14/39

Solidification of Metals and Alloys,
Year 1999, Volume 1, Book No. 39
Krzepnięcie Metali i Stopów,
Rok 1999, Rocznik 1, Nr 39
PAN – Katowice PL ISSN 0208-9386

PROBLEM TRWAŁOŚCI NIEKTÓRYCH ELEMENTÓW TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO

Jerzy KILARSKI, Stanisław JURA, Andrzej STUDNICKI
Politechnika Śląska, Katedra Odlewnictwa
Gliwice, ul. Towarowa 7.

STRESZCZENIE.
W artykule omówiono krótko proces zużycia erozyjnego w oparciu o podstawy teoretyczne opracowane przez Bittera oraz przedstawiono praktyczne wskazówki zwiększające trwałość niektórych elementów transportu pneumatycznego.

1. WPROWADZENIE

Transport pneumatyczny zajmuje szczególną pozycję podczas przemieszczania materiałów sypkich szczególnie pylistych. Tym sposobem transportowany jest: pył węglowy i popiół w elektrowniach i elektrociepłowniach, piasek kwarcowy i zużyta masa formierska w odlewnictwie, cement w cementowniach itp.

W wyniku przepływu dużej ilości materiałów ziarnistych elementy instalacji transportu pneumatycznego ulegają zużyciu erozyjnemu. Na zużycie narażone są wszystkie elementy stykające się z materiałem ziarnistym z tym, że jedne zużywają się szybciej inne wolniej. Do elementów zużywających się szczególnie intensywnie należą te w których następuje zmiana prędkości lub kierunku przepływu np.: kolana, łuki, dyfuzory, dysze, zwężki itp. Do zużywających się wolniej należą zwykle zbiorniki i proste odcinki rurociągów.

Aby zaradzić pojawiającym się procesom zużycia w układach transportu pneumatycznego należy przestrzegać poprawności przepływów (łagodne przejścia, osiowe połączenia) oraz stosować w miejscach narażonych na zużycie bardziej odporne materiały. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych zmierzających do wydłużenia trwałości głównie kolan i łuków przedstawiono w dalszej części artykułu.

2. ZUŻYCIE EROZYJNE

Zużycie erozyjne występuje w przypadku, gdy element maszyny lub urządzenia ścierany jest przez strumień cząstek mineralnych posiadający określoną energię kinetyczną, przy czym poniższe rozważania dotyczą prędkości strumienia mniejszej niż 100 m/s. W ramach takiego procesu ścierania Bitter wyróżnia erozję ścinającą (**ZS**) charakteryzującą się tnącym oddziaływaniem cząstek uderzających pod ostrym kątem oraz erozję deformacyjną (**ZD**) kiedy zderzenia cząstek z powierzchnią związane są ze zjawiskami sprężysto-plastycznymi.

Całkowite zużycie przez erozję (**Z**) jest więc skutkiem połączonego oddziaływania ścinającego i deformacyjnego przy czym:

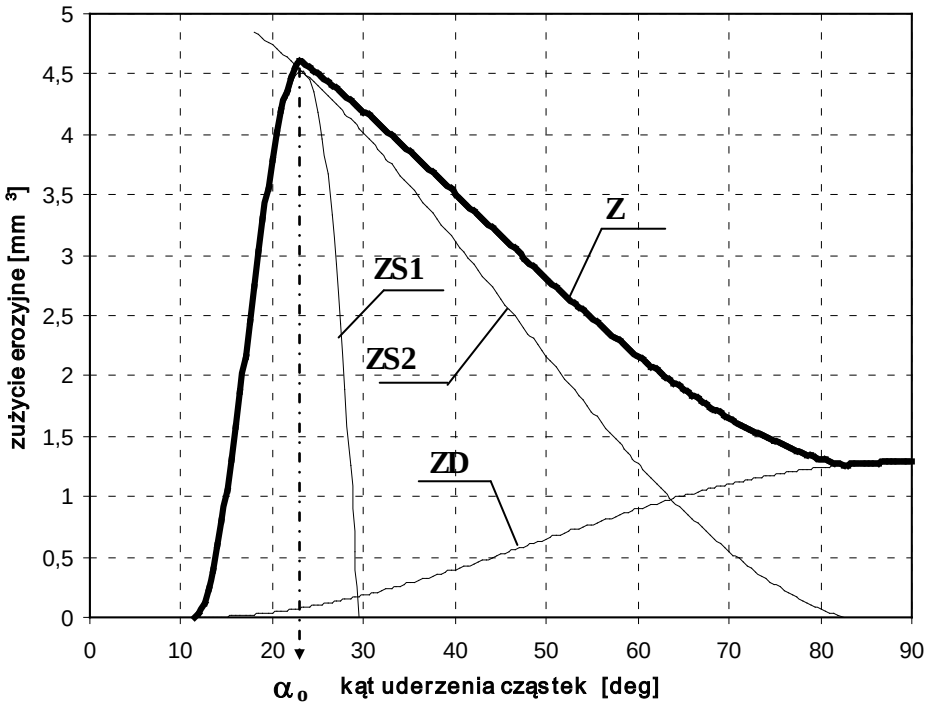
$$\mathbf{Z = ZD + ZS1} \qquad \alpha < \alpha_o$$

