

Zbigniew PIĄTKIEWICZ, Krzysztof JANERKA, Henryk SZLUMCZYK

Politechnika Śląska, Gliwice

TORKRETOWANIE PNEUMATYCZNE

Streszczenie. W pracy podano wielkości charakteryzujące stosowane metody torkretowania. Wyniki badań torkretowania metodą mokrą. Układy urządzeń do torkretowania i ich wielkości charakteryzujące.

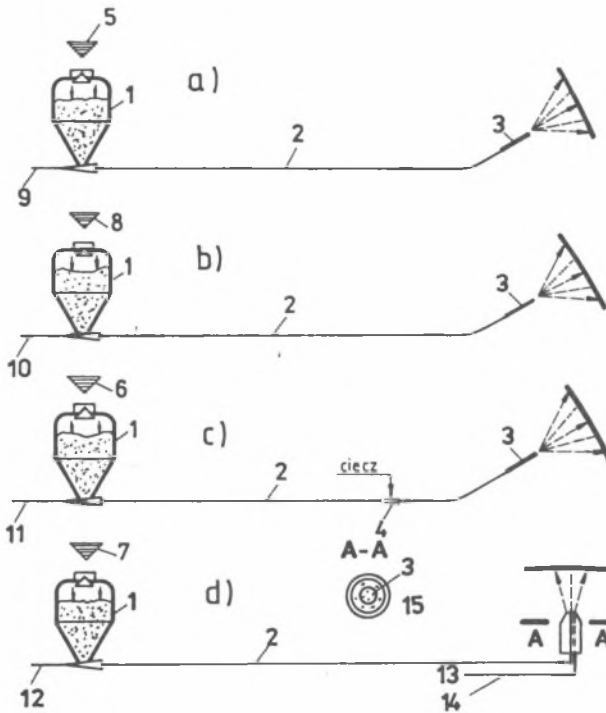
PNEUMATIC GUNITE TECHNOLOGY

Summary. The present research work shows the characteristics values for applied gunite methods. The results of examinations of the wet gunite method. Systems of devices applied for the gunite and their characteristic parameters.

Torkretowanie pneumatyczne (gazodynamiczne) to warstwowe nanoszenie (natryskiwanie) na powierzchnie materiałów ziarnistych (sproszkowanych) unoszonych w strumieniu gazu, na ogół powietrza. Masa do torkretowania składa się z osnowy ziarnowej (piasku), materiału wiążącego (spoiwa), utwardzacza i cieczy. Skład i własności danej masy są określane warunkami i metodą torkretowania oraz rodzajem powierzchni torkretowanej.

1. Metody torkretowania

Rozróżnia się torkretowanie metodą suchą, mokrą i ciepłą (termiczną). Istota działania poszczególnych metod wyjaśnia rys. 1. a - sucha, b - mokra, c - mokra z zasilaczem cieczy, d - ciepła (termiczna).



Rys. 1. Metody torkretowania pneumatycznego: 1 - zasilacz komorowy, 2 - przewód transportowy, 3 - dysza natryskowa, 4 - rozpylacz strumieniowy cieczy, 5,6,7 - materiał ziarnisty (sproszkowany), 8 - masa wilgotna, 9,10,11 - zasilanie powietrza, 12 - zasilanie tlenu, 13,14 - zasilanie palnika tlenowo-acetylenowego, 15 - dysza palnika

Fig.1. Pneumatic guniting methods: 1 - Chamber-type Feeder, 2 - Conveying Duct, 3 - Spraying Nozzle, 4 - Stream-type Atomiser of Liquids, 5,6,7 - Powdered Material, 8 - Wet Mass, 9,10,11 - Air Supply, 12 Oxygen Supply, 13,14 - Oxy-acetylene Blowpipe Supply, 15 - Blowpipe Nozzle

