

Zbigniew PIĄTKIEWICZ, Fred MISERA, Damian HOMA
Politechnika Śląska
Instytut Odlewnictwa

ZASTOSOWANIE URZĄDZEŃ TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO DO PROCESU TORKRETOWANIA

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania procesu torkretowania przeprowadzone przy użyciu zestawu urządzeń systemu "POLKO" oraz przeanalizowano przydatność elementów zestawu w aspekcie niektórych parametrów badanego procesu. Podano optymalne parametry transportu pneumatycznego dla masy MK prod. DZM Świdnica, oraz zakresy regulacji urządzeń w przypadku stosowania zróżnicowanych mas.

1. Wstęp

Szerokie zastosowanie torkretowania, jako nowoczesnej i efektywnej metody napraw wykładzin ogniotrwałych, wymaga prowadzenia kompleksowych badań procesu, celem programowania i optymalizacji jego parametrów.

Istotą procesu torkretowania jest nanoszenie na ogniotrwałe obmurze pieca cząstek masy w strumieniu sprężonego gazu, najczęściej powietrza. W przypadku wykładzin ogniotrwałych, naniesiona warstwa masy musi odznaczać się dużą żaroodpornością, kompensowaniem naprężeń termicznych oraz brakiem aktywności chemicznej do otaczającego środowiska.

Wymagania stawiane warstwie masy są znacznie zróżnicowane w zależności od zastosowań. Inne wymagania stawia się warstwom torkretu realizowanym dla potrzeb hutnictwa, inne dla budownictwa, energetyki czy przemysłu wydobywczego.

Tak szeroka gama zastosowań powoduje konieczność prowadzenia zróżnicowanych technologii procesu, użycia właściwych materiałów i odpowiednich urządzeń.

W przypadku torkretowania pieców hutniczych o technologii decydują takie czynniki, jak program produkcji, ilość przestojów, temperatura spustu, zawartość MnO i FeO w żużlu, sposób ukształtowania wymurówki oraz geometria wyłożenia pieca. Materiałowe cechy określono są przez rodzaj surowców podstawowych i wiążących, uziarnienie, proporcje poszczególnych składników oraz stopień jednorodności.

Zastosowanie odpowiednich urządzeń uwarunkowane jest wyborem technologii, przy czym wyróżnić można następujące rodzaje torkretowania:

- mokre - polegające na uprzednim wymieszaniu cząstek masy z cieczą, zazwyczaj w podwyższonej temperaturze i narzucaniu na torkretowaną powierzchnię w postaci pulpy,
- półsuche - gdzie ciecz dozowana jest dynamicznie do przepływającego strumienia solgazu przy użyciu specjalnej końcówki dozującej,
- płomieniowe - polegające na nanoszeniu cząstek masy uprzednio stopionych lub nadtopionych w płomieniu o temperaturze wyższej od temperatury topnienia cząstek.

Aktualnie najbardziej rozpowszechnione jest torkretowanie metodą półsuchą, umożliwiającą prowadzenie procesu w zróżnicowanych warunkach przy użyciu standartowych urządzeń z odpowiednio zaprojektowanymi zakresami regulacji.

Dotychczas krajowe potrzeby w zakresie torkretowania zaspakajane były przeważnie przez wyspecjalizowane firmy zagraniczne, posiadające silne zaplecze badawcze oraz dysponujące całą gamą syntetycznych wyrobów, stosowanych jako dodatki do mas. Rozwój stalownictwa konwertorowego w Polsce wymaga opracowania i wdrożenia technologii torkretowania na bazie krajowych mas i urządzeń.

Na podstawie badań procesu torkretowania przeprowadzonych przez pracowników Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej i DZM Świdnica opracowano zestaw

urządzeń do torkretowania metodą półsuchą /1/, który sprawdzono następnie z pozytywnym wynikiem w warunkach torkretowania konwertorów stalowni Huty Katowice.



Rys.1. Torkretnica systemu "Polko"
typ V 1,2

2. Teoretyczne podstawy procesu

Skomplikowane zjawisko powstawania warstwy torkretu, mimo że powszechnie znane, nie posiada dotychczas uogólnionego opracowania. Zasadniczą trudnością w anali-

tycznym opisie zjawiska jest skorelowanie dużej liczby parametrów decydujących o skuteczności przebiegu torkretowania. Istniejące teorie [3,5,8] przyjmują za punkt wyjścia określony mechanizm zderzeń z torkretowaną powierzchnią i na tej zasadzie wyjaśniają proces powstawania warstwy.

