

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Stanowisko dydaktyczne do badania procesu erozji

WOJCIECH TARASIUK¹, IZABELA PANEK¹

¹POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, BIAŁYSTOK

Słowa kluczowe: erozja, stanowisko badawcze, zużycie

STRESZCZENIE:

W pracy przedstawiono projekt mobilnego stanowiska do badań procesu erozji uderzeniowej. Konstrukcja urządzenia pozwala na prowadzenie badań w zamkniętych pomieszczeniach, a niektóre czynności pomiarowe zostały zautomatyzowane. Urządzenie umożliwia ocenę wpływu kąta padania ścierniwa na intensywność zużycia erozyjnego. Parametrami, którymi można sterować, są: kąt padania strugi ścierniwa, odległość dyszy od badanej powierzchni, prędkość ścierniwa, rodzaj ścierniwa. W poniższej pracy została opisana koncepcja i zasada działania stanowiska.

A didactic stand for testing the erosion process

Keywords: sterilization, test bench, food raw materials

ABSTRACT:

The paper presents a project of a mobile stand for research on the erosion process. The construction of the device makes it possible to conduct tests in closed rooms, and some of the measurement activities have been automated. The device enables the assessment of the influence of the angle of abrasive fall on the intensity of erosion wear. Parameters that can be controlled are: the angle of incidence of the abrasive stream, the distance of the nozzle from the tested surface, the speed of the abrasive, the type of abrasive. In this paper describes the concept and principle of operation of the stand.

1. WSTĘP

Od wielu pokoleń ludzie zmagają się z procesem zużywania występującym w środowisku maszyn. Zużywanie określa się jako proces zmian następujących w warstwie wierzchniej ciała stałego, takich jak ubytek masy lub odkształcenie powierzchni, czego skutkiem jest zużycie [1, 2]. Proces ten może prowadzić nie tylko do ubytku masy, ale również do zmiany wymiarów przedmiotu; w przypadku metali występuje zarówno podczas kontaktu z metalami, ciałami stałymi niebędącymi metalami, przepływającymi cieczami lub kroplami cieczy i pozostałościami cząstek ciał stałych znajdujących się w gazie [3].

Głównym kryterium podziału zużywania jest podział ze względu na przyczyny występowania; w takim wypadku wyróżniamy zużycie tribologiczne oraz zużycie nietribologiczne [1]. Zużycie erozyjne to jedna z przyczyn nietribologicznych, która najczęściej występuje w rurociągach, systemach transportu pneumatycznego, pompach oraz w różnego rodzaju systemach przepływowych. Istotą zużycia erozyjnego jest oddziaływanie ciał stałych, ciekłych lub gazów, które uderzają o powierzchnię materiału, powodując zniszczenie [4]. Jedną z definicji, którą przedstawił I. M. Hutchings, opisuje zużycie erozyjne jako proces zużywania ściernego poprzez wielokrotne uderzenie cząsteczek stałych zawartych w płynie o powierzchnię. Rezultatem tego oddziaływania jest usuwanie materiału z powierzchni [5, 6]. W tym procesie zachodzi szereg mechanizmów prowadzących do zużycia takich jak: bruzdowanie, mikroskrawanie, zużycie zmęczeniowe, tworzenie się połączeń adhezyjnych, pękanie, wykruszanie, zużycie chemiczne, elektrochemiczne i oddziaływanie cieplne [4, 7, 8].

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA INTENSYWNOŚĆ PROCESU ZUŻYWANIA EROZYJNEGO

Do zużycia erozyjnego dochodzi ze względu na działanie różnych czynników. Główne czynniki wpływających na intensywność procesu to: kąt padania ścierniwa, prędkość cząstek ścierniwa, kształt cząstek, ich wielkość i właściwości oraz właściwości materiału poddawanego erozji [1, 2, 5]. Kąt padania ścierniwa w zależności od wielkości cząstki, ma różny wpływ na powierzchnię erodowaną. Maksimum intensywności małe cząstki osiągają przy wyższych kątach padania, co jest

spowodowane efektami aerodynamicznymi. Przy prędkości pyłów 0,4 macha aerodynamiczne efekty zaczynają być istotne dla wielkości cząstek od 20 μm . Materiały plastyczne wysokie zużycie osiągają przy kątach poniżej 30° [2].

Prędkość padania cząstek ścierniwa uderzających w powierzchnię materiału i powodujących ubytek masy i objętości to funkcja potęgowa prędkości, która ma wpływ na intensywność erozyjną. Zmiana wykładnika potęgowego może wystąpić przy wzroście prędkości ponad pewną wartość krytyczną, zważywszy na kruszenie ścierniwa oraz przejmowanie energii przez fragmenty cząstek utworzonych w trakcie uderzenia. Parametry opisujące proces erozji, takie jak kąt uderzenia i wielkość cząstki, również mają wpływ na wartość wykładnika potęgowego. Dla piasku kwarcowego wykładnik wynosi 1,5 do prędkości 200 m/s, przy wyższych prędkościach przyjmuje wartość 0,3 [2, 11]. Kształt cząstki ma wpływ na intensywność erozji i rodzaj mechanizmów zużycia. Jeżeli kształt ścierniwa, np. stłuczki szklanej, zamienimy na kulki szklane, wtedy kąt, przy którym występuje maksymalna intensywność zużycia (dla stali), zmienia się z 30° na 90° [1]. Wielkość cząstki do pewnej wartości również odgrywa istotną rolę, co związane jest z kruszeniem ziaren ścierniwa, które następuje przy cząstkach o dużej średnicy oraz wysokiej prędkości. Tor ruchu jest zależny od ich bezwładności. Przy użyciu większych cząstek wystarczy mniejsza ich ilość, by spowodować oddzielenie fragmentu materiału z powierzchni badanej [2].

Istnieją różne powiązania pomiędzy właściwościami materiałów a ich odpornością erozyjną. Poniżej przedstawiono zależności między rodzajem materiału a odpornością na zużycie erozyjne [1, 2]:

- **metale** – istnieje dobra współzależność pomiędzy odpornością a twardością materiału dla czystych metali; zgniot, kształtowanie odpowiedniej wielkości ziarna, umocnienie roztworu stałego nie podwyższa w sposób znaczący odporności na erozję,
- **kompozyty** – kompozyty na bazie polimerów zbrojonych włóknem zazwyczaj charakteryzują się większym zużyciem materiału osnowy niż zbrojenia. Tworzywa termoutwardzalne podlegają zużyciu tak jak materiały kruche, a termoplastyczne tak jak materiały plastyczne; kompozyty o osnowie metalowej charakteryzują się mniejszą intensywnością zużycia osnowy.

3. STANOWISKO BADAWCZE

Ze względu na rodzaj wywoływanej erozji stosuje się różne metody badań zużycia erozyjnego materiałów konstrukcyjnych. Dwie podstawowe metody odtwarzania procesu erozji to metoda erozji uderzeniowej oraz metoda erozji kawitacyjnej. Zaproponowana koncepcja stanowiska badawczego dotyczy erozji uderzeniowej.

Projekt stanowiska dydaktycznego dotyczącego badania procesu erozji opracowano z wykorzystaniem systemu CAD 3D Solid Works [9, 10]. W pracach projektowych przyjęto następujące założenia:

- stanowisko ma pozwalać na badanie intensywności zużycia erozyjnego w zależności od kąta padania strugi ścierniwa,
- próbki do badań mają mieć ustalone wymiary i geometrię,
- zautomatyzowanie czynności obsługowo-pomiarowych, takich jak: pomiar masy zużytego ścierniwa, ustawienie kąta natrysku ścierniwa, system odpylający,
- mobilność stanowiska.

Na Rysunku 1 przedstawiono projekt urządzenia wykonany w oparciu o powyższe założenia.



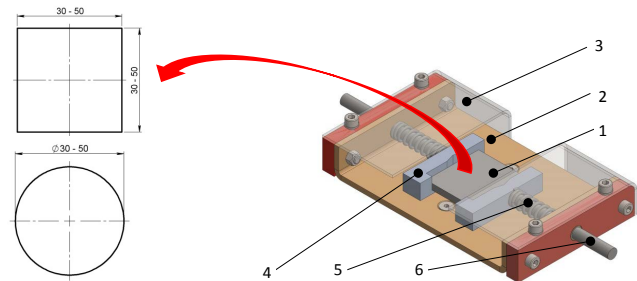
Rysunek 1 Schemat mobilnego stanowiska dydaktycznego do badania procesu erozji:

- 1 – komora, 2 – mechanizm ustawiający kąt położenia próbki względem dyszy natryskowej,
- 3 – zbiornik ścierniwa z systemem ważącym,
- 4 – dysza natryskowa, 5 – cyklon odpylający,
- 6 – rama, 7 – wentylator, 8 – filtr

Głównym elementem stanowiska badawczego jest komora (1), która została zamocowana na mobilnej ramie (6). W komorze (1) znajduje się zestaw do mocowania próbki oraz mechanizm ustawiający kąt jej położenia (2). W skład stanowiska

wchodzi również zbiornik piasku z systemem ważącym (3), dysza natryskowa (4), cyklon ze zbiornikiem na zużyty piasek (5), wentylator (7) oraz filtr powietrza (8).

