

Antoni SKOĆ, Jacek SPAŁEK, Andrzej WIECZOREK
Politechnika Śląska, Gliwice

WYNIKI BADAŃ ZUŻYCIA PRÓBEK ZE STALI 20H2N4A

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań zużycia ciernego próbek ze stali 20H2N4A poddanej nawęglaniu i następnie hartowaniu w chłodziwach wodno-polimerowych POLIHARTENOL E8 o różnej zawartości związków polimerowych. Celem badań było stwierdzenie wpływu warunków hartowania, a szczególnie szybkości chłodzenia na wartość zużycia ciernego. W ramach badań przeprowadzono także pomiary rozkładu twardości w warstwie wierzchniej badanych próbek. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wzrost szybkości hartowania powoduje zmniejszenie zużycia ciernego.

WEAR RESULTS OF 20H2N4A STEEL SAMPLES

Summary. The work presents frictional wear results of samples of 20H2N4A steel, which were carburized and then hardened in POLIHARTENOL E8 water – polymer coolants of various contents of polymer compounds. The work objective was to define the impact of hardening conditions, especially cooling speed, on the frictional wear. Tests included also measurement of hardness distribution in the surface level of the samples. It was found that higher hardening speed results in smaller wear.

1. Wprowadzenie

Podstawowym warunkiem, jaki powinny spełniać wszystkie chłodziwa hartownicze, jest zdolność przejmowania ciepła z szybkością nie mniejszą od krytycznej szybkości chłodzenia warstwy wierzchniej, a w wielu przypadkach także całego przekroju próbek. Dlatego wymaga się od chłodziw hartowniczych takich przebiegów chłodzenia, które w zakresie najmniejszej trwałości przechłodzonego austenitu pozwolą uzyskać możliwie największe szybkości chłodzenia, natomiast w zakresie przemiany martenzytycznej – w celu minimalizacji pęknięć hartowniczych możliwie najmniejszej szybkości.

Nowoczesne chłodziwa powinny ponadto spełniać następujące warunki procesu chłodzenia:

niewywoływanie nadmiernych odkształceń hartowniczych (szczególnie wymagana jest dostatecznie mała szybkość chłodzenia w temperaturach poniżej punktu M_s),

- duża trwałość użytkowania chłodziw,
- brak skłonności do reagowania z powierzchnią hartowaną, elementami zbiornika i atmosferą ochronną,
- spełnienie wymagań bezpieczeństwa w zakresie toksyczności, palności, ochrony środowiska i higieny stanowiska pracy,
- niskie koszty obróbki elementów,
- powtarzalność wyników stosowanych obróbek.

Odpowiednia trwałość chłodziw w trakcie dłuższego okresu stosowania powinna zapewnić stabilność i mały rozrzut własności hartowanych części, a głównie w zakresie twardości i jej rozkładu na przekroju warstwy wierzchniej oraz rozkładu naprężeń cieplnych i strukturalnych.

W przypadku stosowania olejów mineralnych jako chłodziw hartowniczych warunki chłodzenia są dla większości stali optymalne. Jednak z powodów ekologicznych wielu polskich producentów prowadzi próby wdrożenia alternatywnych chłodziw. Najszerze zastosowanie znalazły wodno-polimerowe chłodziwa, posiadające charakterystyki chłodzenia pośrednie pomiędzy przebiegami wody i oleju. Są to ciecze na bazie wody, w których przez dodanie związków polimerowych zmienia się położenie punktów krytycznych przejścia jednego okresu chłodzenia w drugi, a tym samym szybkość chłodzenia [9]. Mimo wielu zalet, jak np. niepalność, chłodziwa te posiadają w porównaniu z olejami gorsze własności chłodzenia w okresie przemiany martenzytycznej, a szybkość chłodzenia zależy od stężenia związków organicznych i temperatury kąpieli [1, 7, 8].

