

Tomasz BUDZYNOWSKI
Bogumił GÓRKA¹
Zbigniew ROPELEWSKI

PRÓBA ANALITYCZNEGO SKORELOWANIA STOPOWOŚCI STALIWA Z WIELKOŚCIĄ ZUŻYCIA PRZEZ TARCIE PRÓBEK W STANIE SUROWYM I Z WARSTWĄ AZOTOWANĄ

W pracy przedstawiono wyniki analitycznej oceny przebiegu zużycia przez tarcie grupy staliw stopowych o zróżnicowanym składzie chemicznym Cr-Mo-V-Cu w stanie surowym i z warstwą azotowaną.

Badanie przebiegu zużycia przez tarcie suche przeprowadzono zgodnie z normą PN-83/H-04302 – trzy wałeczki stożek. W charakterze przeciwpróbek użyto stożków wykonanych ze stali 40H, ulepszonych cieplnie na twardość 48÷50 HRC.

Badanie zużycia realizowano przy stałym nacisku w czasie tarcia 50 s oraz w czasie wydłużonym do 350 s.

Obróbkę wyników wykonano przy pomocy rutynowego programu komputerowego EXCEL 2000, próbując skorelować wielkość zużycia (mierzoną względnym przemieszczeniem się stożka w zależności od czasu tarcia) dla różnych wartości stopowości staliwa.

Jako parametru charakteryzującego skład chemiczny staliwa przyjęto stopowość staliwa określoną jako sumę procentową składników stopowych występujących w staliwie. Do oceny stopowości brano pod uwagę takie pierwiastki jak : Mn, Si, Cr, Mo, V, Cu.

Celem zrealizowanych badań było określenie wpływu stopowości staliwa i procesu azotowania na przebieg zużycia przez tarcie, z uwzględnieniem wpływu stopowości staliwa na przebieg zużycia warstwy azotowanej.

AN ATTEMPT OF ANALYTICAL CORRELATING THE ALLOY CAST STEEL WITH THE DEGREE OF WEAR BY FRICTION OF SPECIMENS IN CRUDE STATE AND WITH NITRIDED LAYER.

In this elaboration the results of the analytical estimation of wear by friction of the group of alloy cast steels with different chemical composition Cr-Mo-V-Cu in specimens in crude state and with nitrided layer were presented.

Investigation of wear by dry friction was carried out according to PN-83/H-04302 standard - three rollers cone.

The examination of wear was achieved at constant pressure in time of friction 50 seconds.

As a parameter characterizing the chemical composition of cast steel, alloy cast steel was taken (defined as the sum of the percentage of alloying elements that were present in the cast steel). For the assessment of alloy such elements as: Mn, Si, Cr, Mo, V, Cu were taken into consideration.

The aim of the completed research was determining the effect of alloy and nitriding process on the development of wear by friction.

1. WSTĘP

Zagadnienie trwałości elementów maszyn w zakresie odporności na zużycie przez tarcie jest problemem złożonym, zależnym od wielu czynników i trudnym do jednoznacznego oszacowania z wykorzystaniem szeregu dostępnych metod badawczych [1,2,3].

Oprócz problemów związanych z oceną i badaniem zużycia przez tarcie, na tle których narosło szereg kontrowersji, sprowadzających się najczęściej do metody badania zużycia przez tarcie, samego mechanizmu zużycia, zasadnicze znaczenie ma tu struktura, a także skład fazowy struktury badanego materiału [4,5].

Należy również pamiętać, że w przeważającej liczbie przypadków struktura materiału jest stymulowana składem chemicznym, obróbką cieplną, technologią wytwarzania, czy wreszcie takimi parametrami jak twardość, właściwości tribologiczne warstwy wierzchniej i strefy przypowierzchniowej [6,7].

¹ Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny; 26-600 Radom; ul. Krasickiego 54. tel: + 48 48 361-78-46, e-mail: b.gorka@uthrad.pl

W pracy niniejszej skoncentrowano się na ocenie wpływu azotowania na przebieg zużycia przez tarcie staliwa średnio- i wysokostopowego.

Analizę wyników badań sprowadzono do porównania przebiegu zużycia próbek badanej grupy staliw w stanie surowym i z warstwą azotowaną, łącząc ją z parametrem określającym stopowość określonego staliwa, z uwzględnieniem przebiegu zużycia dla czasu $t = 10 \div 50$ s (rys. 1 i 2) oraz przypadku czasu $t = 5 \div 350$ s (rys. 3 i 4).

