Seria: ENERGETYKA z. 99

Nr kol. 918

Kazimierz PRZEWŁOCKI, Paweł JODŁOWSKI, Leszek PETRYKA, Zdzisław STEGOWSKI

Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Gorniczo-Hutniczej w Krakowie

POHIARY PREDKOŚCI POŚLIZGU POJEDYNCZYCH ZIAREN FAZY STAŁEJ WZGLĘDEN CIECZY PRZY UŻYCIU SZYBKIEJ METODY RADIOZNACZNIKOWEJ

> Autorzy przedstawiają wyniki Streszczenie. pomiarow predkości poślizgu, wzlędem cieczy nośnej, pojedynczych cząstek ciała stałego przenoszonych w rurociągu przez wodę. Pomiary wykonano na laboratoryjnej instalacji hydrotransportowej dla rurociągu poziomego i nachylonego, dla wybranych frakcji fazy stalej (piasek 0.5 mm, kamienie 5mm, 15mm). Predkość cieczy nośnej zmieniano od 2 m/s do 6 m/s. Zastosowano metode znaczników promieniotwórczych. Naturalne probki piasku i kamieni były oznaczane poprzez aktywację w reaktorze jądrowym. Do rejestracji przebiegów z sond radiometry-cznych zastosowano mikroprocesorowy system szybkiej rejestracji danych, gwarantujący dużą dokładność pomiaru, mimo przeprowadzania badaň na krotkiej bazie pomiarowej.

1. Wstep

Teoria przepływu podsadzki płynnej w rurociągach kopalnianych opublikowana w roku 1925 przez W.Budryka [1] przewidywała, że obie jej fazy powinnny się poruszać z różnymi prędkościami. Różnica tych prędkości, zwana niekiedy prędkością poślizgu, liczona dla średniego ziarna rozkładu granulometrycznego powinna stanowić, według tej teorii, kilka procent prędkości średniej przepływu. Pomiary prowadzone w połowie lat 6Q przez K.Korbla i wsp. [2] na rzeczywistych instalacjach podsadzkowych potwierdziły te przewidywania. Wyniki ich zostały wykorzystane między innymi do ustalenia wzajemnych relacji pomiędzy,tzw. koncentracją transportową hydromieszaniny a koncentracją mierzoną przy pomocy gęstościomierza radioizotopowego [3].

Wykonywanie pomiarów z użyciem izotopów promieniotworczych na rzeczywistych instalacjach kopalnianych jest jednak zazwyczaj bardzo uciążliwe. Ponadto konstrukcja tych instalacji nie pozwala na wyznaczanie charakterystyk kinematycznych przepływu w pełnym zakresie prędkości. Dlatego W praktyce inżynierskiej przyjeło się podejście empiryczne polegające na budowaniu dużych instalacji laboratoryjnych, na których można wyznaczać Pełne charakterystyki kinematyczne hydromieszanin.

Intuicyjne wnioskowanie oraz wyniki dotychczasowych pomiarów wskazują, że prędkości poślizgu powinny zależeć m.in. od zagęszczenia hydromieszaniny oraz charakterystyki ziarnowej trasportowanego materiału.Największych wartości prędkości poślizgu należy się spodziewać przy bardzo małych koncentracjach fazy stałej, przy których transportowane ziarno oddziaływuje praktycznie tylko z cieczą i ściankami rurociągu. W takich właśnie warunkach zostały przeprowadzone badania opisane w prezentowanej pracy; ich przedmiotem były prędkości poślizgu pojedynczych ziaren materiałów podsadzkowych w strumieniu wody.

W pomiarach zastosowano radioznacznikową metodę wyznaczania prędkości poślizgu frakcji granulometrycznych, która jako jedyna umożliwia pomiar tej wielkości w całym zakresie koncentracji hydromieszaniny.

