

Marek SITARZ,

Zdzisław RAK

ANALIZA CZYNNIKOWA TWORZENIA TRWAŁOŚCI I NIEZAWODNOŚCI WARSTWY WIERZCHNIEJ ELEMENTÓW PARY KOŁO-SZYNA

Streszczenie. W procesie eksploatacji na skutek działania licznych czynników wymuszających, zachodzą nieodwracalne zmiany stanu i własności użytkowych warstwy wierzchniej (WW) elementów pary koło-szyzna, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia ich trwałości i niezawodności. Na podstawie przeprowadzonych rozważań można tworzyć dyrektywy do realizacji procesu technologicznego, zapewniające określone wymagania wobec trwałości i niezawodności. Pokazano powiązania pomiędzy poszczególnymi zbiorami, podzbiorami, parametrami i elementami systemu mogą ułatwić budowanie sposobem doświadczalnym odpowiednich modeli matematycznych zarówno o charakterze użytkowym jak i poznawczym.

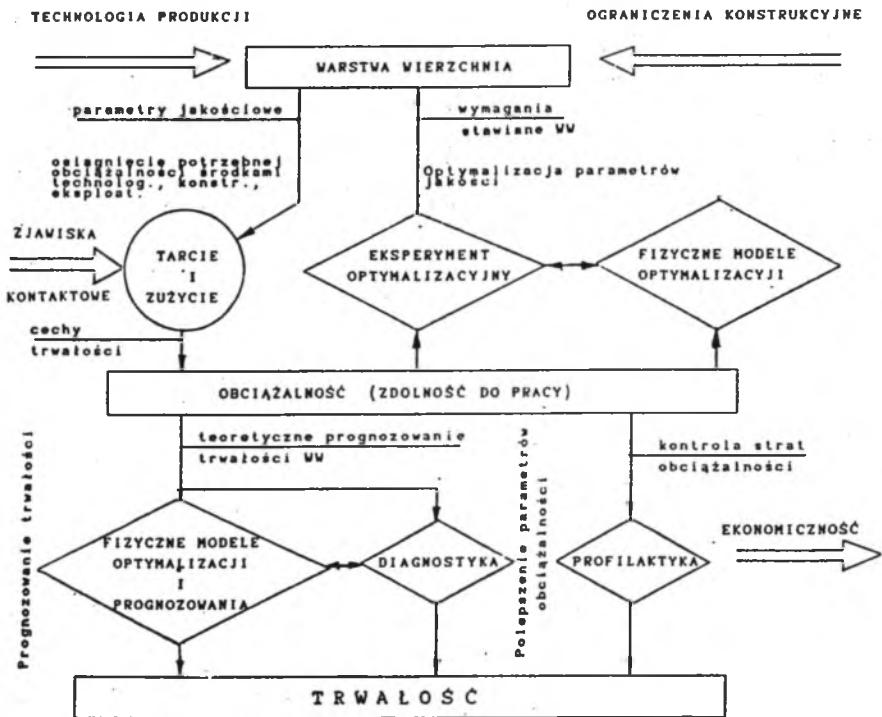
ANALYSIS OF RELIABILITY AND DURABILITY OF THE SURFACE OF ELEMENTS OF THE PAIR WHEEL-RAIL

Summary. Due to the attack of various factors the surface layer of elements of the pair wheel-rail undergoes changes when operating reliability and durability of the surface layer of these elements can be forecast on the basis of carried out deliberations the relationship between manufacturing process of surface treatment, the state of the surface layer, reliability and durability of these elements have also been presented.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРЫ КОЛЕСО-РЕЛЬС

Резюме. Во время эксплуатации за счёт действия различных параметров происходят изменения в поверхностном слое элементов пары колесо-рельс. На основе проведенного анализа можно прогнозировать надежность и работоспособность поверхностного слоя этих элементов. Представлена также схема зависимости между технологическим процессом, поверхностной обработкой, состоянием поверхностного слоя, надежностью и работоспособностью этих элементов.