Na podstawie opracowań w tym zakresie [2 ÷ 6] wyróżnić można następujące mechanizmy zderzeń: bezwładnościowy /inercyjny/, dyfuzyjny, zaczepienia, grawitacyjny, elektrostatyczny w przypadku istnienia zewnętrznego /przyłożonego/, pola elektrycznego molekularny pochodzący od sił typu Londona - van der Waalsa oraz elektrostatyczny pochodzący od sił kulombowskich działających pomiędzy cząstką a torkretowaną powierzchnią.

Przedstawione teorie nie wyjaśniają kompleksowo procesu powstawania warstwy w aspekcie rozdziału faz zdyspergowanego strumienia /aerozolu lub hydrozolu/, uderzającego o torkretowaną powierzchnię. Chcąc znaleźć analityczną zależność pomiędzy skutecznością nanoszenia cząstek a parametrami zdyspergowanego strumienia, wymiarami cząstek oraz stanem torkretowanej powierzchni, należy wyznaczyć funkcję wiążącą ww. parametry. Tego rodzaju zależność, zwana "funkcją skuteczności", jest podstawową zależnością teorii powstawania warstwy podczas nanoszenia cząstek wydzielanych z układu dyspersyjnego.

Analityczne określenie skuteczności nanoszenia cząstek w aspekcie charakterystycznych parametrów fazy rozproszonej /cząstek masy/, fazy rozpraszającej /gazu lub cieczy/ oraz powierzchni torkretowanej stanowi podstawę do ilościowej oceny parametrów procesu torkretowania.

Jednostkowa skuteczność nanoszenia cząstek może być przedstawiona następująco:

$$n_c = \frac{N_p}{N}$$

gdzie:

N_p - liczba lub masa cząstek pozostająca na powierzchni torkretowanej w jednostce czasu,

N - liczba lub masa cząstek uderzająca
o powierzchnię torkretowaną w jednostce
czasu.

Wartość n_0 może być wyliczona na podstawie pomiaru N_p i N , natomiast analizę procesu i jego optymalizację można przeprowadzić jedynie w przypadku znajomości dostatecznej ilości parametrów funkcji skuteczności przedstawionej w sposób następujący:

$$n_c = F / B_c, B_f, B_p /,$$

gdzie:

- B_c - liczba kryterialna będąca funkcją charakterystycznych parametrów cząstki,
- B_f - funkcja charakterystycznych parametrów fazy rozpraszającej,
- B_p - liczba kryterialna zawierająca parametry torkretowanej powierzchni.

Analizując zdefiniowaną w powyższy sposób funkcję skuteczności należy określić przede wszystkim parametry decydujące o przyczepności cząstek. I chociaż przyczepność i zdolność masy do tworzenia warstwy nie decydują jeszcze o jej walorach użytkowych w czasie kampani, to jednak stanowią warunek konieczny prawidłowości prowadzenia procesu torkretowania.

Charakterystyczne parametry cząstki B_c , rozpatrywane w aspekcie kryterium przyczepności, mogą być przedstawione w sposób następujący:

$$B_c = \psi \frac{A}{a \cdot v_c \cdot \rho_f \sqrt{1 - \beta_c}}$$

gdzie:

- A - energią adhezji przypadającą na powierzchnię jednostki styku /energia właściwa adhezji/,
- a - dynamiczny wymiar cząstki, będący funkcją jej prędkości opadania w płynie lepkiem według określonego prawa ruchu, np. prawa Stokesa,

v_c - prędkość cząstki w momencie zetknięcia z torkretowaną powierzchnią,

ρ_f - gęstość cząstki /uwzględniająca pory zamknięte/,

β_0 - porowatość cząstki.

Wartość Ψ określamy zależnością:

$$\Psi = 12u_0 \epsilon_0 \cdot f ,$$

gdzie:

u_0 - jest współczynnikiem tarcia statycznego między cząstką a torkretowaną powierzchnią

ϵ_0 - oznacza współczynnik styku, natomiast f jest współczynnikiem ruchu.

Ze względu na to, że aktualnie współczynniki u_0 i ϵ_0 są nieoznaczalne, wartość Ψ traktować należy jako stałą empiryczną.

Parametry charakteryzujące wartość B_f można podzielić ogólnie na dwie grupy:

- ilościowe, do których zaliczamy natężenie przepływu, średnicę cząstek, stopień nawilżenia oraz szybkość cząstek wewnątrz strugi,
- jakościowe, charakteryzujące jakość rozpylenia cząstek, ujmowaną często jako funkcję kąta rozpylenia, widma rozpylenia, /krzywa rozkładu cząstek masy i cieczy w przekroju strugi/ oraz zasięgu strugi.