2. Ogólna charakterystyka przeprowadzonych badań

W celu oceny wpływu dłuższego okresu eksploatacji chłodziw w warunkach przemysłowych na ich własności chłodzące przeprowadzono pomiary ich własności fizykochemicznych oraz termo-kinetycznych i stwierdzono, że mimo stosowania kontroli gęstości cieczy i uzupełniania związków polimerowych [3, 4, 5] stężenie kąpieli hartowniczej typu POLIHARTENOL E8 (w stosunku do wartości przyjętej – 25%) waha się w przedziale 23-29%. Te stwierdzone zmiany skłoniły autorów do wykonania badań, których wyniki przedstawiono w niniejszej pracy. W badaniach próbek ze stali 20H2N4A przyjęto następujące stężenia chłodziwa: 15%, 20% i 30%.

Przeznaczone do zanurzeniowego hartowania wrażliwych na pęknięcia części maszyn ze stali węglowych i stopowych chłodziwo POLIHARTENOL-E8 [2] jest niepalnym, wodnym roztworem polimerowych stymulatorów zdolności chłodzącej, inhibitorów korozji, środków bakteriobójczych i grzybobójczych. Rozcieńczenie koncentratu POLIHARTENOL-E8 wodą do stężeń w granicach 15-25% pozwala uzyskać kąpiele hartownicze, których zdolność chłodząca jest bardzo zbliżona do typowych olejów hartowniczych. Szybkość chłodzenia tych chłodziw zmniejsza się ze wzrostem zawartości związków polimerowych (rys. 1).

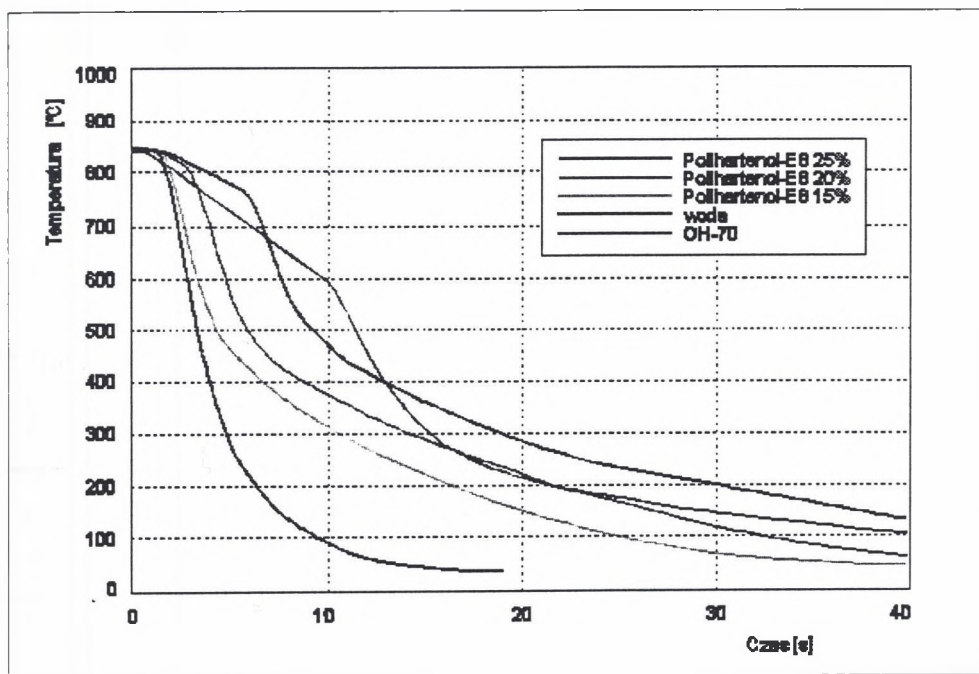
Zakres badań obejmował pomiary twardości w funkcji odległości od powierzchni nominalnej próbek oraz badanie zużycia ciernego na tribometrze AMSLER dla czterech różnych prędkości poślizgu.