2. Metoda pomiaru

Radioznacznikowa metoda wyznaczania prędkości polega na oznaczeniu badanej fazy izotopem promieniotwórczym i śledzeniu jej przemieszczania się w rurociągu przy pomocy umieszczonych w określonych punktach instalacji sond radiometrycznych. Obróbka numeryczna, zarejestrowanych przez sondy zależności natężenia promieniowania od czasu, pozwala wyznaczyć czas przejścia znacznika między wybranymi punktami, a tym samym prędkość przepływu badanej fazy (rys. i)

Opracowana na potrzeby opisanych badań metoda musiała charakteryzować się bardzo dużą dokładnością. Przede wszystkim jest ona przeznaczona do pomiarów prędkości na instalacjach laboratoryjnych, przy krótkich bazach pomiarowych (kilka metrów), na których czas przejścia znacznika między sondami wynosi około is. Ponadto przedmiotem pomiarów była prędkość poślizgu międzyfazowego wynosząca od kilku do kilkudziesięciu procent prędkości faz mieszaniny, cc zmusza do osiągnięcia dokładności o rząd większej niż w przypadku pomiaru tej drugiej wielkości. Przy takich wymaganiach wystarczającą dokładność gwarantuje czas probkowania wynoszący kilka ms. Spowodowało to konieczność zastosowania systemu bardzo szybkiej rejestracji danych oraz dużej aktywności znacznika.



Rys.i Idea pomiaru radioznacznikowego

Pomiary prędkości poślizgu...

Do oznaczania cząstek stałych (ze względu na możliwość ścierania radioaktywnej powłoki w przypadku pokrywania nią ziaren) wybrano metode aktywacji pribek neutronami w reaktorze jądrowym. W ramach prac przygotowawszych przeprowadzono analizę aktywacyjną probek materiałów, których predkości miały być badane (piasek, wapień, łupek). Wykazała ona obecność stosunkowo dużych ilości wygodnych w pomiarach radioznacznikowych izotopów Na-24 oraz La-140. Fakt ten wskazuje na możliwość rutynowego stosowania aktywacji neutronami zanieczyszczeń w minerałach, jako metody oznaczania cząstek w pomiarach przepływu fazy stałej. Czas aktywacji próbek w reaktorze dobrano tak, by aktywność głównego znacznika Na-24 przypadająca na tedna iniekcje wahala sie, w zależności od granulacji badanej frakcji, od 2 mCi do 4 mCi (przy masie probki około 10 g). Przy takiej aktywności ilość impulsów zliczanych przez sondę w czasie przechodzenia pod nią znacznika wynosi około 100 na 3 ms, co zapewnia wystarczającą dokładność pomiarow. Stosowanie większych aktywności nie jest wskazane ze względu na groźbę przekroczenia czasowej zdolności rozdzielczej torów spektrometrycznych. Znacznikiem cieczy był wodny roztwór NaCl poddany aktywacji neutronami w reaktorze.

3. Aparatura pomiarowa i obrobka danych

Pomiary prędkości wody i fazy stałej zostały wykonane za pomocą mikroprocesorowego systemu do badań radioznacznikowych. W jego skład wchodzą mikrokomputery IBM-PC, IMP-85, kaseta systemowa oraz tory spektrometryczne złożone z: sondy scyntylacyjnej, zasilacza wysokiego napięcia i analizatora jednokanałowego (rys.2). Zakończenie torów spektrometrycznych stanowią liczniki programowalne znajdujące się w kasecie systemowej. Mikrokomputer IMP-85 steruje tymi licznikami za pomocą zegara kasety systemowej. Równocześnie odczytuje on i rejestruje dane cyfrowe z torów spektrometrycznych, a następnie zapisuje je na dyskach elastycznych.



Rys.2 Schemat systemu pomiarowego

W przypadku prowadzenia obliczeń w czasie badań, dane transmitowane są do mikrokomputera IBM-PC, gdzie wykonywane są obliczenia i wydruk ostatecznych wyników. Przedstawiony system umożliwia prowadzenie pomiarów z czasem próbkowania rzędu "ms".

W obliczeniach czasu przejścia znacznika między sondami zastosowano metode funkcji korelacji.

gdzie:

 $f_{ij}(\tau) = \int_{t_i}^{t_i} c_i(t) c_j(\tau - t) dt$

 $f_{i,1}(\tau) - funkcja korelacji,$

ci(t) – natężenie promieniowania znacznika w funkcji,

czasu dla i-tego toru.

Czas przejścia znacznika określany był poprzez wyznaczenie położenia maksimum funkcji korelacji między wybranymi przebiegami z torów radiometrycznych.

4. Wykonanie pomiarów

Przedmiotem badań był ruch pojedynczej cząstki stalej w strumieniu czystej wody. Zostały one przeprowadzone na instalacji doświadczalnej = 185 mm i objęły prędkości przepływu wody oraz cząstek o różnej granulacji.

