ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: ENERGETYKA z. 91 Nr kol. 856

Tadeusz CHMIELNIAK
Janusz KOTOWICZ

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych
Politechniki Śląskiej

NIEKTÓRE ASPEKTY BADAŃ ZUŻYCIA EROZYJNEGO MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH

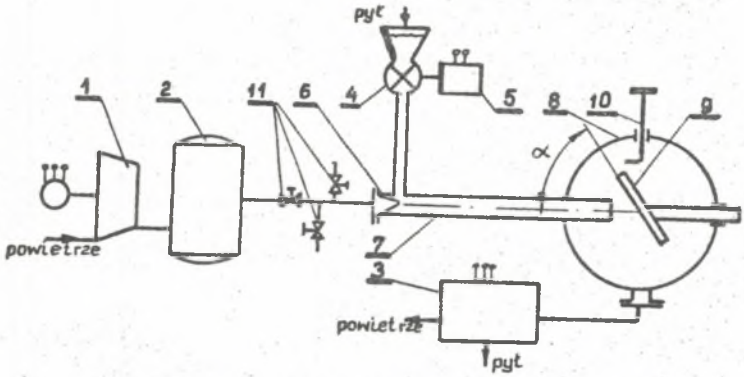
Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę pomiaru oraz wyniki badań zużycia wybranego materiału konstrukcyjnego poddanego działaniu zapylonego powietrza. Do zapylenia powietrza używano pył jedno-lub wieloskładnikowy o ściśle określonych średnicach ziarn. W oparciu o otrzymane dane obliczono charakterystyczne wielkości materiałowe decydujące o odporności erozyjnej.

1. Wstęp

Badania odporności materiałów poddanych oddziaływaniu czynnika zapylonego dostarczają ważnych informacji konstruktorom maszyn, w tym także wentylatorów i sprężarek. Ustalenie wpływu różnych czynników na erozję pyłową ma podstawowe znaczenie dla ukształtowania postaci geometrycznej elementów maszyn i urządzeń, a także dla wyboru tworzyw konstrukcyjnych. Bez dostatecznie szerokich badań mechanizmu zniszczenia nie ma możliwości w miarę dokładnego określenia dopuszczalnego czasu pracy elementów narażonych na działanie erozji pyłowej. Z tych powodów poświęca się dużo uwagi zarówno metodologii badań, jej istocie jak i gromadzeniu informacji dotyczącej odporności różnych materiałów oraz tworzyw na oddziaływanie strumienia pyłu. Wśród tych informacji ważne znaczenie mają dane, które służą do ustalenia zależności charakterystycznych wskaźników procesu zużycia erozyjnego od wielkości cząstek pyłu, jego stężenia w strumieniu, prędkości oraz struktury pyłu. Przyczynkiem do dyskusji tych zagadnień jest niniejszy artykuł.

2. Stanowisko badawcze i metodyka badań

Badania przeprowadzono na stanowisku wykonanym w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych. Schemat stanowiska przedstawia rys. 1, wyróżnić można w nim trzy zasadnicze zespoły:



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego

i) Zespół zasilająco-odpylający, w skład którego wchodzi sprężarka tłokowa (1) typu AP-50 wraz ze zbiornikiem wyrównawczym (2) oraz odkurzacz przemysłowy (3) C-300. Takie rozwiązanie umożliwia zmianę prędkości przepływającego powietrza w zakresie 60-90 m/s.

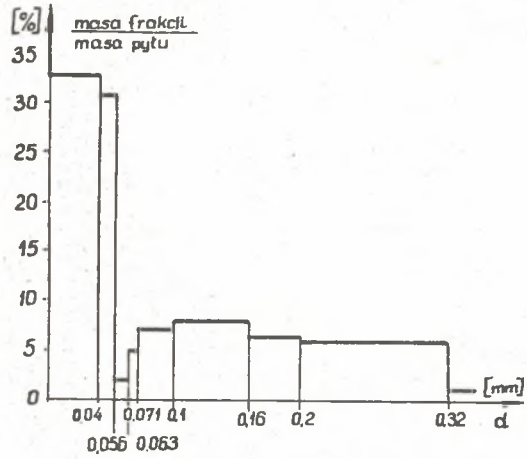
ii) Zespół wytwarzający mieszankę pyłowo-powietrzną, który stanowi: podajnik skrzydełkowy (4) wraz z układem regulacji jego prędkości obrotowej (5), dysza (6) i przewód rurowy (7). Długość przewodu 1,5 m zapewnia dokładne wymieszanie powietrza z pyłem i umożliwia założenie równości prędkości cząstek pyłu i powietrza.