Natężenie przepływu materiału w przybliżeniu można obliczyć z zależności:

$$\dot{Q} = u F \cdot v_s \sqrt{\Delta\rho \rho_0}$$

gdzie:

\dot{Q} - natężenie przepływu materiału,

u - współczynnik koncentracji,

F - powierzchnia otworu wylotowego końcówki rozpylającej,

- v_s - średnia prędkość wypływu zotworu,
 ρ_0 - gęstość płynu
 Δp - spadek ciśnienia na kryzie pomiarowej.

Jakość /dokładność/ rozpylenia można ocenić w sposób ścisły tylko na drodze doświadczalnej, dokonując pomiarów rozkładu cząstek w przekroju strumienia oraz rozkładu zawartości cieczy /kropel/. Przeprowadzenie pomiarów gęstości strumienia dla konkretnych warunków torkretowania jest utrudnione ze względu na termiczne oddziaływanie środowiska, powodujące szybkie odparowanie cieczy a tym samym dynamiczną zmianę gęstości strumienia na drodze oddziaływania. Istotny wpływ na wartość B_f wywierają geometryczne warunki tworzenia strumienia, zdeterminowane konstrukcyjnymi cechami urządzenia do torkretowania. Zagadnienie to zostało już częściowo opracowane [7] na podstawie badań modelowych i eksploatacyjnych prób torkretowania konwertorów.

Trzecią grupą parametrów decydujących w znacznym stopniu o efektywności procesu torkretowania jest stan powierzchni torkretowanej a zwłaszcza jej temperatura. Naniesiona na torkretowaną powierzchnię warstwa masy może odpaść /zostać zniszczona/ skutkiem naprężeń termicznych powstających na styku masa-wymurówka.

Zaproponowana przez badaczy radzieckich metoda obliczania naprężeń termicznych może być rozpatrywana wyłącznie w kategoriach jakościowych ze względu na brak szeregu danych. Zakłada się, że w każdym momencie naprężenie termiczne σ_x w warstwie masy przy niestacjonarnym strumieniu ciepłym i stałym współczynniku rozszerzalności termicznej $\alpha = \text{const}$ jest proporcjonalne do szybkości zmian gradientu temperatury:

$$\sigma_x = \frac{E S \alpha \Sigma K}{1 - \mu_p} \frac{d^2 T(x)}{dx^2}, \text{ MN/m}^2$$

gdzie:

- E - moduł sprężystości MN/m^2 ,
 S - powierzchnia warstwy masy w cm^2

- μ_p - współczynnik Poissona,
 ΣK - suma współczynników uwzględniających strukturę, przekrój naniesionej warstwy, obecność mikroszczelin itp.

Oprócz naprężeń termicznych znaczny wpływ na B_p wywierają geometryczne parametry torkretowanej powierzchni a zwłaszcza jej porowatość.

Tak znaczna ilość parametrów, wymagająca wyznaczenia dużej ilości stałych empirycznych, powoduje konieczność stałego prowadzenia badań procesu torkretowania celem umożliwienia programowania oraz optymalizacji niezbędnych parametrów.

3. Badania procesu torkretowania

3.1. C e l i z a k r e s b a d a ń

Przeprowadzone badania procesu torkretowania miały na celu:

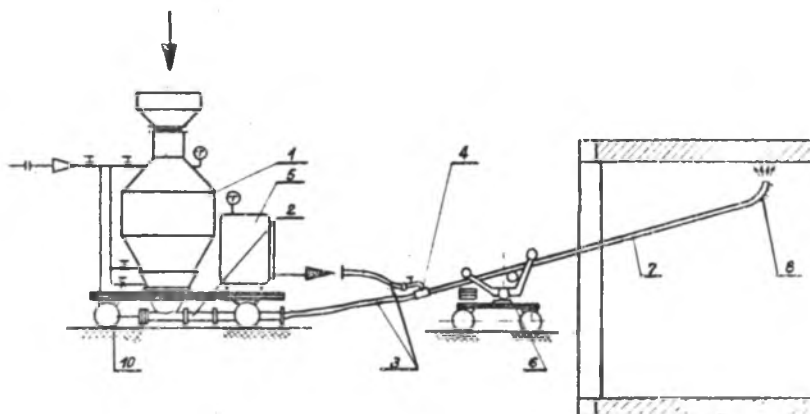
- określenie parametrów transportu pneumatycznego podczas torkretowania masami krajowymi i zagranicznymi metodą pól suchą,
- wyznaczenie zakresów regulacji urządzenia dla potrzeb torkretowania wykładzin ogniotrwałych w hutnictwie,
- wyznaczenie przyczepności mas w zależności od stopnia ich nawilżenia,
- określenie przyczepności w zależności od odległości końcówki rozpylającej od torkretowanej ściany,
- zbadanie wpływu geometrycznych cech konstrukcyjnych końcówki rozpylającej na jakość rozpylenia strugi masy,
- opracowanie na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wytycznych do projektowania tego typu instalacji.