Metoda *sucha* (rys. 1a) jest stosowana do napraw na gorąco wykładziny pieca metalurgicznego, najkorzystniej w temperaturach 800 - 1400 °C. Materiał ogniotrwały jest transportowany pneumatycznie w stanie wysuszonym, od miejsca zasilania (zasilacza komorowego 1) do powierzchni torkretowanej. Z dyszy natryskowej 3 strumień materiału wypływa z dużą prędkością i jest kierowany na gorącą powierzchnię wykładziny. Przyczepność nanoszonej warstwy materiału w stanie wysuszonym jest gorsza od przyczepności masy wilgotnej. Również odprysk materiału nanoszonego w stanie wysuszonym jest większy. Wielkości charakteryzujące metodę: materiał ogniotrwały o frakcji 0,2 - 1,0 mm, odległość wylotu dyszy rozpylającej od powierzchni torkretowanej 1,0 - 1,5 m, grubość jednej warstwy nanoszonej 10 -20 mm, kąt natrysku masy na powierzchnię 90°.

Metoda **mokra** (rys. 1 b, c) jest stosowana do torkretowania powierzchni ostudzonych i gorących. W odmianie (b) masa w stanie wilgotnym jest transportowana pneumatycznie od miejsca załadowania (zasilacz komorowy 1) do powierzchni torkretowanej. Z dyszy natryskowej 3 strumień masy wilgotnej wypływa z dużą prędkością i jest kierowany na powierzchnię torkretowaną. W odmianie (c) materiał w stanie wysuszony jest transportowany pneumatycznie od miejsca załadowania (zasilacza komorowego 1) do zasilacza cieczy 4. Wprowadzony strumień rozpylonej cieczy do rurociągu 2 nawilża materiał transportowany pneumatycznie. Z dyszy natryskowej 3 strumień masy nawilżonej wypływa z dużą prędkością i jest kierowany na powierzchnię torkretowaną. Wielkości charakteryzujące metodę: materiał o osnowie ziarnowej najczęściej 0,2 - 2,0 mm, odległość dyszy natryskowej od powierzchni torkretowanej 1,0 - 1,5 m, grubość jednej warstwy nanoszonej 15- 30 mm, wilgotność masy wypływającej z dyszy natryskowej 4,0 - 14 %, kąt natrysku masy na powierzchnię 90°.

Metoda **ciepła** (rys.1 d) jest stosowana do napraw gorących wykładzin „pospustowych”. Materiał ogniotrwały drobnodziarnisty od miejsca załadunku (zasilacza komorowego 1) do specjalnego palnika najczęściej tlenowo - acetylenowego jest transportowany przewodem elastycznym 2 w strumieniu sprężonego tlenu. W czasie przepływu materiału przez płomień palnika następuje jego nagrzanie do stanu plastycznego. Materiał w stanie plastycznym ma większą przyczepność z gorącą wykładziną, jak również ułatwia zgrzewanie pęknięć i szczelin powierzchni naprawianej. W profilaktycznych gorących naprawach pieca pracującego wypływający strumień materiału w stanie plastycznym jest kierowany na gorącą część naprawianej wykładziny. Naprawa wykładziny pieca wystudzonego przebiega następująco: nagrzanie naprawianej części wykładziny do stanu plastycznego za pomocą palnika, włączenie transportu materiału do palnika, nagrzanie wypływającego strumienia materiału do stanu plastycznego w płomieniu palnika i skierowanie go na gorącą część wykładziny naprawianej.

Wielkości charakteryzujące metodę: materiał ogniotrwały o frakcji do 0,4 mm, odległość wylotu dyszy palnika od powierzchni naprawianej 60 - 180 mm, grubość jednej warstwy nanoszonej 0,2 - 0,7 mm, kąt nanoszenia materiału na powierzchnię naprawianą ok. 45°.

2. Torkretowanie metodą mokrą

Torkretowanie pneumatyczne metodą mokrą (rys. 1 b, c) jest stosowane do warstwowego nanoszenia masy na powierzchnie w stanie ostudzonym i w podwyższonych temperaturach.

Najczęściej stosowaną metodą mokrego torkretowania jest odmiana (c). Materiał jest transportowany pneumatycznie w stanie wysuszonym, a w końcowej fazie za pomocą zasilacza 4 jest nawilżany. Z dyszy natryskowej 3 strumień masy wilgotnej wypływa z dużą prędkością i jest kierowany na powierzchnię torkretowaną. Przemieszczanie masy w stanie wysuszonym umożliwia transport do 200 m.

Tworzenie się warstwy. W fazie początkowej strumień masy uderza bezpośrednio o powierzchnię torkretowaną. Częsteczki grubo- i średnioziarniste odbijają się, a tylko drobnoziarniste (gлина, bentonit) wbijają się w szczeliny, nierówności i tworzą warstwę plastyczną o grubości 1 - 2 mm. Ze wzrostem grubości warstwy plastycznej wzrasta przyczepność cząstek drobno- i średnioziarnistych oraz ustala się stała ilość odprysku masy. Na odprysk (odbijanie) masy od powierzchni torkretowanej wpływają następujące czynniki.

Rodzaj i ilość materiału wiążącego w masie natryskiwanej są określone własnościami fizyko-chemicznymi powierzchni torkretowanej. Wzrost zawartości materiału wiążącego (spoiwa) zwiększa przyczepność masy, co zmniejsza odprysk zarówno w fazie początkowej torkretowania jak i przy nanoszeniu kolejnych warstw.

Rozmiar cząstek masy. Wzrost frakcji ziarnowych cząstek masy natryskiwanej zwiększa intensywność jej odprysku szczególnie w fazie początkowej torkretowania. Skład ziarnowy masy jest stosowany w szerokim zakresie od 0 - 8 mm i więcej. Najczęściej rozkład ziarnowy masy oprócz frakcji głównej, zawiera frakcje drobnoziarniste ułatwiające jej zgrzewanie.

Prędkość strumienia masy. Prędkość uderzenia strumienia masy o powierzchnię torkretowaną ma istotny wpływ na intensywność odprysku masy i stopień zagęszczenia kolejnych warstw. Z dyszy natryskowej z dużą prędkością (50 - 70 m/s) wypływa strumień masy. Na drodze do powierzchni torkretowanej cząsteczki masy tracą część energii kinetycznej. Najkorzystniejszą skuteczność torkretowania uzyskuje się, gdy prędkość uderzenia cząstek o powierzchnię wynosi 20 - 40m/s.

Wilgotność masy natryskiwanej, w zależności od rodzaju i warunków torkretowania wynosi 4 - 14 %. Grubość jednej warstwy kolejno nanoszonej wynosi 10 - 30 mm. Przy większej grubości warstwy natryskiwanej stosuje się mniejszą ilość cieczy niż w przypadku warstw cienkich, szybko schnących. Przy niedostatecznym nawilżeniu masy wydziela się znaczna ilość pyłu, co utrudnia pracę przy obsłudze dyszy natryskowej.

Kąt natrysku masy. Najkorzystniejszy efekt torkretowania uzyskuje się przy 90° kącie natrysku masy, tj. gdy strumień masy jest kierowany prostopadłe do powierzchni natryskiwanej. Zmniejszenie kąta natrysku masy na już naniesioną warstwę zwiększa intensywność jej odprysku, maleje zatem stopień zagęszczenia i efektywność torkretowania.