iii) Komora pomiarowa (8), wyposażona w uchwyt do mocowania badanej próbki (9) i rurkę spiętrzającą (10), wykonana jest jako szczelny zbiornik o ściankach ze szkła, co umożliwia wizualizację procesu.

Wielkościami regulowanymi w układzie badawczym są:

- prędkość przepływu strugi powietrza ustalana zaworami regulacyjnymi (11)
- stężenie cząstek regulowane wydajnością podajnika poprzez zmianę jego prędkości obrotowej, utrzymane w czasie wszystkich pomiarów w zakresie $2 \cdot 10^{-2}$ kg/m^3 ± 25%,
- kąt α pomiędzy osią strugi pyłowo-powietrznej a badaną próbką.

Obliczenia prędkości przepływu powietrza dokonano na podstawie pomiaru ciśnienia dynamicznego w osi strugi i ciśnienia statycznego w komorze. Ciśnienie dynamiczne mierzono rurką spiętrzającą przed wsypaniem pyłu do podajnika i po jego opróżnieniu. W trakcie przepływu mieszaniny pyłowo-powietrznej mierzono ciśnienie statyczne w komorze. Obydwie wielkości mierzono z dokładnością 1 mm H_2O. Po opróżnieniu podajnika prędkość powietrza zmniejszała się o 0,5÷1,5 m/s.



Rys. 2. Analiza ziarnowa pyłu

Badaniom poddano próbkę aluminium (AlZn5My1). Wielkość całkowitego zużycia erozyjnego wyznaczono na podstawie ważenia próbki przed i po pomiarze na wadze analitycznej z dokładnością 10^{-8} kg.

Do badań zastosowano pył z elektrofiltrów elektrowni Łaziska, który za pomocą sit posegregowano na frakcje. Analizę ziarnową pyłu przedstawiono na rys. 2.

Jednorazowo do pomiaru używano 0,5 kg pyłu dla $d \leqslant 0{,}063$ mm, a dla większych średnic pyłu 0,25 kg. Utworzono pyły wieloskładnikowe w porcjach po 0,5 kg. Sumarycznie zużyto około 50 kg pyłu.

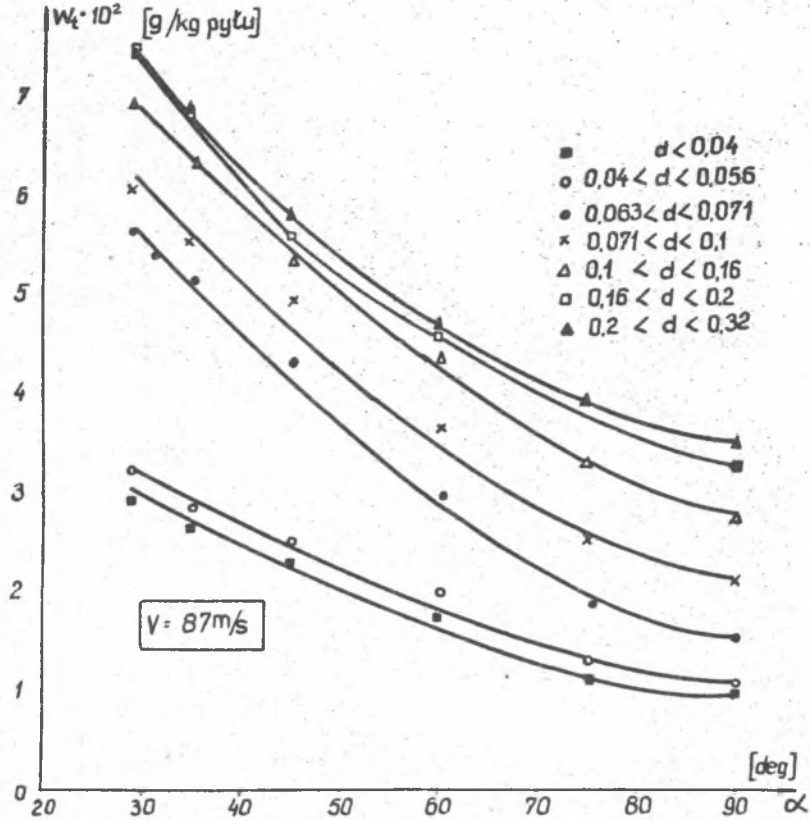
Wykonano pomiary dla wszystkich frakcji pyłu, z wyjątkiem $0{,}056 < d < 0{,}063$ mm, której udział masowy jest znikomy. Utworzono również dwa pyły wieloskładnikowe: pierwszy z frakcji $0{,}04 < d < 0{,}056$ mm, $0{,}16 < d < 0{,}2$ mm, o równych udziałach masowych $g = 0{,}5$, drugi z frakcji $0{,}04 < d < 0{,}056$ i $g = 0{,}4$, $0{,}071 < d < 0{,}1$ mm, i $g = 0{,}4$, $0{,}2 < d < 0{,}32$ mm i $g = 0{,}2$.