Podzespół do mocowania próbki (Rys. 2) został zaprojektowany tak, aby można było za każdym razem uzyskać identyczne jej położenie (próbkę wyjmujemy co ustalony czas w celu zważenia i określenia ubytku masowego).



Rysunek 2 Schemat podzespołu do mocowania próbek:

- 1 – próbka (może mieć kształt prostokąta lub okręgu o wymiarach od 30 do 50 mm), 2 – korpus, 3 – osłona,
- 4 – uchwyt pozycjonujący próbkę, 5 – sprężyna dociskowa, 6 – sworzeń

W trakcie badania określamy ubytek masowy u próbki poddanej działaniu strumienia ścierniwa padającego pod określonym kątem. W celu określenia tego ubytku należy zważyć próbkę przed rozpoczęciem badania i po jego zakończeniu.

$$u = M_1 - M_2 \quad (1)$$

gdzie:

M_1 – masa próbki przed badaniem,
 M_2 – masa próbki po badaniu.

Intensywność zużycia erozyjnego możemy wyznaczyć w zależności od:

- czasu t

$$I_t = \frac{u}{t} \quad (2)$$

- ciśnienia P

$$I_t = \frac{u}{P} \quad (3)$$

- masy zużytego piasku M_3

$$I_t = \frac{u}{M_3} \quad (4)$$

4. WNIOSKI

Zaprojektowane stanowisko, którego wizualizację przedstawia Rysunek 3, może być wykorzystane w procesie dydaktycznym.



Rysunek 3 Wizualizacja projektu stanowiska dydaktycznego do badań procesu erozji wykonana w programie SolidWorks

Konstrukcja stanowiska osadzona została na ramie wyposażonej w koła, przez co może być szybko i łatwo przetransportowane w dowolne miejsce. Zautomatyzowanie niektórych czynności pomiarowych (pomiar masy zużytego ścierniwa, ustawienie kąta strugi ścierniwa) skraca czas badania i eliminuje możliwość popełnienia błędu przez operatora. Zamontowany system odpylający dzięki zastosowaniu podwójnej filtracji powietrza umożliwia przeprowadzenie badań w zamkniętym pomieszczeniu.

Podsumowując, stanowisko spełnia przyjęte założenia i umożliwia przeprowadzenie badań, które będą powtarzalne.

Konflikt interesów:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

LITERATURA

- [1] Lawrowski Z., Tribologia: tarcie, zużywanie i smarowanie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [2] Hejrowski T., Studium procesów zużywania erozyjnego, ściernego i zmęczenia cieplnego elementów maszyn oraz kształtowanie struktur o korzystnych właściwościach eksploatacyjnych, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2003.
- [3] Blicharski M., Inżynieria powierzchni, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2009.
- [4] Kula P., Inżynieria warstwy wierzchniej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2000.
- [5] Hebda M., Wachal A., Trybologia, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980.
- [6] Węgrzyn T., Piwnik J., Wszółek Ł., Tarasiuk W., Shaft wear after surfacing with micro-jet cooling, Archives of Metallurgy and Materials, Vol. 60, Issue 4, 2015, pp. 2625-2630.
- [7] Barsukov V. V., Tarasiuk W., Shapovalov V. M., Krupicz B., Barsukov V. G., Express Evaluation Method of Internal Friction Parameters in Molding Material Briquettes, Journal of Friction and Wear, Vol. 38, nr 1 (2017), pp. 71-76.
- [8] Tarasiuk W., Piwnik J., Węgrzyn T., Sietelski D., Wear Resistance of Steel 20MnCr5 after Surfacing with Micro-jet Cooling, Archives of Foundry Engineering, Vol. 16, nr 3 (2016), pp. 121-124.
- [9] Łukaszewicz A., Panas K., Szczebiot R., Design process of technological line to vegetables packaging using CAx tools, Proceedings of 17th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development, May 23-25, 2018, Jelgava, Latvia, pp. 871-876.
- [10] Mircheski I., Łukaszewicz A., Trochimczuk R., Szczebiot R., Application of CAx system for design and analysis of plastic parts manufactured by injection moulding, Proceedings of 18th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development, May 22-24, 2019, Jelgava, Latvia, pp. 1755-1760.
- [11] Sundararajan G., Roy M., Solid particle erosion behaviour of metallic materials at room and elevated temperatures, Tribology International, 1997, vol. 30, nr 5, pp. 339-359.