



Urządzenie laboratoryjne do testów erozji

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie laboratoryjne służące do przeprowadzania testów erozji dla różnych typów ścierniw takich jak: elektrokorundy, śruty, mikrokulki szklane itp. oraz dla sześciu kątów pochylenia próbki: 90°, 75°, 60°, 45°, 30° i 15°. Urządzenie posiada także możliwość numerycznego sterowania położeniem dyszy oraz kamerę monitorującą przebieg procesu.

Opis patentowy [CN103091189B](#) obejmuje wynalazek, który może symulować powłokę bariery termicznej łopatki turbinowego silnika lotniczego w wysokiej temperaturze, erozji, korozji. Można symulować dynamiczne środowisko serwisowe powłoki bariery termicznej łopatki roboczej o wysokiej prędkości obrotowej, można symulować statyczne środowisko serwisowe łopatki prowadzącej; testowanie w czasie rzeczywistym pola temperatury powłoki bariery termicznej, trójwymiarowego pola przemieszczenia, inicjacji i ekspansji pęknięć, utleniania interfejsu itp.

Opis zgłoszenia patentowego [JPS59171835A](#) obejmuje urządzenie umożliwiające jednoczesne testowanie wielu próbek w tym samym środowisku poprzez ich zamontowanie w sposób odłączalny na końcu pręta wsporczego przymocowanego do wewnętrznej ściany pojemnika pod dowolnym kątem do wirnika.

Opis zgłoszenia patentowego [US2013243027A1](#) obejmuje tester erozji termicznej, zawierający obracający się element grzewczy, który jest przystosowany do kontaktu z próbką piasku umieszczoną w testerze erozji termicznej, element grzewczy do podgrzewania obracającego się elementu grzewczego oraz silnik do napędzania obrotu obracającego się elementu grzewczego, w którym obracający się element grzewczy jest przystosowany do kontaktu z próbką piasku, gdy obracający się element grzewczy obraca się, powodując erozję próbki piasku, oraz metodę badania erozji termicznej i metodę badania erozji próbki piasku, gdy jest ona w kontakcie z elementem grzewczym.

Opis wzoru użytkowego [CN204154616U](#) obejmuje wysokowydajny tester erozji kawitacyjnej, który składa się z powłoki testera erozji kawitacyjnej, która ma szczelną strukturę; generator fal ultradźwiękowych i urządzenie do umieszczania próbek; generator fal ultradźwiękowych jest umieszczony na górnej powierzchni końcowej powłoki testera; urządzenie do umieszczania próbek jest umieszczone na dolnej powierzchni końcowej wewnętrznej ściany powłoki testera i zawiera platformę do umieszczania próbek; platforma do umieszczania próbek jest połączona z powłoką testera za pomocą wielu prętów łączących i może poruszać się wzdłuż prętów łączących w kierunku pionowym. Zgodnie ze schematem technicznym, wysokowydajny tester erozji kawitacyjnej jest w stanie regulować wysokość między próbką a sondą ultradźwiękową w czasie rzeczywistym w zamkniętym środowisku testowym erozji kawitacyjnej.

Opis zgłoszenia patentowego [CN107202740A](#) obejmuje urządzenie testowe symulujące zmęczenie erozyjne. Generator przepływu powietrza zawiera pierwszy rurociąg, sprężarkę powietrza I, urządzenie prostujące przepływ powietrza i rurę strumieniową. Urządzenie do strumieniowania ziaren piasku zawiera drugi rurociąg, zawór sterujący przepływem I i komorę strumieniowania ziaren

piasku. Urządzenie generujące czynnik korozyjny zawiera trzeci rurociąg, sprężarkę powietrza II, generator czynnika korozyjnego i zawór sterujący przepływem II. Urządzenie do erozji zawiera komorę erozyjną, silnik, łopatki umieszczone w komorze erozyjnej i termoparę umieszczoną w komorze erozyjnej. System pomiaru i sterowania przepływem powietrza erozyjnego zawiera przepływomierz gazu I, regulator kąta natarcia, przepływomierz gazu II, przetwornik częstotliwości I, przetwornik częstotliwości II i szafę sterowniczą. Urządzenie testowe rozwiązuje problemy związane z trudną regulacją prędkości i kąta natarcia, długimi okresami testowania, trudnym połączeniem testów erozyjnych i zmęczeniowych itp. w obecnych testach zmęczeniowych erozji. Urządzenie testowe może być stosowane w testach zmęczenia erozyjnego elementów wirujących z dużą prędkością, takich jak łopatki sprężarki silnika i łopatki turbiny wiatrowej.