Warunki nawęglania, następującego po nim hartowania i odpuszczania niskiego próbek ze stali 20H2N4A przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie warunków obróbki cieplnej badanych próbek

Gatunek stali	20H2N4A
Temperatura nawęglania	910°C
Temperatura hartowania	860°C
Temperatura niskiego odpuszczania	200°C
Grubość warstwy utwardzonej	1
Czas nawęglania [h]	8
Czas hartowania [H]	2
Typ pieca do nawęglania	PEGAT 950 (z układem regulacji potencjału węglowego)
Typ pieca do hartowania	laboratoryjny piec komorowy
Rodzaj środka nawęglającego	CARBONIL C i C1
Rodzaj chłodziwa	POLIHARTENOL E8
Skład chemiczny stali 20H2N4A wg PN-72/H-84035	C - 0,16-0,22%, Mn - 0,30-0,60%, Si - 0,17-0,37%, Cr - 1,25-1,65%, Ni - 3,25-3,65%



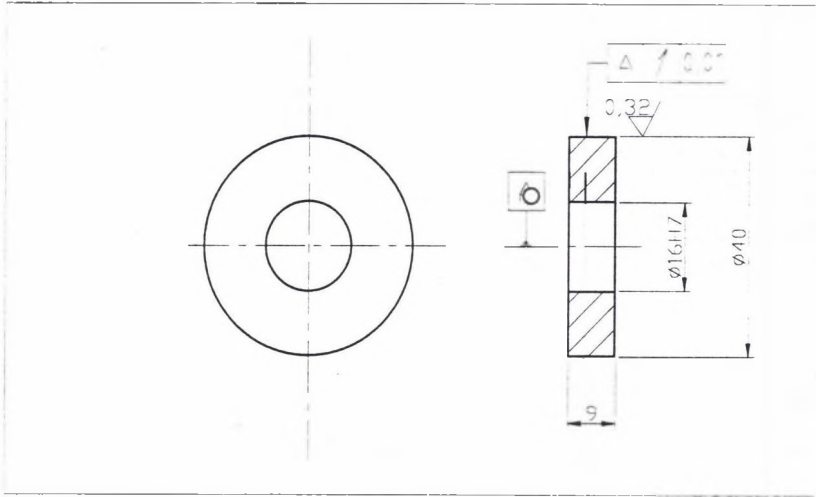
Rys.1. Przebiegi chłodzenia oleju hartowniczego OH – 70 i wody oraz chłodziwa wodno-polimerowego POLIHARTENOL E8 dla różnych stężeń koncentratu

Fig.1. Cooling hardening oil OH 70 and water and POLIHARTENOL E8 water – polymer coolant for various concentration

3. Wyniki pomiarów twardości

W celu dokładniejszej identyfikacji próbek (rys. 2) wykonano badania rozkładu twardości w głąb warstwy wierzchniej. Pomiary przeprowadzono na twardościomierzu Vickersa; powierzchnie próbek przed pomiarem były szlifowane i oczyszczone.

Wyniki tych pomiarów zestawiono w tabeli 2, a na rysunku 2 zostały one przedstawione w formie graficznej.

