ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978

Seria: HUTNICTWO z. 15 Nr kol. 546

Grzegorz PUCKA, Władysław CICHOŃSKI

Instytut Inżynierii Materiałowej

INTENSYFIKACJA WIĄZANIA FOSFORANOWEGO PRZEZ PRZEDMUCHIWANIE GORĄCYM POWIETRZEM

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania nad intensyfikacją wiązania kwarcowych mas fosforanowych na zaprojektowanym i wykonanym urządzeniu. Urządzenie to wykorzystano do ustalenia parametrów utwardzania kwarcowych mas fosforanowych przedmuchiwanych gorącym powietrzem na podstawie takich właściwości technologicznych mas rdzeniowych, jak wytrzymałość na ściskanie R_c^s i rozciąganie R_r^s, w zależności od zawartości spoiwa i roboczego ciśnienia powietrza o temperaturze 100°C.

Wstęp

Jakość odlewów zależy w znacznym stopniu od rodzaju materiałów użytych do wykonania rdzeni odlewniczych. W grupie tych materiałów istotną rolę odgrywają ciekła lub sypkie syntetyczne lub naturalne materiały organiczne i nieorganiczne, które posiadają własności wiążące - zwane spoiwami.

Wychodząc naprzeciw potrzebom przemysłu odlewniczego, w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej przeprowadzono badania nad ustaleniem optymalnych parametrów wykonywania form i rdzeni odlewniczych z mas wiązanych spoiwem nie stosowanych dotąd w krajowej praktyce odlewniczej - fosforan glinowy stabilizowany tlenkami chromu.

Fosforan glinowy stabilizowany tlenkami chromu jest spoiwem nieorganicznym, ciekłym, wiążącym przez odwodnienie, II klasy, higroskopijnym w stanie niezwiązanym; po utwardzeniu w wodzie nie rozpuszcza się. Kwarcowa masa z tym spoiwem uzyskała patent PRL nr 73 104 [1].

Podstawowe właściwości technologiczne tych mas przedstawiono w tablicy 1 [2]. Na podstawie badań stwierdzono, że optymalną temperaturą utwardzania tych mas jest temperatura 180°C; czas utwardzania można ustalić w oparciu o wskaźnik: 100 mm grubości ścianki na 1 h.

W trakcie stosowania okazało się, że kwarcowa masa fosforanowa ma bardzo korzystny zespół właściwości zarówno po utwardzeniu jak i po zalaniu ciekłym metalem (szczególnie stopami żelaza). Są to: wysoka wytrzymałość, ognioodporność, przepuszczalność, bardzo dobre odwzorowanie powierzchni, bardzo mała osypliwość, praktycznie brak higroskopijności po utwardzeniu, a przy tym znikoma gazotwórczość i bardzo łatwa wybijalność. Te właściwo-

ści spowodowały, że kwarcowa masa fosforanowa jest stosowana w odlewnictwie przede wszystkim przy wykonywaniu rdzeni [3]. Wykonywanie ciężkich i smukłych rdzeni jest jednakże utrudnione ze względu na niską wytrzymałość na wilgotno tych mas, wynoszącą 0,07-0,1 kG/cm^2 (6864,655 - 9806,65 N/m^2).

Przegląd sposobów wytwarzania mas przez przedmuchiwanie powietrzem

Nowym sposobem utwardzania mas piaskowo-żywicznych jest przedmuchiwanie ich zimnym powietrzem (Cold air - process) [4], który oparty jest na zasadzie dehydratacji spoiwa. Po kontakcie z przedmuchiwanym suchym powietrzem lub gazem powłoka spoiwa bardzo szybko traci wolną wodę. Mostki spoiwa przy tym zagęszczają się i łączą między sobą ziarna piasku kwarcowego.

J.B. Brown i N. Bate [5] rozpatrzyli teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania procesu wytwarzania rdzeni przez przedmuchiwanie nagrzanym powietrzem (Warm - air - process). Stwierdzili, że dla sprawnego przebiegu procesu konieczne jest wykorzystywanie dużej objętości nagrzanego powietrza, rzędu 500 dm^3 na 1 kg masy. Czas utwardzania szybko wzrasta ze wzrostem grubości ścianki; 2-krotne zwiększenie grubości powoduje 4-krotne wydłużenie czasu utwardzania. Bardzo ważne jest rozprowadzenie powietrza na całej objętości rdzennicy drogą ukierunkowanego przechodzenia przedmuchiwanego powietrza. Wyniki badań wykazały, że główną niedogodnością omawianego procesu jest mała szybkość utwardzania rdzeni o grubości ścianki powyżej 45 mm.