3.2. S t a n o w i s k o b a d a w c z o - p o m i a r o w e

3.2.1. Z e s t a w u r z ą d z e ń

Badania procesu torkretowania przeprowadzono na stanowisku badawczo-pomiarowym Instytutu Odlewnictwa Poli-

techniki Śląskiej, wykorzystując zestaw urządzeń przedstawiony na rys.3.



Rys. 3

W skład zestawu wchodził podajnik komory 1 transportu pneumatycznego systemu "POLKO", zasilany z sieci sprężonego powietrza o ciśnieniu $6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Na wylocie komory mieszania zabudowano wziernik 2, do którego podłączono przewody transportowe giętkie 3 wykonane z tworzywa trudnościernego. Na końcu przewodu 3 zabudowano końcówkę 4 dozującą dynamicznie ciecz do przepływającej strugi solgazu. Końcówka 4 zasilana była ze zbiornika ciśnieniowego 5 celem umożliwienia regulacji wydatku cieczy. Do wylotu końcówki 4 zamontowano lancę 7 zakończoną wymienną końcówką rozpylającą 8. Celem określenia niezbędnej kinetyki operowania lancą na stanowisku wybudowano "model" wykładziny konwertora w skali 1:1. Przeprowadzone badania umożliwiły zaprojektowanie dodatkowo manipulatora lancy, znacznie ułatwiającego operowanie wewnątrz przestrzeni konwertora.

Dla ułatwienia manewrowości zestawu transportującego masę i ciecz podajnik komorowy 1 i zbiornik 5 umieszczono na wspólnym wózku 10.

3.2.2. Aparatura kontrolno - pomiarowa

Ilość powietrza pobieranego przez układ transportowy podajnika komorowego 1 i zbiornik 5 mierzona była przy użyciu kryzy ISA z pomiarem przytarczowym, połączonej z pneumatycznym rejestratorem dwukanałowym o ciągłym zapisie.

W układzie pomiarowym wielkości statycznych i dynamicznych zastosowano wskaźniki ciśnienia, barometr, termometry rtęciowe, wilgotnościomierz wskazująco-rejestrujący oraz wagę pełnouchylną.

3.3. Wyniki pomiarów i obliczeń

W tabelicy 1 podano uśrednione wyniki pomiarów parametrów transportu pneumatycznego uzyskane podczas badań masy do torkretowania konwertorów produkcji Dolnośląskich Zakładów Magnezytowych w Świdnicy.

Tablica 1

Wyniki pomiarów masy MK

OZNA- CZE- NIE	Ciśnienie przed kryzą P_1	Spadek na kryzie ΔP	Ciśnienie w podajniku komorowym P_4	Ciśn. w zbior. cieczy P_5	Ciężar porcji masy G_p	C z a s			Uwagi
						roz- ru- chu t_r	trans- portu t_t	prze- dmuchu t_p	
Jedn.	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	kg				
1	0,580	0,015	0,345	0,4	340	2	118	6	$T_0=279^{\circ}\text{K}$ $\varphi = 84\%$ $b_0=1009$ hPa
2	0,565	0,014	0,370	0,4	330	2	111	7	
3	0,585	0,014	0,380	0,4	340	2	113	8	
4	0,510	0,015	0,325	0,4	320	2	109	6	
5	0,525	0,014	0,335	0,4	330	2	101	6	

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono obliczenia charakteryzujące transport pneumatyczny według specjalnego programu opracowanego dla elektronicznej maszyny cyfrowej WANG 2200.

Wyniki obliczeń zamieszczono w tabelicy 2.

3.4. B a d a n i a w p ł y w u n i e k t ó r y c h p a r a m e t r ó w p r o c e s u n a p r z y - c z e p n o ś ć c z ą s t e k

Jednym z czynników decydujących o skuteczności nanoszenia cząstek jest stopień nawilżenia masy. Dysponując podczas badań zbiornikiem 5 o regulowanym wydatku cieczy przeprowadzono badania zużycie cieczy w zależności od ciśnienia nad jej zwierciadłem oraz rozwiązania konstrukcyjnego końcówki dozującej. Wyniki pomiarów zamieszczono na rys. 4.