2. OPIS OBIEKTU BADAŃ

Do badań przyjęto grupę 20 gatunków staliwa średnio i wysokostopowego o zróżnicowanym składzie chemicznym. Podstawowe składniki stopowe analizowanej grupy staliw mieściły się w granicach: C = 0,11%÷0,70 %, Mn = 0,36%÷0,54 %, Si = 0,22%÷0,55 %, Ni = 0,61%÷0,77 %, Cr = 1,00%÷15,00 %, Mo = 0,23%÷0,76 %, V = 0,20%÷0,54 %, Cu = 1,13%÷1,30 %.

Azotowanie analizowanej grupy staliw zrealizowano w mieszaninie amoniaku i zdysocjowanego amoniaku, dwustopniowo, w temperaturze 480°C i 530°C w łącznym czasie 20 godzin.

3. OPIS ZREALIZOWANYCH BADAŃ I ANALIZ

Badanie przebiegu zużycia przez tarcie realizowano zgodnie z normą PN-83/H-04302 – trzy wałeczki stożek, na stanowisku badawczym z czujnikiem przemieszczenia współpracującym z mikroprocesorowym systemem pomiarowym CL311+Ch104M [8].

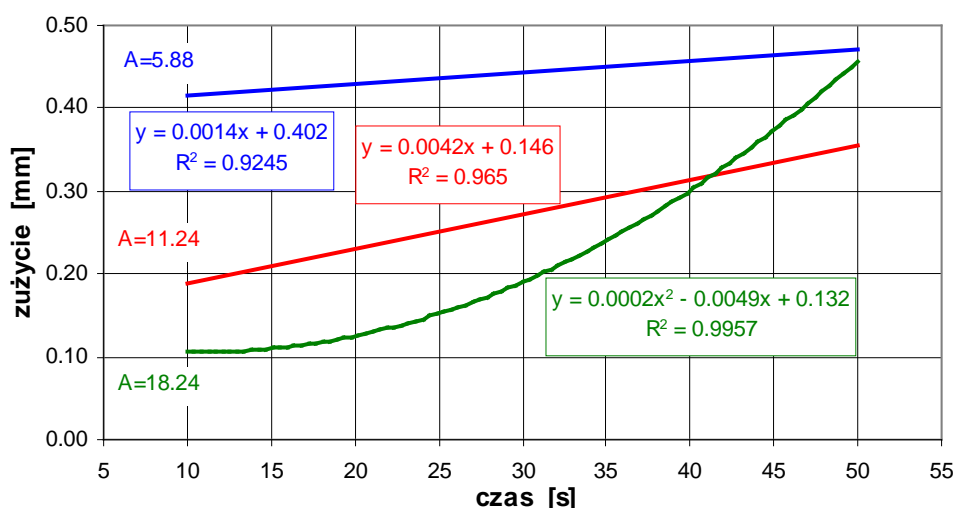
Podczas pomiaru stosowano obciążenie stałe wynoszące 20 N. Czas trwania próby dla pierwszego przypadku wynosił 10÷50 sekund, a dla drugiego przypadku 50÷350 sekund. Szybkość obrotowa stożka miała wartość 480 obrotów/min.

Ze względu na dużą rozpiętość pomiędzy wartościami stopowości analizowanej grupy staliw dokonano ich podziału na trzy grupy:

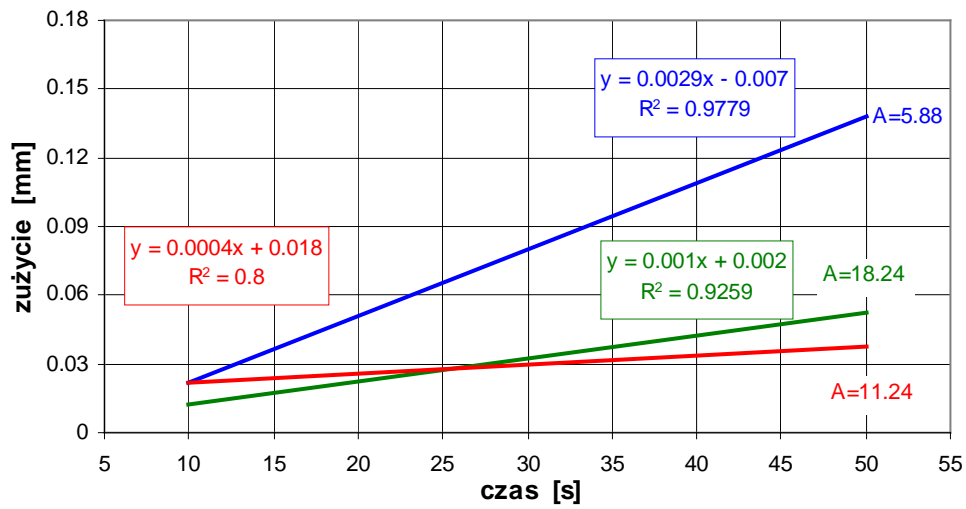
- grupa I – $A_{sr} = 5,88$ % ($A = 4,75 \div 6,67$ %);
- grupa II – $A_{sr} = 11,24$ % ($A = 10,87 \div 11,99$ %);
- grupa III – $A_{sr} = 18,24$ % ($A = 16,93 \div 19,15$ %).