$$\mathbf{Z = ZD = ZS2} \qquad \alpha > \alpha_o$$

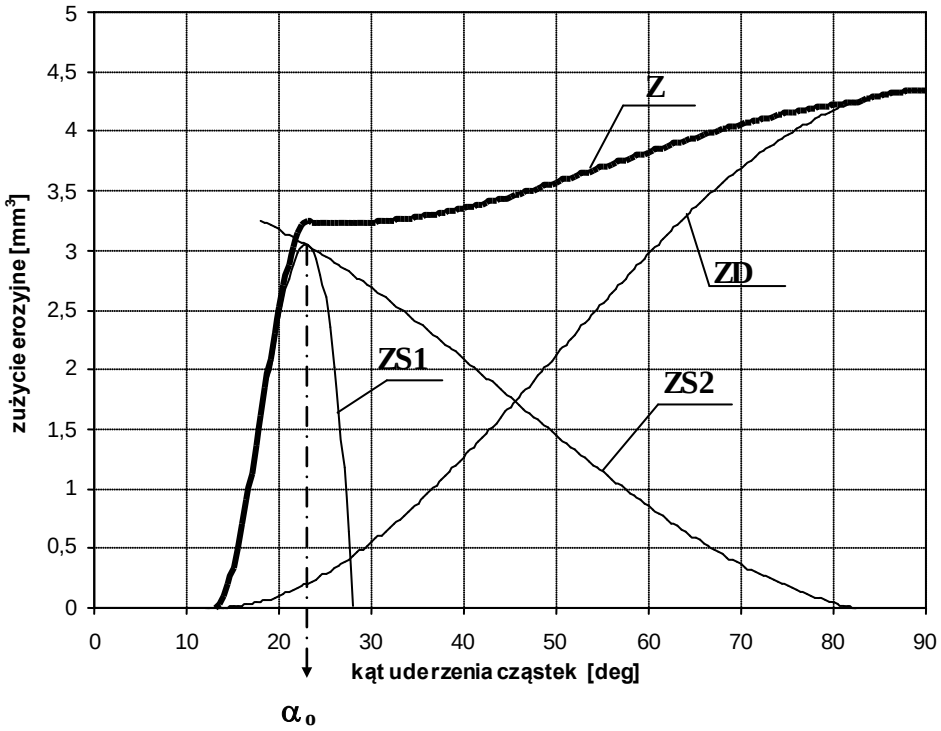
gdzie: α – kąt padania cząstki,

α_o – graniczny kąt padania przy którym cząstka wytraca swoją prędkość styczną.

Zależności zużycia przez erozję od kąta uderzenia cząstek dla materiałów miękkich i plastycznych oraz twardych i kruchych przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys.1 Zużycie erozyjne materiałów miękkich
Fig.1 Erosion wear of soft materials



Rys.2 Zużycie erozyjne materiałów twardych
Fig.2 Erosion wear of hard materials

Analizując przedstawione wykresy można zauważyć, że zużycie przez erozję deformacyjną rośnie wraz ze wzrostem kąta uderzenia przy czym wzrost ten jest większy dla materiałów twardych i kruchych. Z kolei zużycie przez erozję ścinającą początkowo rośnie w miarę wzrostu kąta do wartości α_o, a następnie maleje.

Stąd wynikają zalecenia co do konstrukcji elementów i stosowanych materiałów. Dla rurociągów prostych kiedy kąty uderzenia są małe erozja jest niewielka i można stosować tradycyjne materiały stalowe. W przypadku pojawienia się w układach kolan i łuków następują zmiany w warunkach przepływu strumienia, cząstki uderzają pod większymi kątami efektem czego jest szybkie niszczenie elementów. Przed zbyt intensywnym niszczeniem tych elementów możemy zabezpieczyć się stosując dostatecznie duże promienie gięcia oraz odpowiednio twarde materiały.

