



Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej
www.kim.pollub.pl, email: m.szala@pollub.pl

Odporność na erozję kawitacyjną napoin NiCrBSi

Autorzy:
Miroslaw Szala, Tadeusz Hejwowski

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów odporności na zużycie kawitacyjne napoin na osnowie Ni, w tym powłok do składu NiCrBSi, napoiny wytworzone ze stellite 6 oraz referencyjnych stopów metali. Napoiny na osnowie niklu wykonano metodą napawania płomieniowo-proszkowego, powłokę stelliteową wykonano metodą TIG. Badania kawitacyjne wykonano na stanowisku wibracyjnym w warunkach badań zgodnych z normą ASTM G32. Kawitacja generowana była w wodzie destylowanej z pomocą wibrującej nad stacjonarną próbką końcówki sonotrody.

Określono wpływ mikrostruktury, twardości i mikrotwardości wytworzonych warstw na ich odporność kawitacyjną. Przy użyciu mikroskopii elektronowej dokonano identyfikacji mechanizmu zużywania napoin NiCrBSi. Obserwacje procesu erozji kawitacyjnej prowadzono w oznaczonych obszarach na powierzchni napoin i stopów referencyjnych, po określonych czasach ekspozycji na kawitację. Zbadano zależność pomiędzy odpornością kawitacyjną a twardością i składem chemicznym powłok. Przedstawiono model zużywania kawitacyjnego powłok NiCrBSi. Powłoki objęte badaniami mogą być rozważane do regeneracji elementów maszyn i urządzeń podlegających zużyciu kawitacyjnemu.

Cel badań

- Zbadanie i określenie odporności na erozję kawitacyjną napoin na osnowie niklu oraz napoiny stelliteowej oraz porównanie otrzymanych wyników z wynikami uzyskiwanymi z badań próbek referencyjnych wykonanych ze stopów metali.
- Zweryfikowanie istnienia zależności pomiędzy rezultatami badań i obserwacji, uzyskanymi dla okresu inkubacji erozji kawitacyjnej napoin oraz referencyjnych stopów metali z ich odpornością na zużycie kawitacyjne, wyznaczoną po dłuższych czasach ekspozycji.
- Przeanalizowanie wpływu twardości, składu chemicznego oraz mikrostruktury na odporność kawitacyjną napoin na osnowie niklu.
- Opracowanie modelu erozji kawitacyjnej powłok NiCrBSi.

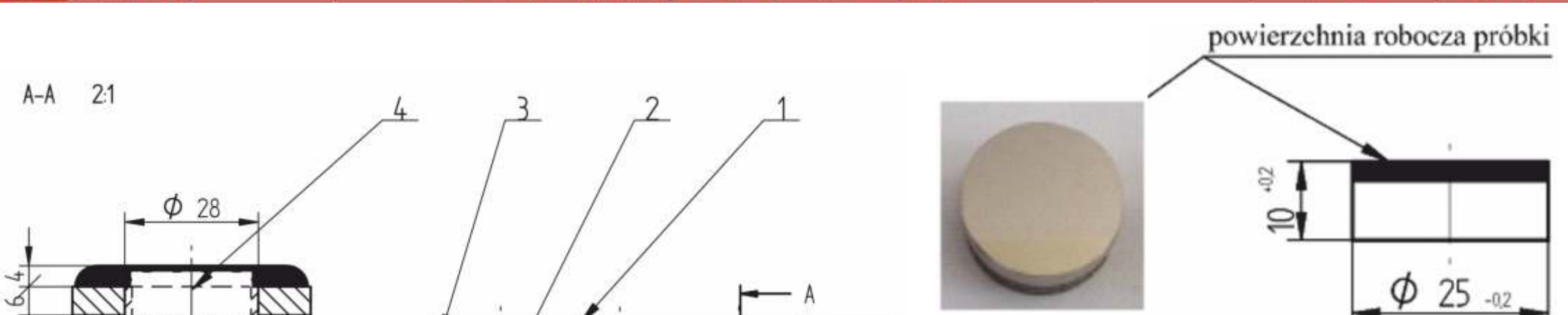
Materiał i metody

Powłoki P1-P5 na osnowie niklu wytworzono z komercyjnych proszków samotopnikujących metodą napawania płomieniowo-proszkowego. Powłoki stelliteowe P6 napawano metodą TIG. Próbki referencyjne R9-R11 stanowią stopy odlewnicze oraz przerobione plastycznie. Tabela I zawiera oznaczenia i charakterystykę badanych próbek.

Powłoki wykonano na płytach próbnych ze stali niestopowej gatunku S235JR, rysunki 1 oraz 2.

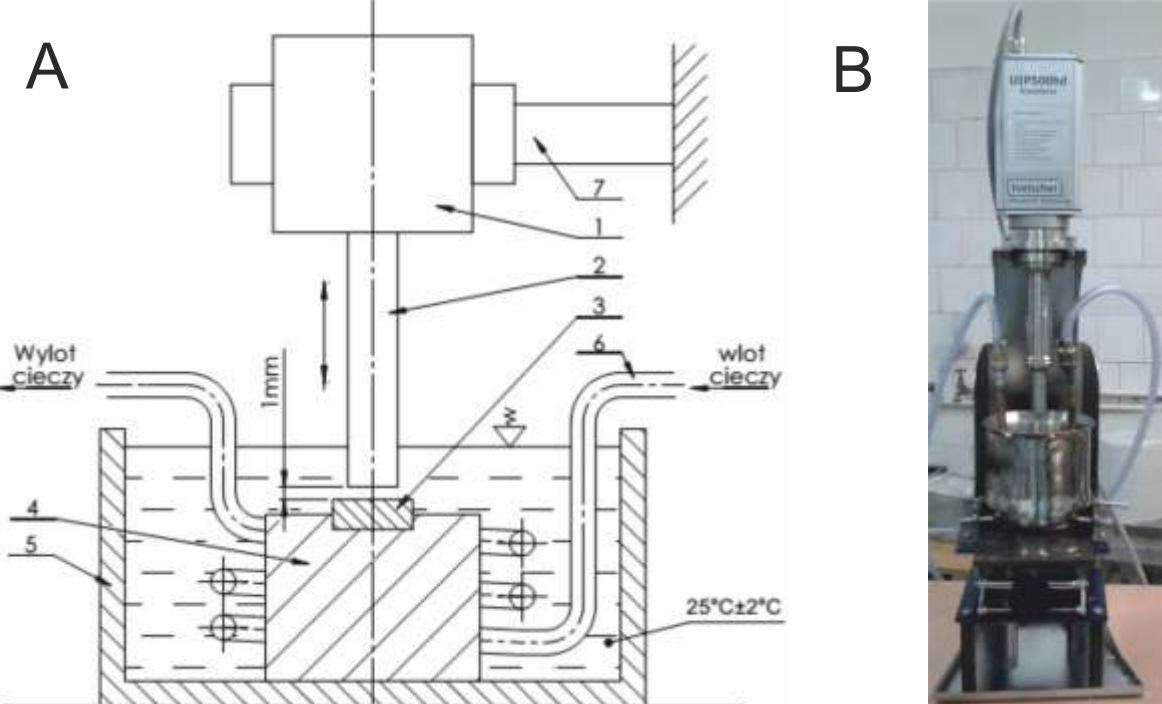
Tabela I. Oznaczenia, nominalne składy chemiczne i właściwości badanych materiałów

Oznaczenia próbek, nazwa handlowa lub gatunek	Nominalny skład chemiczny materiałów dodatkowych oraz referencyjnych stopów metali [% wag.]							Wielkość ziaren proszku [μm]	Właściwości powłok i referencyjnych stopów	
	B	C	Co	Cr	Fe	Ni	Si		Inne	Twardość
P1 Deloro Stellite 60	3,5	0,7	-	15,0	4,0	R	4,5	-	56 HRC	965-1210
P2 Amil AMI 1045	2,8	0,2	-	11,9	3,7	R	3,1	-	45 HRC	ok. 1100
P3 UTP EXOBOND-2005	1,0	0,8	-	8,0	1,6	R	2,3	Al 0,3; WC 15	400 HV (osnowa)	ok. 1040
P4 Colmonoy No. 237	1,3	0,2	-	4,0	-	R	2,8	Inne = 5,1	37-41 HRC	ok. 930
P5 PMNI-35G	1,6	0,1	-	-	1,5	R	1,4	-	300-360 HB	ok. 1000
P6 MOST EL-Co 6	-	1,1	R	28,0	3,0	3,0	1,0	W 4,0	39-46 HRC	1285-1410
R7 X5CrNi18-10	-	≤ 0,07	-	17-19,5	R	8,0-10,5	1,0	N≤0,11; S≤0,015; P≤0,045; Mn≤2,0	max 215 HB	1400-1450
R8 C45	-	0,42-0,5	-	≤0,3	R	≤0,3	0,1-0,4	Mn 0,5-0,8; S≤0,4; P≤0,4; Mo≤0,1	207 HB	1490-1520
R9 EN-GJL-200	-	3,1-3,4	-	-	R	-	1,9-2,3	Mn 0,6-0,9; P≤0,15; S≤0,15	180-240 HB	1130-1200
R10 CuZn40Pb2	Zn 40; Mn≤2; Fe≤1,5; Al≤1,5; Cu – reszta							-	62 HB	ok. 900
R11 AISI11Mg	Si 10,0-11,8; Mg 0,25-0,45; Al – reszta							-	50 HB	ok. 600



Rys. 2. Próbkę użytą do badań kawitacyjnych

Rys. 1. Płyta próbna z wytworzoną napoiną, oznaczono lokalizację miejsc pobrania próbek do badań kawitacyjnych: 1 – napoina, 2 – płyta, 3 – trzpień, 4 – miejsce pobrania próbki do badań

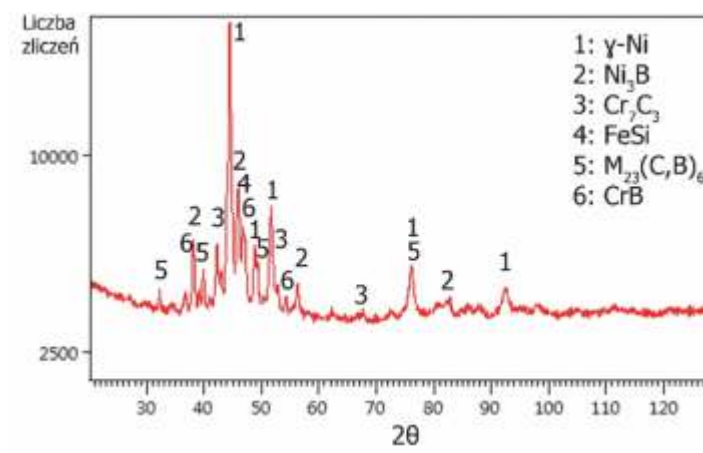


Rys. 3. A – schemat stanowiska, B – fotografia urządzenia badawczego: 1 – przetwornik generatora ultradźwięków, 2 – sonotroda, 3 – próbka, 4 – mocowanie próbki, 5 – naczynie, 6 – układ stabilizujący temperaturę, 7 – statyw

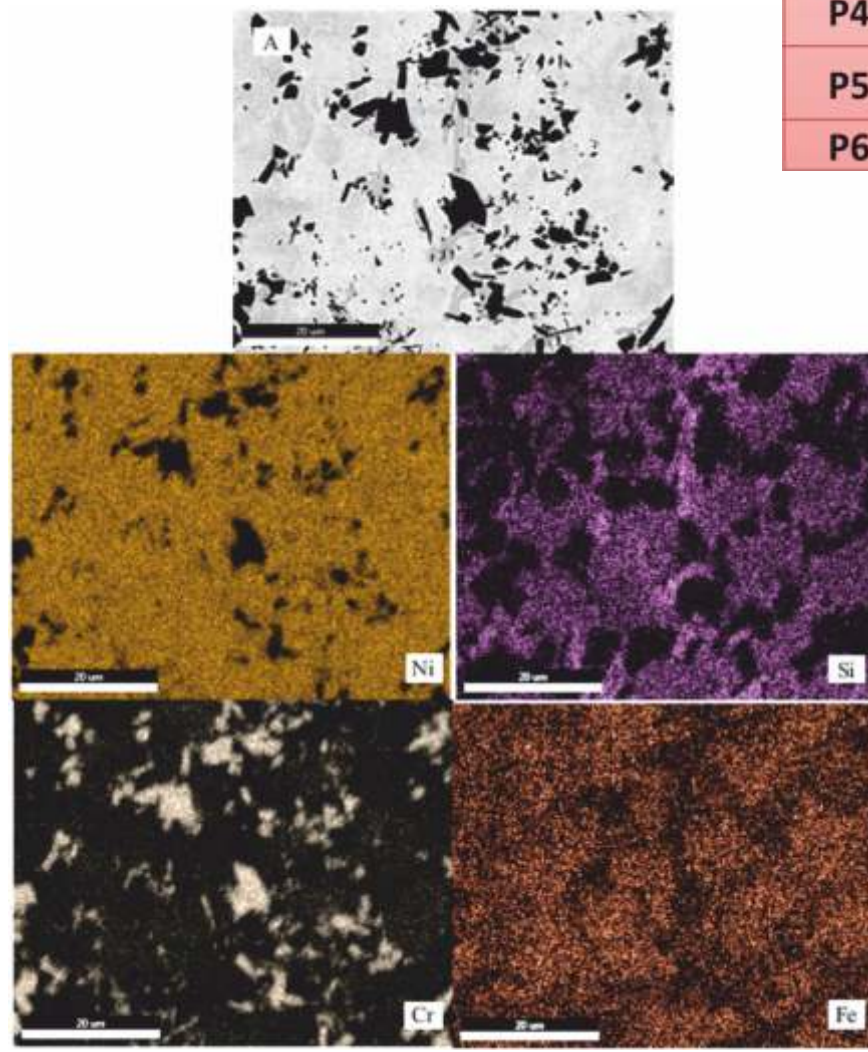
Ocena odporności kawitacyjnej

- Analitycznie: względne i bezwzględne parametry, zgodnie z normą ASTM G32
- Parametryczna metoda pośrednia wg Hattoriego
- Analiza obrazu powierzchni zużycia kawitacyjnego
- Obserwacje przy użyciu mikroskopii optycznej
- Pomiary chropowatości powierzchni 2D i 3D
- Topografia powierzchni
- Obserwacje SEM wybranych obszarów zużycia
- Związki mikrostruktury z opornością kawitacyjną
- Jakościowy opis erozji kawitacyjnej napoin NiCrBSi

Wyniki badań



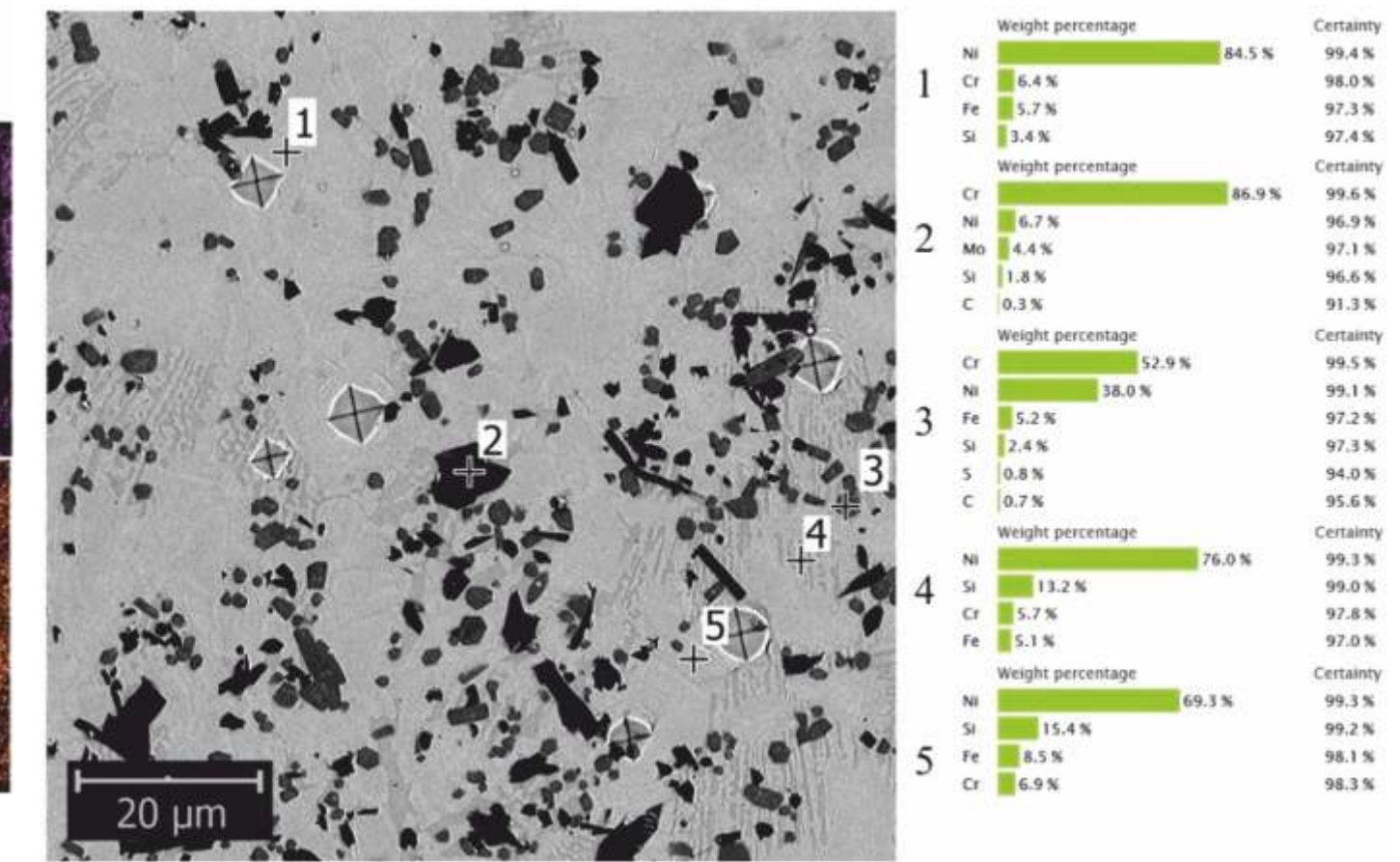
Rys. 4. Badania składu fazowego napoin, XRD



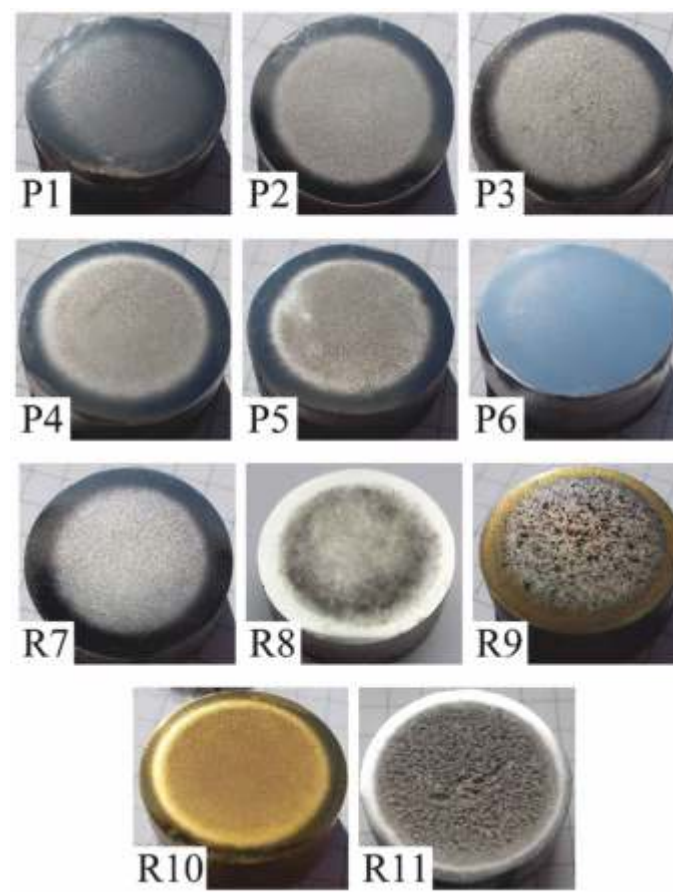
Rys. 5. Powierzchniowy rozkład Ni, Cr, Si, Fe dla obszaru – A, (SEM-EDS)

Tabela II. Wyniki badań ilościowych mikrostruktury oraz wartości rozrzutu twardości głównych składników mikrostruktury

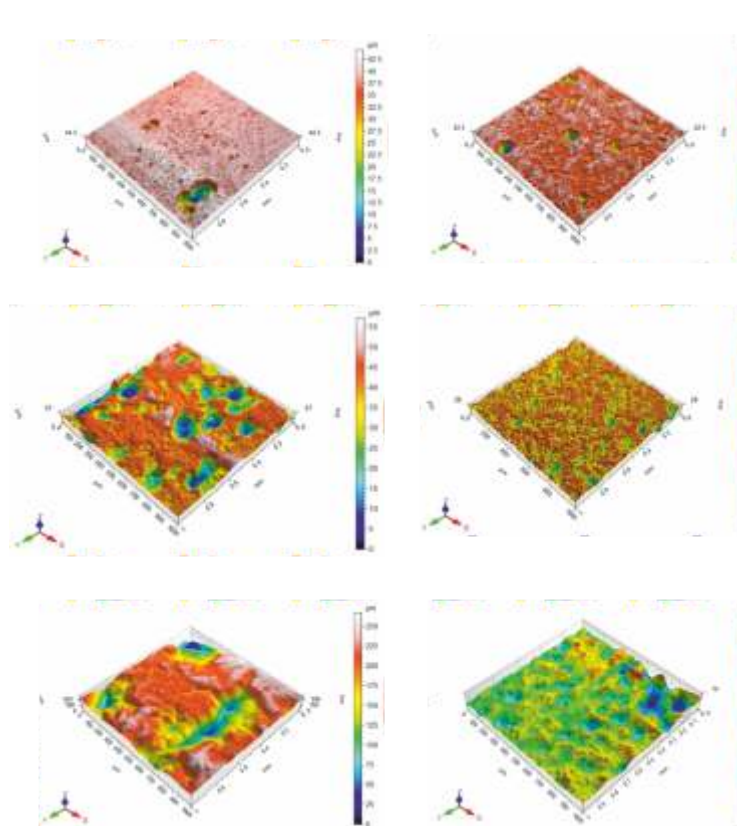
Próbka	Mikrotwardość HV0,01		A _v [%]		Feret _{min} [μm]		Odcz. std.
	Roztwór stali, eutektyka	Węglik, borki	Roztwór stali	Eutektyki	Węglik i borki	Węglik, borki	
P1	362-586, 605-924	1381-1828	Reszta	Reszta	22,49	21,7	2,2
P2	225-489, 513-928	1981-2146	Reszta	Reszta	12,06	29,2	3,6
P3	188-435, 332-500	1447-2365	49,95	35,62	14,45	121,7	16,9
P4	163-271, 290-785	869-1016	39,91	56,67	3,42	14,1	4,2
P5	157-263, 283-519	-	56,17	43,83	-	-	-
P6	356-683	-	58,05	41,95	-	-	-



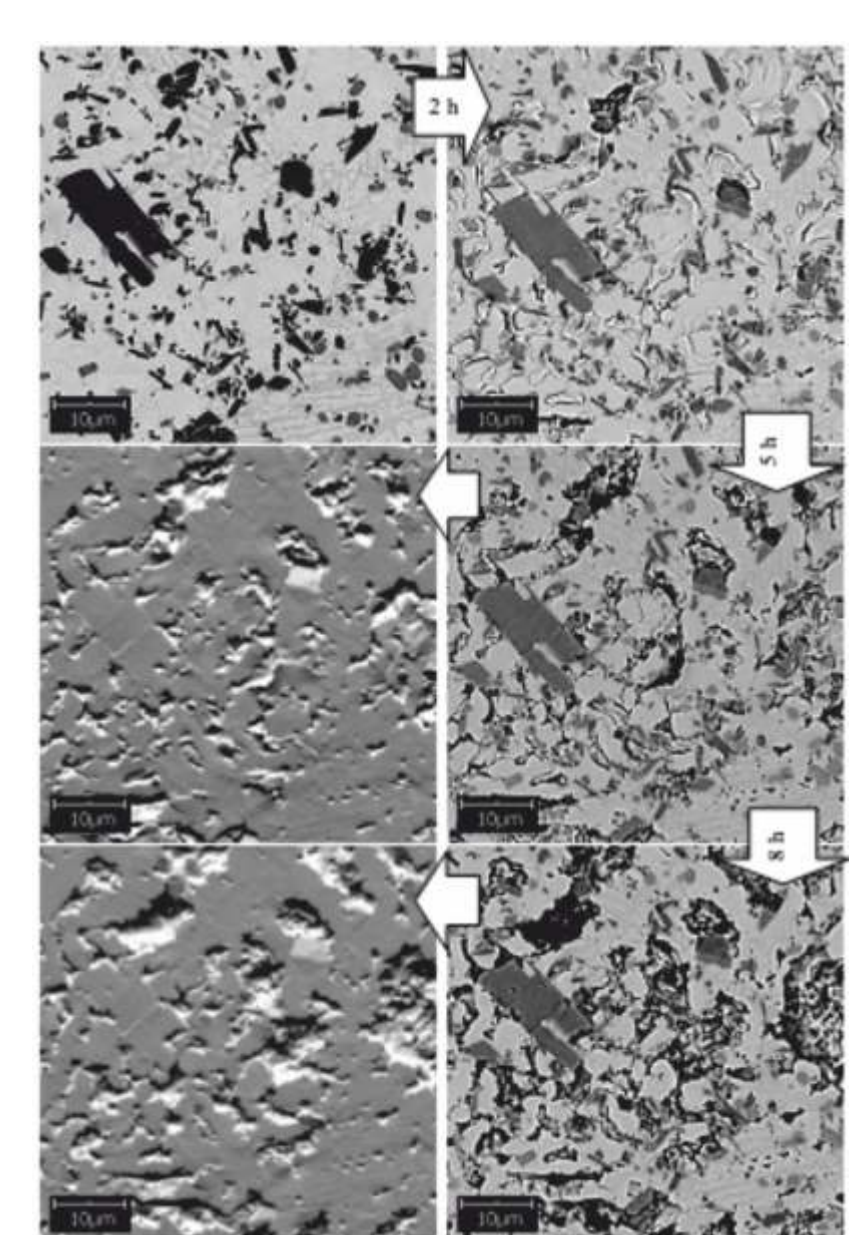
Rys. 6. Mikrostruktura i wyniki punktowej analizy składu (SEM-EDS)



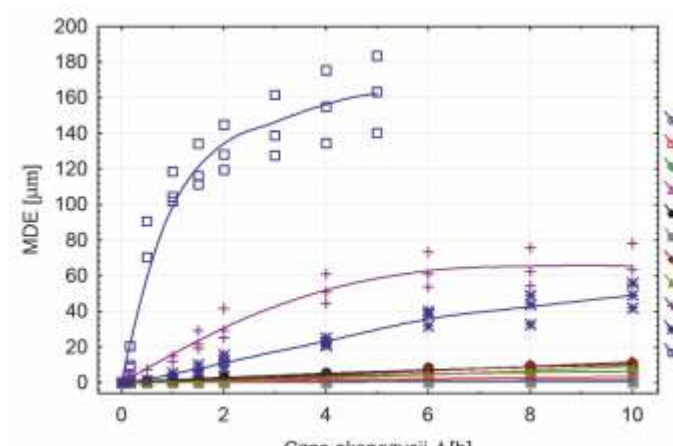
Rys. 7. Próbkę po godzinie badań kawitacyjnych



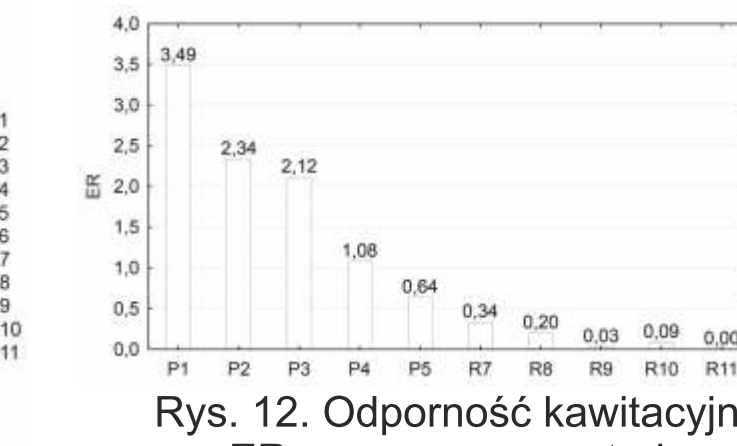
Rys. 8. Topografia powierzchni napoin P1-P4 oraz próbek referencyjnych R9 i R10 po 10 h



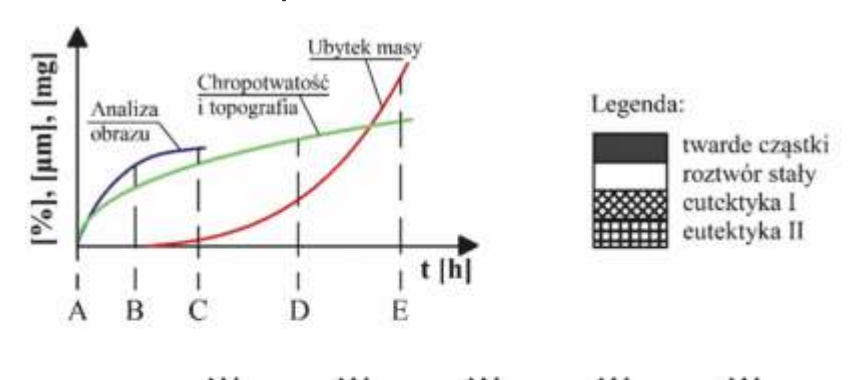
Rys. 9. Zmiany oznaczonego obszaru powłoki P1, SEM



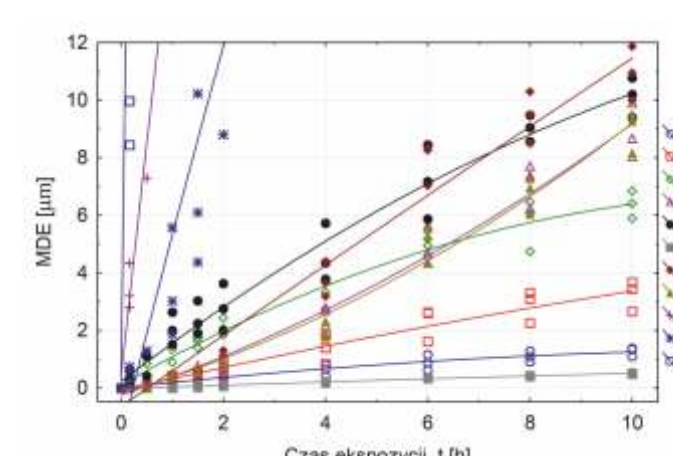
Rys. 10. Zmiana średniej głębokości wżerów erozji kawitacyjnej w czasie, MDE



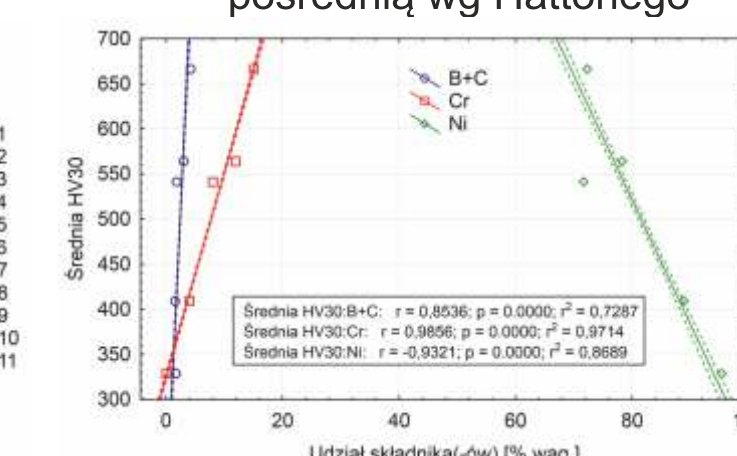
Rys. 12. Odporność kawitacyjna ER wyznaczona metodą pośrednią wg Hattoriego



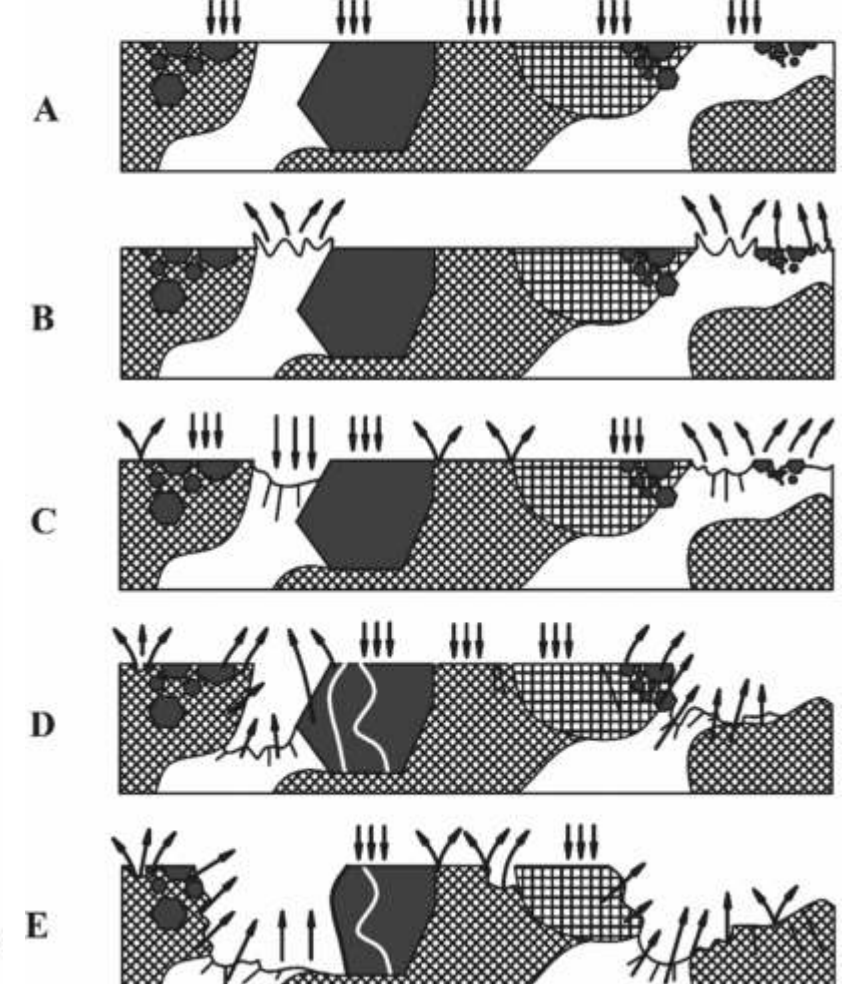
Rys. 13. Wpływ składu chemicznego na twardość powłok na osnowie niklu



Rys. 11. Zależność pomiędzy odpornością kawitacyjną R₀ i czasem inkubacji t₀



Rys. 14. Aproksymacja funkcją wykładniczą zależności R₀ od mediany HV0,01



Rys. 15. Model erozji kawitacyjnej napoin NiCrBSi

Wnioski

- Napoiny NiCrBSi uzyskały wyższą odporność na erozję kawitacyjną niż badane stopy metali.
- Mikrostruktura napoin na osnowie niklu zawierająca dyspersyjne wydzielenia o wielkości poniżej 5 μm wpływa na wzrost odporności na erozję kawitacyjną.
- Stwierdzono wpływ twardości HV na odporność kawitacyjną R₀ badanych materiałów.
- Wyznaczono zależności pomiędzy R₀ i HV oraz R₀ i t₀: R₀=0,2524*exp(0,0046*HV) oraz R₀=0,8151*exp(1,4796*t₀)
- Opracowano model erozji kawitacyjnej powłok NiCrBSi.
- Badane napoiny mogą być rozważane do regeneracji elementów maszyn i urządzeń podlegających zużyciu kawitacyjnemu.

Kontakt:
Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Katedra Inżynierii Materiałowej
ul. Nadbystrzycka 36D, 20-618 Lublin
adres www: www.kim.pollub.pl
email: m.szala@pollub.pl

58.

KONFERENCJA SPAWALNICZA

TECHNOLOGIE XXI WIEKU



18-20.10.2016; Sosnowiec