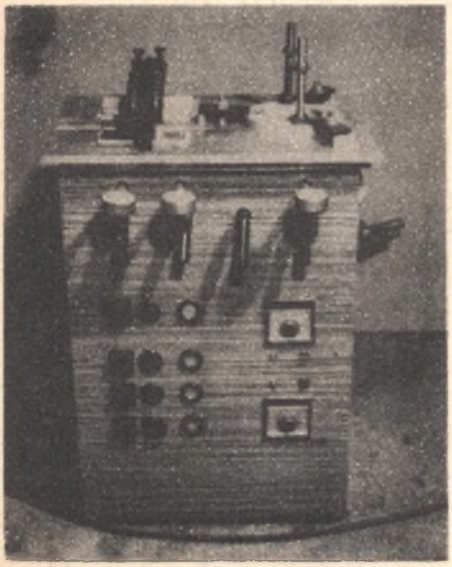
Technologia SYNCOR [6] jest nową, oryginalną metodą wykonywania rdzeni. W sporządzanych masach według technologii SYNCOR zastosowano specjalne spoiwo dla piasku kwarcowego i uzyskano odmienny od dotychczasowych system wiązania osnowy masy rdzeniowej. Wiązanie osnowy następuje poprzez przepływ powietrza o temperaturze otoczenia. Utwardzanie rdzeni w ten sposób jest procesem krótkotrwałym, wynoszącym 10-180 s. W procesie SYNCOR nie stosuje się żadnego katalizatora chemicznego, co powoduje, że przygotowana masa nie musi być natychmiast zużyta.

Budowa i zasada działania urządzenia do intensyfikacji procesu wiązania kwarcowych mas fosforanowych

Masy ze spoiwem fosforanowym glinowo-chromowym są masami termoutwardzalnymi, to znaczy masami wiązanymi w wyniku dostarczania ciepła z zewnątrz. Utwardzanie tych mas odbywa się dotychczas w komorach cieplnych.

Środek rdzenia utwardza się na drodze przechodzenia (przewodzenia) ciepła od ścianek zewnętrznych rdzenia do jego wnętrza. Wypełniacze cera-

miczne mas rdzeniowych, np. piasek kwarcowy, mają mały współczynnik przewodzenia ciepła, dlatego też czas procesu utwardzania kwarcowych mas fosforanowych jest stosunkowo długi. Dodać jednakże należy, że masy ze spoiwem fosforanowym glinowo-chromowym charakteryzują się najkrótszym czasem utwardzania w porównaniu z innymi masami ze spoiwami termoutwardzalnymi stosowanymi obecnie w odlewnictwie. Celem skrócenia procesu utwardzania do minimum zaprojektowano i wykonano urządzenie do utwardzania kwarcowych mas rdzeniowych przez przedmuchiwanie ich gorącym powietrzem.



Rys. 1. Urządzenie do przedmuchiwania kwarcowych mas fosforanowych gorącym powietrzem (widok z przodu)

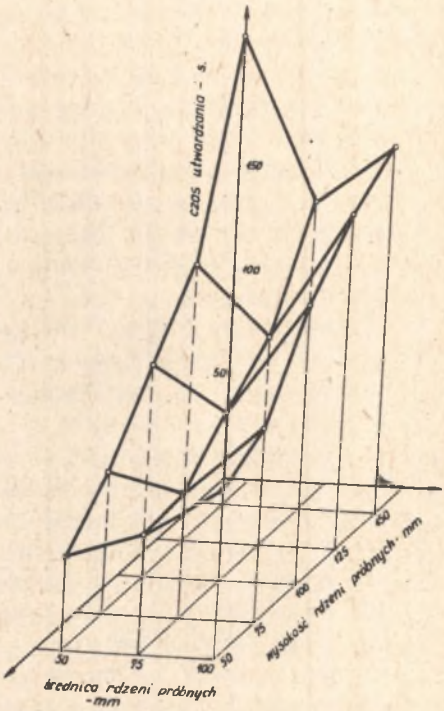
Urządzenie do intensyfikacji procesu wiązania kwarcowych mas fosforanowych (rys. 1) zbudowane jest z płyty roboczej, na której dokonuje się utwardzania kształtek wytrzymałościowych (walcowe, ósemkowe, podłużne), pulpitu sterowniczego, instalacji powietrznej i elektrycznej. Instalacja powietrzna składa się z przewodu doprowadzającego sprężone powietrze, wymiennika cieplnego z trzema sekcjami grzewczymi oraz skrzyń powietrznych umieszczonych pod stanowiskami do przedmuchiwania znajdujących się na płycie roboczej. Pulpit sterujący oraz instalacja elektryczna pozwala na sterowanie i kontrolowanie pracy sekcji grzewczych wymiennika cieplnego.