3. PRZYKŁADY KONSTRUKCJI KOLAN O PODWYŻSZONEJ ODPORNOŚCI NA ZUŻYCIE

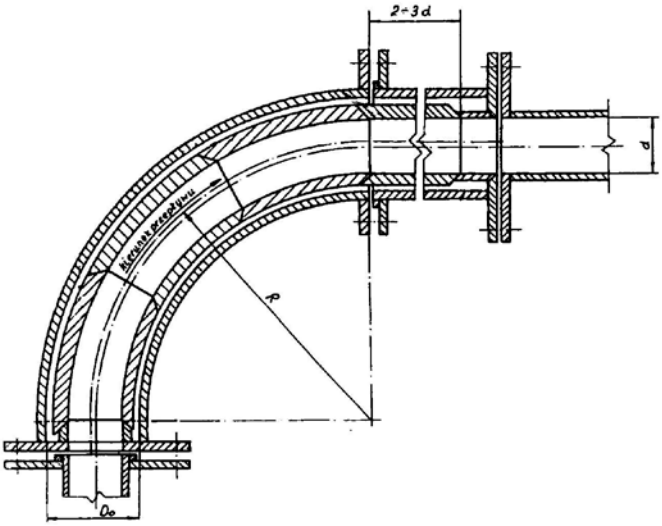
Trwałość kolan transportu pneumatycznego jest różna w zależności od rodzaju transportowanego materiału i jego prędkości, kąta i promienia gięcia kolana, konfiguracji i

usytuowania kolana w układach transportu, oraz rodzaju i gatunku stosowanych materiałów na kolana. W zasadzie dzisiaj wszelkie nadmiernie zużywające się elementy układu transportu pneumatycznego nie wykonuje się ze zwykłych stali węglowych (odstępstwem od tego są odcinki proste rurociągu i zbiorniki). Najczęściej są to konstrukcje złożone składające się z obudowy stalowej oraz wkładek wykonanych z materiałów o wysokiej odporności na ścieranie. Znamiennym przykładem takich elementów są: kolana, łuki, zwężki, dysze, itp. Szczególnie szeroko rozpowszechnione są kolana i łuki stalowe z wkładkami. Rozwiązania te chociaż mają już wieloletnią tradycję, ciągle jednak wymagają doskonalenia konstrukcji i stosowanych materiałów na wkładki.

Kolana i łuki spotykane najczęściej w praktyce możemy podzielić na dwie grupy:

A - kolana o średnicy do ok. 250 mm i R/d > 6-10 stosowane szeroko w transporcie popiołu, piasku, cementu itp. Kolana te z reguły wyłożone są wewnątrz wkładkami trudno ścieralnymi o zróżnicowanej grubości ścianki (rys.3),

B - kolana tzw. duże o średnicy 300–600 mm i R/d > 2-5 stosowane głównie w pyłoprzewodach dla energetyki. Również i one wyłożone są wewnątrz wkładkami o zwiększonej odporności na ścieranie. Ze względu na większe gabaryty kolan wkładki zwykle są dzielone dla ułatwienia ich montażu i demontażu w obudowę stalową. (rys.4).