Dla wyżej wymienionych grup dokonano analitycznej oceny wpływu stopowości staliwa na przebieg zużycia przez tarcie w funkcji czasu tarcia dla próbek w stanie surowym i z warstwą azotowaną.

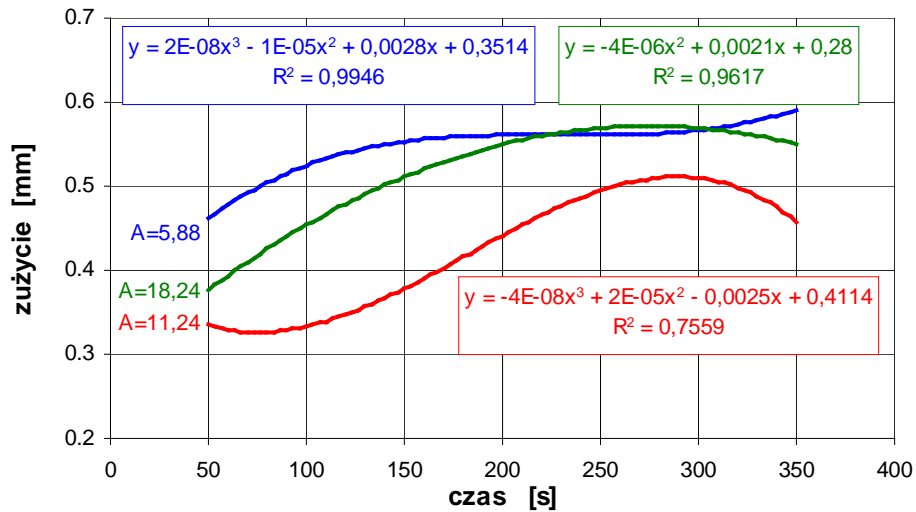
- rysunkach 1 i 2 – dla czasu $t = 10 \div 50$ s,
- rysunkach 3 i 4 – dla czasu $t = 50 \div 350$ s.



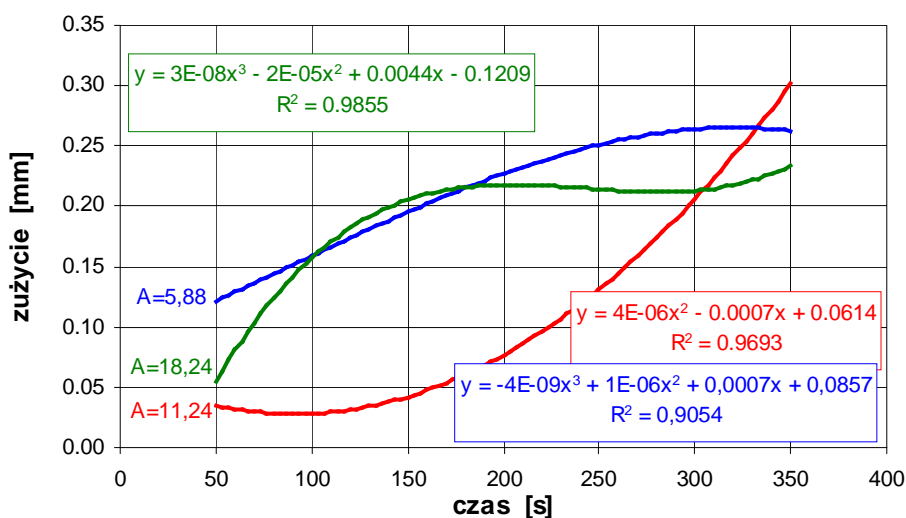
Rys. 1. Zależność pomiędzy stopowością staliwa, a przebiegiem zużycia przez tarcie dla próbek surowych



Rys. 2. Zależność pomiędzy stopowością staliwa, a przebiegiem zużycia przez tarcie dla próbek azotowanych



Rys. 3. Zależność pomiędzy stopowością staliwa, a przebiegiem zużycia przez tarcie dla próbek surowych



Rys. 4. Zależność pomiędzy stopowością staliwa, a przebiegiem zużycia przez tarcie dla próbek azotowanych

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy przebiegu zużycia próbek surowych i azotowanych można przyjąć poniższe wnioski.