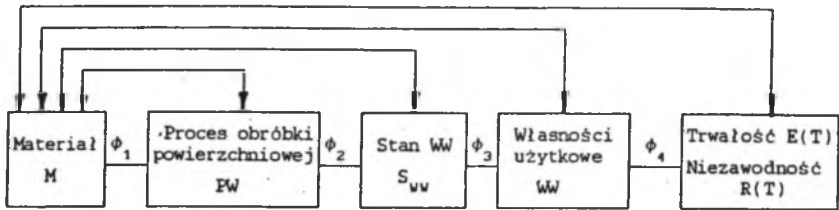
Obserwowana w kraju i za granicą intensyfikacja dynamicznego oddziaływania tarboru z torem wymaga od konstruktorów i technologów zwiększenia trwałości tego układu. Aby to osiągnąć, należy przede wszystkim dokładnie poznać zjawiska mające wpływ na trwałość warstwy wierzchniej (WW) elementów pary koło-szynda (EPKS), a następnie opracować metody eliminujące ich negatywny wpływ (lub przynajmniej umożliwiające ich ograniczenie lub kontrolę) i intensyfikować pozytywne. W rozwiązaniu tego problemu istotną rolę może odegrać trybotechnika. Systemowe ujęcie problemu przedstawiono na rysunku 1. W celu technicznego wykorzystania tego systemu w EPKS należy poznać schemat związków przyczynowych pomiędzy procesem technologicznym, stanem WW, jej właściwościami użytkowymi, trwałością i niezawodnością [1,2,3,4]. Istniejące związki pomiędzy materiałem (M), procesem obróbki powierzchniowej (PW), stanem WW (S_{WW}), jej właściwościami użytkowymi (U_{WW}), trwałością $E(T)$ i niezawodnością można przedstawić jak na rysunku 2.



Rys. 1

Fig. 1

$$F(\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4)$$



Rys. 2

Fig. 2

Znając zależności $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ można tworzyć dyrektywy $F(\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4)$ określające sposób procesu obróbki.

Realizacja tego zagadnienia wymaga szczegółowego przedstawienia zbiorów parametrów przynależnych do M, PW, S_{WW}, E(T), R(T) oraz zastosowania fizycznej analizy czynnikowej, umożliwiającej głębsze poznanie skomplikowanych i skorelowanych procesów fizycznych i fizykochemicznych zachodzących w trakcie konstruowania. Wszystko to może pomóc w opracowaniu przesłanek tworzenia w procesie obróbki WW o właściwościach użytkowych, określonych odpowiednimi wskaźnikami niezawodnościowymi elementów.

1. ZBIÓR PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH PROCESU OBRÓBK

W zbiorze tym wyróżniono następujące podzbiory parametrów:

- podzbiór parametrów związany z warunkami obróbki,
- podzbiór parametrów związany z obrabianym materiałem,
- podzbiór parametrów towarzyszący procesowi obróbki.

Na podzbiór warunków obróbki składają się:

- parametry narzędzia lub czynnika roboczego $(f_{N,CR})$,
- parametry obróbki ubytkowej lub nagniataniem $(f_{ou,n})$,
- urządzenia technologiczne, rodzaj, stan techniczny (f_{uT}) ,
- właściwości fizyczne i chemiczne płynu obróbkowego (f_{PO}) ,

Stanowi to podzbiór

$$f_{WO} = \left\{ f_{N,CR}, f_{ou,n}, f_{uT}, f_{PO} \right\} \quad (1)$$

Podzbiór parametrów związany z obrabianym materiałem obejmuje:

- stan WW od obróbki poprzedzającej, np. od poprzedzającej operacji (S_{WW}) ,
- wytrzymałość na rozciąganie (R_M) ,
- moduł Younga (E) ,
- granicę plastyczności (R_e) ,
- twardość (H_M) ,
- strukturę (S_M) ,
- charakter ziarn lub rozmiar ziarn (f_z) ,
- inne parametry w zależności od specyfiki materiału i elementu (I_M) .

