokulowego emulsją oleju w wodzie typu HFA-E, po zniszczeniu warstwy granicznej, następuje wolniejszy przyrost momentu tarcia M_t

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

w funkcji obciążenia w porównaniu z wodą destylowaną i olejem Total Azolla 46. W przypadku smarowania emulsją HFA-E można więc zaobserwować dwa etapy procesu zużywania:

I etap – zużywanie elementów współpracujących z intensywnym odbudowywaniem warstwy granicznej w funkcji przyrostu obciążenia do wartości P = 2470N;

II etap – zużywanie typowe dla wszystkich porównywanych czynników smarnych (powyżej wartości obciążenia P = 2470N).

Na **Rys. 6** zestawiono w celu porównawczym wyniki badań na aparacie czterokulowym otrzymane dla wyżej wymienionych 4 czynników smarnych. Na podstawie badań wyznaczono obciążenie zacierające P_z, graniczne obciążenia zatarcia P_{oz} oraz graniczny nacisk zatarcia p_{oz} dla wszystkich czterech wyżej wymienionych czynników smarnych. Wartości tych parametrów są zestawione w **Tabeli 1.**

Tabela 1. Podstawowe własności badanych czynników smarujących – porównanie
Table 1. Basic properties of tested lubricant liquids – comparison

Czynnik smarujący	Trwałość warstwy granicznej	Obciążenie zacierające	Średnia średnica skaz kulek	Graniczne obciążenie zacierające	Graniczny nacisk zatarcia
	t [s]	P_t [N]	d [mm]	P_{oz} [N]	p_{oz} [MPa]
Woda destylowana	1,64	603,2	2,09	3230,4	382,2
Emulsja HFA-E	1,76	665,6	2,10	3377,1	396,9
Olej Total Azolla 46	4,26	1701,0	2,09	3246,0	386,4
Koncentrat Isosynth VH110BF	11,12	4265,4	1,57	4633,2	983,2

Z opracowanych charakterystyk i wyników przedstawionych w **Tabeli 1** widać, że trwałość warstwy granicznej oraz obciążenia zacierającego dla emulsji jest ponaddwukrotnie mniejsza niż oleju hydraulicznego. Wobec tego w urządzeniach hydraulicznych, typu silniki i pompy, w wyniku przeciążenia tych urządzeń, czego skutkiem jest wzrost ciśnienia roboczego a co za tym idzie ograniczenie luzów (np. w silnikach sate-

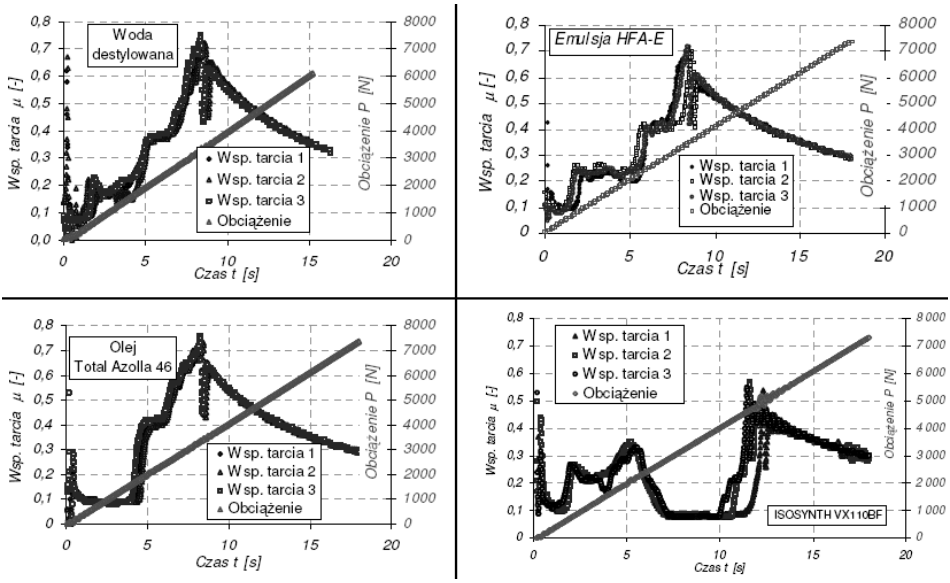
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