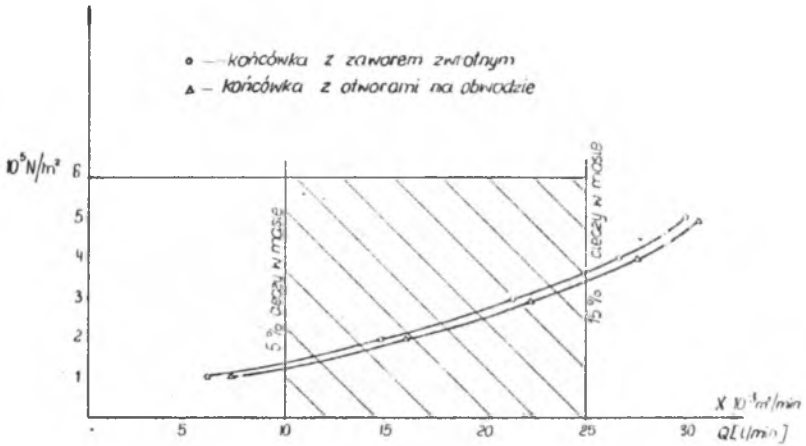
Wyniki przedstawione na wykresie dotyczą badań przeprowadzonych na stanowisku badawczo-pomiarowym dla torkretowania modelowego "na zimno". Rzeczywiste zużycie podczas badań eksploatacyjnych torkretowania konwertorów było o około 3 razy większe. Zawartość cieczy wywiera dość znamienny wpływ na przyczepność cząstek, co zostało uwidocznione na rys.5.

Dla uzyskania optymalnej prędkości uderzeń cząstek o torkretowaną powierzchnię należy dla stałych parametrów transportu pneumatycznego wyznaczyć odległość końcówki rozpylającej od torkretowanej ściany. Jest to parametr zależny w znacznym stopniu od oporu lokalnego ośrodka i powinien być wyznaczany dla każdego warunków torkretowania oddzielnie. Badania przeprowadzone dla prostopadłego usytuowania osi strugi względem ściany wykazały, że zależność ta ma przebieg uwidoczniony na rys.6.

Tablica 2

Wyniki obliczeń parametrów transportu masy MK

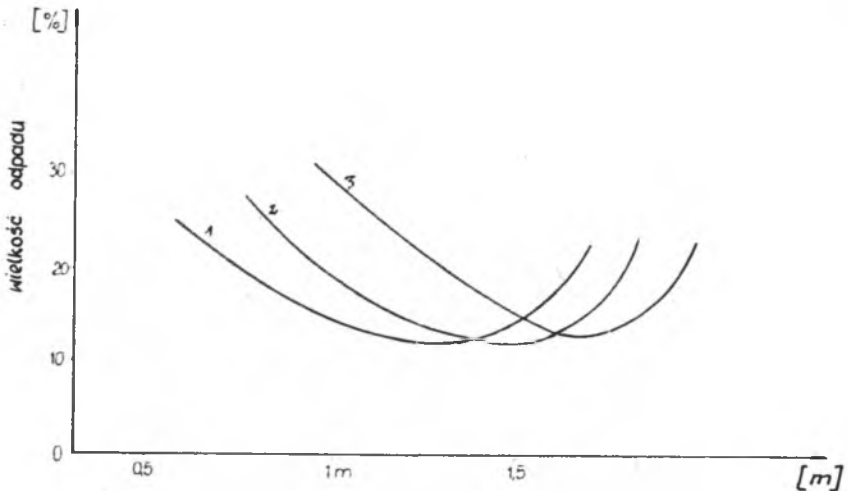
Rodzaj param.	Średnie masowe natężenie przepływu powietrza		Wydajność instalacji		Zużycie powietrza na Mg masy	Koncentracja mieszaniny masowa	Objętość	Obliczona wartość cieczy w masie	Zużycie energii
	M	V_n	Q_1	Q_2					
Oznaczenie Jedn.	m^3/s	m^3/s	kg/s	Mg/h	nm^3/Mg	kg/kg	kg/m ³	%	kWh/Mg
1	0,0296	0,180	2,881	10,372	62,631	12,5	15,9	16,6	3,663
2	0,0289	0,172	2,912	10,702	58,012	13,5	17,2	17,4	3,326
3	0,0285	0,175	3,008	10,831	58,182	13,4	17,1	16,8	3,389
4	0,0312	0,170	2,935	10,568	58,175	13,4	17,1	16,9	3,183
5	0,0298	0,161	3,267	11,762	51,152	15,5	19,5	17,6	2,836