Sprężone powietrze w wyniku przepływu przez wymiennik cieplny zostaje podgrzane do żądanej temperatury (0-200°C), a następnie doprowadzone do skrzyni powietrznej stanowiska roboczego z zaformowanymi kształtkami. Przepływające gorące sprężone powietrze powoduje ich utwardzenie, a następnie wypływa przez skrzynię powietrzną dociskową, gdzie następuje pomiar temperatury. Pomiar ciśnienia dokonywany jest w skrzyni powietrznej stanowiska roboczego.

Badania kwarcowych mas fosforanowych utwardzanych przez przedmuchiwanie gorącym powietrzem

Urządzenie to posłużyło do ustalenia optymalnych parametrów utwardzania kwarcowych mas fosforanowych tym sposobem oraz przebadania podstawowych właściwości technologicznych mas rdzeniowych takich, jak wytrzyma-

łość na ściskanie R_c^s i rozciąganie R_r^s w zależności od zawartości spoiwa (od 3 do 5%) oraz ciśnienia roboczego powietrza zmieniającego się w granicach 2-4 at, przy jego stałej temperaturze równej 100°C.



Rys. 2. Czas utwardzania rdzeni próbnych w zależności od ich wysokości i średnicy przy stałym ciśnieniu roboczym powietrza 3 at. Temperatura powietrza 100°C

Badania nad ustaleniem optymalnego czasu utwardzania kwarcowych mas rdzeniowych prowadzono na rdzeniach próbnych o kształcie walcowym, których średnica zmieniała się od 50 do 100 mm co 25 mm, a wysokość od 50 do 150 mm co 25 mm; temperatura przedmuchiwanego powietrza była stała i wynosiła 100°C, ciśnienie robocze powietrza było równe 3 at. Uzyskane zależności przedstawiono na rysunku 2. Jak widać z rysunku, wraz ze wzrostem wysokości rdzenia próbnego czas utwardzania wzrasta niezależnie od jego średnicy, przy czym dla stałych wysokości najkrótsze czasy uzyskano przy średnicy 75 mm; powyżej tej wartości czasy utwardzania (dla danych wysokości) wzrastają. Oznacza to, że w zakresie średnic 50 do 100 mm znajduje się minimum.

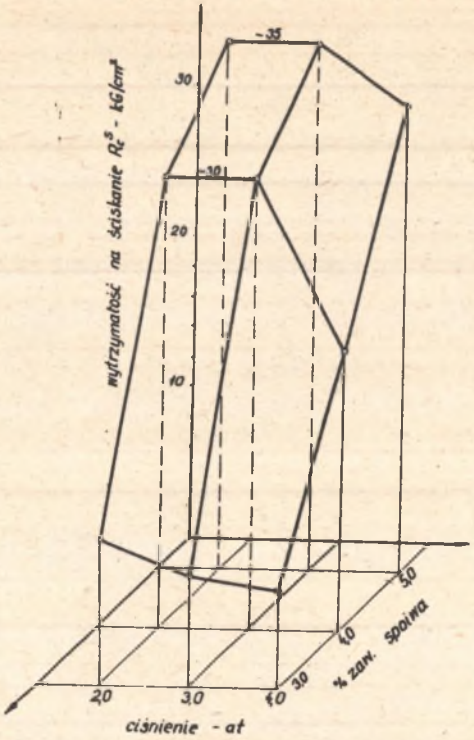
Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że czas utwardzania kształtek walcowych i ósemkowych mas rdzeniowych wynosi odpowiednio 40s i 30s.

Badania właściwości wytrzymałościowych prowadzono dla mas o różnej zawartości spoiwa fosforanowego (3,4 i 5%), przy zmiennej wartości ciśnienia roboczego powietrza (2, 3 i 4 at.). Temperatura powietrza przedmuchiwanego była stała i wynosiła 100°C.