litowych z osiową kompensacja luzów), a nawet ich wykasowanie, znacznie szybciej ulegnie zniszczeniu warstwa graniczna współpracujących elementów mechanizmu roboczego przy zasilaniu emulsją oleju w wodzie niż olejem. Prawdopodobnie z tej właśnie przyczyny producenci elementów hydrauliki siłowej, dopuszczając standardowe elementy pracujące na oleju do pracy na emulsji, zalecają ograniczenie ciśnienia roboczego nawet o połowę.

Rys. 7 przedstawia zarejestrowane na aparacie czterokulowym przebiegi współczynnika tarcia μ w funkcji przyrostu obciążenia P w czasie t dla badanych czynników smarnych. Z charakterystyk przebiegów współczynnika tarcia μ dla wszystkich badanych czynników smarnych widać, że:

– I etap (niszczenie warstwy granicznej) charakteryzuje się przejściem, wraz ze wzrostem obciążenia, z wysokich wartości współczynnika tarcia statycznego do znacznie niższych wartości tarcia ślizgowego. Z przedstawionych charakterystyk wyznaczono przeciętne wartości współczynnika tarcia statycznego μ_{st} oraz współczynnika tarcia ślizgowego dla badanych czynników smarujących. Wartości tych współczynników zestawiono w **Tabeli 2**. Z przebiegu charakterystyk współczynika tarcia daje się zauważyć, że dla koncentratu Isosynth VH110BF w pierwszej fazie niszczenia warstwy granicznej przy małych obciążeniach μ_s = 0,11, natomiast w drugiej fazie niszczenia warstwy granicznej przy znacznie większych obciążeniach węzła czterokulowego współczynnik ten jest nieco mniejszy i wynosi μ_s = 0,085. Świadczy to o silnej adsorpcji do metalu dodatków przeciwciernych zawartych w koncentracie.
– II etap (zużywanie kulek) charakteryzuje się nagłym wzrostem współczynnika tarcia, dla wszystkich czynników badanych, zaraz po przekroczeniu wartości obciążenia zacierającego P_t. Przy czym wartość wsp. tarcia okresowo ustala się na stałym poziomie – μ_s = 0,24 w przedziale obciążenia P = 900÷2400 N oraz μ_s = 0,41 w przedziale obciążenia P = 2500÷3100 N. Wartości współczynników tarcia odpowiadające granicznemu obciążeniu zacierającemu P_{oz}, wyznaczone z charakterystyk, podaje **Tabela 2.** Najmniejsza wartość WSP. tarcia jest dla koncentratu, zaś dla emulsji WSP. tarcia przyjmuje wartości pośrednie między wodą destylowaną a olejem.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 7. Przebieg współczynnika tarcia μ = f(t,P) w funkcji czasu t i obciążenia P dla: wody destylowanej, emulsji oleju w wodzie typu HFA-E, oleju Total Azolla 46 oraz koncentratu Isosynth VH110BF [L. 10, 11]

Fig. 7. Course of friction coefficient μ = f(t,P) as a function of time t and load F for: distilled water, HFA-E oil-in-water emulsion, oil Total Azolla 46 and concentrate Isosynth VH110BF

Tabela 2. Współczynniki tarcia w węźle czterokulowym dla badanych czynników smarujących [L. 11]