Opis zgłoszenia patentowego [CN117848886A](#) obejmuje wynalazek, który składa się z komory do badań środowiskowych. Komora do badań środowiskowych jest wewnętrznie wyposażona w moduł produkcji gazu, moduł zasilania piaskiem, moduł strumieniowy, moduł sterujący i zespół mocujący próbkę; próbka jest instalowana na zespole mocującym próbkę, a zespół mocujący próbkę może regulować kąt erozji próbki i odległość między próbką a końcem natrysku modułu natryskowego; koniec wtrysku modułu wtryskowego jest skierowany w stronę próbki, koniec wlotu piasku modułu wtryskowego jest połączony z końcem wylotu modułu zasilania piaskiem, a koniec wlotu gazu modułu wtryskowego jest połączony z końcem wylotu gazu modułu produkcji gazu; moduł sterujący jest połączony elektrycznie z modułem produkcji gazu, modułem zasilania piaskiem i zespołem mocowania próbki.

Z artykułu „Experimental and LS-DYNA of Sand Particle Erosion on Polymer Composites” A. Santoshkumar Malipatil, Third International Conference on Advances in Control and Optimization of Dynamical Systems March 13-15, 2014. Kanpur, India, znane jest stanowisko w którym cząstki podawane ze stałą prędkością są doprowadzane do przepływu strumienia sprężonego powietrza w celu uderzenia w próbkę, która może być utrzymywana pod różnymi kątami w stosunku do kierunku przepływu erodentu za pomocą obrotnicy.

Z artykułu „Erosion wear behavior of needle-punched nonwoven fabric (NPNF) reinforced epoxy composites – An evaluation using Taguchi’s design”, Prabina Kumar Patnaik, Srimant Kumar Mishra, Priyadarshi Tapas Ranjan Swain, Materials Today: Proceedings 33 (2020) 5683–5686, znane jest stanowisko posiadające pionowy układ budowy. W górnej części znajduje się zasobnik ścierniwa, które grawitacyjnie opada na przenośnik taśmowy po czym jest zsypywane do leja i grawitacyjnie przemieszcza się w dół. W bocznej ścianie kanału, którą przemieszcza się proszek wykonany jest otwór przez który dostarczane jest powietrze, które miesza się ze ścierniwem i trafia do dyszy. Z dyszy ścierniwo pod ciśnieniem jest podawane na powierzchnię badanej próbki, która może być umieszczona pod różnymi kątami w stosunku do strumienia ścierniwa. W dolnej części aparatu znajduje się zasobnik na zużyte ścierniwo.

Z artykułu „Investigation of Erosion/Corrosion Behavior of GRP under Harsh Operating Conditions”, Mohamed K. Hassan, Ahmad Muhammad N. Redhwi, Ahmed F. Mohamed, Ahmed H. Backar and Mohammed Y. Abdellah, Polymers 2022, 14, 5388, znane jest stanowisko składające się

z dwóch stalowych konstrukcji. Wewnątrz znajduje się pompa, przełączniki, mieszadło i komora testowa. Na górze znajduje się komora testowa w postaci sześciennej. Ściany wykonano ze szkła akrylowego z czterech stron, aby zapewnić dobrą przejrzystość podczas obserwacji eksperymentów.

5 Z katalogu firmy Ducom <https://www.ducom.com/air-jet-erosion-tester> znany jest tester, który jest w stanie testować materiały sypkie i powłoki pod wpływem erozji. Jego możliwości obejmują zarówno poddawanie próbek ściśle kontrolowanej, delikatnej erozji, jak i jedne z najtrudniejszych warunków erozji, jakie można zaobserwować w terenie. Urządzenie posiada szczelny zbiornik do przechowywania cząstek przed testem. Posiada również wbudowany kolektor cząstek, wraz z filtrem, aby zminimalizować wydostawanie się cząstek do powietrza.

10 Z katalogu firmy Rtec <https://rtec-instruments.com/air-jet-erosion-tester/> znany jest tester posiadający automatyczny stolik przesuwający próbkę i ułatwiający obsługę. System pomiaru prędkości zapewnia precyzyjne pomiary. Urządzenie może osiągnąć temperaturę do 1200 °C (dostępnych jest wiele zakresów). W rezultacie można badać wpływ temperatury za pomocą monitorowania temperatury na linii i sterowania w pętli zamkniętej PID. Czas przelotu cząstek jest określany na 15 kontrolowanej długości ścieżki między dwoma obracającymi się dyskami. Prędkość obrotowa kontrolowana serwo mechanizmem, wysoka prędkość podwójnego dysku dla precyzyjnej kontroli procesu w czasie rzeczywistym. Parametry oprogramowania kontrolują mieszanie gorącego powietrza i cząstek erodenta. Ponadto kąty uderzenia zmieniają się do różnych pozycji - od 0 do 90 stopni.

