

Wojciech Jurczak
Janusz Kolenda
Lesław Kyzioł
Akademia Marynarki Wojennej

PORÓWNAWCZA MIARA WPLYWU KOROZJI NA DYNAMICZNE WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW

STRESZCZENIE

Praca dotyczy oszacowania wpływu równomiernej korozji na dynamiczną odporność materiałów na przecinanie na podstawie badań przy użyciu wglębniaka. Ograniczono się do opisu badań polegających na udarowym nacinaniu próbek wglębniakiem w kształcie klina. Jako miarę odporności materiału przyjęto wartość ilorazu energii kinetycznej młota i objętości wglębnienia. Zdefiniowano warunki pomiarów.

Słowa kluczowe:

wytrzymałość materiałów, korozja, obciążenie udarowe, przecinanie.

WSTĘP

Jednym z podstawowych kryteriów podziału niszczenia korozyjnego jest przebieg niszczenia elementu konstrukcyjnego. W tym przypadku może wystąpić korozja [5]:

- równomierna;
- lokalna (np. selektywna, szczelinowa, wżerowa, międzykrystaliczna, naprężeniowa, zmęczeniowa).

Korozja równomierna jest charakteryzowana przez szybkość korozji wyrażonej ubytkiem masy z jednostkowej powierzchni w jednostkowym czasie, [$g/cm^2 \cdot h$], lub ubytkiem grubości ścianki w jednostkowym czasie, [mm/rok]. Miarą korozji lokalnej

są rozmiary i gęstość rozmieszczenia ognisk korozyjnych determinujących obniżenie wytrzymałości elementu.

Ocena stanu eksploatowanych urządzeń i konstrukcji ma ogromne znaczenie techniczne i ekonomiczne. Od wielu lat zagranicą i w kraju poszukuje się niezawodnej metody oceny trwałości resztkowej. Jednakże w literaturze i praktyce nie spotyka się nie tylko nieniszczącej, lecz również niszczącej, jednej uniwersalnej, jednoznacznej metody oceny trwałości resztkowej materiału i elementu [1].