Badania przeprowadzono dla trzech prędkości $V = 64; 73; 87$ m/s w zakresie kątów $\alpha = 29 \div 90^{\circ}$.

Celem badań jest wyznaczenie charakterystyk całkowitego zużycia erozyjnego $W_t = f(\alpha)$ dla $V = \text{const}$, $W_t = f(V)$ dla $\alpha = \text{const}$ dla wszystkich frakcji i pyłów wieloskładnikowych oraz sprawdzenie czy charakterystykę całkowitego zużycia erozyjnego dla pyłu wieloskładnikowego można wyznaczyć metodą superpozycji charakterystyk jego składników. Korzystając z algorytmu przedstawionego w [1] i [4] wyznaczono wartość energii potrzebnej do usunięcia jednostki objętości materiału na drodze deformacji kruchej ε i plastycznej ψ.

3. Dyskusja rezultatów i wnioski końcowe

Całkowite zużycie erozyjne jest w istotny sposób zależne od średnicy ziarn pyłu. Stosunek całkowitego zużycia erozyjnego dla pyłu o średnicy ziarn $0{,}2 < d < 0{,}32$ mm i pyłu, którego $d < 0{,}04$ mm rośnie wraz za wzrostem kąta napływu strugi i wynosi $2{,}8 \div 6{,}2$ dla $V = 64$ m/s (rys. 5), $2{,}7 \div 4{,}8$ dla $V = 73$ m/s (rys. 4), $2{,}6 \div 3{,}7$ dla $V = 87$ m/s (rys. 3).



Rys. 3. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji kąta napływu strumienia

Jak wykazały badania całkowite zużycie erozyjne W_t pyłu wieloskładnikowego (rys. 6 i rys. 8) może być wyznaczone metodą superpozycji całkowitych zużyć jego składników wg wzoru

