

PROBLEMY EKOLOGICZNE PROCESÓW DMUCHOWYCH

STOSOWANYCH W TECHNOLOGIACH WYKONYWANIA RDZENI-COLD BOX

Józef Dańko

1. Wstęp

W nowoczesnych technologiach zimnej rdzennicy pojawia się pewne zróżnicowanie parametrów procesu dmuchowego, związane z właściwościami technologicznymi masy oraz z warunkami jej utwardzania w rdzennicy. Korzystne jest na przykład, zapełnianie rdzennicy przez większą liczbę otworów dmuchowych, w porównaniu z klasycznym procesem dmuchowym (nadmuchiwanie, wstrzeliwanie). Większa liczba otworów dmuchowych ułatwia prawidłowe i równomierne zapełnienie rdzennicy o skomplikowanym kształcie wnęki roboczej oraz utwardzanie zagęszczonej masy gazowymi czynnikami utwardzającymi. Z kolei, odpowietrzenie rdzennicy spełnia w nowoczesnych technologiach zimnej rdzennicy dwojaką rolę:

- tradycyjną, zapewniającą prawidłowe zapełnienie rdzennicy i prawidłowe zagęszczenie masy,
- dodatkową, mającą na względzie zapewnienie korzystnych warunków utwardzania masy przez jej przedmuchiwanie w rdzennicy utwardzaczami w postaci gazowej oraz usunięcie substancji szkodliwych powstających w czasie tego procesu [2 -3, 6, 9 -11].

2. Typowe technologie zimnej rdzennicy z systemami gazowego utwardzania masy rdzeniowej

Na rysunku 1 zestawiono znane, nowoczesne metody wytwarzania rdzeni utwardzanych przez przedmuchiwanie masy w rdzennicy czynnikami utwardzającymi w postaci gazowej.

Z punktu widzenia kinetyki procesu utwardzania rdzeni substancjami dostępnymi w postaci gazowej (aminy - DMEA, DMIA, TEA, dwutlenek siarki - SO_2 , utwardzacz estrowy - mrówczan metylu oraz dwutlenek węgla CO_2), najbardziej korzystne jest równoczesne dostarczenie gazowego czynnika utwardzającego do wszystkich przestrzeni porowatych w rdzeniu. Wiadomo jednak [1], że charakterystyczny dla procesu dmuchowego jest taki rozkład zagęszczenia masy, w którym największe wartości gęstości pozornej występują zawsze na przedłużeniu osi otworu dmuchowego (strzałowego). Powoduje to zmniejszenie w tym miejscu przepuszczalności, a tym samym utrudnia filtrację gazu przez mocniej zagęszczoną masę rdzeniową i może być przyczyną niewłaściwego utwardzenia rdzeni. Czynnikami wpływającymi na rzeczywisty kształt powstałej przestrzeni filtracji są ponadto:

- przepuszczalność masy rdzeniowej,
- punktowe doprowadzenie gazu, najczęściej przez te same otwory, przez które do rdzennicy jest nadmuchiwana masa,
- niejednakowe grubości warstw masy, przez które filtrują strumienie gazu w stronę najbliższych efektywnie działających otworów odpowietrzających,
- zazwyczaj punktowo skupione powierzchnie odpowietrzające, przez które następuje ewakuacja gazu lub powietrza oczyszczającego do układu odciągowego.

W zależności od rodzaju zastosowanej żywicy można podać następujące wytyczne do projektowania systemów gazowego utwardzania masy [2-3, 6, 9-10].

2.1. System z żywicą fenolową (fenolowy proces Ashland) utwardzany aminami w postaci gazowej

W omawianej odmianie procesu dwuskładnikowe spoiwo (żywica fenolowa + poliiizocyjanian) jest najczęściej utwardzana trójetyloaminą (TEA) lub dwumetyloetyloaminą (DMEA) doprowadzonymi do masy rdzeniowej w postaci gazowej. Amina podana do masy w postaci związku DMEA jest bardziej reaktywna niż amina TEA. Charakteryzuje się większym ciśnieniem cząstkowym pary i ma intensywny, gryzący zapach. Inne dane dotyczące związków aminy mających zastosowanie w odlewnictwie zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe dane dotyczące związków aminy stosowanych w procesie cold-box (fenolowy proces Ashland) [10].

Rodzaj aminy	Temperatura wrzenia	Masa cząsteczkowa	Zużycie g/kg rdzenia
DMEA	35	72	0,5 - 2,0
DMIA	64	88	0,5 - 4,0
TEA	89	101	0,9 - 5,0

Korzystna wartość ciśnienia przegazowywania wynosi 0,1 - 0,2 MPa ponad ciśnienie otoczenia [2-3, 6]. Wprowadzenie aminy do przestrzeni międzyziarnowych stwarza silnie zasadowe środowisko, w którym zetknięcie składnika fenolowego żywicy ze składnikiem poliiizocyjanowym prowadzi w bardzo krótkim czasie (rzędu milisekund) do polimeryzacji obu składników. Efektem reakcji jest powstanie żywicy uretanowej i utwardzenie rdzenia. Nie zużyta amina z danej, elementarnej porcji masy rdzeniowej, pod koniec reakcji utwardzania tej elementarnej porcji może przemieszczać się do kolejnych elementarnych porcji i katalizować przebieg tej reakcji. Po całkowitym utwardzeniu rdzenia amina jest wypłukiwana z porowatych przestrzeni rdzenia przez powierze oczyszczające, za pomocą którego jest następnie przenoszona do neutralizatora płuczkowego, wypełnionego kwasem siarkowym.