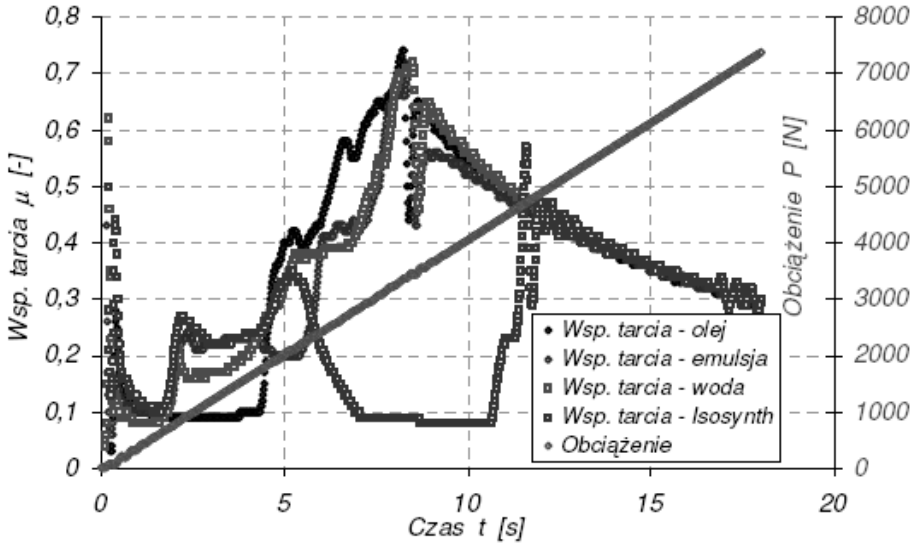
Table 2. Friction coefficients in four-ball unit for tested lubricant liquids

Czynnik smarujący	Wsp. tarcia statycznego	Wsp. tarcia ślizgowego na etapie niszczenia war. granicznej	Wsp. tarcia odpowiadający granicznemu obciążeniu zatacierającemu P_{oz} (dla M_t=10Nm)	
	μ_{st} [-]	μ_s [-]	P_{oz} [N]	μ_s [-]
Woda destylowana	0,8	0,09	3230,4	0,69
Emulsja HFA-E	0,6	0,11	3377,1	0,66
Olej Total Azolla 46	0,6	0,09	3246,0	0,63
Koncentrat Isosynth VH110BF	0,6	0,11 – w pierwszej fazie niszczenia war. granicznej, 0,085 – w drugiej fazie niszczenia war. granicznej	4633,2	0,49

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

– III etap (stabilizacji oporów tarcia), w którym dochodzi do tworzeniem tzw. łożyska ślizgowego, charakteryzuje się łagodnym spadkiem wartości współczynnika tarcia w funkcji obciążenia. Na tym etapie wartość współczynnika tarcia jest jednakowa dla wszystkich badanych czynników smarnych. Przy czym dla koncentratu etap ten zaczyna się najpóźniej, przy większym obciążeniu, co pokazuje charakterystyka porównawcza współczynnika tarcia dla wszystkich badanych czynników smarnych **(Rys. 8).** Natomiast wartość współczynnika tarcia, odpowiadająca chwili początku tego etapu, dla koncentratu jest najmniejsza.

Ogólnie, na podstawie wyników badań przeprowadzonych na aparacie czterokulowym, można stwierdzić, że jednoprocentowa emulsja oleju w wodzie typu HFA-E, sporządzona na bazie koncentratu Isosynth VH110BF, ma gorsze własności smarne niż olej Total Azolla 46, ale zdecydowanie lepsze niż woda destylowana.



Rys. 8. Porównanie przebiegów współczynnika tarcia μ w funkcji czasu t i obciążenia F dla wody destylowanej, emulsji wodno-olejowej HFA-E, oleju Total Azolla 46 i koncentratu [L. 10, 11]