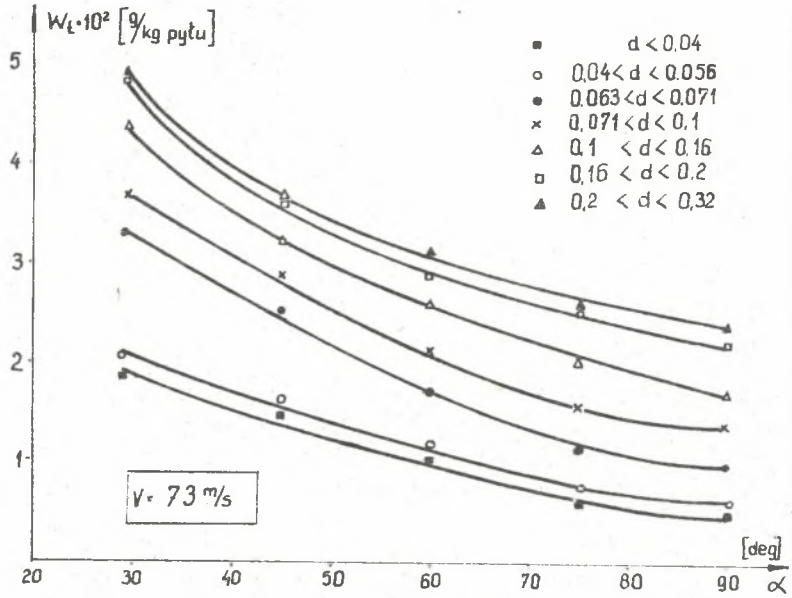
$$W_t = \sum_i g_i W_{ti} \tag{1}$$

gdzie:

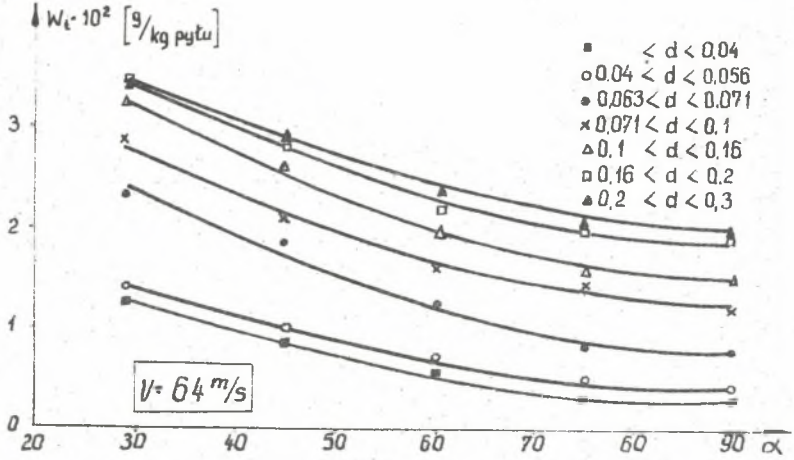
g_i - udział masowy i-tego składnika w pyle wieloskładnikowym,

W_{ti} - całkowite zużycie erozyjne i-tego składnika pyłu wieloskładnikowego.

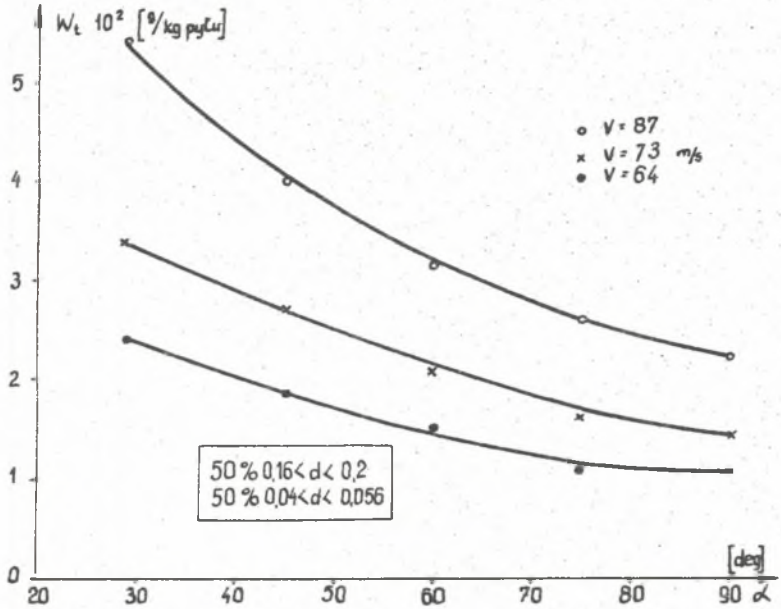
Błąd popełniany przy wyznaczaniu całkowitego zużycia dla pyłu wieloskładnikowego wg wzoru (1) jest dla przebadanych pyłów niewielki i przedstawiony jest dla pyłu dwuskładnikowego na rys. 7 i trójskładnikowego na rys. 9.