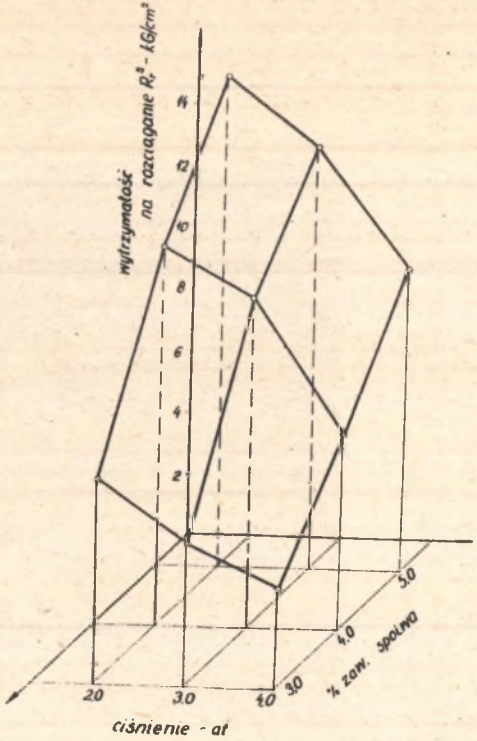
Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono uzyskane zależności. Jak widać z rysunków, właściwości wytrzymałościowe wzrastają wraz ze wzrostem zawartości spoiwa, natomiast maleją wraz ze wzrostem ciśnienia roboczego powietrza.

Spadek właściwości wytrzymałościowych dla stałej zawartości spoiwa jest proporcjonalny do wzrostu ciśnienia roboczego powietrza.

Porównując dane zawarte w tablicy 1 [2] z uzyskanymi zależnościami na rys. 3 i 4, można stwierdzić, że masa na osnowie piasku rzecznego, przy stałej zawartości spoiwa, ma po przedmuchaniu gorącym powietrzem znacznie



Rys. 3. Wytrzymałość na ściskanie mas kwarcowych wiązanych spoiwem fosforanowym glinowym stabilizowanym tlenkami chromu w zależności od zawartości spoiwa i ciśnienia roboczego powietrza. Temperatura powietrza 100°C, czas utwardzania 40s



Rys. 4. Wytrzymałość na rozciąganie mas kwarcowych wiązanych spoiwem fosforanowym glinowym stabilizowanym tlenkami chromu w zależności od zawartości spoiwa i ciśnienia roboczego powietrza. Temperatura powietrza 100°C, czas utwardzania 30 s

wyższe właściwości wytrzymałościowe w porównaniu z tymi samymi właściwościami uzyskanymi po utwardzaniu w komorze cieplnej. Zauważyć przy tym należy, że nawet najniższe wartości właściwości wytrzymałościowych mas utwardzanych gorącym powietrzem pod ciśnieniem 4 at, są wyższe od najwyższych uzyskanych po utwardzeniu w komorze cieplnej.

Wyniki badań fraktograficznych mas utwardzonych w komorach cieplnych oraz przez przedmuchiwanie gorącym powietrzem zamieszczono na rys. 5 i 6.

Rys. 5. Przykład przełomu próbki z termoutwardzalnej kwarcowej masy fosforanowej. Skaning (temp. utwardzania 180°C, czas utwardzania 40 min. w komorze cieplnej)

Rys. 6. Przełomy próbek mas związanych spoiwem fosforanowym glinowym stabilizowanym tlenkami chromu. Skaning (piasek rzeczny - temp. powietrza 100°C, ciśnienie robocze powietrza 2 at.)

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następującej tezy o mechanizmie wiązania kwarcowych mas fosforanowych utwardzanych gorącym powietrzem:

Po procesie mieszania masy spoiwo otacza ziarno na całej jego powierzchni. W wyniku ubijania masy tworzą się połączenia szyjkowe, które pozwalają masie uzyskać pewną wytrzymałość na wilgotno. Natomiast podczas utwardzania masy przez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem następuje przemieszczenie spoiwa z powierzchni ziarn w miejsca, które stwarzają warunki do utworzenia nowych szyjek przy jednoczesnej zmianie kształtu szyjek powstałych w procesie zagęszczania masy. W tej sytuacji spoiwo, które otaczało powierzchnię ziarna zostaje zużyte na zbudowanie dodatkowych połączeń szyjkowych, które powodują podwyższenie właściwości wytrzymałościowych po utwardzeniu. Wraz ze wzrostem ciśnienia roboczego powietrza następuje zmiana kształtu przełomu szyjek. Im wyższe ciśnienie, tym większe zniekształcenie przełomu szyjki. Zniekształcenie to spowodowane jest przemieszczaniem spoiwa w miejsca bardziej korzystne do budowy połączeń szyjkowych. Mimo iż powierzchnia przełomów połączeń szyjkowych po przedmuchiwaniu jest mniejsza od powierzchni szyjek utwardzanych klasycznie, to jednak zwiększona ilość połączeń szyjkowych w optymalnych miejscach między ziarnami powoduje podwyższenie właściwości wytrzymałościowych.

Zakończenie

Uzyskane wyniki badań nad intensyfikacją wiązania fosforanowego przez przedmuchiwanie gorącym powietrzem potwierdziły słuszność koncepcji projektu i wykonawstwa urządzenia oraz przyjętej metodyki badawczej. Zastosowanie sprężonego, gorącego powietrza jako czynnika utwardzającego kwarcowe masy fosforanowe pozwala na bardzo znaczne skrócenie czasu utwardzania (do kilkudziesięciu sekund) przy jednoczesnym wzroście właściwości wytrzymałościowych.

Wzrost właściwości wytrzymałościowych kwarcowych mas fosforanowych utwardzanych przez przedmuchiwanie gorącym powietrzem tłumaczyć należy zjawiskiem przemieszczania się spoiwa po powierzchniach ziarn w miejsca umożliwiające budowę dodatkowych połączeń szyjkowych ~~oraz~~ wzmocnienie połączeń istniejących wcześniej.

Znaczne skrócenie czasu utwardzania przy wzroście właściwości wytrzymałościowych i jednoczesnym obniżeniu temperatury utwardzania ze 180° do 100°C pozwala wnioskować o celowości podjętej tematyki. Zależność przedstawiona na rysunkach wskazuje, że szczegółowe badania tego procesu powinny uwzględniać jeszcze wpływ temperatury i ilości przedmuchiwanego powietrza, jako wilgotności, wzajemnej zależności powierzchni doprowadzającej, odprowadzającej powietrze, powierzchni przekroju rdzenia. Badanie wpływu tych i innych czynników (np. rodzaj piasku) stanowi kolejny etap podjętych prac.

LITERATURA

[1] Gierek A., Pucka G.: Patent PRL nr 73 104.

[2] Pucka G.: Praca doktorska. Politechnika Śląska Gliwice. Wydział Metalurgiczny. Katowice 1975.

[3] Gierek A., Pucka G.: Termoutwardzalne kwarcowe masy rdzeniowe wiązane fosforanem glinowym stabilizowanym tlenkami chromu. 42 Międzynarodowy Kongres Odlewników. Lizbona 1975, ref. 15.

[4] Ekspress informacja Nr 11/75.

[5] Brown J.B., Bate N.: Brit Foundry. 1974 nr 6, s. 166.

[6] Piszak J., Harpula J. i in.: Nowy sposób wykonywania rdzeni - technologia "SYNCOR". 41° Congres inf. foundrie, Liege 1974, nr 12.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФОСФАТНОЙ СВЯЗКИ ПУТЕМ ПРОДУВКИ ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ

Р е з ю м е

В работе представлены исследования интенсификации связывания кварцевых фосфатных масс на запроектированном и изготовленном устройстве. Это устройство было использовано для определения параметров упрочнения кварцевых фосфатных масс продутых горячим воздухом, на основании таких технологических свойств стержневых масс как: прочность при сжатии $P_{и}^{c}$ и при растяжении P_{p}^{c} в зависимости от масс связывающего вещества и рабочего давления воздуха температура которого 100°C.

THE INTENSIFICATION OF THE PHOSPHATE BINDING BY BLOWING WITH HOT AIR

S u m m a r y

The article presents the investigations of the intensification of the quartz phosphate masses binding which has been done on the designed and performed device. This installation was used to determine the parameters of hardening of the quartz phosphate masses blowed with hot air. These parameters were established on the basis of such technological properties as compressive strength R_{c}^{s}, tensile strength R_{r}^{s} for different bond binding material contents and working pressure of the air and the temperature 100°C.