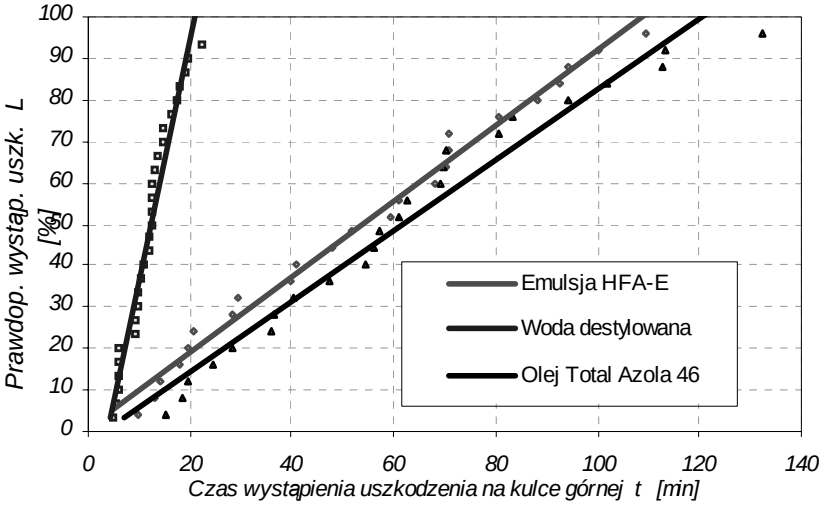
Fig. 8. Comparison of courses of friction coefficients μ as a function of time t and load F for distilled water, oil-in-water emulsion HFA-E, oil Total Azolla 46 and concentrate Isosynth VH110BF

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

WPŁYW CZYNNIKÓW SMARNYCH NA POWIERZCHNIOWE ZUŻYCIE ZMĘCZENIOWE [L. 10,11]

Badania wpływu wody destylowanej, emulsji HFA-E oraz oleju Total Azolla 46 na powierzchniowe zużycie zmęczeniowe elementów pracujących w wysoko obciążonym styku smarowanym przeprowadzono, zgodnie z normą IP300/82 **[L. 13]** oraz zgodnie z instrukcją zmodernizowanego aparatu czterokulowego T-03 **[L. 2],** na aparacie czterokilowym, wyposażonym w odpowiedni do tego celu czterokulowy węzeł tarcia tocznego.

Wyniki badań eksperymentalnych powierzchniowego zużycia zmęczeniowego zostały przedstawione na **Rys. 9** w postaci charakterystyk umożliwiających porównanie prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia kulki górnej czterokulowego węzła tarcia dla różnych czynników smarnych. Z charakterystyki tej wynika, że dla emulsji HFA-E jako czynnika smarującego prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia w warunkach pittingu jest max o 10% większe niż dla oleju.

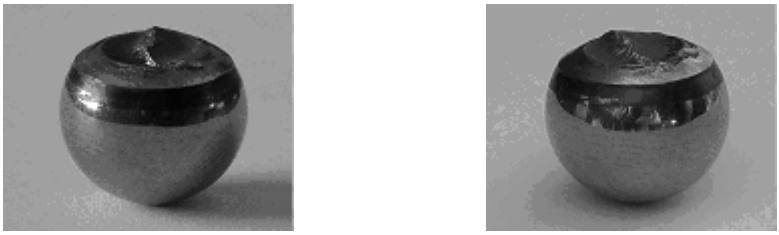


Rys. 9. Prawdopodobieństwo L wystąpienia uszkodzenia na kulce górnej dla czterokulowego węzła tarcia smarowego. Porównanie czynników smarnych: wody destylowanej, emulsji HFA-E i oleju Total Azolla 46 [L. 10, 11]

Fig. 9. The probability L of damage appearance on the top ball of four-ball unit. Comparison of lubricant medium: distilled water, HFA-E oil-in-water emulsion and oil Total Azolla 46

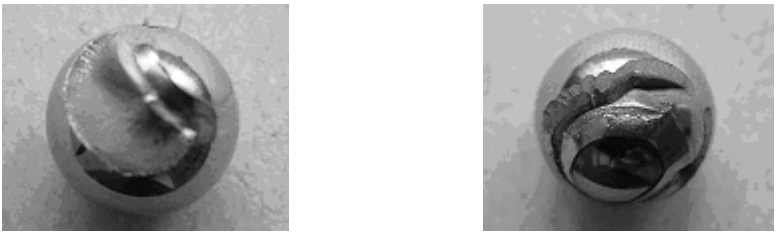
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W trakcie prób prowadzonych z wodą i emulsją zdarzało się, że kulka górna tocznego węzła czterokulowego ulegała pękaniu. Charakter zużycia oraz pęknięć kulek pokazano na zdjęciach – **Rys. 10–12**. Należy przy tym dodać, że nie zdarzyło się w całej serii 24 prób, aby pękała kulka górna w obecności oleju jako czynnika smarującego.