Zatem podzbiór ten można przedstawić jako

$$f_M = \left\{ S_{WW}, R_M, E, R_e, H_M, f_z, I_M \right\} \quad (2)$$

Podzbiór parametrów towarzyszących procesowi obróbki, to:

- czynnik ludzki (f_u) ,
- warunki otoczenia (f_o) .

Podzbiór ma postać

$$f_t = \left\{ f_u, f_o \right\} \quad (3)$$

Uwzględniając poszczególne podzbiory, zbiór parametrów technologicznych procesu obróbki można przedstawić w postaci

$$F_{PT} = \left\{ f_M, f_{wo}, f_t \right\} \quad (4)$$

2. ZBIÓR PARAMETRÓW FIZYCZNYCH I FIZYKOCHEMICZNYCH PROCESU OBRÓBK

Podczas procesu obróbki w zewnętrznej warstwie przedmiotu występują zjawiska powodujące konstytuowanie WW. Na przebieg tych zjawisk ma wpływ zbiór następujących parametrów fizycznych i fizykochemicznych procesu obróbki:

- siły powstające w czasie obróbki (P) ,
- ciepło wywiązujące się w procesie obróbki (L) ,
- parametry oddziaływania ośrodka, w którym odbywa się proces obróbki (P_o) ,
- czas trwania oddziaływania parametrów fizycznych (t_p) .

W związku z tym zbiór ma postać

$$F_{fTP} = \{P, L, P_o, t_p\} \quad (5)$$

Na zbiór procesów konstytuujących WW podczas obróbki składają się:

- odkształcenia się materiału WW (Δh) ,
- zmiany właściwości fizycznych na skutek zmian temperatury bez przemian fazowych (W_f) ,
- przemiany fazowe (P_f) ,
- zmienne w czasie pola naprężeń (σ_{zt}) ,
- zmienne w czasie pola temperatury (t_z) ,
- zjawiska fizykochemiczne na granicy metal-ośrodek (f_{ch}) .

Zbiór ma postać:

$$F_{WFO} = \{\Delta h, W_f, P_f, \sigma_{zt}, t_z, f_{ch}\} \quad (6)$$

3. ZBIÓR PARAMETRÓW STANU WARSTWY WIERZCHNIEJ PO OBRÓBCE

Zbiór parametrów stanu WW obejmuje podzbiór parametrów określających stereometrię powierzchni f_{spp} i podzbiór parametrów stref podpowierzchniowych f_{sp} [5].

Na podzbiór parametrów f_{sp} składają się

- chropowatość i falistość (R_a, R_z) ,
- rodzaj struktury powierzchni (R_s) ,
- profil powierzchni (R_p) ,
- powierzchniowy i liniowy udział nośny (N_p, N_l) .

Zatem

$$f_{sp} = \{R_a, R_z, R_p, N_p, N_l\} \quad (7)$$

Podzbiór parametrów stref podpowierzchniowych obejmuje:

- naprężenia własne pierwszego, drugiego i trzeciego rodzaju w strefach podpowierzchniowych WW (σ_w) ,
- mikro- i makrotwardość materiału stref podpowierzchniowych WW (H_u) ,
- strukturę materiału stref podpowierzchniowych (S) ,
- rozmiar ziarn materiału stref podpowierzchniowych (F) ,

- teksturę (T),
- właściwości chemiczne materiału stref podpowierzchniowych (C),
- stan energetyczny powierzchni (E_p),
- wady materiału stref podpowierzchniowych (W_m),
- grubość WW (h).

Zatem

$$f_{spp} = \left\{ \sigma_w, H_u, S, T, F, C, E_p, W_m, h, \vec{G} \right\} \quad (8)$$

gdzie:

$$\vec{G} = \left\{ \frac{d\sigma_w}{dh}, \frac{dH_u}{dh}, \frac{dS}{dh}, \frac{dF}{dh}, \frac{dC}{dh}, \frac{dW_m}{dh} \right\}$$

Zbiór parametrów stanu WW jest następujący

$$F_{s_{ww}} = \left\{ f_{sp}, f_{spp} \right\} \quad (9)$$

4. ZBIÓR PARAMETRÓW WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH WARSTWY WIERZCHNIEJ

Zbiór ten obejmuje te parametry, które charakteryzują odporność WW na działanie określonych czynników wymuszających i może obejmować:

- wytrzymałość zmęczeniową, w tym wytrzymałość zmęczeniową kontaktową (Z, Z_k),
- zużycie ścierne (Z_o),
- zużycie korozyjne (Z_r),
- zużycie erozyjne itp. (Z_e).

Zbiór ten można przedstawić w postaci:

$$F_{U_{ww}} = \left\{ Z, Z_k, Z_o, Z_r, Z_e \right\} \quad (10)$$

5. ZBIÓR PARAMETRÓW TRWAŁOŚCI I NIEZAWODNOŚCI ELEMENTÓW PARY KOŁO-SZYNA

W zależności od charakteru czynników wymuszających, które działają na elementy w czasie eksploatacji, trwałość i niezawodność elementów charakteryzowana jest wieloma wskaźnikami, które zawarte są w normie PN-77/N-04005 oraz normach zagranicznych, np. radzieckiej GOST-13377-67, niemieckiej DIN 40041, amerykańskiej MIL-TO-721A.

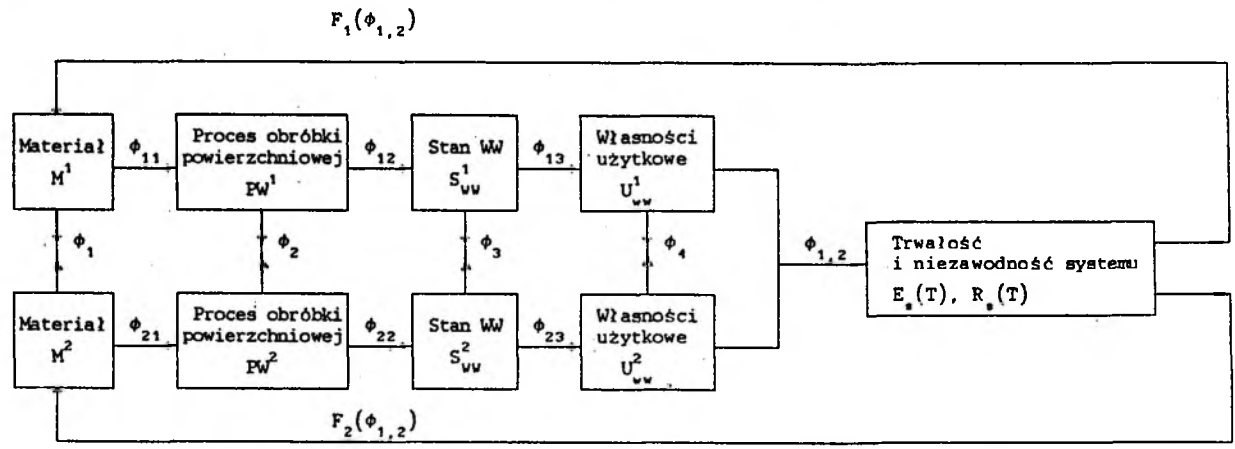
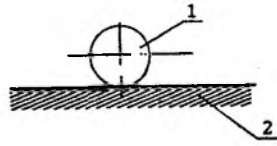
Schemat związków przyczynowych pomiędzy materiałem, procesem technologicznym, stanem WW, jej właściwościami użytkowymi, trwałością i niezawodnością elementów pary koło-szyzna przedstawiono na rysunku 3, przy czym $E_s(T)$ i $R_s(T)$ oznacza trwałość i niezawodność systemu koło-szyzna.