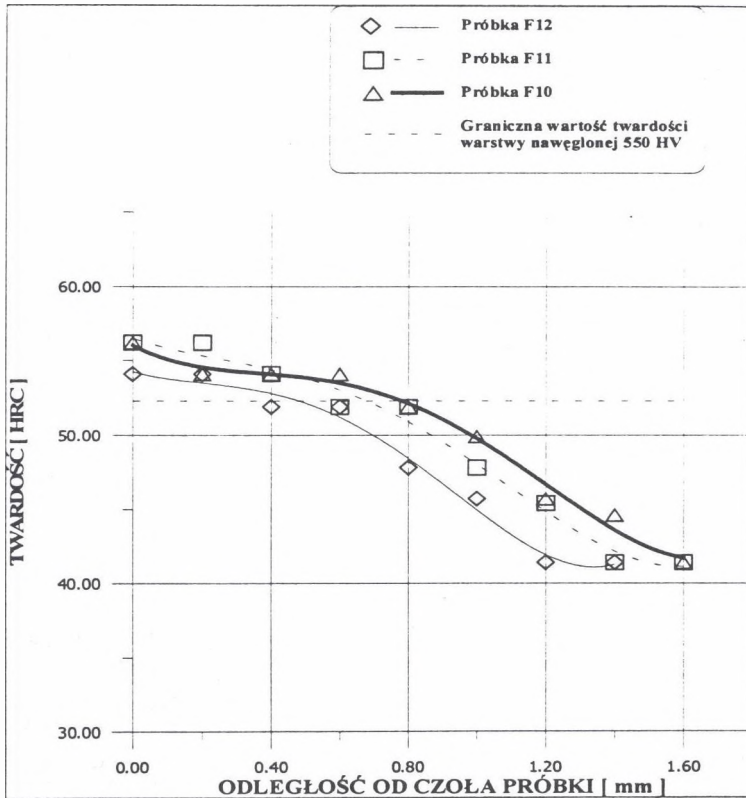


Rys.2. Postać konstrukcyjna próbki do badań zużycia na tribometrze AMSLER
Fig.2. Samples for tribotester AMSLER

Tabela 2

Zestawienie wyników pomiarów twardości w funkcji odległości od powierzchni pierwotnej badanych próbek

Symbol próbki	Twardość	Odległość od czola próbki [mm]								
		0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6
F10 (30%)	HV	618	580	580	580	543	511	454	419	406
	HRC	56,2	54,1	54,1	54,1	51,9	49,9	45,7	44,6	41,4
F11 (20%)	HV	618	618	580	543	543	481	452	406	406
	HRC	56,2	56,2	54,1	51,9	51,9	47,8	45,4	41,4	41,4
F12 (15%)	HV	618	618	543	543	481	454	406	406	-
	HRC	54,1	54,1	51,9	51,9	47,8	45,7	41,4	41,4	-



Rys.3. Rozkład twardości w warstwie wierzchniej próbek
Fig.3. Hardness of the samples surfaces

4. Wyniki badań zużyciowych

Badania przeprowadzono na maszynie tarciowej AMSLER przy obciążeniu stałą siłą promieniową $F = 700 \text{ N}$ i przy dwóch prędkościach obrotowych silnika napędzającego maszynę badawczą $n_1 = 200 \text{ min}^{-1}$ i $n_2 = 400 \text{ min}^{-1}$.

Prędkości poślizgu wyniosły odpowiednio:

- dla ruchu przeciwbieżnego próbek : $v_{p1} = 0,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz $v_{p2} = 1,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- dla ruchu współbieżnego próbek : $v_{p3} = 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz $v_{p4} = 0,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Pomiary zużycia prowadzono co 10 minut przez okres 120 minut poprzez określenie masy próbki za pomocą wagi analitycznej o dokładności pomiaru $\pm 0,5 \text{ mg}$. Materiał przeciwpróbki stanowiła stal 40H poddana hartowaniu o twardości powierzchniowej 59 HRC, natomiast szerokość styku próbki z przeciwpróbką wynosiła 5 mm.

W trakcie badań zastosowano smarowanie natryskowe olejem przekładniowym TRANSOL VG-220 o lepkości nominalnej równej $220 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ w temperaturze 40°C .

Wyniki pomiarów ubytku masy zestawiono w tablicach 4 i 5, a na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe przebiegi zużycia w funkcji czasu.

Na podstawie przedstawionych wyników stwierdzono, że :

- ubytki masy są zdecydowanie większe dla ruchu przeciwbieżnego próbek niż dla ruchu współbieżnego;
- w przypadku ruchu przeciwbieżnego dla prędkości obrotowej $n_2 = 400 \cdot \text{min}^{-1}$ ubytki masy są większe niż dla $n_1 = 200 \cdot \text{s}^{-1}$; natomiast dla ruchu współbieżnego stwierdzono mniejsze zużycie przy większej prędkości;
- wartości zużycia próbek w przypadku ruchu przeciwbieżnego dla obu prędkości poślizgu pozwalają w zależności od stężenia chłodziwa na ich uszeregowanie (w kolejności zmniejszającego się zużycia) : F10 (stężenie 30%), F11 (stężenie 20%), F12 (stężenie 15%);
- wartości zużycia w przypadku ruchu współbieżnego dla prędkości obrotowej $n_4 = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pozwalają na uszeregowanie próbek w kolejności zmniejszającego się zużycia : F11 (stężenie 20%), F10 (stężenie 30%), F12 (stężenie 15%).

Tabela 3

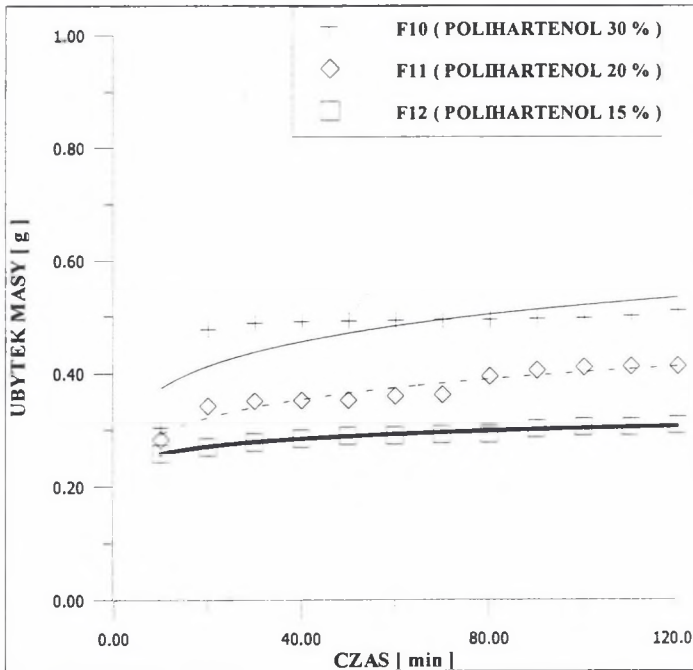
Zestawienie średnich wartości ubytku masy badanych próbek ze stali 20H2N4A dla przypadku ruchu przeciwbieżnego próbek i prędkości poślizgu $v_{p1} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $v_{p2} = 1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Czas [min]	Ubytek masy dla próbki F10		Ubytek masy dla próbki F11		Ubytek masy dla próbki F12	
	$v_{p1} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p1} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p1} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
10	0,3035	0,3882	0,2827	0,2620	0,2587	0,2710
20	0,4772	0,3967	0,3423	0,2887	0,2702	0,2847
30	0,4880	0,4005	0,3513	0,3235	0,2785	0,3152
40	0,4910	0,4107	0,3525	0,3537	0,2849	0,3865
50	0,4917	0,4172	0,3528	0,3742	0,2895	0,4457
60	0,4928	0,4185	0,3603	0,4140	0,2900	0,4543
70	0,4942	0,4217	0,3627	0,4425	0,2918	0,4547
80	0,4943	0,4455	0,3950	0,4640	0,2927	0,4552
90	0,4953	0,4517	0,4053	0,4867	0,3018	0,4595
100	0,4970	0,4955	0,4110	0,5085	0,3052	0,4610
110	0,5007	0,5308	0,4125	0,5162	0,3053	0,4826
120	0,5103	0,5420	0,4133	0,5190	0,3088	0,4847