Rys. 10. Charakter pęknięcia kulki górnej obciążonego czterokulowego węzła tarcia tocznego smarowanego emulsją wodno-olejową HFA-E [L. 10, 11]

Fig. 10. The character of fracture of top ball in load rolling four-ball unit with applying HFA-E oil-in-water emulsion as a lubricant



Rys. 11. Charakter pęknięcia kulki górnej obciążonego czterokulowego węzła tarcia tocznego smarowanego wodą destylowaną [L. 10, 11]

Fig. 11. The character of fracture of top ball in load rolling four-ball unit with applying distilled water as a lubricant

Rys. 12. Charakter zużycia kulki górnej obciążonego czterokulowego węzła tarcia tocznego smarowanego olejem Total Azolla 46 [L. 10, 11]

Fig. 12. The character of fracture of top ball in load rolling four-ball unit with applying distilled water as a lubricant

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W przypadku smarowania obciążonego czterokulowego węzła tarcia tocznego emulsją oleju w wodzie HFA-E na kulce górnej, w obszarze współpracy z kulkami dolnymi, tworzył się brązowy łatwo ścieralny pierścień **(Rys. 10).** Świadczy to o silnym powinowactwie (adhezji) dodatków przeciwzatarciowych i przeciwzużyciowych do metalu. Zjawisko to tłumaczy również dobre własności smarne emulsji w warunkach pittingu. W przypadku smarowania wodą i olejem nie zaobserwowano charakterystycznej pierścieniowej warstwy czynnika smarnego na powierzchni kulki.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono trwałość węzła tarcia L przy 10% (L_{10}) i przy 50% (L_{50}) prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia. Trwałość ta odpowiednio wynosi:

– dla wody: $L_{10,W}$ = ~5 min, $L_{50,W}$ = ~12 min;
– dla emulsji: $L_{10,E}$ = ~12 min, $L_{50,E}$ = ~54 min;
– dla oleju: $L_{10,O}$ = ~15 min, $L_{50,O}$ = ~62 min.

Widać więc, że czas określający trwałość czterokulowego węzła tarcia smarowanego emulsją L_E jest przeciętnie 13÷20% niższy niż czas określający trwałość czterokulowego węzła tarcia smarowanego olejem L_O.

Ułożyskowanie toczne wałów, wirników, tarcz wychylnych itp. pomp i silników hydraulicznych często jest smarowane cieczą roboczą. W takim układzie stosując emulsję jako ciecz roboczą w układach hydraulicznych należy liczyć się z przyspieszonym zużyciem ułożyskowania tocznego. Wobec tego, aby utrzymać odpowiednią trwałość łożysk elementów układów hydraulicznych pracujących na emulsji, należałoby zmniejszyć obciążenie układu.

W silnikach satelitowych typoszeregu HS i SM ułożyskowanie wału jest odpowiednio uszczelnione dzięki czemu rodzaj cieczy roboczej zasilającej silnik nie ma wpływu na trwałość ułożyskowania. W przypadku silników zasilanych emulsją wyeliminowanie uszczelnień łożysk spowodowałoby obniżenie trwałości tych łożysk.

Rodzaj cieczy jako czynnika smarnego może mieć wpływ na trwałość uzębienia mechanizmu satelitowego pracującego w warunkach wysokiego zmiennego obciążenia. Badania trwałościowe uzębienia elementów mechanizmu roboczego silników smarowanego emulsją i olejem, nie były prowadzone. Można tylko przypuszczać, że trwałość tego uzębienia smarowanego emulsją będzie niższa od trwałości uzębienia smarowanego olejem.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

PODSUMOWANIE

Ogólnie, na podstawie przeprowadzonych badań tribologicznych można stwierdzić, że dla prawidłowo pracującego silnika własności smarne 1% emulsji HFA-E są zbliżone do własności smarnych oleju Total Azolla 46. Niemniej jednak obciążenia powodujące zatarcie są mniejsze dla emulsji niż dla oleju, co może mieć istotny znaczenie w przypadku zaniku luzów w mechanizmie roboczym silnika.