Z przedstawionego schematu wynika, że kształtowanie trwałości i niezawodności EPKS na etapie konstruowania, procesu technologicznego i eksploatacji jest bardzo skomplikowane. Zależy to przede wszystkim od złożoności procesów konstytuujących WW i jest spowodowane głównie rozpatrywaniem EPKS jako systemu, tj. przy zmianie jednego parametru tego systemu należy uwzględnić wpływ tego parametru na cały system.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań oraz schematu z rys. 3 można tworzyć dyrektywy do realizacji procesu technologicznego, zapewniającego określone wymagania wobec trwałości i niezawodności. Pokazane powiązania pomiędzy poszczególnymi zbiorami, podzbiorami, parametrami i elementami systemu mogą ułatwić budowanie sposobem doświadczalnym odpowiednich modeli matematycznych zarówno o charakterze użytkowym, jak i poznawczym.

Algorytm postępowania w celu ukształtowania WW współpracujących elementów pary koło-szyzna powinien wyglądać następująco:

1. Na podstawie przewidywanych charakterystyk starzenia tych elementów w eksploatacji wybrać procesy starzenia, mające istotny wpływ na ich trwałość i ustalić przewidywane wartości liczbowe zużycia poszczególnych elementów.
2. Ustalić zespół parametrów własności użytkowych WW elementów i dobrać ich wartości liczbowe aby zapewnić żądany przebieg procesów starzenia elementów w eksploatacji.
3. Ustalić zespół parametrów stanu WW i dobrać odpowiednie ich wartości liczbowe oraz podać najistotniejsze cechy niemierzalne, w celu uzyskania założonych własności użytkowych WW. Taka pełna charakterystyka WW powinna być na rysunku konstrukcyjnym tych elementów.



Rys. 3
Fig. 3

4. Dobrać sposoby obróbki zapewniające uzyskanie tych parametrów i cech WW oraz dobrać parametr obróbki.

5. Wybrać taki sposób obróbki, który zapewnia najniższe koszty wytwarzania oraz jest możliwy do zrealizowania w zakładzie przemysłowym przewidywanym do produkcji elementów.

6. Przeprowadzić badania niezawodnościowe elementów pary koło-szyna wytwarzanych według przyjętej technologii, sprawdzić i skorygować wartości liczbowe.

LITERATURA

- [1] Bucior J.: Kształtowanie trwałości i niezawodności wybranych elementów maszyn w procesach obróbki powierzchniowej. ZN Pol.Śl., ser. Mechanika z.87, Gliwice 1987.
- [2] Borlow R.E., Proshan F.: Mathematical Theory of Reliability. Willey. New York - London - Sydney 1965.
- [3] Oprządkiewicz J.: Niezawodność maszyn. Pol. Świętokrzyska, Kielce 1981.
- [4] Sitarz M.: Metody zwiększania trwałości elementów pary systemu koło-szyna. Praca doktorska. Leningrad 1987.
- [5] Hebda M., Janicki D.: Trwałość i niezawodność samochodów w eksploatacji. WKŁ, Warszawa 1977.
- [6] Oczóś K., Bucior J.: Wybrane aspekty technologicznych metod kształtowania niezawodności elementów maszyn pracujących kontaktowo. Zagadnienia eksploatacji maszyn. ZN Pol. Rzesz. z. 1 (81), Rzeszów 1990, s. 55-64.

Recenzent: Dr hab.inż. Tadeusz Zakrzewski

Wpłynęło do Redakcji 22.01.1991

ABSTRACT

Due to the attack of various factors the surface layer of elements of the pair wheel-rail undergoes changes when operating reliability and durability of the surface layer of these elements can be forecast on the basis of carried out deliberations the relationship between manufacturing process of surface treatment, the state of the surface layer, reliability and durability of these elements have also been presente.

Paper presents sets of following parameters:

- technological parameters of manufacturing process,
- phisical and phisico-chimical parameters of manufacturing process,
- application properties of surface layer,
- lifetime and reliability of wheel-rail set.

It enabled us to prepare the procedure for optimal manufacturing of surface layer of wheel-rail set.