Tabela 4

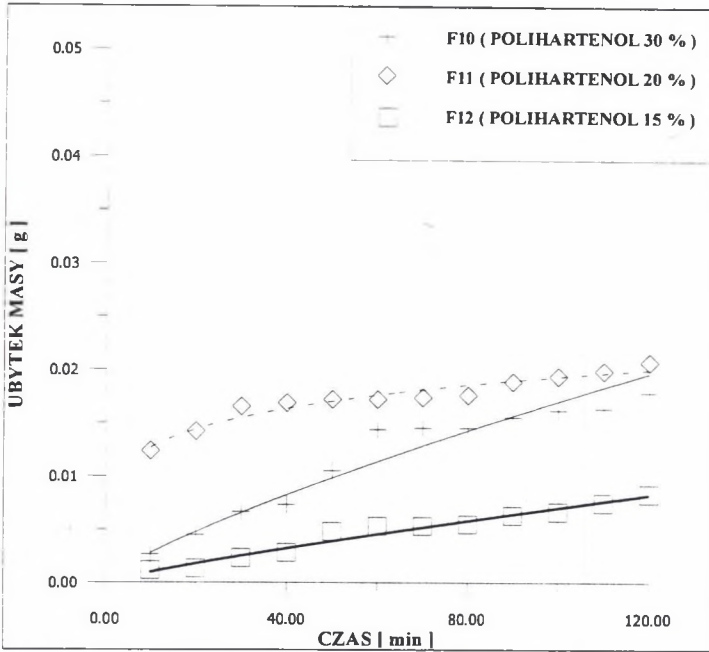
Zestawienie średnich wartości ubytku masy badanych próbek ze stali 20H2N4A dla przypadku ruchu współbieżnego próbek i prędkości poślizgu $v_{p3} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $v_{p4} = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Czas [min]	Ubytek masy dla próbki F10		Ubytek masy dla próbki F11		Ubytek masy dla próbki F12	
	$v_{p1} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p1} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p1} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v_{p2} = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
10	0,0110	0,0027	-	0,0123	0,0283	0,0012
20	0,0147	0,0045	-	0,0142	0,0327	0,0013
30	0,0177	0,0067	-	0,0165	0,0330	0,0023
40	0,0272	0,0073	-	0,0168	0,0352	0,0028
50	0,0302	0,0105	-	0,0172	0,0353	0,0048
60	0,0322	0,0143	-	0,0172	0,0368	0,0053
70	0,0347	0,0145	-	0,0173	0,0378	0,0053
80	0,0365	0,0145	-	0,0176	0,0417	0,0055
90	0,0373	0,0155	-	0,0188	0,0418	0,0063
100	0,0397	0,0162	-	0,0193	0,0452	0,0067
110	0,0417	0,0163	-	0,0198	0,0480	0,0075
120	0,0420	0,0178	-	0,0207	0,0487	0,0083



Rys.4. Przebiegi zużycia badanych próbek ze stali 20H2N4A dla ruchu przeciwbieżnego przy obciążeniu 700 N i prędkości obrotowej $n_1 = 200 \text{ s}^{-1}$

Fig.4. Wear of the samples of 20H2N4A steel for backward movement with 400 N load and rotational speed of $n_1 = 200 \text{ s}^{-1}$



Rys.5. Przebiegi zużycia badanych próbek ze stali 20H2N4A dla ruchu współbieżnego przy obciążeniu 700 N i prędkości obrotowej $n_2 = 400 \text{ s}^{-1}$

Fig.5. Wear of the samples of 20H2N4A steel for concurrent movement with 400 N load and rotational speed of $n_1 = 400 \text{ s}^{-1}$

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów rozkładu twardości i ubytku masy próbek ze stali 20H2N4A poddanych nawęglaniu i hartowaniu w chłodziwach różniących się szybkością chłodzenia można przedstawić następując wnioskami:

- w przypadku eksploatacji wodno-polimerowych chłodziw hartowniczych warunki chłodzenia podczas hartowania są niepowtarzalne; ten fakt związany jest ze zmianą temperatury chłodziwa spowodowany np. poprzednim chłodzeniem elementów oraz zmianą stężenia kąpieli, spowodowaną między innymi wynoszeniem związków polimerowych na powierzchniach obrabianych elementów,
- rozkłady twardości w warstwie wierzchniej badanych próbek ze stali 210H2N4A są typowe jak dla stali poddanych nawęglaniu [10],
- z uwagi na to, że różnice twardości warstwy wierzchniej w przypadku wszystkich trzech badanych próbek są niewielkie, można wnioskować o niezbyt wielkim wpływie zmian stężenia chłodziwa na twardość obrabianych elementów,

- na podstawie charakterystyk chłodzenia POLIHARTENOLU w fazie konwekcji należy spodziewać się w przypadku zmniejszenia stężenia chłodziwa zwiększenia niebezpieczeństwa powstania pęknięć hartowniczych,
- dla ruchu przeciwbieżnego próbek i wartości prędkości poślizgu $v_{p1} = 0,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $v_{p2} = 1,76 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ można stwierdzić zmniejszenie zużycia wraz z obniżeniem stężenia polimerów w chłodziwie; dla ruchu współbieżnego próbek, (tj. warunków odwzorowujących procesy zużywania się kół przekładni zębatych) nie stwierdzono podobnej zależności.

LITERATURA

1. Luty W.: Chłodziwa hartownicze . WNT, Warszawa 1986
2. Materiały reklamowo-informacyjne firmy PRO-IMP. Rzeszów
3. Ocena zdolności chłodzącej oraz własności fizykochemicznych po rocznej eksploatacji kąpieli POLIHARTENOL E8. Orzeczenie wykonane przez PRO-IMP Rzeszów z dnia 12.08.1996. Praca niepublikowana
4. Określenie własności fizykochemicznych oraz zdolności chłodzącej po dwuletniej eksploatacji kąpieli POLIHARTENOL E8. Orzeczenie wykonane przez PRO-IMP Rzeszów z dnia 02.08.1997. Praca niepublikowana
5. Pomiar własności termokinetycznych wodno-polimerowych kąpieli hartowniczych i oleju OH-70 oraz własności fizykochemicznych oleju. Orzeczenie wykonane przez PRO-IMP Rzeszów z dnia 12.09.1997. Praca niepublikowana
6. Okresowa kontrola własności fizykochemicznych oraz zdolności chłodzącej kąpieli hartowniczej. Orzeczenie wykonane przez PRO-IMP Rzeszów z dnia 15.01.1999. Praca niepublikowana
7. Norma PN-82/H-04332 Badanie zużycia metali lub ich warstw dyfuzyjnych w procesie tarcia ślizgowego przy stałym nacisku na maszynie Amslera
8. Derlacki K., Drosio B., Kęsy B.K., Kowalski W., Lampe J., Luty W., Przygodzka H., Soból S., Tereszowska A.: Nowoczesne technologie obróbki cieplnej. Zeszyt nr 5. Wybrane zagadnienia z obróbki cieplnej objętościowej i metody badań materiałów. Warszawa 1979
9. Soból S., Patowski M.: Nowe polimerowe chłodziwa hartownicze. Przegląd Mechaniczny nr 3/89
10. Senatorski J.: Wpływ smarowania na odporność na zużycie warstw dyfuzyjnych. MOCIP nr 118-120/92

Abstract

Presently used thermal processings methods use hardening for mineral hardening oils. Many manufactures, including Polish ones, implement alternative polymer coolants with average cooling capacity for water and oils. This work presents testing the impact of changed concentration of these coolants on wear and hardness of steel 20H2N4A. Measurement showed that were no full repeatability of hardening conditions for polymer coolants as well as typical distribution of surface hardness and small impact of concentration on these values. For backward movement of the samples, smaler wear was noticed for smaller wear was concentration of polymers in the coolant.