1. Decydujący wpływ na przebieg zużycia przez tarcie analizowanej grupy staliw wywiera stopowość, przy czym im wyższa stopowość tym mniej intensywne zużycie w początkowym okresie tarcia, a później różnice te ulegają znaczącemu zmniejszeniu (rys. 1).
2. Zużycie przez tarcie próbek azotowanych w początkowym okresie tarcia jest porównywalne, niezależnie od stopowości staliwa, a w późniejszym okresie następuje istotne zróżnicowanie na korzyść stopowości (rys. 2). Należy podkreślić znaczący wpływ azotowania na spadek szybkości zużycia w porównaniu próbki azotowane – próbki surowe (rys. 1 i 2).
3. Dla dłuższych czasów azotowania próbki azotowane zużywają się zdecydowanie wolniej niż próbki surowe z porównywalnym wpływem stopowości staliwa na przebieg i wielkość zużycia.
4. Nieco odmienny charakter przebiegu zużycia przez tarcie próbek surowych w początkowym okresie tarcia (rys. 1) i wydłużonym czasem tarcia (rys. 3) wynika ze zróżnicowanej struktury (struktura dendrytyczna może być istotnie zróżnicowana w zależności od składu chemicznego staliwa – drobnoziarnista, gruboziarnista).
5. Wydłużony czas tarcia (rys. 4) powoduje zróżnicowanie przebiegu zużycia przez tarcie staliwa azotowanego. Wynika to ze zróżnicowanej struktury warstwy azotowanej w zależności od składu chemicznego staliwa.

Ze względu na istotną zmianę struktury staliwa, głównie w obrębie warstwy azotowanej (w trakcie azotowania następuje zanik struktury dendrytycznej i rozdrobnienie struktury [2]) istotny wpływ na kształtowanie się odporności na zużycie przez tarcie wywierają parametry charakteryzujące skład chemiczny staliwa, co zgodnie jest z wynikami wcześniejszych badań [3].

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Tacikowski J., Burakowski T.: *Ewolucja procesu azotowania i jej związki z eksploatacją*. Problemy eksploatacji nr 1, 1998, s.119-130.
- [2] Budzynowski T.: *Studium teoretyczne i praktyczne azotowania gazowego tworzyw konstrukcyjnych*. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2003.
- [3] Budzynowski T.: *Selected problems of an analytic study of the effects nitridation of steel and cast steel*. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2005.
- [4] Budzynowski T.: *Skład chemiczny tworzywa, struktura i parametry warstw azotowanych na stalach i staliwach stopowych, a ich wybrane właściwości eksploatacyjne*. Praca statutowa nr 3/2339/22/P/2006 Politechnika Radomska, Wydział Mechaniczny, Radom 2006. Materiały niepublikowane.

- [5] Kabała-Trzaskowiska A., Budzynowski T.: *Analiza metalograficzna tworzenia się warstwy azotowanej na staliwach stopowych w stanie surowym*. Inżynieria Materiałowa nr 5, 2005, s. 403-404.
- [6] Budzynowski T., Kabała-Trzaskowiska A., Paterek K.: *Badanie kinetyki tworzenia się warstwy azotowanej na stalach, staliwach i żeliwach. Ocena własności użytkowych*. Praca własna 1987/06/P/2002. Politechnika Radomska, Radom 2002. Materiały niepublikowane.
- [7] Budzynowski T., Kabała-Trzaskowiska A., Chałko L.: *Analiza przebiegu zużycia warstw azotowanych w zależności od składu chemicznego staliwa*. Prace naukowe "Transport" 1/26/2008. V Kongres Naukowo-Techniczny LDG TRANS Szczyrk, 23-25 kwiecień 2008, s. 37-39.
- [8] Chałko L.: *Badanie wpływu zawartości Cr, Mo, V na wybrane własności staliwa typu Cr-Mo-V-Cu-Ni*. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007.