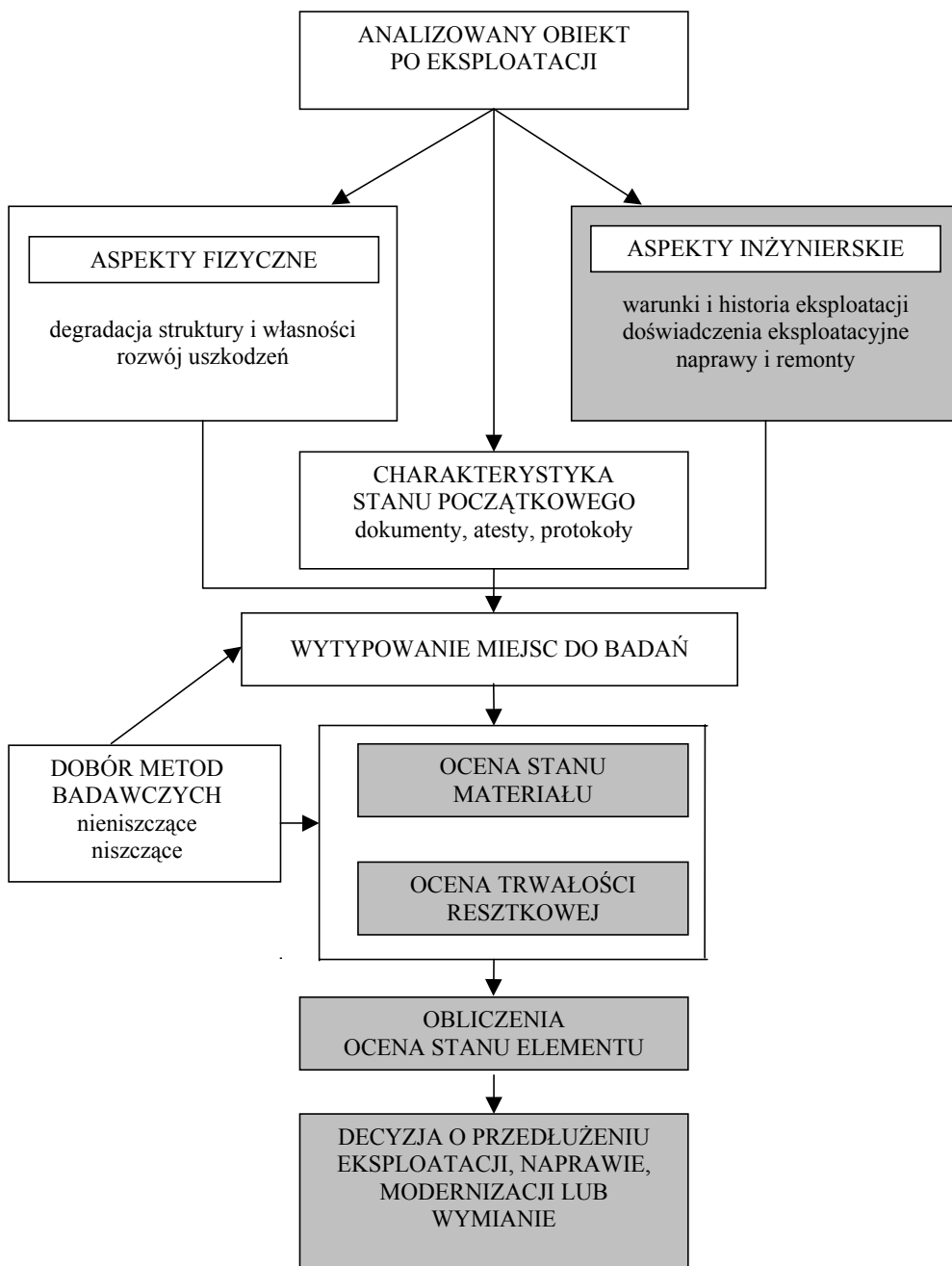
W analizie trwałości resztkowej wykorzystywane są prawie wszystkie metody i techniki stosowane w badaniu materiałów. Ich przydatność i skuteczność tkwi nie tylko w umiejętności opanowania metodyki badań, ale przede wszystkim w umiejętności ich stosowania w praktyce oraz interpretacji uzyskiwanych wyników z wykorzystaniem doświadczeń eksploatacyjnych. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że obiektywnej oceny trwałości resztkowej skorodowanego materiału można dokonać jedynie dzięki zastosowaniu zespołu metod i technik badawczych. Taki sposób podejścia do wykorzystywania analizy trwałości resztkowej opiera się na łącznym wykorzystaniu wiedzy teoretycznej i praktycznej, na stworzeniu możliwości wykonywania w miarę obiektywnej oceny stanu materiału i elementu oraz wyznaczania trwałości resztkowej i czasu dalszej bezpiecznej eksploatacji. Ogólny sposób postępowania przy wykonywaniu takiej analizy pokazano na rysunku 1. [1].

Stosowane dotychczas metody oceny trwałości resztkowej można podzielić na dwie grupy:

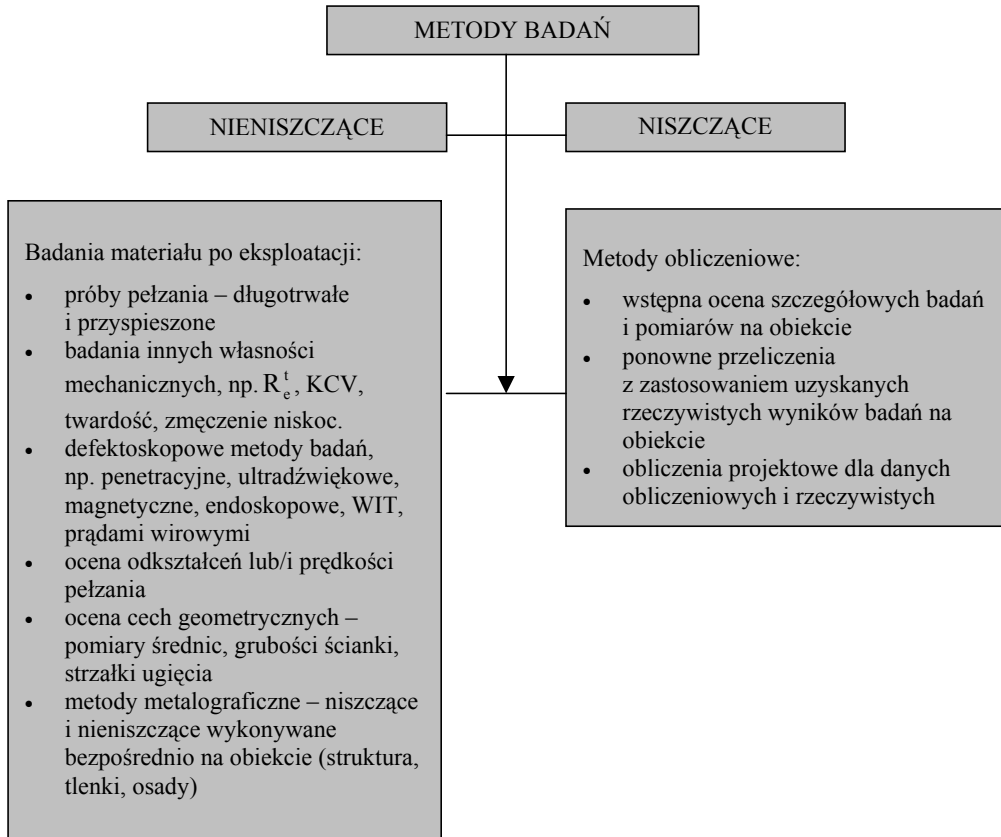
- metody polegające na badaniach i próbach materiałów po eksploatacji, wymagające bezpośredniego dostępu do elementu, dokonania pomiarów, pobrania próbki;
- metody polegające na gromadzeniu i kontroli parametrów ruchowych w celu dokonania obliczeń przy wykorzystaniu standardowych danych materiałowych.