Do pomiarów wybrano trzy frakcje fazy stałej o granulacji: 0.5-1.0 mm (piasek), 5-6 mm (wapieň), 15-20 mm (wapieň, lupek). Po oznaczeniu tych materiałów izotopem promieniotwórczym w sposób opisany w rozdziale 3, przeprowadzono pomiary prędkości wody i poszczególnych frakcji fazy stałej dla dwóch kątów nachylenia rurociągu (0° i 60°) i trzech prędkości przepływu. Dla danych warunków stabilność przepływu kontrolowano za pomocą zwęźki Venturiego i przepływomierza indukcyjnego. Celem zmniejszenia błędu



Rys. 3 Schemat instalacji z rozmieszczeniem sond

Pomiary prędkości poślizgu...

spowodowanego chwilowymi niestabilnościami przepływu i pewną zmiennością parametrów iniekcji, dla danych warunków przepływu wykonywano po kiłka pomiarów. Materiał o granulacji 15-20 mm wprowadzany był do instalacji w postaci pojedynczych ziaren. Ze względu na statystyczny charakter zachowania się pojedynczych cząstek w strudze oraz różnice w ich kształcie, pomiary w tym przypadku powtarzane były kilkunastokrotnie.

W badaniach używany był zestaw złożony z 6 sond scyntylacyjnych rozmieszczonych na rurociągu w ten sposób, że 3 sondy umieszczono na pierwszej części rurociągu a 3 na drugiej, co dla rurociągu o kącie nachylenia 60⁰ odpowiadało ramieniu wznoszącemu i opadającemu (rys. 3).

Skrajne sondy umieszczono w odległości około 20 średnic rurociągu od łukow, co miało wyeliminować wpływ powstających tam zaburzeń przepływu. Znakowana frakcja wprowadzana była do instalacji poprzez zbiornik wyrownawczy, bezposrednio na wejście pompy. Rownocześnie na wylocie do zbiornika wychwytywane były ziarna o średnicy większej od 3 mm, dzięki czemu pomiary nie były zakłócane wcześniej wprowadzanym znacznikiem. Opisany sposob iniekcji (na wejście pompy) powodował pewne rozmycie znacznika, dzięki czemu ruch znaczonych cząstek można traktować jako nieskrępowany, a otrzymane charakterystyki za reprezentatywne dla pojedynczych ziaren.

Otrzymane w trakcie pomiarów wyniki przedstawione są w postaci czterech charakterystyk prędkości poślizgu (rys. 4). Charakterystyki te przedstawione są w postaci zależności stosunku prędkości fazy stałej (V_s) do



Rys. 4 Charakterystyki prędkości poślizgu

K. Przewłocki, P. Jodłowski, L. Petryka, Z. Stegowski

prędkości wody (V_l) , od prędkości wody. Wyznaczone one są dla rurociągu poziomego i nachylonego, dla obydwu ramion rurociągu.

5. Dyskusja wyników

Analiza otrzymanych wyników pozwala stwierdzić następujące prawidłowości:

- regulą jest występowanie znacznych prędkości poślizgu przy małych prędkościach cieczy nośnej (ok. 2 m/s), ich zmniejszanie w miarę zwiększania przepływu oraz całkowity zanik poślizgu przy prędkości wody około 6 m/s,

- za zakrętem rurociągu poziomego (rys. 4) obserwuje się nieznaczne zwiększenie poślizgu dla grubych frakcji oraz znaczne zwiększenie poślizgu piasku, co autorzy wiążą z występowaniem na tym odcinku wirów,

- asymetria zachowania cząstek przed i po zakręcie rurociągu poziomego świadczy o zaburzającym wpływie kolana. Oznacza to, że przyjęta w badaniach odległość 20 średnic rurociągu od zakrętu jest dla pojedynczych ziaren zbyt mała, by jego wpływ na ruch cząstek uznać za pomijalny.

- na odcinku wznoszącym rurociągu nachylonego przy prędkościach wody około 2 m/s widać wyrażną zależność prędkości poślizgu od granulacji (piasek 7%, frakcja 15-20 mm 25%). Przy wzroście prędkości wody poślizgi grubych frakcji wyrównują się, ale wciąż pozostają większe od poślizgu piasku.

