ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: TRANSPORT z. 44 Nr kol. 1562

Piotr ADAMIEC, Jerzy DZIUBIŃSKI, Henryk BĄKOWSKI

ODPORNOŚĆ ŻELIW CHROMOWYCH NA ZUŻYCIE W UKŁADZIE METAL - METAL

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono badania zużycia napoin o strukturze żeliw chromowych w układzie metal-metal na stanowisku Timkena. Stwierdzono korzystny efekt obecności węglików pierwotnych typu M_7C_3, która zwiększała odporność na zużycie.

RESISTANCE OF CHROMIUM CAST IRON ON WEAR IN METAL - METAL SYSTEM

Summary. Investigations of the wear resistance of padding welds of chromium cast iron structure in the metal-metal systemon the Timken stand have been carried out. The advantageous effect of the presence of primary carbidies M_7C_3 type on the wear resistance has been found.

1. WPROWADZENIE

Żeliwa chromowe są często wykorzystywane do budowy elementów pracujących w warunkach zużycia typu metal-minerał-metal, np. do budowy elementów maszyn pracujących w ziemi, płyt kruszarek lub młynów. Struktura i własności tych żeliw zależą głównie od zawartości węgla i chromu oraz od struktury charakteryzującej osnowę wydzielenia węglików.

W przemyśle bardzo często do wytwarzania elementów pracujących w warunkach dużego zużycia ściernego stosuje się napawanie warstw wierzchnich, w tym również warstw o składzie żeliw chromowych [1]. Napoiny także, oprócz dużej odporności na ścieranie, cechują się dużą odpornością na oddziaływanie wysokich temperatur oraz wykazują odporność na korozję chemiczną w obecności wielu mediów chemicznych. Wymienione właściwości napoin mogą mieć również istotne znaczenie w eksploatacji elementów pracujących w układzie metal-metal.

W pracy badano odporność żeliw chromowych na zużycie w takim układzie w obecności środka smarnego na stanowisku Timkena umożliwiającym badania typu rolka-klocek.

2. MATERIAŁY STOSOWANE DO BADAŃ

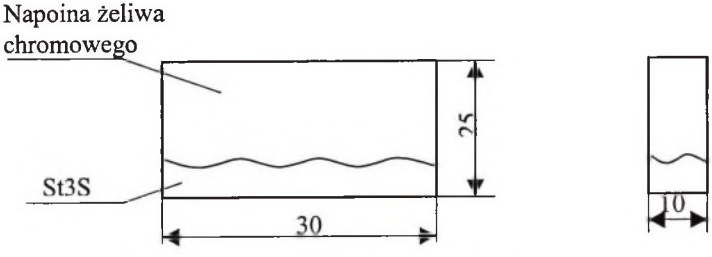
Do badań wykorzystano płyty próbne napawane drutami proszkowymi w Instytucie Spawalnictwa (tablica 1).

Tablica 1

Zestawienie napoin wykorzystywanych do badań

Oznaczenie próbki	Skład chemiczny (%)				Twardość [HV]
	C	Cr	Mn	Si	
W18	5,05	28,65	0,72	0,34	620
W19	5,14	23,52	0,86	0,38	640
W20	5,20	16,26	0,98	0,56	700
W21	3,67	31,25	0,70	1,42	580
W22	3,73	23,72	0,80	1,50	640
W23	3,66	16,67	1,00	1,38	540
W28	2,05	29,04	0,88	0,43	400
W29	1,99	21,63	0,88	0,31	500
W30	1,98	14,99	0,87	0,27	560
W31	3,50	22,50	0,50	1,25	670

Z napawanych płyt próbnych wykonano próbki do badań zużycia. Wymiary próbek przedstawiono na rys. 1.