Rys.4. Badania zużycia cieczy w zależności od ciśnienia w zbiorniku 5



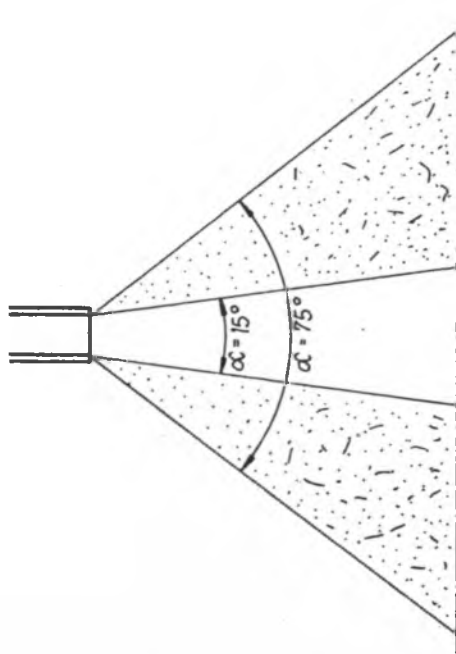
Rys.5. Wpływ wilgotności na przyczepność mas



Rys.6. Straty masy w funkcji odległości końcówki rozpylającej od torkretowanej ściany dla masy MK.

1. Końcówka z trzema łopatkami kierującymi,
2. z dwoma łopatkami,
3. bez łopatek kierujących

Istotne znaczenie zarówno dla utrzymania założonego stopnia nawilżenia cząstek masy jak i odpowiedniego ich rozkładu ma kształt rozpylonej strugi. Dla przeprowadzonych badań najbardziej istotne znaczenie miał kąt rozpylenia, decydujący o szybkości nakładania warstwy masy w wybranym obszarze wymurówki. W trakcie przeprowadzonych badań skonstruowano i sprawdzono typoszereg końcówek rozpylających, zapewniających zmianę kąta rozpylenia w granicach potrzeb procesu torkretowania. Możliwość zmian kąta rozpylenia strugi w zależności od geometrycznych cech końcówki rozpylającej zamieszczona jest na rys.7.



Rys.7. Zakres zmian kąta rozpylenia strugi, uzyskiwany przez stosowanie wymiennych końcówek rozpylających.

W zależności od kształtu rozpylonej strugi istnieją zróżnicowane możliwości zastosowania torkretowania. Dla dużych kątów rozpylenia osiąga się mniejszą gęstość strumienia, co stosowane jest przy profilaktycznym torkretowaniu wybranych obszarów wymurówki. Małe kąty rozpylenia stosowane są przede wszystkim do szybkich napraw lokalnych ubytków wymurówki lub do napraw otworów spustowych. Na podstawie przeprowadzonych badań modelowych oraz doświadczeń eksploatacyjnych opracowano typszereg urządzeń do torkretowania na bazie urządzeń transportu pneumatycznego wysokociśnieniowego systemu "POLKO".

Wielkości te uzasadnia zarówno jednorazowa porcja torkretowanej masy jak i wielkość kontenerów elastycznych, w których masa dostarczana będzie do podajnika.

Parametry pracy zestawu urządzeń muszą zapewnić możliwość prawidłowego przeprowadzenia torkretowania w warunkach naprawy wykładzin konwertorów, pieców martenowskich i elektrycznych masami krajowymi a także zagranicznymi. Przeprowadzony cykl badań zarówno z masami krajowymi jak i zagranicznymi pozwolił na ustalenie zakresów regulacji urządzeń, zapewniając prawidłowy przebieg procesu, niezależnie od własności mas.

W skład zestawu wchodzi następujące elementy:

1. Podajnik komorowy transportu pneumatycznego wysokieciśnieniowego systemu "POLKO" o pojemności 0,6 lub 1,2 m³. Podajnik ten wraz z układem sterowania umieszczony jest na przejezdnym wózku będącym równocześnie platformą załadowniczą. Zasyp podajnika wyposażony jest w sito wibracyjne, zabezpieczające przed zbrzylonymi grudami masy oraz innymi zanieczyszczeniami.

W dolnej części zabudowano element odcinający dopływ masy do przewodu transportowego celem umożliwienia przerywania procesu torkretowania w dowolnym momencie, bez konieczności opróżniania całego podajnika. Nad elementem odcinającym umieszczone są rzędy dysz aerujących, które zapobiegają zawieszeniu się masy w podajniku, poprawiając znacznie równomierność dozowania.

2. Przewody giętkie transportowe, wykonane z tworzyw trudnościeralnych z zamontowanymi końcówkami szybko mocującymi. Umożliwia to szybki montaż przewodów oraz eliminuje kłopoty powstające podczas transportu zestawów połączonych na sztywno.
3. Końcówka dozująca dynamicznie ciecz do przepływającej strugi.