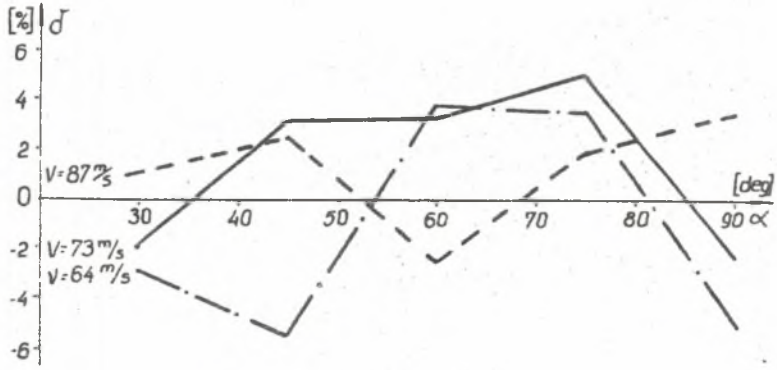
Rys. 4. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji kąta napływu strumienia



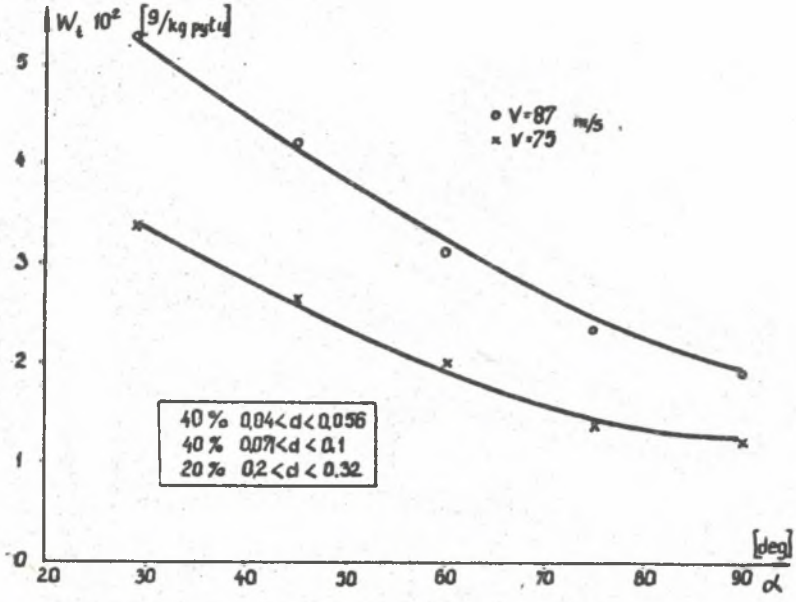
Rys. 5. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji kąta napływu strumienia



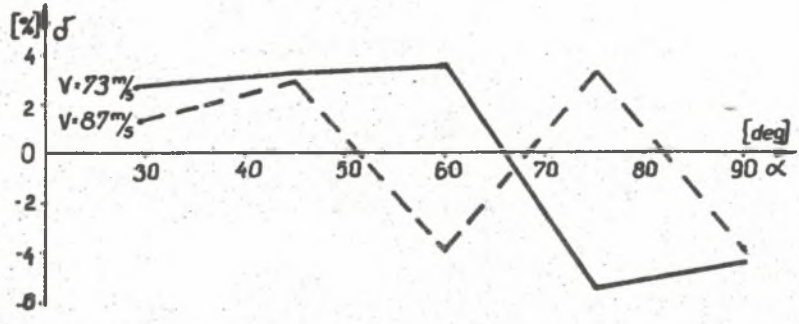
Rys. 6. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji kąta napływu strumienia



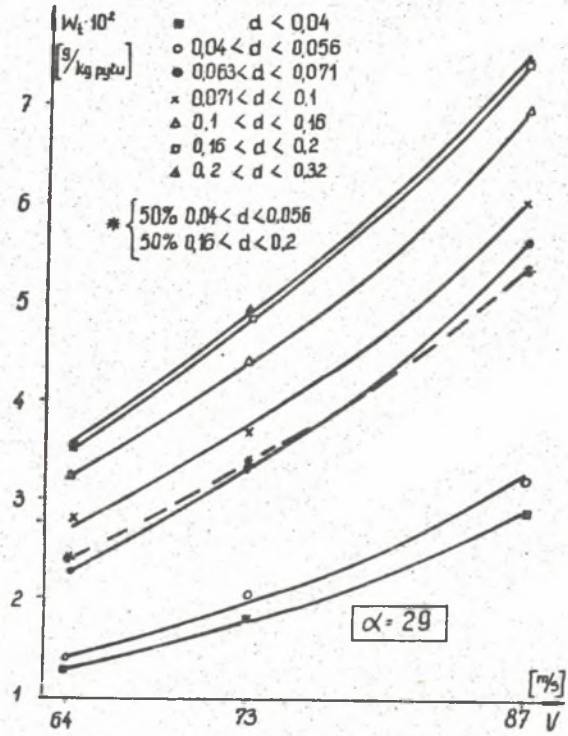
Rys. 7. Błąd wyznaczenia całkowitego zużycia erozyjnego metodą superpozycji w funkcji kąta napływu strumienia



Rys. 8. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji kąta napływu strumienia



Rys. 9. Błąd wyznaczenia całkowitego zużycia erozyjnego metodą superpozycji w funkcji kąta napływu strumienia

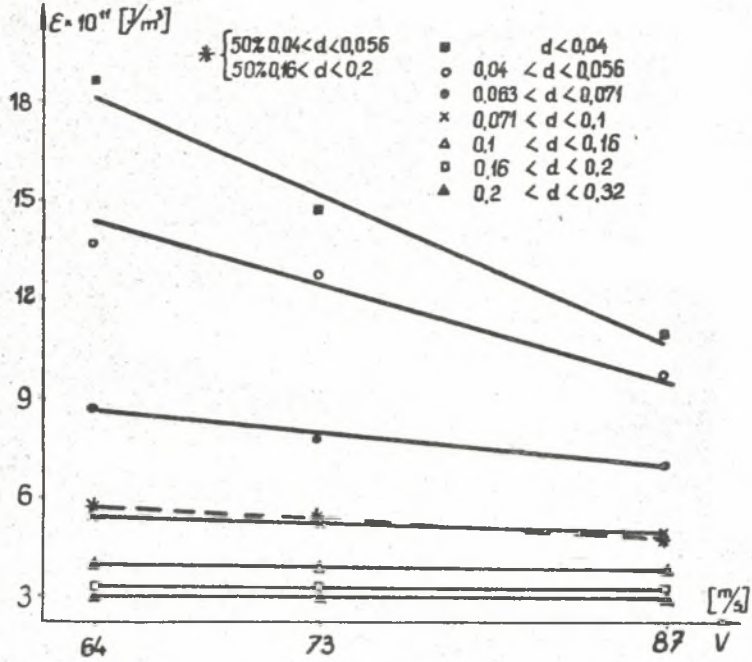


Rys. 10. Zależność całkowitego zużycia erozyjnego w funkcji prędkości strumienia

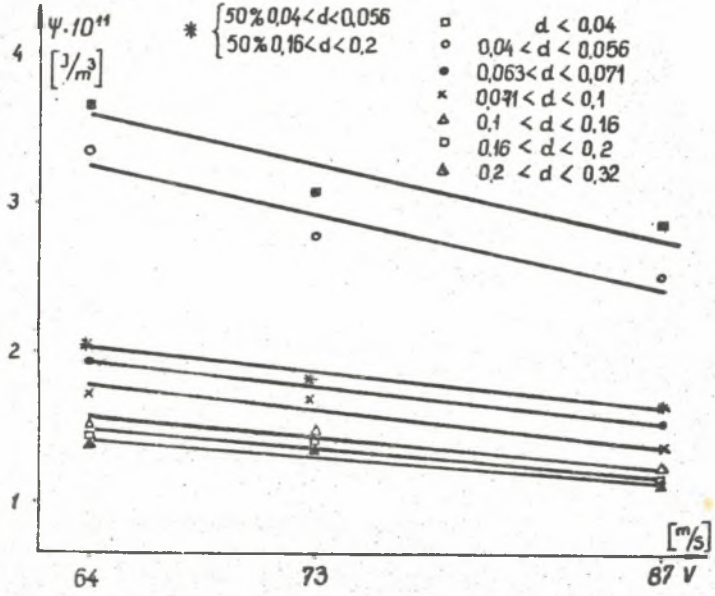
W celu określenia wpływu prędkości na wielkość zużycia erozyjnego sporządzono wykresy $W_t = f(V)$ dla $\alpha = const$, przedstawiają one rodziny krzywych, z których jedną dla $\alpha = 29$ zamieszczono na rys. 10.

Cechą charakterystyczną współczynnika niszczenia deformacyjnego ε (rys. 11) i plastycznego ψ (rys. 12) jest ich odwrotna proporcjonalność do prędkości. Zależność współczynnika ε od prędkości maleje wraz ze wzrostem średnicy ziarn. Tak np. stosunek współczynników ε dla prędkości V = 64 m/s i V = 87 m/s zmniejsza się od 1,58 dla d < 0,04 mm do wartości bliskiej jedności dla d > 0,1 mm. Natomiast stosunek współczynników ψ wyznaczonych dla tych samych prędkości zmienia się nieznacznie bez względu na średnicę badanego pyłu i wynosi 1,24 ± 0,1. Cechą wspólną obydwu współczynników ε i ψ jest zmniejszanie się ich wartości wraz ze wzrostem średnicy ziarn pyłu, co przedstawia rys. 13 i rys. 14. Dla pełniejszego scharakteryzowania współczynników niszczenia deformacyjnego i plastycznego należy dodać, że stosunek ε do ψ jest zawarty w granicach 2,1÷5,1.

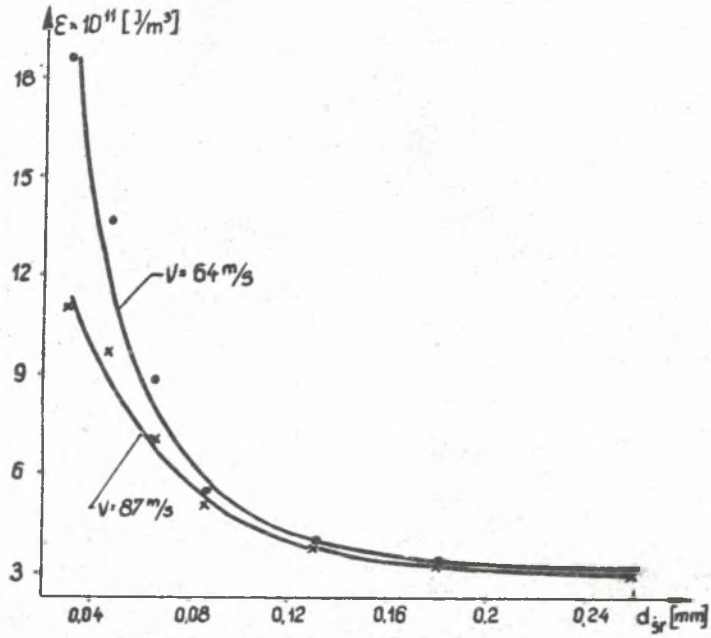
Konsekwencją prawdziwości wzoru (1) wykazaną w badaniach jest możliwość wyznaczenia współczynnika niszczenia deformacyjnego ε dla pyłu wieloskładnikowego przy korzystaniu z zależności