W praktyce często wykorzystuje się łącznie metody zakwalifikowane do obu grup, a ich ogólny podział ilustruje rysunek 2.

Jak wynika z rysunku 2., zdecydowaną większość metod badania materiału po eksploatacji stanowią metody statyczne i quasi-statyczne (co jest uzasadnione praktycznym znaczeniem wyznaczanych za ich pomocą parametrów), próby dynamiczne ograniczają się zaś do badań zmęczeniowych i prób udarności.



Rys. 1. Sposób podejścia do oceny stanu materiałów i elementu



Rys. 2. Podział metod służących ocenie trwałości resztkowej [1]

W niniejszej pracy zaproponowano alternatywną miarę odporności skorodowanego materiału na obciążenia udarowe, której ocenę ułatwi poniższy opis próby udarności.

PRÓBA UDARNOŚCI

Próba udarności służy do oceny zachowania się materiału w warunkach sprzyjających kruchemu pękaniu, wywołanych w próbce obecnością karbu i odkształceniami o dużej prędkości, powstałymi w wyniku udarowego działania siły. Próbę udarności wykonuje się na młotach wahadłowych typu Charpy przeznaczonych do udarowego zginania próbek podpartych swobodnie na obu końcach. Próbkę z karbem umieszcza się na podporach młota tak, aby oś karbu leżała w płaszczyźnie ruchu wahadła młota, karb był skierowany do podpór, a próbka przylegała do podpór. W czasie próby początkowa energia wahadła młota, wychylonego o zadany kąt,

przy jego swobodnym spadku zostaje zużyta na złamanie próbki i na zamianę w energię kinetyczną, powodując wychylenie wahadła młota po złamaniu próbki na drugą stronę pionowej płaszczyzny, względem której było początkowo wychylone wahadło. Należy przy tym podkreślić, że opór uderzanej próbki przenosi się na jej podpory, powodując deformacje sprężyste (drżania) i dynamiczne obciążenie podstawy młota, w której osadzone są podpory próbki, a związana z tym energia nie jest uwzględniana w obliczeniach pracy uderzenia i udarności. Jako udarność, KC , przyjmuje się pracę uderzenia K odniesioną do powierzchni początkowej S_o przekroju poprzecznego w miejscu karbu:

$$KC = \frac{K}{S_o}, [\text{J}/\text{cm}^2] \quad (1)$$

gdzie

$$K = K_o - K_1 \quad (2)$$

K_o – początkowa energia wahadła;