Ponadto stosując emulsję oleju w wodzie typu HFA-E jako ciecz roboczą w układach hydraulicznych należy liczyć się z przyspieszonym zużyciem ułożyskowania tocznego. Wobec tego, aby utrzymać odpowiednią trwałość łożysk elementów układów hydraulicznych pracujących na emulsji, należy zmniejszyć obciążenie układu.

LITERATURA

1. Balawender A., Gumoś M.: Dwubiegowy silnik hydrauliczny satelitowy z kompensacją luzów. XIII ogólnopolska konferencja CYLINDER 2003, wydawnictwo Komdruk-Komag Sp. z o.o., Gliwice, 2003.
2. Instytut Technologii Eksploatacji Radom. Aparat czterokulowy T-02. Zmodernizowany aparat czterokulowy T-03. Instrukcja obsługi. Radom 2002.
3. Patent Polska, nr 185724. „Maszyna wyporowa typu obiegowo-krzywkowego z kompensacją luzów, zwłaszcza jako silnik hydrauliczny o dużej chłonności”, (Gdańsk PL). Tw. Wynal. Sieniawski B. Zgłoszony nr. P.321438 z 31.07.1997, 2003.
4. Sprawozdanie z prac projektu badawczego KBN nr 8 T07C 047 20: Badania nad rozwojem silników hydraulicznych satelitowych III generacji, Gdańsk, styczeń 2004.
5. Śliwiński P.: Projekt stanowiska do badań silników hydraulicznych zasilanych emulsją wodno-olejową lub wodą.
6. Śliwiński P.: Stanowisko do badań silników hydraulicznych zasilanych emulsją wodno-olejową lub wodą. V Seminarium Naukowe Środowiskowego Studium Doktoranckiego „Współczesne technologie i konwersja energii”'. Gdańsk, 2003.
7. Śliwiński P.: Research of low-speed high torque planet motors supplied with oil-in-water emulsion as working liquid. 3rd Fluid Power Net International PhD Symposium, Technical University of Catalonia, Terrassa, 2004.
8. Stanowisko, metodyka i badania silników hydraulicznych zasilanych emulsją wodno-olejową. Konferencja CYLINDER 2004 „Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych”.', Ustroń, 20–23 września 2004.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

9. Śliwiński P., Balawender A.: Badania i opis zjawisk nowego typoszeregu silników hydraulicznych satelitowych z kompensacją luzów. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Napędy i sterowania hydrauliczne i pneumatyczne ‘2005. Problemy i tendencje rozwojowe w pierwszej dekadzie XXI wieku", Wrocław, 17–19 maja 2005.
10. Śliwiński P.: Lubricant property and rolling contact fatigue test of water-in-oil emulsion type HFA-E and oil Total Azolla 46 as working liquids in hydraulic systems. 4rd Fluid Power Net International PhD Symposium. Purdue University, Sarasota/Florida, June 13–17 2006.
11. Śliwiński P.: Praca doktorska: Porównanie zjawisk w hydraulicznych silnikach satelitowych zasilanych emulsją wodno-olejową lub olejem. Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej. Promotor: Balawender A. Gdańsk, 2006.
12. Polska Norma PN-76/C-04147. Przetwory naftowe. Badanie własności smarnych olejów i smarów.
13. Norma IP300/82. Rolling contact fatigue tests for fluids in a modified four-ball machine.

Recenzent:
Marian W. SUŁEK

Summary

The article characterises and describes the results of research (carried out on four-ball machine) of the lubricant property of distilled water, oil-in-water emulsion type HFA-E (1% oil in water) prepared on base of concentrate Isosynth VX110BF, oil Total Azolla 46 and the pure concentrate Isosynth VX110BF (only in comparison with oil, emulsion and water). In the article, results are shown of research (carried out on four-ball machine) rolling contact fatigue tests for water, emulsion, and oil as a means of lubricant. Oil-in-water emulsion HFA-E, oil and water are the working medium applied in hydraulic systems.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl