

**Aneta MAŃKOWSKA^{*}, Remigiusz MICHALCZEWSKI^{*},
Marian SZCZEREK^{**}, Jan WULCZYŃSKI^{*}**

NISKOTEMPERATUROWE CHARAKTERYSTYKI TRIBOLOGICZNE STALOWYCH SKOJARZEŃ CIERNYCH

LOW-TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF STEEL FRICTION COUPLES

Słowa kluczowe:

tarcie technicznie suche, zużycie, niska temperatura

Key words:

dry friction, wear, low temperature

Streszczenie

Dane zawarte w katalogach materiałowych dotyczące właściwości tribologicznych materiałów podawane są dla warunków pracy w temperaturach dodatnich, co może być błędne w przypadku ich wykorzystania przy doborze materiałów na pary tarciove przeznaczone do pracy w niskich temperaturach. Istniejące metody badawcze realizowane w pokojowej

^{*} Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Pułaskiego 6/10, 260-600 Radom, tel. (48) 364-42-41, fax (048) 36-447-65.

^{**} Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, ul. Krasickiego 54, 26-600 Radom.

temperaturze otoczenia nie pozwalają na wnioskowanie o tarciovo-zużyciowych charakterystykach materiałów w warunkach niskich temperatur.

Celem przedstawionej w niniejszym artykule pracy było porównanie charakterystyk tribologicznych uzyskiwanych dla powszechnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych w warunkach temperatur dodatnich oraz ujemnych.

Badania z wykorzystaniem opracowanego w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB urządzenia badawczego o symbolu T-25, przeznaczonego do badań w niskich temperaturach w ślizgowym styku trzpień–tarcza (pozwalającego na oziębianie węzła tarcia do temperatury -60°C), przeprowadzono dla stalowych skojarzeń: C45/100Cr6, CT120/100Cr6 i 100Cr6/100Cr6.

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że w obniżonych temperaturach średnia wartość współczynnika tarcia, dla wszystkich przebadanych skojarzeń, jest różna (w zbadanych przypadkach – większa) niż uzyskiwana w temperaturze pokojowej. Dla każdego skojarzenia materiałowego istnieje temperatura, w której uzyskano minimum zużycia; wynosi ona odpowiednio: -10°C dla skojarzenia C45/100Cr6, 0°C dla CT120/100Cr6 i -45°C dla 100Cr6/100Cr6.

WPROWADZENIE

Liczne badania tribologiczne przeprowadzone przez wielu autorów dowiodły, że na przebieg tarcia i zużycia elementów oprócz zadawanych parametrów pracy węzła tarcia (obciążenie, prędkość poślizgu, droga tarcia) [L. 1, 2], niekontrolowanych (np. drgania maszyny) [L. 3, 4] ma również duży wpływ otoczenie (wilgotność, rodzaj medium otaczającego, próżnia oraz temperatura) [L. 5, 6].

Przy pewnej krytycznej wartości tych wielkości osiągnięta zostaje energia aktywacji, powodująca przemiany fazowe i strukturalne w warstwach przypowierzchniowych [L. 7]. W przypadku stali mogą następować procesy hartowania tarciowego i/lub odpuszczania wierzchołków nierówności powodując tworzenie tak zwanych tarciowych struktur wtórnych. Zmiana temperatury początkowej trących elementów (temperatury masowej) powoduje zmiany warunków tworzenia się tych struktur, które w istotny sposób wpływają na charakterystyki tarciovo-zużyciowe. Temperatura otoczenia węzła tarcia wpływa również na właściwości fizyczne

i wytrzymałościowe materiałów trących [L. 8] oraz na tworzenie tlenkowych struktur wtórnych [L. 9–11], co również znajduje odzwierciedlenie w charakterystykach tarciovych i zużyciu elementów trących.

Dane zawarte w katalogach materiałowych, dotyczące właściwości tribologicznych materiałów, podawane są najczęściej dla warunków temperatur dodatnich. W niskich temperaturach właściwości te mogą ulec radykalnym zmianom [L. 7, 12, 13]. Nie można więc tych danych wykorzystywać w przypadku materiałów na pary trące przeznaczone do pracy w niskich temperaturach.

Z problemem trwałości węzłów tarcia w niskich temperaturach spotykamy się niejednokrotnie przy wprowadzaniu do praktyki inżynierskiej nowego materiału (materiały kompozytowe, elementy z powłokami) lub nowej technologii (systemy zasilania ciekłym lub gazowym wodorem, zbiorniki na sprężony tlen lub azot), czy też pracy urządzeń w klimacie o niskich temperaturach (północne rejony globu, przestrzeń powietrzna). Przy pracy węzła tarcia w niskiej temperaturze najczęściej nie można stosować smarów w postaci olejów lub smarów plastycznych ze względu na zbyt wysoką temperaturę ich krzepnięcia. Wobec czego skojarzenia tarciove bardzo często pracują „na sucho”.

Poznanie zjawisk i procesów zachodzących w czasie pracy wyżej wymienionych węzłów tarcia wymaga badań w temperaturach ujemnych. Jedynie na ich podstawie można poznać mechanizmy zużywania i właściwie dobrać współpracujące materiały.