- na odcinku opadającym prędkość piasku w całym zakresie równa jest prędkości wody, natomiast grubsze frakcje płyną szybciej od wody. Należy się spodziewać, że na odcinkach opadających pionowo (a takie występują w instalacjach podsadzkowych) zaobserwowana dla grubych frakcji ujemna róznica predkości wody i cząstek będzie jeszcze większa.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły walory prezentowanej metody pomiaru prędkości poslizgu międzyfazowego na krótkich bazach pomiarowych, jej dużą dokładność i szybkość otrzymywania wyników. Swoją przydatność potwierdziła też metoda oznaczania próbek poprzez aktywację neutronami; nie zmienia ona własności powierzchniowych cząstek stałych i może być stosowana dla wiekszości minerałów.

Otrzymane wyniki przynoszą wiele informacji na temat mechanizmu nieskrepowanego ruchu cząstki w strumieniu cieczy. Dla badań hydrotransportowych będą one miały jednak pełną wartość dopiero po ich porównaniu z predkościami poślizgu otrzymanymi dla hydromieszanin.

Ponadto badania te mają aspekt praktyczny: wobec konieczności zmulania hałd kopalnianych istnieje potrzeba dodawania do mieszaniny podsadzkowej zmielonych kamieni, których zachowanie obrazują przedstawione charakterystyki poślizgu.

Pomiary prędkości poślizgu...

Literatura

- [1]. W. Budryk; Ruch podsadzki płynnej w rurociągach zamuleniowych, Biblioteka AGH Kraków
- [2]. K. Korbel, J. Plechta, K. Przewłocki; J. of Hydrological Sciences 4,37 (1977)
- [3]. K. Korbel; La Houille Blanche, No. 5, 427 (1972)
- [4]. K. C. Wilson; The Int. J. of Storing and Handling Bulk Haterials, 1, 295 (1981)

Recenzent: Prof. dr hab, inż. Jen PALARSKI

Wpłynęło do Redakcji 1987.02.25

ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО ОТНОШЕНИЮ К ЖИДКОСТИ ПРИ УПОТРЕЕЛЕНИИ БЫСТРОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ МЕТОДЫ

Резюме

В этой цубликации авторы представляют результаты измерения скорости скольжения отдельных частиц твёрдого тела течеющих в воде. Измерения зделано на лабораторной установке для горизонтального и наклонного трубопровода, для избранных фракций твёрдого тела 0,5 мм, 5 мм, 15 мм. Применено метод радиоактивных маркеров неутронная активация в ядерном реакторе а также микропроцессорную систему быстрой регистрации время дискретизацаи 3 мс обеспечивают большую точность измерения на короткой базе измерения. Установлено что одиночные частицы в зависимости от размеров, при скорости воды 2 м с, достигают скорость скольжения до 30. С увеличением скорости воды скорость скольжения уменьшаеться и для около 6 м с она становится очень малая. На опускающим отрезоке наклонного трубопровода установлено отрицательные скорости скольжения.

MEASUREMENTS OF SLIP VELOCITY OF SOLID SEPARATE PARTICLES IN RELATION TO LIQUID IN STOWING INSTALLATION BY MEANS OF FAST RADIOTRACER METHOD

Summary

Natural environment protection necessitates focusing our attention on Washing out waste stone from the mines. In this case the research worker is faced with the task of describing the flow of stowing mixture enriched with considerable amount of broken waste stone. The work described here Constitutes the first stage of investigation aiming at the recognition of the phenomenon of this mixture flow as well as determination of its opti-

mal transport conditions. The authors present measurement results of alig velocities of separate solid particles flowing in waten in hydraulic stowing installation. The measurements were carried out on a laboratory installation in a horizontal and inclined pipeline for selected solid phase fractions (sand 0,5 mm, stones 5 mm, 15 mm). The carrying liquid velocities varied from 2 m/s to 6 m/s. There was applied radiotracer method. Natural samples of sand and stones had been activated in a reactor. The registration of tracer intensity was performed by microprocessor fast data recording system (sampling time 3 ms) which guarantees high measurement accuracy, in spite of short measurement base. For the horizontal pipeline. slip velocity increases with the increase of the size of particles. The slip velocity achieves the highest value (up to 30 per cent) for the flow velocity 2 m/s, with its increase the slip velocity decreases so as to become negligible for velocities ca 6 m/s. In the ascending section of the inclined pipeline there were noticed similar regularities. In the descening section the stones (5 mm, 15 mm) flow faster than water, while sand flows with the same velocity as water.