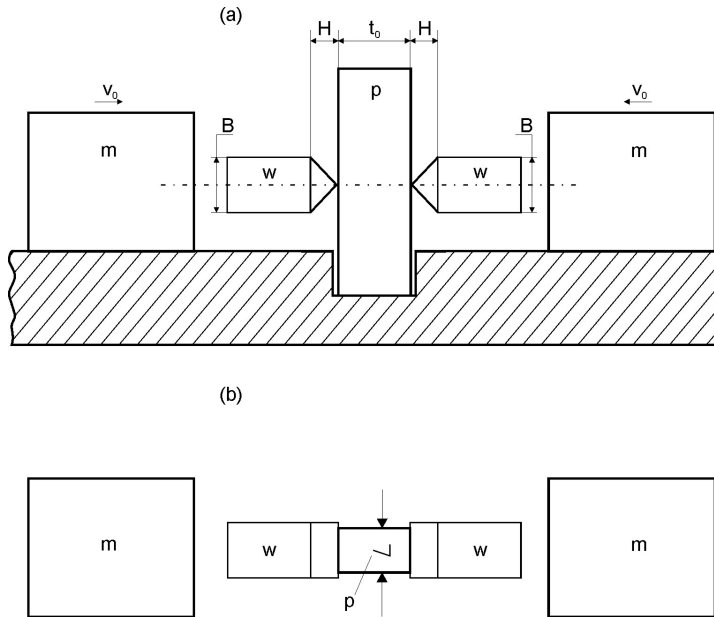
K_1 – energia wahadła po złamaniu próbki,

co nie odzwierciedla całej złożoności problemu [2, 6]. Tak przyjęte określenie udarności nie ma podstaw fizycznych, a przy badaniu próbek z karbem nie występuje prawo podobieństwa. Stąd udarność można porównywać jedynie w odniesieniu do jednego rodzaju i wymiarów próbek. Ten niedostatek jest przyczyną braku metod obliczeń konstrukcji, w których w sposób bezpośredni wykorzystano by udarność. Dlatego aktualnie często wyznacza się tylko wartość pracy uderzenia dla danego rodzaju i wymiarów próbek do celów porównawczych [5].

SPOSÓB OSZACOWANIA WPLYWU KOROZJI NA ODPORNOŚĆ MATERIAŁU NA UDAROWE PRZECINANIE

Ubytek masy lub grubości elementu w wyniku równomiernej korozji jest ważnym parametrem w przybliżonej ocenie jego trwałości resztkowej. Dokładne określenie trwałości resztkowej materiału i elementu tą metodą nie jest możliwe ze względu na istnienie warstwy pośredniej między całkowicie skorodowanymi cząstkami materiału a tą jego częścią, w której nie występują zjawiska korozyjne w skali molekularnej (atomowej). Jedynie poddanie całego elementu określonej próbie przed i po eksploatacji pozwala na wyznaczenie ubytku jego wytrzymałości. W odniesieniu do badań statycznych i zmęczeniowych należy sądzić, że jest to wynik ścisły, jeśli zachowane są jednakowe warunki pomiaru przed i po eksploatacji (wielkość i kształt próbki, obciążenie, temperatura itp.). Ta pozytywna ocena nie dotyczy

próby udarowości, gdyż opór stawiany przez próbkę nieskorodowaną jest inny niż przez próbkę skorodowaną, a tym samym niemierzalna porcja energii przekazywana podporom i podstawie młota jest w obu tych przypadkach różna. Wskazane byłoby zatem przeprowadzenie próby udarowej z wyeliminowaniem przenoszenia impulsu uderzenia na podpory młota. Próby takie umożliwia urządzenie przewidziane do realizacji w AMW [3], w którym dwa młoty uderzają równocześnie w identyczne wgłębniaki z obu stron próbki (rys. 3.).



Rys. 3. Konfiguracja młotów (m), wgłębniaków (w) i próbki (p) w chwili przed uderzeniem w widoku z boku (a) i z góry (b)

Jeden z możliwych wariantów badań na tym urządzeniu przewiduje wycięcie z danego materiału kilku – kilkunastu identycznych próbek. Ich grubość oznaczono t_0 na rysunku 3. Część z nich poddana zostaje warunkom eksploatacyjnym w agresywnym środowisku, w wyniku czego po upływie odpowiednio długiego czasu na ich powierzchni pojawia się równomierna korozja. W celu porównania dynamicznej odporności próbek nieskorodowanych i próbek pokrytych rdzą badaniom poddawane są kolejno oba rodzaje próbek. W wyniku uderzenia młotów wgłębniaki zagłębiają się w próbkę, powodując, że jej grubość t_0 zmniejsza się trwale w przypadku próbki nieskorodowanej do wartości t_1 w najcieńszym miejscu (w płaszczyźnie symetrii wgłębienia) i do wartości t_2 w przypadku próbki skorodowanej. Jeśli zastosowane zostaną wgłębniaki w kształcie klina o wymiarach B i H (rys. 3.), wystąpią dwa wgłębienia w nieskorodowanej próbce, każde o objętości:

$$V_1 = \frac{1}{2} b_1 h_1 L \quad (3)$$

oraz dwa wgłębienia w skorodowanej próbce, każde o objętości

$$V_2 = \frac{1}{2} b_2 h_2 L. \quad (4)$$

Oznaczono tu:

L – długość wgłębienia (szerokość próbki);

$$b_1 = h_1 \frac{B}{H}, b_2 = h_2 \frac{B}{H}; \quad (5)$$

$$h_1 = \frac{1}{2}(t_o - t_1), h_2 = \frac{1}{2}(t_o - t_2). \quad (6)$$

Jako miarę odporności na udarowe przecinanie CD proponuje się wartość wyrażenia

$$CD = \frac{K_o}{V}, [\text{J}/\text{cm}^3] \quad (7)$$

gdzie K_o jest początkową energią młota (w chwili przed uderzeniem), a V objętością wgłębienia. Spadek odporności materiału wywołany równomierną korozją wyniesie w liczbach bezwzględnych

$$\Delta_{CD} = K_o \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right), [\text{J}/\text{cm}^3] \quad (8)$$

oraz procentowo

$$\Delta_{CD}(\%) = 100 \left(1 - \frac{V_1}{V_2} \right). \quad (9)$$

W przypadku elementu narażonego na oddziaływanie korozyjne na jedną z powierzchni (zewnątrzną lub wewnętrzną) próbkę p (rys. 3.) można zastąpić dwiema próbkami – wzorcową (nieskorodowaną) i badaną (skorodowaną). Zachowując analogiczne jak powyżej oznaczenia mierzonych grubości t_o , t_1 i t_2 , wzory (3) – (5) i (7) – (9) nie ulegną zmianie, jedynie zamiast wyrażen (6) należy podstawić

$$h_1 = t_o - t_1, h_2 = t_o - t_2. \quad (10)$$

UWAGI KOŃCOWE

Jak wspomniano we wstępie, korozja równomierna jest charakteryzowana ubytkiem masy z jednostkowej powierzchni w jednostkowym czasie lub grubości ścianki w jednostkowym czasie. Niestety, pomiary ubytku masy lub grubości ścianki obarczone są dużym marginesem niepewności, wynikającym z istnienia warstwy pośredniej. Zaletą przedstawionego w niniejszej pracy sposobu oszacowania wpływu korozji na spadek dynamicznej odporności materiałów jest zastąpienie tych pomiarów wyznaczeniem grubości próbki w miejscu nacięcia, co zapewnia lepszą dokładność wyników. Dodatkową zaletą powyższej propozycji jest rozszerzenie wachlarza prób skorodowanych materiałów i elementów o badania udarowe, co wobec znacznej przewagi liczebnej metod statycznych nad dynamicznymi wydaje się korzystne. Oczywiście opisana próba z wgłębnikiem w kształcie klina nie wyklucza możliwości stosowania wgłębników o innych kształtach [4], udarowych badań skorodowanych złączy spawanych itd.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Hernas A., Dobrzański J., *Trwałość i niszczenie elementów kotłów i turbin parowych*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
- [2] Kim S. J., Goo N. S., *Dynamic contact response of laminated composite plates according to the impactor shapes*, „Int. Journal of Impact Engineering”, 1997, Vol. 65, No 1.
- [3] Kolenda J., Kyzioł L., Urządzenie do wykonywania badań dynamicznych właściwości materiałów konstrukcyjnych, zwłaszcza metali, tworzyw sztucznych i drewna modyfikowanego, zgłoszenie patentowe AMW (w przygotowaniu).
- [4] Kolenda J., Rosochowicz K., Sposób i urządzenie do przeprowadzania prób udarowych materiałów konstrukcyjnych, zgłoszenie patentowe P 371449, 2004.
- [5] *Metaloznawstwo*, red. M. Głowacka, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1996.
- [6] Zukas J. A., *High velocity impact dynamics*, J. Wiley & Sons Inc., U.K. 1990.

ABSTRACT

The paper deals with the assessment of effect of uniform corrosion on dynamic resistance of materials to cutting, based on tests with an indenter. The description is limited to the experiments with the use of a wedge-shaped indenter. The quotient of kinetic energy and of the hammer and the indentation volume are assumed as the comparative measure of material resistance. The conditions for reliable measurements are defined.

Recenzent dr hab. inż. Zbigniew Powierża, prof. AM w Gdyni