W zaproponowanym rozwiązaniu umożliwia dozowanie cieczy w szerokich granicach oraz zapobiega przedo-

- stawaniu się masy do przewodu transportowego cieczy.
4. Lanca wykonana z rury żaroodpornej wraz z elementami usztywniającymi.
 5. Manipulator Lancy gwarantujący niezbędną kinetykę końcówki rozpylającej.
 6. Komplet końcówek rozpylających wymienianych w zależności od potrzeb torkretowanej powierzchni.

Oprócz ww. elementów przewidziano w zestawie rozwiązanie alternatywne elementów pomocniczych, którymi są: wózek przejezdny oraz podstawa manipulatora. Integralną część zestawu stanowi komplet dysz przyspieszających, pozwalający na optymalizację parametrów transportu pneumatycznego używanych mas.

4.2. Układ sterowania

Układy sterowania dla typoszeregu torkretnic oparto o krajowe elementy pneumatyki. Przewidując możliwość niewłaściwej kolejności włączeń zabudowano w układzie sterowania system blokad zabezpieczający właściwą kolejność operacji. Na podstawie zaprogramowanego cyklu kolejności operacji dobrano następujące elementy układu sterowania /rys.9/:

- Z_1 - zawór odcinający, sterujący dopływem sprężonego powietrza od dyszy podajnika,
- Z_2 - zawór sterujący dopływem powietrza do przewodu koncentracji oraz rzędów dysz zasilających,
- Z_3 - zawór sterujący siłownikiem zamknięcia dzwonowego,
- Z_4 - zawór sterujący odpowietrzeniem podajnika,
- Z_5 - zawór sterujący siłownikiem zamknięcia odcinającego dopływ materiału.

Oprócz ww. układ sterowania wyposażony jest w 4 zawory odcinające ręczne:

- R_1 - główny zawór redukcyjny
- R_2 - zawór przewodu koncentracji
- R_3, R_4 - zawory odcinające dopływ powietrza do dwóch rzędów dysz.

Układ może pracować tylko dla ciśnienia większego od zaprogramowanego na manometrze kontaktowym. Dla przeprowadzonych prób wynosiło ono $6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Cykl pracy układu przedstawia liniowy schemat połączeń /Rys. 10/.

W trakcie analizy założono 2 etapy:

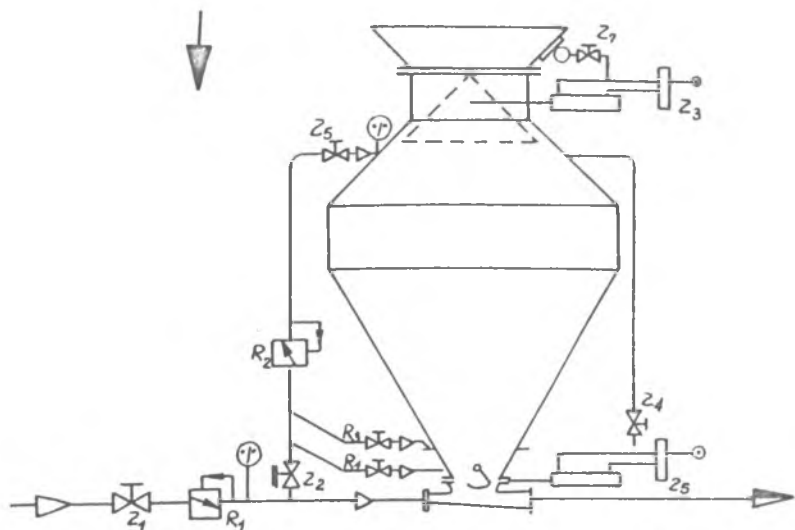
1. Torkretowanie od momentu załadunku i przerwanie procesu,
2. Torkretowanie po przerwie bez uzupełniania stanu masy.

Na podstawie analizy liniowego schematu połączeń końcówki elementów sterujących połączone w układ sekwencyjny zabezpieczający przed włączeniem w cykl odmienny niż przewidziany strukturą schematu liniowego.

Wnioski

Analizując wyniki prób i badań oraz uwzględniając doświadczenia eksploatacyjne można stwierdzić:

1. Urządzenia transportu pneumatycznego systemu "POLKO" zastosowane do procesu torkretowania, wykazały pełną sprawność i niezawodność.
2. Optymalne wskaźniki techniczno-ekonomiczne zostały uzyskane dla następujących parametrów - masa MK - prod. DZM-Świdnica;
 - wydajność - $2,88 \text{ kg/s}$,
 - natężenie przepływu powietrza $V_n = 0,029 \text{ Nm}^3/\text{s}$,
 - koncentracja mieszanki /bez wody/ $u_m = 12,5 \text{ kg/kg}$,
 - zużycie energii $E = 3,87 \text{ kWh/Mg}$.
3. Dla przebadanych rodzajów mas, urządzenia do torkretowania muszą posiadać następujące zakresy regulacji:
 - wydajność $1,8 - 3,2 \text{ kg/s}$
 - koncentracja mieszanki $10,5 - 22,0 \text{ kg/kg}$
 - stopień nawilżenia /możliwość dozowania cieczy/ $0,1 - 0,7 \text{ l/kg}$
 - kąt rozpylenia masy $15,60 \text{ lub } 75^\circ$