20 Z katalogu firmy Koehler <https://koehlerinstrument.com/products/category/tribology/air-jet-erosion-tester/> znane jest urządzenie do oceny odporności na erozję różnych materiałów i jest zgodne ze specyfikacjami normy ASTM G76. Prędkość cząstek jest kontrolowana poprzez zmianę prędkości przepływu powietrza, a prędkość podawania erodenta jest zmieniana poprzez zmianę prędkości systemu przenośnika, który dostarcza erodent do strumienia powietrza. Prędkość cząstek jest mierzona za pomocą dobrze znanej metody - układu Double Disc. Temperaturę próbki testowej 25 można zmieniać w zakresie od otoczenia do 4000°C, a nachylenie próbki testowej można regulować bezstopniowo w zakresie 0-90° w odniesieniu do strumienia cząstek erodentu.

Celem wynalazku jest przeprowadzanie testów erozji dla różnych typów ścierniw takich jak: elektrokorundy, śruty, mikrokulki szklane itp. oraz dla sześciu kątów pochylenia próbki: 90°, 75°, 60°, 30 45°, 30° i 15°. Sterowanie położeniem dyszy odbywa się w sposób numeryczny, zaś zamontowana kamera w dyszy może służyć do rejestracji procesu lub jego sterowania.

35 Przedmiotem wynalazku jest urządzenie laboratoryjne do testów erozji posiadające obudowę oraz komorę z przezroczystymi ścianami. Wewnątrz komory znajduje się zamocowana na zawiasach ściana w postaci kraty do mocowania próbki, przy czym ściana w postaci kraty zamocowana jest do obudowy za pomocą mechanizmu regulującego jej kąt obrotu względem ściany komory. W komorze znajduje się dysza podłączona do sprężarki powietrza za pomocą przewodu oraz do dyszy podłączony jest za pomocą przewodu zbiornik ze ścierniwem. **Jego istotą jest to, że** do podstawy obudowy zamocowany jest za pomocą sterowanego napędu liniowego wózek, o linii przesuwu leżącej

w płaszczyźnie podstawy komory w kierunku ściany w postaci kraty. Do wózka przymocowana jest kolumna, do której zamocowana jest dysza. Do dyszy zamocowany jest wskaźnik laserowy oraz kamera skierowane zgodnie z linią wylotu ścierniwa. Kolumna zamocowana jest do wózka za pomocą stołu obrotowego sterowanego numerycznie o osi obrotu prostopadłej do płaszczyzny podstawy obudowy. Dysza zamocowana jest do kolumny za pomocą napędu liniowego o linii przesuwu prostopadłej do linii przesuwu wózka.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest to, że proces prowadzenia erozji odbywa się półautomatycznie dzięki zastosowaniu sterowania numeryczne w zakresie ruchów dyszy jak i czasu trwania procesu. Dysza może wykonywać ruch wzdłuż osi urządzenia, prostopadle do osi urządzenia oraz może dokonywać obrotu względem własnej osi. Umożliwia to erodowanie powierzchni zakrzywionych lub realizowanie programów o zmiennych parametrach. Kamera umieszczona w dyszy może służyć zarówno do monitorowania stanu powierzchni podczas procesu jak i przerywania procesu po osiągnięciużądanego efektu np. odsłonięcia podłoża pokrytego powłoką. Komora wykonana ze szkła organicznego umożliwia także rejestrowanie procesu erozji w postaci zdjęć lub filmów dla całej próbki. Łatwy dostęp do próbki jest możliwy zarówno dzięki obrotowi osłony komory jak i dzięki otwarciu górnej ścianki obudowy. Korzystnie stanowisko wyposażone jest gniazdo pneumatyczne do podłączenia pistoletu do przedmuchiwania oraz gniazda elektryczne do podłączenia odpylacza. Korzystnym skutkiem jest zapewnienie szczelności całego stanowiska oraz możliwość podłączenia odciągu pyłów.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

- Fig, 1 – widok aksonometryczny urządzenia,
- Fig, 2 – widok aksonometryczny urządzenia w przekroju A-A,
- Fig, 3 – widok aksonometryczny urządzenia z otwartymi pokrywami,
- Fig, 4 – widok urządzenia z góry,
- Fig, 5 – widok urządzenia z boku,
- Fig, 6 – widok urządzenia z tyłu.