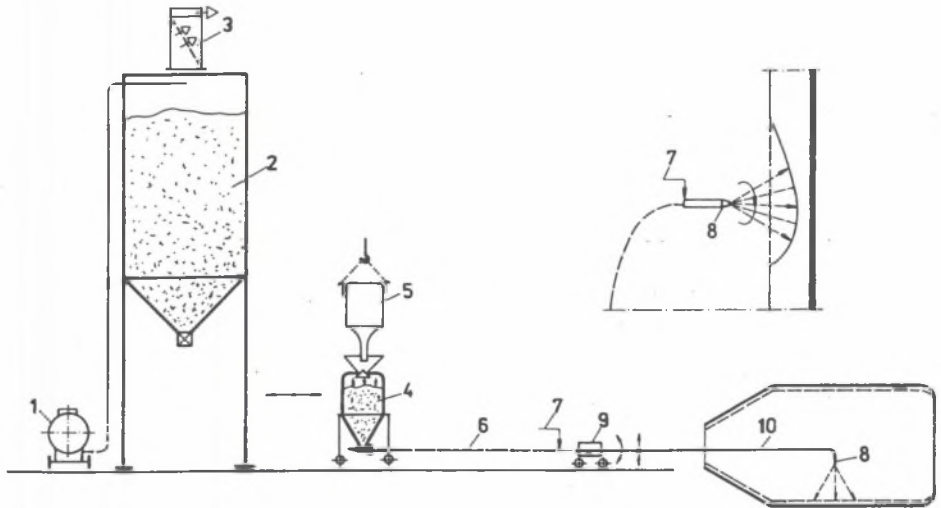
Długość strumienia masy. Przy danej prędkości wylotowej masy z dyszy natryskowej (50 - 70 m/s) wzrost prędkości masy zwiększa prędkość uderzenia cząstek o powierzchnię torkretowaną. Doświadczalnie ustalono, że najkorzystniejszą prędkość uderzenia cząstek (20 - 40 m/s) uzyskuje się przy odległości dyszy natryskowej od powierzchni torkretowanej 1,0 - 1,5 m. Wzajemny związek między prędkościami strumienia masy i odległością dyszy natryskowej od ściany jest wykorzystywany przez operatora do utrzymywania wymaganej prędkości uderzenia masy o powierzchnię torkretowaną.

Temperatura powierzchni torkretowanej. Konserwację bieżącą wykładziny prowadzi się stosując naprawy pospustowe (na gorąco) pieca metalurgicznego. Naprawy bieżące pospustowe zwiększają trwałość wykładziny, a zatem czas pracy pieca. Natryskiwanie masy na gorąco jest prowadzone przy temperaturze wykładziny 800 - 1700 °C.

3. Układ urządzeń do torkretowania

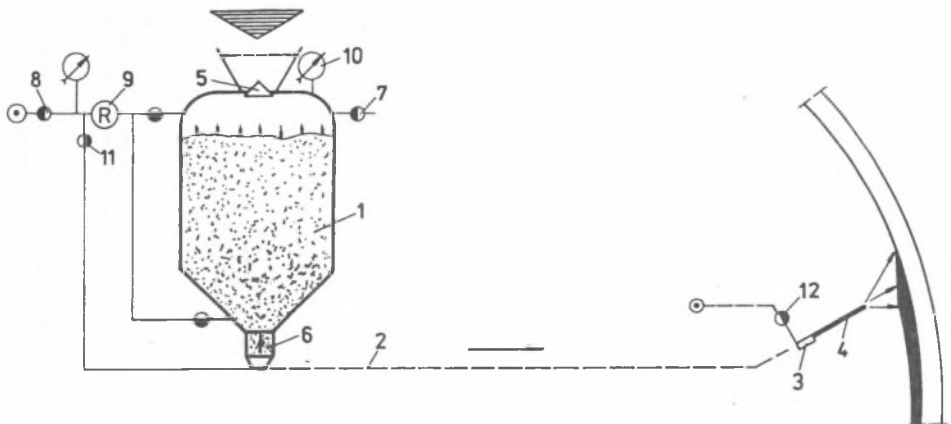
Istotę działania poszczególnych zespołów wyjaśnia rys. 2.

Do natryskiwania masy jest stosowane urządzenie o pracy cyklicznej lub ciągłej, zwane torkretnicą. Najczęściej są stosowane torkretnice o pracy cyklicznej (rys. 3), składające się z zasilacza komorowego 1 transportu pneumatycznego, rurociągu transportowego 2, zasilacza rurowego cieczi 3 i dyszy natryskowej 4.



Rys. 2. Układ urządzeń do torkretowania: 1 - cysterna samorozładowcza, 2 - zbiornik magazynowy, 3 - filtr tkaninowy pulsacyjny, 4 - zasilacz komorowy, 5 - kontener elastyczny, 6 - przewód transportowy elastyczny, 7 - zasilacz rurowy cieczy, 8 - dysza natryskowa, 9 - manipulator lancy, 10 - lancia

Fig. 2. Guniting devices system: 1 - Self-discharging Cistern, 2 - Storage Tank, 3 - Pulsatory Cloth Filter, 4 - Chamber-type Feeder, 5 - Flexible Container, 6 - Flexible Conveying Duct, 7 - Pipe-type Feeder for liquids, 8 - Spraying Nozzle, 9 - Lance Manipulator, 10 - Lance