Rys. 9. Schemat połączeń elementów układu sterowania

Takty	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 - a
Stan elementu	napr.	Zamkn. zaworu	zamkn. zaworu	Zamkn. zaworu	zamkn. zaworu	Pracuj. zawór	Opuszc. zawór	Opuszc. zawór	Zamkn. zawór	zamkn. zaworu	Opuszc. zaworu	zamkn. zaworu	Opuszc. zaworu	Opuszc. zaworu	Pracuj. zaworu
Zawór odkurzaczy Z ₁															
Zawór silowy Z ₂															
Zawór ster. dławem Z ₃															
Zawór odpow. na Z ₄															
Zawór ster. zaworu dyski Z ₅															
Hamulec mechaniczny															
	12	8	1	17	8	5	9	12	8	1	17	19	35	41	12
	I CYKL			PRZERWA				II CYKL					KONIEC		

Rys. 10. Linijowy schemat połączeń układu sterowania

4. Celem programowania i optymalizacji procesu torkretowania należy przeprowadzić kompleksowe badania eksploatacyjne dla uzyskania możliwie dużej liczby wielkości empirycznych.

OZNACZENIA

- A - energia właściwa adhezji /energia przypadająca na jednostkę powierzchni styku/,
 a - dynamiczny wymiar cząstki,
 B_0 - liczba kryterialna będąca funkcją charakterystycznych parametrów cząstki,
 B_f - funkcja charakterystycznych parametrów fazy rozpraszającej,
 B_p - liczba kryterialna zawierająca parametry torkretowanej powierzchni,
 - moduł sprężystości,
 f - współczynnik ruchu
 F - powierzchnia przekroju przewodu transportowego,
 n_0 - jednostkowa skuteczność nanoszenia,
 N_p - liczba cząstek pozostająca na powierzchni torkretowanej,
 N - liczba cząstek uderzająca o powierzchnię torkretowaną,
 V_0 - średnia prędkość cząstek
 S - powierzchnia warstwy
 \dot{Q} - wydajność instalacji /natężenie przepływu materiału/,
 α - współczynnik rozszerzalności termicznej,
 β_0 - porowatość cząstki
 ϵ_0 - współczynnik styku
 ρ_0 - gęstość płynu

LITERATURA

- [1] W.A. Lazowski: Torkretowanie metaliurgicznych pieców. *Metalurgia*. 1968.
 [2] B.A. Wielikin: Torkretowanie metaliurgicznych pieców. *Metalurgia*. 1972.
 [3] Cj. Drużinin i in.: Torkret i jego własności. *Goss- troizdat* 1964.

- [4] A.C.Freidenberg i in.: Torkretowanijskie agregaty. Metalurgia. 1971.
- [5] E.Klapp, D.Lambrecht: Rechnerische Untersuchungen über Temperaturverteilung und Beheizungen bei bestifteten und bestampften Heizflächen von Schmelzfeuerungen. Energie und Technik 1967 No 3.
- [6] J.Wojśa, R.Gwiźdź: Badanie zjawisk wpływających na przyczepność zasadowych mas do torkretowania pieców stalowniczych. Szkło i ceramika. No 3. 1978.
- [7] D.Homa: Opracowanie konstrukcji urządzeń do torkretowania. WZO. Gliwice 1978.
- [8] W.Gutowski: Statystyczna teoria rozdziału faz układu dyspersyjnego.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА
ДЛЯ ПРОЦЕССА ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

Р е з ю м е

В работе представлено испытания процесса торкретирования, проведённые при употреблении состава устройств системы "POLKO" и проведено анализ пригодности элементов состава в аспекте некоторых параметров испытываемого процесса.

Подано оптимальные параметры пневматического транспорта для массы МК и диапазоны регулировки устройств в случае применения разных масс.

APPLICATION OF PNEUMATIC TRANSPORT EQUIPMENT
FOR GUNITING PROCESS

S u m m a r y

The paper presents the investigations of guniting process carried out with use of POLKO system equipment.

The usability of individual components of this equipment has been tested under consideration of certain parameters of the investigated process. The paper covers also such issues as the optimum parameters of the pneumatic transport for the home-made pumpcrete and the control range in case of use of different pumpcretes.