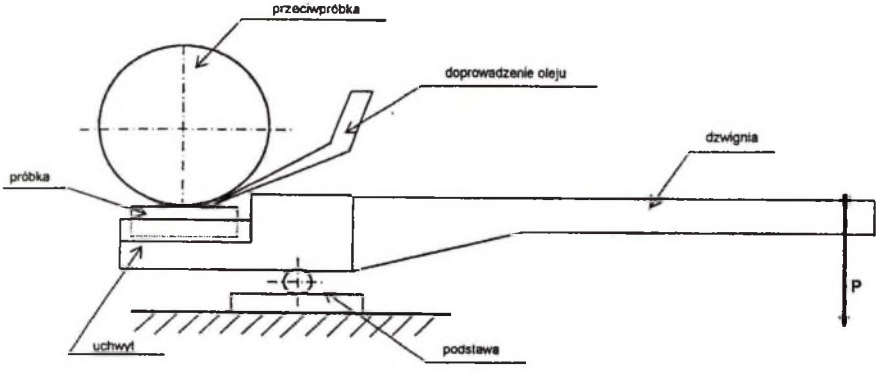


Rys. 1. Próbka do badania zużycia kontaktowego
Fig. 1. Specimen to contact wear testing

3. URZĄDZENIA DO BADAŃ

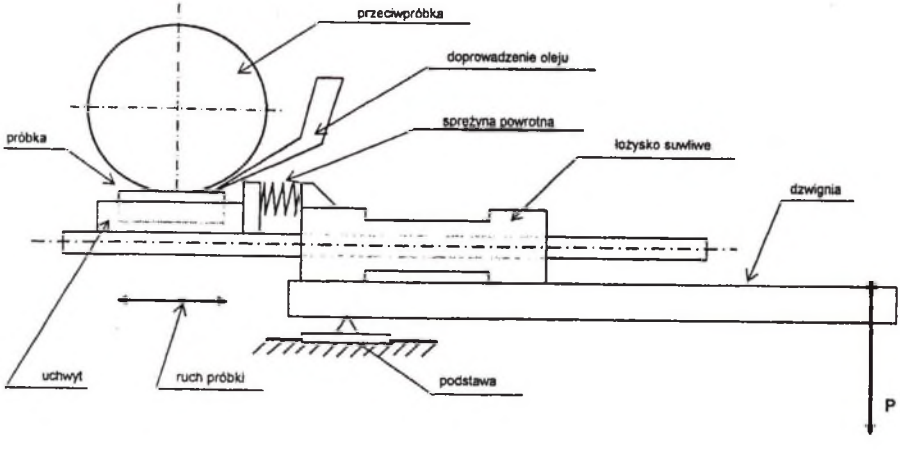
Badania zużycia kontaktowego przeprowadzono na stanowisku Timkena (rys. 2) w układzie rolka-klocek przy obciążeniu P=1,5 kg w obecności środka smarnego.

Do smarowania wykorzystano olej Hipol 15. Jako przeciwpróbkę zastosowano pierścień ze stali ŁH 15 o twardości 62 HRC i chropowatości R_a = 0,63 oraz R_z = 3,2.



Rys. 2. Stanowisko Timkena do badań zużycia w układzie rolka - klocek
Fig. 2. Timken stand to wear testing in roll - block system

Przeprowadzono również badania zużycia w układzie rolka-klocek z dodatkowym wymuszonym ruchem posuwisto-zwrotnym o amplitudzie 6 mm, którego schemat przedstawiono na rys. 3.



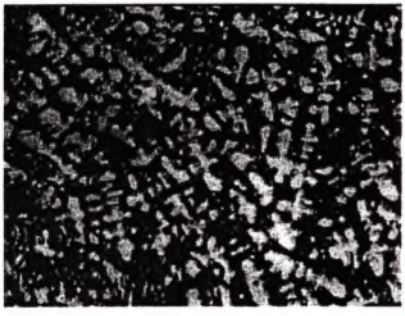
Rys. 3. Stanowisko do badań zużycia w układzie rolka - klocek z wymuszonym ruchem posuwisto-zwrotnym
Fig. 3. Timken stand wear testing in roll - block system with forced reciprocating movement

W badaniach stosowano nacisk N = 153 MPa.

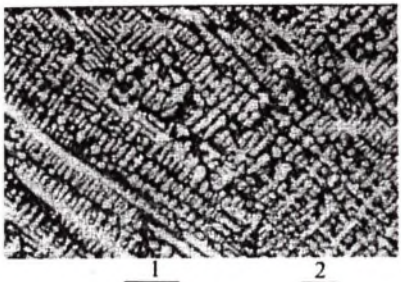
4. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzono badania metalograficzne napoin wykorzystując obserwacje na mikroskopie świetlnym Noephot 32, przy powiększeniu 200x oraz na mikroskopie skaningowym Hitachi S-4200 przy powiększeniu 200 ÷ 7000x, charakterystyczne struktury przedstawiono na rys. 4÷7.

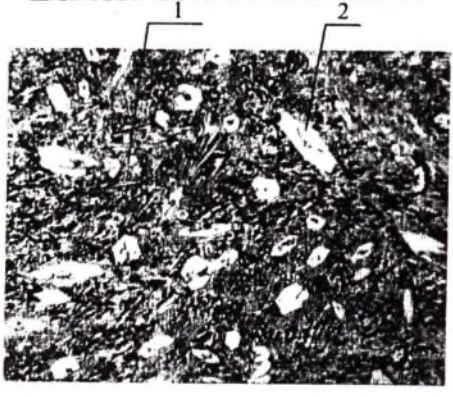
Rys. 4. Struktura próbki W28. Widoczne jasne ziarna austenitu w osnowie mieszaniny austenitu i węglików.
Pow. 2000x, trawiona w odczynniku Villela
Fig. 4. The structure of specimen W28



Rys. 5. Struktura próbki W29. Widoczne dendrytyczne jasne ziarna austenitu oraz eutektyka austenityczno-węglikowa.
Pow. 2000x, trawiona w odczynniku Villela
Fig. 5. The structure of specimen W29



Rys. 6. Struktura próbki W30. Widoczne dendrytyczne jasne ziarna austenitu oraz eutektyka austenityczno-węglikowa.
Pow. 2000x, trawiona w odczynniku Villela
Fig. 6. The structure of specimen W30



Rys. 7. Struktura napoiny W31:
1- drobne węgliki w osnowie austenitycznej,
2- węgliki pierwotne typu M_7C_3 o kształcie heksagonalnym.
Pow. 600x, trawiona w odczynniku Villela
Fig. 7. The structure of specimen W31

5. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań zużycia na stanowisku Timkena zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Wyniki badań zużycia napoin na stanowisku Timkena

Lp.	Symbol próbki	Liczba cykli	Pole powierzchni śladu zużycia Ps $[m^2] \cdot 10^{-6}$	Zużycie wagowe Z_g $[g] \cdot 10^{-2}$	Wskaźnik odporności na zużycie R_V $[1/g] \cdot 10^2$
1.	W18	200 000	8,33	0,0057	175,43
		150 000	7,37	0,0043	232,55
		100 000	6,11	0,0029	344,82
		50 000	4,49	0,0016	625,00
2.	W19	200 000	7,34	0,0065	153,84
		150 000	5,31	0,0054	185,18
		100 000	3,86	0,0046	217,39
		50 000	2,57	0,0038	263,15
3.	W20	200 000	8,51	0,0075	133,33
		150 000	7,72	0,0062	161,29
		100 000	5,94	0,0051	196,07
		50 000	5,12	0,0039	256,41
4.	W21	200 000	7,01	0,0063	158,73
		150 000	5,61	0,0043	232,55
		100 000	4,84	0,0022	454,54
		50 000	3,98	0,0017	588,23
5.	W22	200 000	5,81	0,0041	243,90
		150 000	4,77	0,0025	400,00
		100 000	3,45	0,0011	909,09
		50 000	2,53	0,0005	2000,00
6.	W23	200 000	7,26	0,0056	178,57
		150 000	6,63	0,0037	270,27
		100 000	5,62	0,0020	500,00
		50 000	4,52	0,0016	625,00
7.	W28	200 000	11,50	0,0104	96,15
		150 000	10,48	0,0057	175,43
		100 000	8,80	0,0041	243,90
		50 000	4,51	0,0019	526,31
8.	W29	200 000	10,16	0,0071	140,84
		150 000	8,52	0,0047	212,76
		100 000	6,36	0,0021	476,19
		50 000	3,89	0,0005	2000,00
9.	W30	200 000	11,12	0,0086	116,27
		150 000	9,73	0,0063	158,73
		100 000	7,69	0,0028	357,14
		50 000	4,00	0,0014	714,28
10.	W31	200 000	4,72	0,0014	714,28
		150 000	4,32	0,0011	909,09
		100 000	3,13	0,0010	1000,00
		50 000	2,05	0,0003	3333,33

W tablicy 2 zestawiono wyniki zużycia wagowego Z_g wyrażonego w gramach oraz wskaźnik odporności na zużycie R_V, stanowiący odwrotność zużycia wagowego.

Wyniki zużycia M – M z dodatkowym ruchem posuwisto-zwrotnym w formie ilości zliczonych wyrw na powierzchni próbki zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Wyniki badań zużycia napoin na stanowisku Timkena z wymuszonym ruchem posuwisto-zwrotnym

Symbol próbki	Liczba cykli	Zużycie wagowe	Ilość wyrw
W31	200 000	0,0014	146
	150 000	0,0011	85
	100 000	0,0010	38
	50 000	0,0003	8

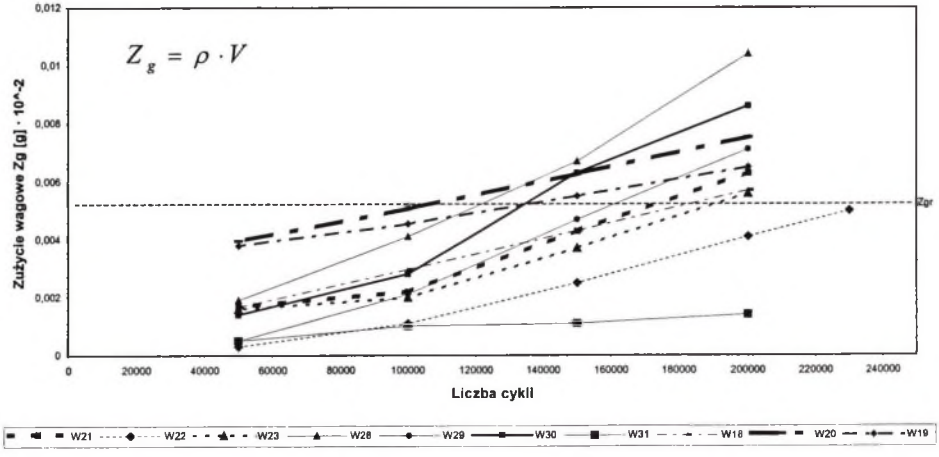
6. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzono badania napoin o strukturze żeliw chromowych zawierających od 1,98 do 5,20% C oraz od 14,99 do 31,25% Cr. Stwierdzono obecność w napoinach zróżnicowanych struktur ledeburytycznych, od struktur podeutektycznych i eutektycznych w obszarze pierwszej warstwy napoiny do struktur nadeutektycznych zawierających duże węgliki pierwotne typu M_7C_3 w warstwach ostatnich (rys. 4÷7).

Badania zużycia w układzie metal-metal na stanowisku Timkena wskazują na występowanie zużycia ścierno-adhezyjnego dla wszystkich badanych wypadków, przy czym obserwowano na powierzchniach zużycia próbek rysy oraz wyrwy adhezyjne.

W niektórych przypadkach występowały na powierzchni efekty odkształcenia w postaci płatkowych produktów zużycia wskazujące obecność zjawiska delaminacji, typowego dla zużycia żeliw sferoidalnych, o czym wspomina się w pracy [2].

Wyniki zużycia wagowego próbek wskazują na jego proporcjonalny wzrost wraz ze wzrostem ilości cykli (rys. 8).

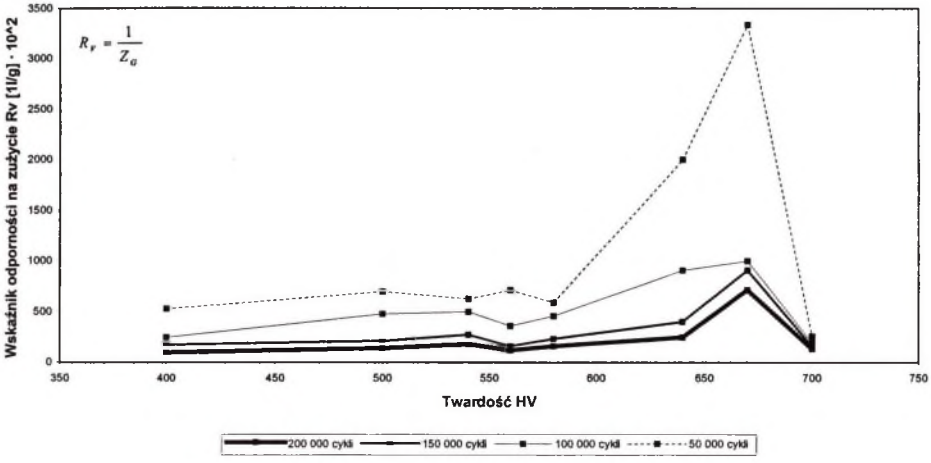


Rys. 8. Zużycie wagowe badanych napoin

Fig. 8. Weight wear of tested padding welds

O wielkości zużycia decyduje głównie struktura napoin, tzn. duże ich zużycie obserwuje się dla napoin o strukturze żeliwa podeutektycznego (np. W28), natomiast napoiny o strukturze nadeutektycznej, w której obserwowano wydzielenia dużych węglików typu M_7C_3 cechują się małą intensywnością zużycia i wyraźnie większą odpornością na zużycie w układzie metal-metal (np. W31).

Analiza wyników twardości napoin na ich zużycie wskazuje na istotny jej wpływ dopiero przy wartości powyżej 580 HV, przy czym dla tak wysokich twardości obserwuje się bardzo dużą odporność napoin na zużycie, która z kolei gwałtownie maleje od wartości ok. 670 HV.



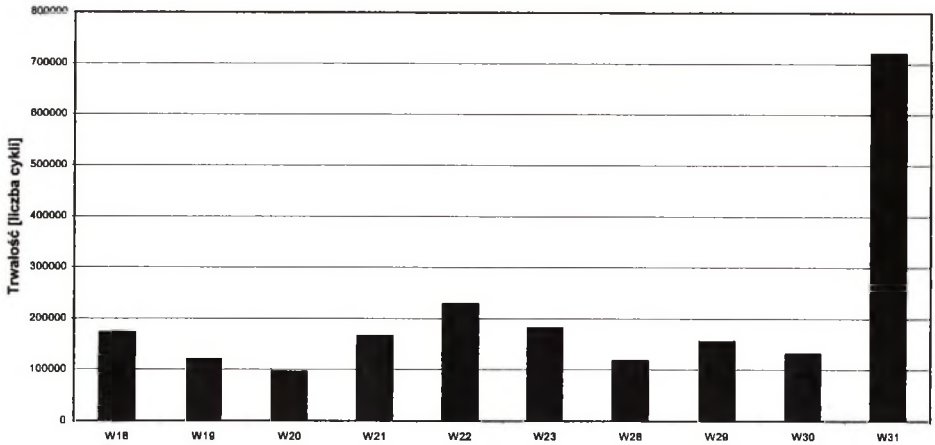
Rys. 9. Wykres zależności odporności na zużycie próbek z żeliwa chromowego od ich twardości przy naciskach N=153 MPa i tarciu w oleju

Fig. 9. Chromium cast iron wear resistance versus hardness. Pressure N=153 MPa, friction in oil

Pewnym wytłumaczeniem tego zjawiska może być efekt struktury kompozytowej napoiny, tzn. w osnowie ledeburytu występują bardzo twarde węgliki typu M_7C_3, które wyraźnie ograniczają zużycie napoin.

Dla żeliw chromowych o większej twardości dochodzącej do 700 HV, zawierających od 5,05% do 5,20% węgla i 16,26% do 28,65% chromu, proces napawania prowadzi do powstania pęknięć. W tej sytuacji obniżona odporność na zużycie może być wynikiem występowania nieciągłości struktury w postaci rys i pęknięć.

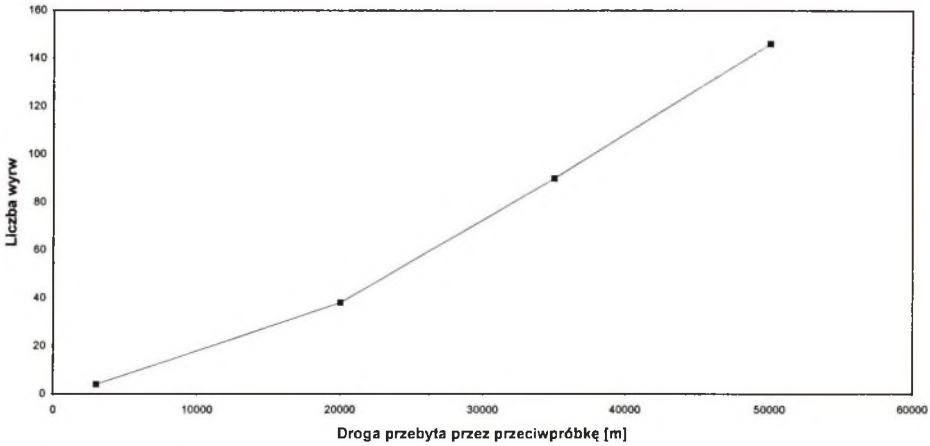
Podobny efekt korzystnej obecności węglików pierwotnych można zaobserwować przy analizie trwałości próbek napoin o strukturze żeliw chromowych. Zastosowane kryterium zużycia granicznego, równego Z_{gr}= 0,005 · 10^{-2} g, umożliwia porównanie trwałości dla poszczególnych próbek (rys. 10).



Rys. 10. Wykres trwałości badanych napoin
Fig. 10. Durability of tested padding welds

W przypadku analizy wyników zużycia próbek na stanowisku Timkena przy dodatkowym wymuszeniu ruchu posuwisto-zwrotnego obserwuje się wzrost ilości wyrw na powierzchni zużycia (rys. 11).

Rośnie również ilość płatkowych produktów zużycia na powierzchni próbki (rys. 12), których obecność wskazuje na większy udział delaminacji w procesie zużycia, co związane jest z dużym odkształceniem i zjawiskami zmęczenia kontaktowego w obszarze styku badanych próbek.



Rys.11. Wykres zależności liczby powstałych wyrw od długości drogi przebytej
Fig. 11. Number of craters versus length of friction way

Rys. 12. Powierzchnia zużycia próbki W29. Widoczne rysy oraz płatkowe produkty zużycia, przebieg 200000 cykli, pow. 200x
Fig. 12. The wear surface of specimen W29

7. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań zużycia napoin o strukturze żeliwa chromowego w warunkach tarcia metal-metal w obecności środka smarnego stwierdzono, że:

1. Napawanie stali St3S drutami proszkowymi pozwala uzyskać napoiny o twardości 400 ÷ 700 HV i złożonych strukturach ledeburytycznych począwszy od struktury zbliżonej do eutektycznej w obszarze warstwy pierwszej napoiny do struktury nadeutektycznej zawierającej węgliki pierwotne typu M_7C_3 w warstwie wierzchniej.
2. Zużycie napoin o składzie żeliw chromowych w układzie metal-metal ma formę zużycia ścierno-adhezyjnego i rośnie wraz ze wzrostem czasu próby. Zastosowanie wymuszenia ruchu posuwisto-zwrotnego próbki zwiększa udział zużycia adhezyjnego w postaci delaminacji i wyrw na badanej powierzchni, których liczba rośnie wraz ze wzrostem czasu próby.
3. Korzystny wpływ twardości napoin na ich odporność na zużycie i trwałość obserwuje się dla wartości powyżej 580 HV. Wynika on z obecności węglików pierwotnych typu M_7C_3 w strukturze napoin.
4. Badania wykazały, że najwyższą odpornością na zużycie w układzie metal-metal cechuje się napoina oznaczona symbolem W31 o strukturze nadeutektycznej, natomiast najniższą odporność na zużycie wykazywała napoina W28 o strukturze podeutektycznej oraz napoina W20.

Literatura

1. Adamiec P., Dziubiński J.: Problemy przy napawaniu i eksploatacji regenerowanych elementów maszyn transportowych. Wydawnictwo PAN Szumacher, Kielce 1997.
2. Stanik Z.: Analiza przyczyn nadmiernego zużycia krzywek wałków rozrządu. Politechnika Śląska. Praca doktorska, Katowice 2001.

Recenzent: Dr hab. inż. Edmund Tasak, prof. AGH

Abstract

The wear resistance investigations of padding welds of chromium cast iron structure in the metal-metal system on the Timken stand have been carried out. The abrasive-adhesive wear of the chromium cast iron has been found.

The advantageous effect of the presence of primary carbidies M_7C_3 type on the wear resistance has been found. This advantageous effect has been observed for padding welds of hardness above 580 HV.

Praca wykonana w ramach BK-240/RM 10-1/2002.