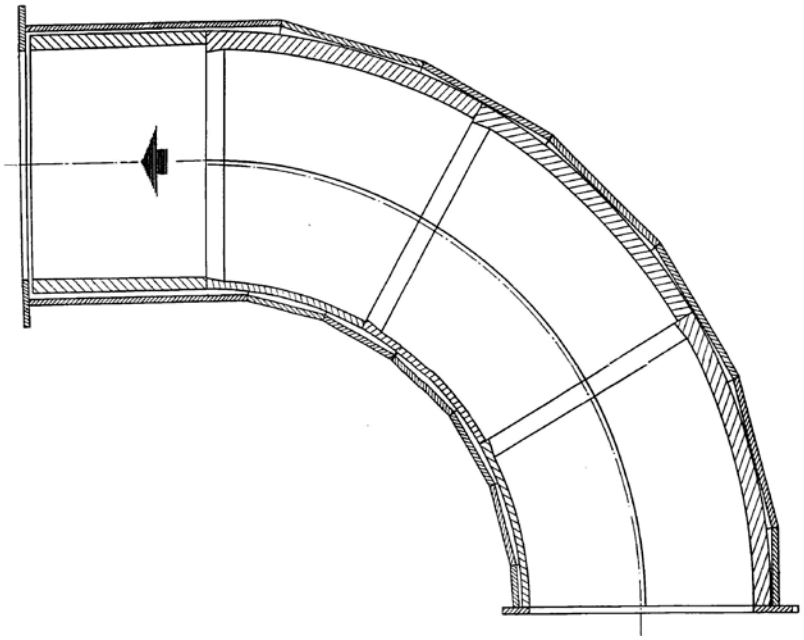


Rys.3 Kolano z wkładkami mimośrodowymi
Fig.3 The elbow with eccentric inserts

Na podstawie przytoczonych danych można wywnioskować, że minimalny promień krzywizny kolan stosowanych w transporcie materiałów ziarnistych mineralnych nie powinien

być mniejszy niż 1000 mm dla cząstek o szybkości 15–50 m/s. Przy stosowaniu wyższych szybkości należy odpowiednio zwiększyć promień gięcia kolana lub liczyć się ze zwiększonym zużyciem.

Wkładki mogą być wewnętrznie gładkie lub z progami. Zastosowanie progów powinno zmniejszać zużycie poprzez odchylanie strugi w kierunku osi rurociągu. Obie konstrukcje kolan powinny być ponadto zakończone odcinkiem prostym również zabezpieczonym wkładkami. Długość takiego odcinka prostego powinna odpowiadać dwu lub trzykrotnej średnicy rurociągu przy czym wartość mniejsza dotyczy kolan i łuków „dużych". Promienie gięcia kolan poniżej 500 mm nie powinno się stosować w transporcie materiałów ziarnistych o wysokich właściwościach erodujących.



Rys.4 Kolano z wkładkami dzielonymi i progami
Fig.4 The elbow with splited inserts and thresholds

Podobne zespolone konstrukcyjne tzn. obudowa stalowa i wkładki można stosować w innych elementach np. dyszach, zwężkach, dyfuzorach itp.

4. MATERIAŁY STOSOWANE NA WKŁADKI

Jak już wspomniano elementy transportu pneumatycznego ulegają zużyciu erozyjnemu wskutek przepływu materiałów ziarnistych.

W przypadku erozji ścinającej, kiedy zużycie występuje pod niskimi kątami i ma charakter mikroskrawania stosowane materiały na wkładki powinny charakteryzować się bardzo wysoką

twardością rzędu 60-65 HRC. Takimi wymogami charakteryzują się stopy żelaza z chromem głównie żeliwa chromowe zawierające ok. 30% węglików poddawane obróbce cieplnej (hartowanie w powietrzu). Obok tych materiałów stosowane bywają również materiały ceramiczne głównie bazalt oraz densit, a także coraz liczniejsze tworzywa sztuczne. Niestety są obawy, że materiały ceramiczne w czasie eksploatacji ze względu na drgania rurociągu, ulegają pękaniu i wykruszaniu, natomiast tworzywa sztuczne zwykle nie nadają się do pracy w podwyższonych temperaturach. Jednak materiały te mają pewne zalety: są lżejsze i nieco tańsze od żeliw. Ponadto densit stosowany w postaci zaprawy pozwala na uzupełnianie zużytych fragmentów układu bez konieczności demontażu elementów (głównie dotyczy to bardzo dużych kolan i rozdzielaczy). W każdym innym przypadku lepsze są żeliwa chromowe a także technologie napawania twardymi elektrodami.

W przypadku kiedy przeważa erozja deformacyjna co zachodzi przy dużych kątach uderzenia przeciwdziałanie jest znacznie trudniejsze. W zakresie małych prędkości do 10 m/s dobre wyniki daje stosowanie również twardych materiałów, natomiast przy szybkościach wyższych należy niestety liczyć się ze znacznym zużyciem erozyjnym.

LITERATURA

[1] Bitter I.: *A study of erosion phenomena*. Wear, 1968, nr 6

[2] Łuczak A., Mazur T.: *Fizyczne starzenie elementów maszyn*. WNT, W-wa 1981.

[3] Jura S. i inni: *Materiały o wysokiej trwałości w transporcie pneumatycznym*. ZNPol.Śl. Mechanika z.128. Gliwice 1997 s.85-95.

THE INCREASE OF ABRASION RESISTANCE OF THE PNEUMATIC TRANSPORT ELEMENTS

SUMMARY

The erosion wear process based on Bitters theory and practical directions for durability increase of some pneumatic transport elements have been presented in this paper.