Badania tribologiczne w niskich temperaturach wymagają zastosowania specjalnej, drogiej i trudno dostępnej aparatury [L. 13–16], co w Polsce stanowiło poważną przeszkodę w rozwoju inżynierii materiałów. W Zakładzie Tribologii Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu, w oparciu o wcześniejsze prace, opracowano metodykę badań oraz zbudowano urządzenie badawcze typu trzpień–tarcza do badań w niskich temperaturach, oznaczone symbolem T-25.

Za pomocą tego urządzenia przeprowadzona została seria badań eksperymentalnych, których fragment przedstawiono w niniejszym artykule.

Celem pracy było porównanie charakterystyk tribologicznych używanych dla powszechnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych w warunkach temperatur dodatnich oraz ujemnych.

Uzyskane wyniki przyczynią się do rozwoju inżynierii materiałowej, zwłaszcza w zakresie nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych przeznaczonych na elementy węzłów tarcia pracujących w niskich temperaturach.

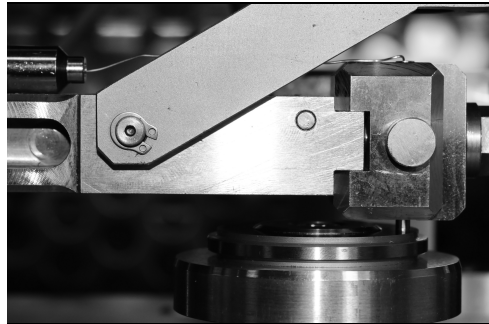
METODYKA BADAŃ

Badania wykonano na urządzeniu typu trzpień–tarcza (T-25) przeznaczonym do prowadzenia badań tribologicznych w niskich temperaturach (Rys. 1) [L. 17, 18].

a)



b)

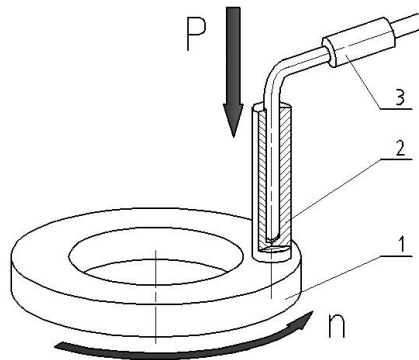


Rys. 1. Stanowisko badawcze T-25 do badań w niskich temperaturach: a) widok, b) głowica badawcza

Fig. 1. T-25 low temperature testing rig: a) the view, b) test head

Urządzenie pozwala na wyznaczanie charakterystyk tarciovych i zużyciowych elementów wykonanych z metali, tworzyw sztucznych, ceramiki oraz gumy, a także elementów poddanych cieplno-chemicznej obróbce powierzchniowej, elementów z powłokami przeciwtarciovymi i przeciwzużyciowymi oraz smarów przeznaczonych do pracy w niskich temperaturach w zakresie do -60°C .

Skojarzenie badawcze składało się z próbki w postaci nieruchomego trzpienia o średnicy 3 mm dociskanego siłą 10 N do obracającej się przeciwpróbki (tarczy). Nominalna wartość nacisków pomiędzy tarczą a trzpieniem wynosiła $p = 1,4 \text{ MPa}$. Prędkość poślizgu wynosiła $v = 0,1 \text{ m/s}$, a droga tarcia $s = 1000 \text{ m}$. Węzeł tarcia umieszczony był w izolowanej komorze chłodniczej, pozwalającej na oziębianie i utrzymywanie stałej temperatury w jej wnętrzu. W trakcie badań dokonywano rejestracji siły tarcia i temperatury masowej otoczenia węzła tarcia. Pomiaru temperatury dokonywano termoelementem umieszczonym w pobliżu węzła tarcia (Rys. 2).



Rys. 2. Schemat węzła tarcia: 1 – tarcza, 2 – trzpień, 3 – termoelement

Fig. 2. The friction pair: 1 – disk, 2 – pin, 3 – thermocouple

Do badań wytypowano trzy rodzaje powszechnie stosowanych stali: konstrukcyjną C45, narzędziową CT120 i łożyskową 100Cr6. Skład chemiczny wybranych stali zestawiono w **Tab. 1**.

Tabela 1. Skład chemiczny wybranych stali [L. 19]

Table 1. Elementary composition of the selected steels [L. 19]

Materiał trzpienia	Skład chemiczny [%]								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
C45	0,42–0,5	0,5–0,8	0,1–0,4	Max 0,04	Max 0,04	Max 0,3	Max 0,3	Max 0,1	Max 0,3
CT120	1,15–1,24	0,15–0,3	0,15–0,3	Max 0,025	Max 0,025	Max 0,15	Max 0,2	Max 0,2	Max 0,2
100Cr6	0,95–1,1	0,25–0,45	0,15–0,35	Max 0,025	Max 0,025	1,3–1,65	Max 0,3	–	Max 0,3

Stal C45, konstrukcyjna, węglowa – stosowana jest najczęściej w postaci ulepszonej cieplnie, do twardości około 30 HRC (struktura sorbitu o zwiększonej ciągliwości i udarność), na średnio obciążone elementy maszyn (osie, wały, koła zębate, tarcze). Stal CT120 to narzędziowa stal węglowa, płytko hartująca się, stosowana do wyrobu narzędzi do pracy na zimno, hartowana i niskoodpuszczana do twardości około 63 HRC

(w strukturze martenzyt z wydzielinami cementytu Fe_3C). Stal 100Cr6 to typowa stal stosowana na elementy łożysk tocznych do pracy w umiarkowanych temperaturach, hartowana i niskoopuszczana do twardości około 62 HRC (w strukturze drobnoziarnisty martenzyt z drobnymi wtrąceniami węglików głównie chromu).

Próbki do badań z wybranych materiałów poddano obróbce cieplnej, a ich twardości i chropowatości powierzchni wyrażone parametrem Ra zestawiono w **Tab. 2**.

Tabela 2. Twardość i chropowatość elementów testowych

Table 2. Hardness and roughness of the tested materials

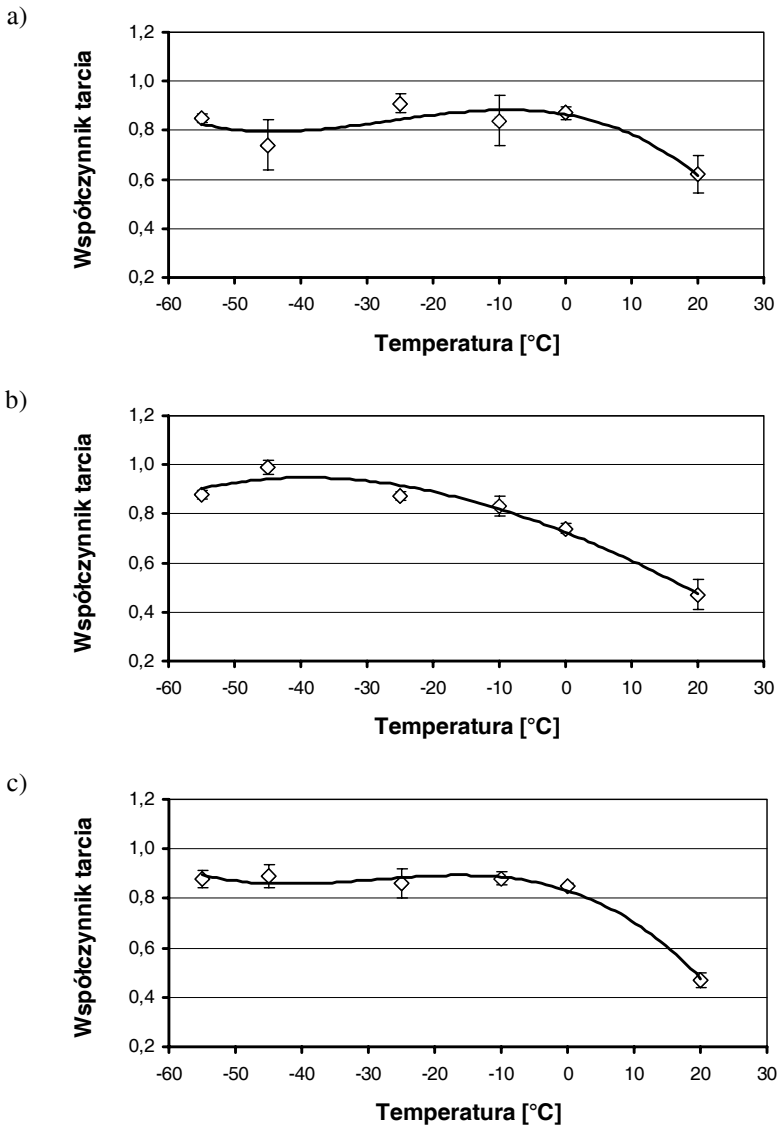
Próbka	Materiał	Średnia twardość [HRC]	Średnia chropowatość Ra[μ m]
Trzpień	C45	30	0,3
	CT120	63	0,3
	100Cr6	62	0,3
Tarcza	100Cr6	62	0,2

Badania wykonano dla następujących wartości zadanych i utrzymywanych stałych temperatur: $-55^{\circ}C$, $-45^{\circ}C$, $-25^{\circ}C$, $-10^{\circ}C$, $0^{\circ}C$ i $20^{\circ}C$.

Dla każdej kombinacji materiałowej wykonano przynajmniej trzy biegi badawcze. Do obróbki statystycznej wyników zastosowano test Dixona, przyjmując poziom istotności 95%. W każdym biegu badawczym dokonywano pomiaru współczynnika tarcia i zużycia masowego trzpienia. Powierzchnie śladów tarcia na tarczy i trzpieniu analizowano za pomocą mikroskopu optycznego i profilografu.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Wyniki badań współczynnika tarcia, w zależności od temperatury, dla skojarzeń tarciovych stali C45/100Cr6, CT120/100Cr6 i 100Cr6/100Cr6 przedstawiono na **Rys. 3**.



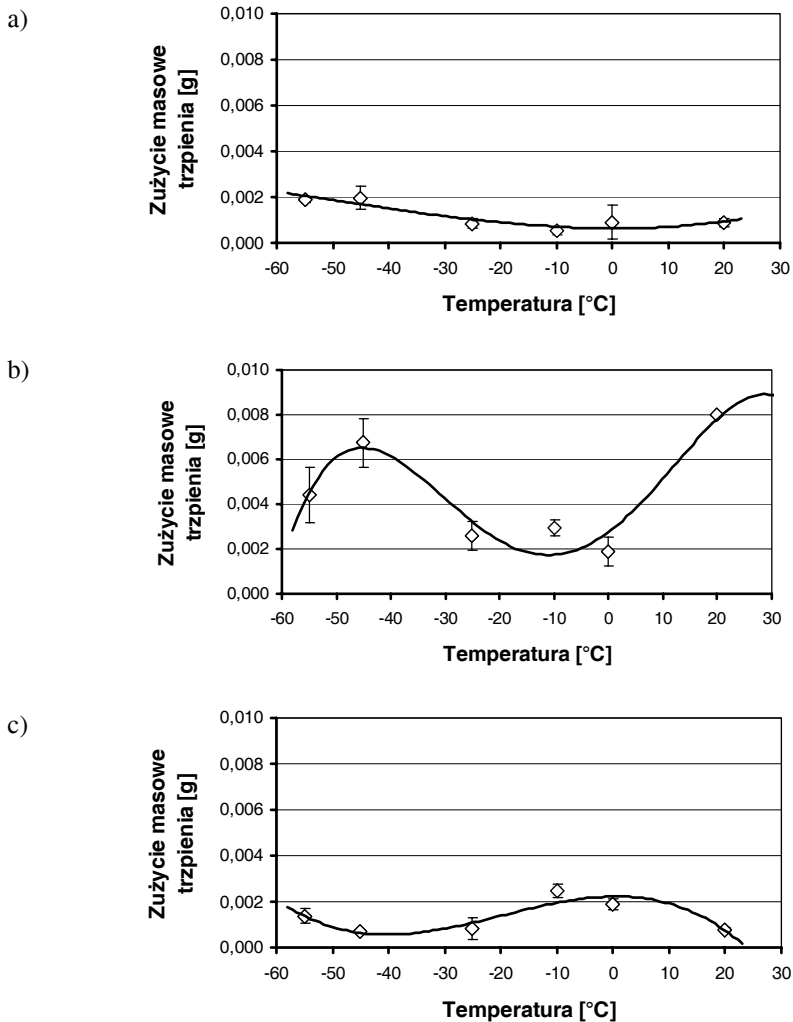
Rys. 3. Współczynniki tarcia w funkcji temperatury otoczenia węzła tarcia dla: a) C45/100Cr6, b) CT120/100Cr6, c) 100Cr6/100Cr6

Fig. 3. The friction coefficient versus ambient temperature of friction couple for: a) C45/100Cr6, b) CT120/100Cr6, c) 100Cr6/100Cr6

Z przedstawionych wyników widać, że współczynniki tarcia poszczególnych skojarzeń zależą znacząco od temperatury otoczenia węzła tarcia. W temperaturach w zakresie $-55 \pm 0^\circ\text{C}$, średnia wartość współczynnika tar-

cia, dla wszystkich skojarzeń, jest zdecydowanie większa ($\mu \approx 0,8$) niż uzyskiwana w temperaturze pokojowej 20°C ($\mu \approx 0,5 \div 0,6$).

Na **Rys. 4** przedstawiono zużycie masowe trzpienia (próbki) dla badanych skojarzeń materiałowych w różnych temperaturach otoczenia wężła tarcia.



Rys. 4. Zużycie masowe trzpienia (próbki) w funkcji temperatury otoczenia wężła tarcia dla: a) C45/100Cr6, b) CT120/100Cr6, c) 100Cr6/100Cr6

Fig. 4. Mass wear of the tested pin (specimen) versus ambient temperature of friction couple for: a) C45/100Cr6, b) CT120/100Cr6, c) 100Cr6/100Cr65

Dla każdego skojarzenia istnieje temperatura, w której zużycie trzpienia w rozpatrywanym przedziale wykazuje minimum. Wynosi ona: -10°C dla skojarzenia C45/100Cr6, 0°C dla CT120/100Cr6 i -45°C dla 100Cr6/100Cr6.

Zachowanie poszczególnych skojarzeń w niskich temperaturach jest różne. W pokojowej temperaturze otoczenia najmniejsze zużycie trzpienia uzyskano dla skojarzenia 100Cr6/100Cr6, zaś największe dla CT120/100Cr6.

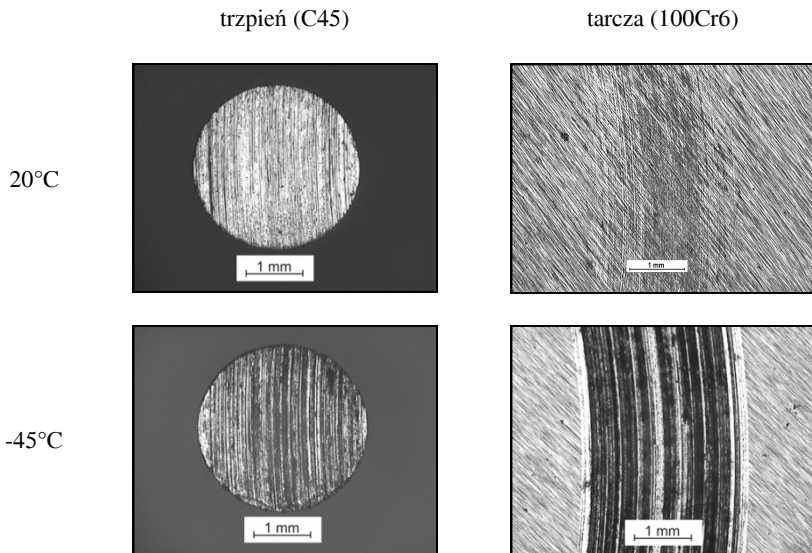
W skojarzeniu CT120/100Cr6 zużycie trzpienia w pokojowej temperaturze otoczenia jest większe niż w temperaturach ujemnych. Zużycie trzpienia tego skojarzenia w temperaturze 0°C jest najmniejsze i wynosi około 25% zużycia w temperaturze 20°C .

Zużycie trzpienia skojarzeń C45/100Cr6 i 100Cr6/100Cr6 w temperaturze pokojowej jest prawie identyczne. Natomiast zachowanie tych skojarzeń w temperaturze poniżej zera jest zasadniczo różne. W temperaturze -10°C i 0°C zużycie trzpienia skojarzenia 100Cr6/100Cr6 jest kilkakrotnie większe niż skojarzenia C45/100Cr6. W temperaturze -25°C zużycie trzpienia obu skojarzeń jest zbliżone, natomiast w niższych temperaturach (-45°C i -55°C) skojarzenie C45/100Cr6 zużywa się znacznie więcej niż 100Cr6/100Cr6.

Uzyskane ślady wytarcia na próbkach (trzpieniach) i przeciwpróbkach (tarczach) badanych skojarzeń poddano obserwacji mikroskopowej. W każdym przypadku porównano ślady wytarcia uzyskane w temperaturze pokojowej i w -45°C .

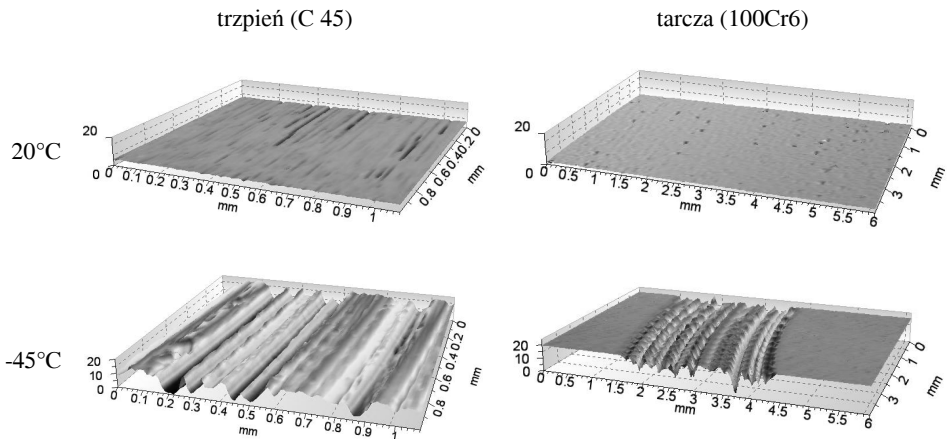
Na **Rys. 5 i 6** przedstawiono wygląd powierzchni śladów wytarcia w skojarzeniu C45/100Cr6. W temperaturze pokojowej (mniejsze zużycie pary cieńszej) dominującą formą zużycia jest łagodne zużycie ściernie i zużycie utleniające. Obie powierzchnie tarcia są wygładzone z nielicznymi ciemnoszarymi tlenkowymi smugami głównie na trzpieniu. W temperaturze -45°C na powierzchni tarcia widoczne są głębokie rysy wskazujące na intensywne zużycie ściernie. Widoczne ciemne smugi (**Rys. 5**) i wytarte rowki na śladach wytarcia trzpienia i tarczy (**Rys. 6**) w temperaturze -45°C świadczą o intensyfikacji zużycia ściernego.

Na **Rys. 7 i 8** przedstawiono wygląd powierzchni śladów wytarcia w skojarzeniu CT120/100Cr6.



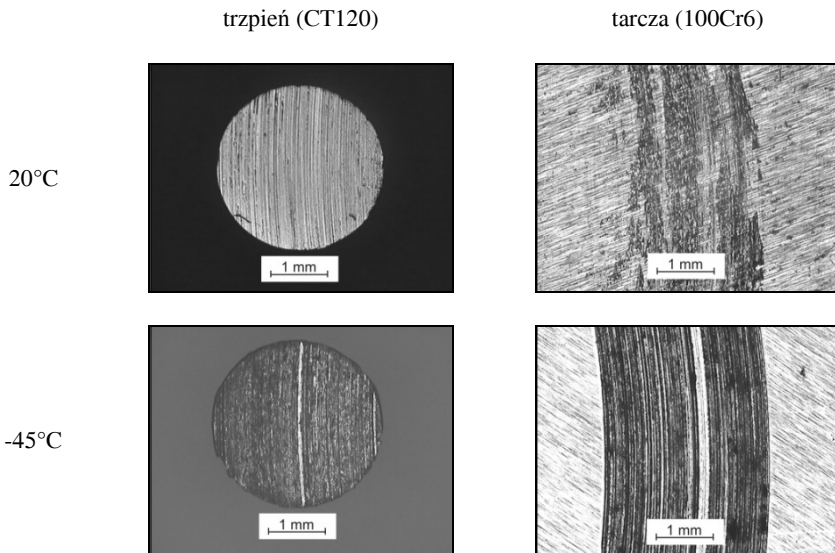
Rys. 5. Obrazy z mikroskopu optycznego śladów wytarcia skojarzenia C45/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 5. The microscopic images of worn surfaces for C45/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C



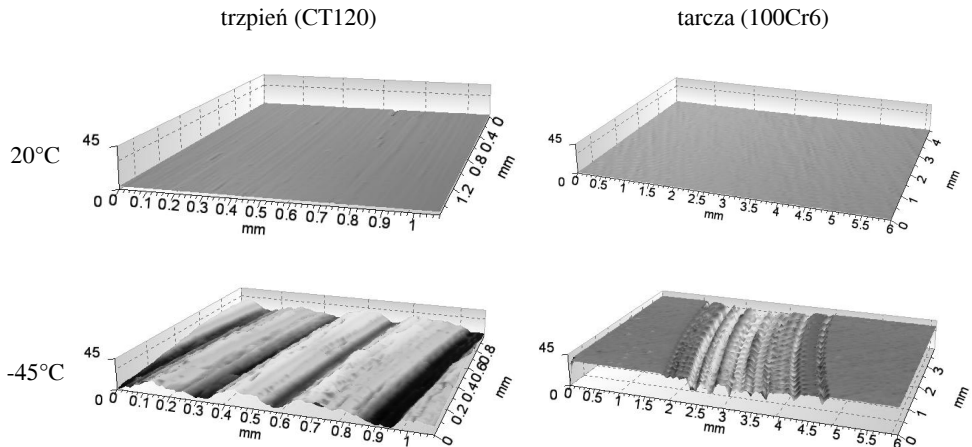
Rys. 6. Obrazy stereometryczne śladów wytarcia skojarzenia C45/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 6. 3D images of worn surfaces for C45/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C



Rys. 7. Obrazy z mikroskopu optycznego śladów wytarcia skojarzenia CT120/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 7. The microscopic images of worn surfaces for CT120/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C



Rys. 8. Obrazy stereometryczne śladów wytarcia skojarzenia CT120/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 8. 3D images of worn surfaces of worn surfaces for CT120/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C

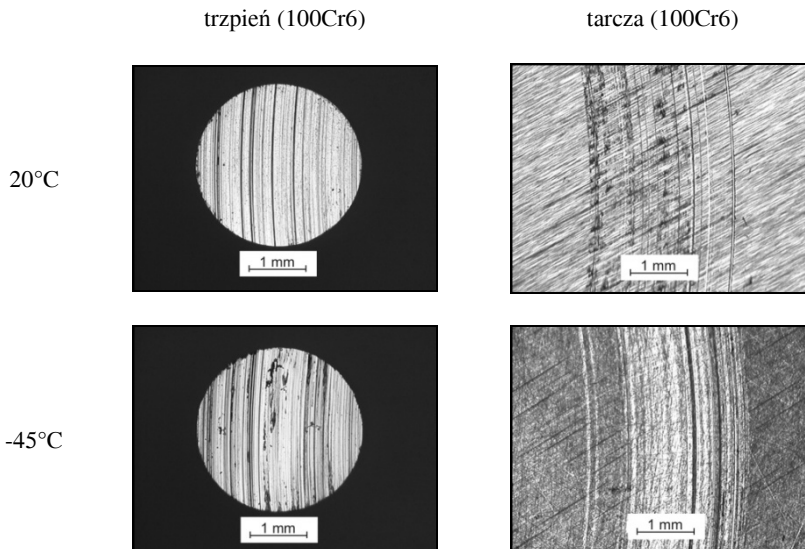
W przypadku skojarzenia CT120/100Cr6 zużycie masowe trzpienia w temperaturze pokojowej jest większe niż w temperaturze -45°C . Obniżenie temperatury otoczenia negatywnie wpływa na jakość powierzchni tarcia. Powierzchnia śladu tarcia trzpienia i tarczy jest znacznie gładsza w temperaturze pokojowej niż w obniżonej.

Na **Rys. 9 i 10** przedstawiono wygląd powierzchni śladów tarcia w skojarzeniu 100Cr6/100Cr6.

W przypadku skojarzenia 100Cr6/100Cr6, pracującego w temperaturze pokojowej zużyciu ulega głównie nieruchomy trzpień. Powierzchnia tarcia tarczy jest równa i gładka. Na śladzie tarcia widoczne są produkty utleniania (ciemne smugi). W temperaturze -45°C zużycie tarczy jest większe niż w temperaturze pokojowej.

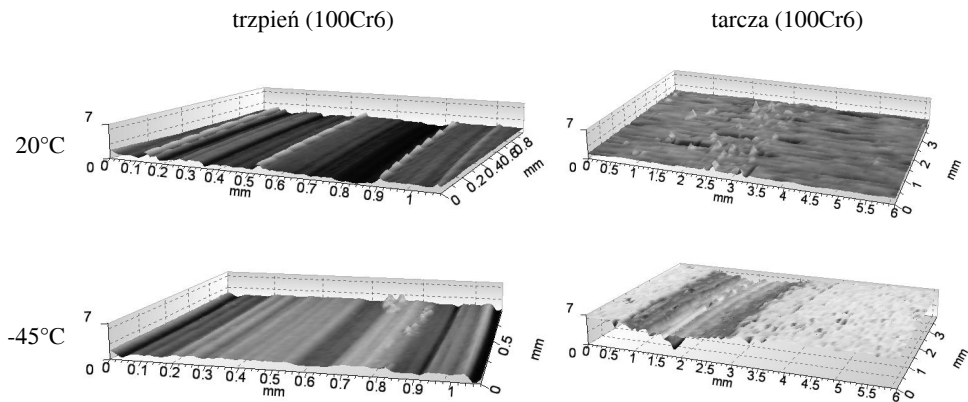
Z przeprowadzonych badań wynika, że istotną rolę w tarcu i zużyciu w niskich temperaturach odgrywają wytwarzane tarciove struktury wtórne na powierzchniach współpracujących elementów i produkty zużycia (skład chemiczny, struktura, wielkość ziarna).

Obniżona temperatura powoduje zwiększenie wytrzymałości, zmniejszenie przewodności cieplnej (wyższy przyrost temperatury w styku),



Rys. 9. Obrazy z mikroskopu optycznego śladów wytarcia skojarzenia 100Cr6/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 9. The microscopic images of worn surfaces for 100Cr6/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C



Rys. 10. Obrazy stereometryczne śladów wytarcia skojarzenia 100Cr6/100Cr6 w temperaturze pokojowej i w temperaturze -45°C

Fig. 10. 3D images of worn surfaces of worn surfaces for 100Cr6/100Cr6 tribosystem at room temperature and -45°C

ciągłości i odporności na kruche pękanie stali [L. 8]. Dodatki stopowe takie jak Ni i Mn zwiększają odporność na kruche pękanie. Ważny wpływ ma również zawartość węgla (im mniejsza tym lepiej) i obróbka cieplna stali. Najlepsza jest struktura ferrytyczno-perlityczna (wyżarzanie normalizujące), gorsza w kolejności to – bainityczna (wysokie odpuszczanie) i martenzytyczna wysokoodpuszczona.

PODSUMOWANIE

Istniejące metody badawcze realizowane w temperaturze otoczenia nie pozwalają na wnioskowanie o tarciovo-zużyciowych charakterystykach materiałów w warunkach niskich temperatur. Za pomocą urządzenia typu trzcień–tarcza do badania skojarzeń tarciovoch materiałów w niskich temperaturach możliwe było wyznaczenie charakterystyk tarciovoch i zużyciovoch w szerokim zakresie obniżonych temperatur.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyciągnięcie poniższych spostrzeżeń:

- w temperaturach w zakresie $-55-0^{\circ}\text{C}$ średnia wartość współczynnika tarcia, dla wszystkich badanych skojarzeń, jest zdecydowanie większa niż uzyskiwana w temperaturze pokojowej 20°C ;
- współczynnik tarcia jak i zużycie nie są monotonicznymi funkcjami temperatury,

- dla każdego skojarzenia materiałowego istnieje temperatura (ujemna), w której uzyskano minimalną wartość zużycia.

Przeprowadzone obserwacje powierzchni wytarcia nie pozwoliły jednoznacznie wypowiedzieć się o złożonych zjawiskach i mechanizmach tarcia oraz zużycia. By wyjaśnić zmiany wartości współczynnika tarcia i zużycia, występujące w obniżonych temperaturach dla różnych skojarzeń materiałowych, potrzebne są dodatkowe badania strukturalne i fizykochemiczne powierzchni tarcia dotyczące tarciovych struktur wtórnych (ich składu chemicznego, mikrotwardości).

LITERATURA

1. Szczerek M.: Metodologiczne problemy systematyzacji eksperymentalnych badań tribologicznych. Wyd. ITeE. Radom 1996.
2. Maldonado D.: The Influence of Test Parameters on the Coefficient of Friction. *Tribologia*. 2008, nr 6, s. 83–92.
3. Michalczewski R., Piekoszewski W., Szczerek M., Tuszyński W., Wiśniewski M.: Effect of Friction Pair Configuration and Surroundings Conditions on Friction and Wear. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*. 1998, t. 33, z. 2 (114), s. 301–308.
4. Maldonado D.: The Influence of Dynamic Properties of Tribotesters on Coefficient of Friction. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*. 2008, t. 43, z. 3 (155), s. 7–18.
5. Szczerek M., Tuszyński W., Wiśniewski M., Wulczyński J.: Wpływ otoczenia węzła tarcia na charakterystyki tribologiczne. *Problemy Eksploatacji*. 1998, nr 2, s. 71–79.
6. Mańkowska A., Piekoszewski W., Szczerek M.: Badania tarcia i zużycia powłok przeciwzuzyciowych w próżni. *Tribologia*. 2009, nr 3, s. 125–138.
7. Ostrovskaya Ye. L., Yukhno T. P., Gamulya G. D., Vvedenskij Yu. V., Kuleba V. I.: Low temperature tribology at the B. Verkin Institute for low temperature physics & engineering (historical review). *Tribology International*. 2001, nr 34, s. 265–276.
8. Dobrzański L. A.: *Metalowe materiały inżynierskie*. WNT, Warszawa 2004.
9. Quinn T. F. J., Sullivan J. L., Rowson D. M.: Origins and development of oxidational wear at low ambient temperatures. *Wear*. 1984, t. 94, s. 175–191.
10. Straffelini G., Trabucco D., Molinari A.: Oxidative wear of heat-treated steels. *Wear*. 2001, nr 250, s. 485–491.
11. So H., Yu D. S., Chuang C. Y.: Formation and wear mechanism of tribo-oxides and the regime of oxidational wear of steel. *Wear*. 2002, nr 253, s. 1004–1015.

12. Afanas'ev V. F., Khimich G. S.: Effect of cryogenic temperatures, Vacuum and gaseous media on friction and wear of materials. *Fiziko-Khimicheskaya Mekhanika Materialov*. 1966, t. 2, s. 209–212.
13. Hübner W., Gradt T., Schneider T., Börner H.: Tribological behaviour of materials at cryogenic temperatures. *Wear*. 1998, nr 216, s. 150–159.
14. Gradt T., Schneider T., Hübner W., Börner H.: Friction and wear at low temperatures. *Int. Hydrogen Energy*. 1998, nr 5, s. 397–403.
15. Chaudhuri D. K., Slifka A. J., Siegwarth J. D.: Friction and oxidative wear of 440C ball bearing steels under high load and extreme bulk temperatures. *Wear*. 1993, nr 160, s. 37–50.
16. Burton J. C., Taborek P., Rutledge J.E.: Temperature dependence of friction under cryogenic conditions in vacuum. *Tribology Letters*. 2006, vol 23, nr 2, s. 131–137.
17. Michalczewski R.: Sprawozdanie końcowe. Projekt badawczy zamawiany (PBZ-08), III konkurs: Zadanie 2.2 Metoda i urządzenie do badań eksploatacyjnych właściwości tarciovych materiałów konstrukcyjnych i środków smarowych w niskich temperaturach. ITeE – PIB, Radom 2008.
18. Tuszyński W., Szczerek M., Piekoszewski W., Michalczewski R., Wulczyński J.: Tribological devices for friction, wear and lubrication research. Rozdział 2 pracy zbiorowej (red. Mazurkiewicz A.): *Technological Innovations for Sustainable Development*. Wyd. ITeE – PIB. Radom 2009, s. 59–74.
19. www.multistal.pl

Recenzent:
Janusz JANECKI

Summary

Most of the data presented in handbooks concerning the properties of materials, are given for room temperature, that can lead to a mistake when they are selected for manufacturing of mechanical parts (friction joints) working under low-temperature conditions. The existing test methods are realised at room temperature and are not helpful in the predicting of the low-temperature tribological behaviour of the friction joint materials.

The work aimed at comparison of the tribological characteristics for commonly used steels at room and low-temperature applications.

The tests were performed by means of T-25 tribotesters intended for the investigation of the materials at low-temperature conditions (down to -60°C), in sliding movement, using pin-on-disk tribosystem.

Three tribosystems were tested: C45/100Cr6, CT120/100Cr6 and 100Cr6/100Cr6.

The performed results indicate that tribological characteristics of (pin/disk) commonly used materials depend on the ambient temperature of the friction joints. At low-temperature conditions the friction coefficient values, for all tested tribosystems, were significantly higher than obtained for room temperature. For each tribosystem it was possible to indicate the temperature of the optimum value of wear (minimum wear), respectively: -10°C for C45/100Cr6, 0°C for CT120/100Cr6 and -45°C for 100Cr6/100Cr6.