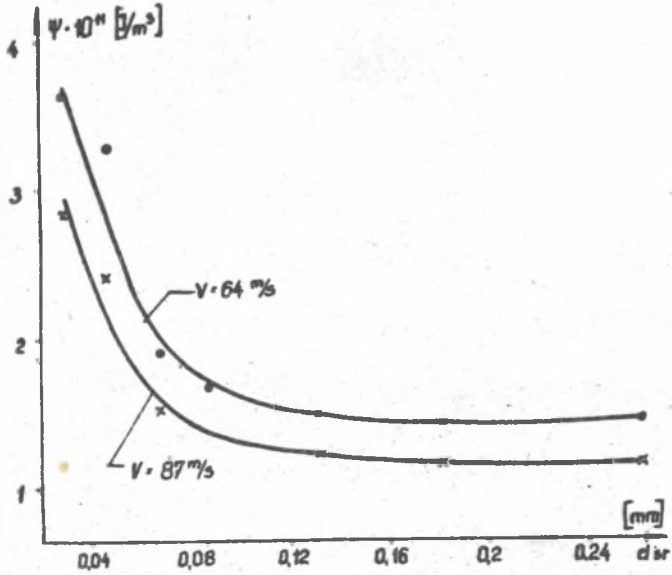
Rys. 11. Wpływ prędkości na współczynnik niszczenia deformacyjnego



Rys. 12. Wpływ prędkości na współczynnik niszczenia plastycznego



Rys. 13. Zależność współczynnika niszczenia deformacyjnego w funkcji średnicy ziarna pyłu



Rys. 14. Zależność współczynnika niszczenia plastycznego w funkcji średnicy ziarna pyłu

$$\frac{1}{\varepsilon} = \sum_{i} \frac{g_i}{\varepsilon_i} \qquad (2)$$

gdzie:

g_i - udział masowy i-tego składnika w pyle wieloskładnikowym,

ε_i - współczynnik niszczenia deformacyjnego i-tego składnika pyłu wieloskładnikowego.

Błąd wyznaczenia ε przy wykorzystaniu wzoru (2) dla badanego pyłu dwuskładnikowego wynosi 3,5% V = 87 m/s, 2,3% V = 73 m/s, 4,4% V = 64 m/s, dla pyłu trójskładnikowego 3,8% V = 87 m/s, 4,2% V = 73 m/s.

Korzystając z analogicznej do (2) zależności można wyznaczyć współczynnik niszczenia plastycznego pyłu wieloskładnikowego. Przedstawione badania stanowią pewien etap szerzej zakrojonych prac mających na celu uproszczenie procedury wyznaczenia charakterystyk erozyjnych pyłów. Dalsze badania powinny wyjaśnić możliwość uśrednienia wartości ε i ψ dla obranego rozkładu średnic cząstek pyłów. Ustalenie wartości ε i ψ tylko na podstawie pomiaru dla jednej charakterystycznej wartości średnicy znacznie uprościłoby algorytm wyznaczenia zużycia erozyjnego różnych konstrukcji.

Literatura

[1] Chmielniak T. i inni: Badania erozji wentylatorów. Praca naukowo-badawcza (niepublikowana) 1980.

[2] Bitter J.G.A.: A Study of Erosion Phenomena. Part I and II WEAR. 6/1963, 5-21, 6/1963, 1969-190.

[3] Neilson J.H., Gilchrist A.: Erosion by Stream of Solid Particles.

[4] Dubrowski A., Misiewicz A.: Wstępne badania odporności materiałów konstrukcyjnych na erozję pyłową. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Energetyka z. 80/82.

[5] Jura St.: Parametry mechaniczne materiałów i wskaźniki energetyczne procesu ścierania erozyjnego. Zbiór prac z konferencji naukowo-technicznej pt.: "Zastosowania w energetyce tworzyw odlewniczych odpornych na ścieranie". Gliwice 1983.

Recenzent: doc. dr inż. Jan Radwański

Wpłynęło do redakcji, maj 1985

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭРОЗИЕИЗНОСА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р е з ю м е

В работе представлен метод измерения и результаты исследований износа выбраного конструкционного материала подверженного влияни запыленного воздуха. Для запыления воздуха использовано пыль одно или многокомпонентный о определенных диаметрах зерн. Опираясь на полученных данных были расчитаны характеристические признаки материалов решающие о эрозиестойкости.

SOME ASPECTS OF THE RESEARCH ON WEAR OF THE CONSTRUCTION MATERIALS DUE TO EROSION

S u m m a r y

The paper presents a method of measurement and the results obtained on the research work on wear of the selected construction material remaining under the influence of dusty air. The air which was used in the research contuinted particles of dust with the same or different diameters in each test. The material characteristic which are decisive in erosion resistance have been calculated basing on the data obtained.