Rys. 3. Urządzenie do natrykiwania masy: 1 - zasilacz komorowy, 2 - przewód transportowy, 3 - zasilacz cieczy, 4 - dysza natryskowa, 5 - zasyp dzwonowy, 6 - przepustnica płaska obrotowa, 7,9 - zawór odpowiednio dekompresyjny i redukcyjny, 8, 11 - zawory sprężonego powietrza, 12 - zawór dopływu cieczy

Fig. 3. Spraying gun: 1 - Chamber-type Feeder, 2 - Conveying Duct, 3 - Feeder for Liquid, 4 - Spraying Nozzle, 5 - Bell-type Charge, 6 - Revolving Flat Entry Guide, 7,9 - Pressure Relief or Reducing Valve (respectively), 8,11 - Compression Air Valves, 12 - Liquid Cut-Off Valve

4. Wielkości charakteryzujące torkretnice

Skuteczność natryskiwania to iloraz masy zatrzymanej do natryskiwanej na powierzchni torkretowanej; $\eta = \dot{m}_z / \dot{m}_n = 1 - \dot{m}_o / \dot{m}_n$, gdzie \dot{m}_o - strumień masy odpryskującej od powierzchni. Orientacyjna skuteczność natryskiwania masy wynosi: na powierzchnię pionową 80 %, poziomą górną 70 % oraz dolną 90 %.

Wydajność torkretnicy zależy od rodzaju masy, przekroju rurociągu transportowego, prędkości strumienia masy i masowej koncentracji transportowej; $\dot{m}_c = \mu \dot{m} = \mu A \varepsilon w \rho$. Wielkości doświadczalne charakteryzujące proces natryskiwania różnymi materiałami mieszczą się w następujących granicach: masowa koncentracja transportowa $\mu = \dot{m}_c / \dot{m} = 10-22$, prędkość wypływu strumienia masy natryskiwanej $c = 50 - 70$ m/s, iloraz prędkości fazy stałej do gazowej $c/w = 0,5 - 0,8$, średnica rurociągu transportowego $d = 25$ lub 38 mm. Orientacyjny wydatek masy, po przyjęciu gęstości powietrza u wylotu dyszy natryskowej $\rho = 1,29$ kg/m³ oraz porowatość $\varepsilon = 1$ wynosi: $\dot{m}_c = 0,5 - 1,5$ kg/s - dla $d = 25$ mm oraz $\dot{m}_c = 1,8 - 2,5$ kg/s - dla $d = 38$ mm.

Pojemność komory zasilacza 1 (rys. 3) o pracy cyklicznej określa wielkość powierzchni natryskiwanej przy naprawie bieżącej pospustowej pieca metalurgicznego. Najczęściej stosowane są komory zasilaczy o pojemności użytecznej 0,25; 0,6; 1,6 m³.

LITERATURA

1. Piątkiewicz Z.: Transport pneumatyczny. Poradnik inżyniera „Odlewnictwo”, t II, rozdz. XX, Warszawa 1986.
2. Piątkiewicz Z. i inni : Urządzenia transportu pneumatycznego specjalizowane do intensyfikacji procesów technologicznych. Prace badawcze Katedry Odlewnictwa, Gliwice 1995, nie publikowane.

Recenzent: Prof. dr hab. Zdzisław Samsonowicz

Wpłynęło do Redakcji: 10.10.1997 r.

Abstract

The research work has an experimental character. There are given applied gunite methods with using dry, wet (semi-dry) and thermal technologies in the research work introductory part. The idea of presented gunite process' operation is being explained by schemes of installations of the spraying guns resolutions with detailed description and technical data.

In the present research work a special attention was paid to the wet method of the gunite technology (version - c) which is also known as a semi-dry method of very wide range of applications in various branches of industry. Therefore, the results obtained during stand tests and confirmed in conditions of an industrial operation are given in the form of technical indexes, technology procedures descriptions and schemes of the devices' resolutions.