Wynalazek w przykładzie wykonania składa się z podstawy obudowy w formie kraty 1, do której przymocowany jest sterowany napęd liniowy 2, umożliwiający przesuw wózka 3 w linii przesuwu leżącej w płaszczyźnie podstawy komory w kierunku ściany w postaci kraty 6. Do wózka 3 przymocowana jest za pomocą stołu obrotowego 3.1 sterowanego numerycznie, o osi obrotu prostopadłej do płaszczyzny podstawy 1 obudowy 7, kolumna 4. W kolumnie 4 znajduje się napęd liniowy o linii przesuwu prostopadłej do linii przesuwu wózka 3 w postaci siłownika do którego zamocowana jest dysza 5. Do dyszy 5 zamocowany jest wskaźnik laserowy 5.1 oraz kamera 5.2 skierowane zgodnie z linią wylotu. Do dyszy 5 doprowadzone są dwa przewody: doprowadzający sprężone powietrze 12 oraz doprowadzający ścierniwo 13 ze zbiornika 10. Dysza 5 usytuowana jest naprzeciwko ściany w postaci kraty 6, do której przymocowywana jest próbka 19. Ściana w postaci

kraty 6 zamocowana jest w swojej dolnej części do obudowy 7 za pomocą zawiasów. Przestrzeń robocza urządzenia osłonięta jest obudową komory 8 z przeziernymi ścianami oraz zamocowaną na zawiasach pokrywą górną 9, które są przymocowane do obudowy urządzenia 7. Obudowa urządzenia 7 jest wyposażona w uchwyty transportowe 14, gniazdo 230V 16, rurę odciągu 17, zaślepki mechanizmu obrotu ścianą w postaci kraty do mocowania próbek 18, złącze zasilania 22, włącznik główny 23 oraz reduktor ciśnienia z filtrem powietrza 24. Sterowanie urządzeniem odbywa się z panelu kontrolno-regulacyjnego 15. W dolnej części urządzenia znajduje się lej zsypany ścierniwa 20, który jest połączony z pojemnikiem na zużyte ścierniwo 21. Wewnątrz komory znajduje się także oświetlenie 11 pola roboczego.

10 Działanie urządzenia laboratoryjnego polega na tym, że pracę rozpoczyna się od otwarcia pokrywy górnej 9 oraz obudowy komory z przeziernymi ścianami 8 i zamocowania próbki 19 na ścianie w postaci kraty 6. Demontując odpowiednie zaślepki mechanizmu obrotu ściany w postaci kraty do mocowania próbek 18 i wsuwając w ich miejsce pręt, dokonuje się regulacji kąta położenia próbki 19. Odpylacz podłącza się poprzez rurę odciągu 17, a następnie do gniazda 230V 16. 15 Urządzenie podłącza się do sieci poprzez złącze zasilania 22 i włącza przełącznikiem 23. Regulacji ciśnienia sprężonego powietrza dokonuje się na reduktorze z filtrem powietrza i zaworem 24. Zbiornik na ścierniwo 10 napełnia się odpowiednim materiałem. Następnie zamyka się obudowę komory z przeziernymi ścianami 8 oraz pokrywą górną 9. W razie potrzeby włącza się oświetlenie 11 oraz wskaźnik laserowy 5.1 z panelu kontrolno-regulacyjnego 15. Jeśli proces ma być utrwalony w formie nagrania włącza się kamerę 5.2. Ustawia się pozycję dyszy 5 oraz wybiera odpowiedni program sterujący na panelu kontrolno-regulacyjnym 15, po czym uruchamia się proces przy włączonym odpylaczu. Algorytm wykonania procesu bazuje na kodzie „G”, który pozwala na sterowanie przemieszczeniem i prędkością: wózka 3, stołu obrotowego 3.1 oraz kolumny 4.

Po zakończeniu procesu otwiera się pokrywą górną 9 i komorę z przeziernymi ścianami 8 oraz demontuje próbkę 19, montując kolejną i powtarzając cykl. Podczas pracy kontroluje się, czy w pojemniku 21 na zużyte ścierniwo nie występuje nadmiar. W przypadku jego obecności usuwa się go poprzez otwarcie od strony leja zsypany ścierniwa 20.

RZECZNIK PATENTOWY
Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Wykaz oznaczeń:

1. Podstawa obudowy w formie kraty
2. Sterowany napęd liniowy
3. Wózek
- 3.1. Stół obrotowy sterowany numerycznie
4. Kolumna
5. Dysza
- 5.1. Wskaźnik laserowy
- 5.2. Kamera
6. Ściana w postaci kraty
7. Obudowa
8. Obudowa komory z przezroczystymi ścianami
9. Pokrywa górna
10. Zbiornik na ścierniwo
11. Oświetlenie
12. Przewód sprężonego powietrza
13. Przewód doprowadzający ścierniwo
14. Uchwyt transportowy
15. Panel kontrolno – regulacyjny
16. Gniazdo 230V
17. Rura odciągu
18. Zaślepki mechanizmu obrotu ściany w postaci kraty do mocowania próbek
19. Próbką
20. Lej zsypowy ścierniwa
21. Pojemnik na zużyte ścierniwo
22. Złącze zasilania
23. Główny wyłącznik
24. Reduktor z filtrem powietrza i zaworem