2.2. System z żywicą epoksydowo-akrylową, utwardzaną SO_2

Ta odmiana procesu zimnej rdzennicy, w której stosuje się jako spoiwo żywicę akrylowo-epoksydową polega na połączeniu w masie rdzeniowej efektu pochodzącego od składnika akrylowego i epoksydowego. Czynnikiem utwardzającym to spoiwo jest dwutlenek siarki SO_2 , dostarczany w postaci gazowej. Jak podaje Lewandowski [7] we wszystkich odmianach tego procesu następuje utlenianie SO_2 do SO_3 , który w obecności wody zawartej w masie przechodzi w H_2SO_4 . Utleniaczem, a zarazem inicjatorem reakcji polimeryzacji spoiwa jest najczęściej nadtlenek metylo-etylo-ketonu (NMEK) lub metylo-izobutylo-ketonu (NMIBK). Czas utwardzania, liczony od chwili, gdy dwutlenek siarki styka się z mieszaniną piasku i żywicy, jest również bardzo krótki (rzędu milisekund). Istotna różnica, w stosunku do procesu fenolowego, wpływająca na rozwiązanie systemu odpowietrzenia rdzennicy polega na tym, że spoiwo (żywica epoksydowo-akrylowa) jest utwardzane przez chemiczne połączenie z SO_3 . Reakcja utwardzania zachodzi prawidłowo wówczas, gdy nadciśnienie SO_2 w rdzennicy osiąga wartość 0,1034 MPa. Powietrze zawarte w porach rdzenia jest usunięte przez SO_2 , na początku procesu utwardzania.

Metoda SO_2 , w odmianie z żywicą furanową (FGH), charakteryzuje się bardzo dużą wytrzymałością masy, wynoszącą 5,0 - 7,0 MPa, stosunkowo dobrą wybijałnością i płynnością. Metoda ta zajmuje wysokie trzecie miejsce pod względem wskaźnika zastosowania, lecz przeszkodą dalszego jej rozwoju jest konieczność ochrony przed korozją rdzennic i oprzyrządowania, mającego styczność ze stosowaną masą rdzeniową.

2.3. System z zasadową żywicą fenolową utwardzaną za pomocą estrów (proces mrówczany MF)

W technologii MF stosuje się silnie zasadową żywicę fenolową rozpuszczoną w wodzie oraz jako utwardzacz lotny ester (mrówczan metylu). Mrówczan metylu jest traktowany jako współreagent, ponieważ jest częścią reakcji chemicznej utwardzania. W porównaniu z procesami, w których utwardzanie jest wywołane obecnością katalizatora aminowego lub SO_2 , ta reakcja wymaga nieco dłuższego czasu do jej zakończenia. Omawiana technologia również wymaga użycia urządzenia dostarczającego utwardzacz w postaci gazowej. Zmiana postaci fazowej utwardzacza odbywa się w parowniku generatora gazu, skąd gaz jest przetłaczany przewodem do rdzennicy zapełnionej masą. Normalna, zalecana wartość nadciśnienia w rdzennicy wynosi dla przegazowywania 0,117 - 0,138 MPa, a dla przedmuchiwania powietrzem oczyszczającym 0,208 - 0,314 MPa [2-3, 6].

Metoda MF, przy płynności masy wynoszącej 85,5%, pozwala na uzyskanie nieco mniejszej wytrzymałości masy niż w procesie szkła wodnego - CO_2 , natomiast nieco większej niż w procesie z alkaliczną żywicą fenolową utwardzaną CO_2 . Masa nie wykazuje skłonności do odkształcania się w podwyższonej temperaturze [4].

2.4. Proces fenolowy CO_2 (proces Resol/ CO_2)

Proces fenolowy CO_2 polega na stosowaniu rozpuszczalnej w wodzie alkalicznej żywicy fenolowej, która nie zawiera azotu, siarki ani fosforu. Zawartość w żywicy wolnego fenolu nie przekracza 1%, a wolnego formaldehydu 0,1%. Proces fenolowy CO_2 może być stosowany do wykonywania rdzeni metodami dmuchowymi, jako alternatywa procesu mrówczanego lub szkła wodnego utwardzanego CO_2 , przy czym uzyskiwane właściwości technologiczne masy pozwalają na jego umiejscowienie pomiędzy procesami szkła wodnego - CO_2 i fenolowym procesem Ashlanda [4].

2.5. Metoda Redset

Metoda Redset pozwala uzyskać masy rdzeniowe o wytrzymałości porównywalnej i większej od masy z żywicą fenolową do procesu Ashland, przy nieco tylko mniejszej płynności (98%), a więc bardzo korzystne do zagęszczania metodami dmuchowymi. W składzie masy znajduje się żywica polifenolowa (resol fenolowy), kwas i acetal, jako gazowy czynnik utwardzający. Zalety metody, następstwem których jest stosunkowo szerokie stosowanie tej metody (trzecie miejsce dzielone wspólnie z metodą SO_2), wynikają z małej ilości braków, dużej żywotności masy oraz możliwości uniknięcia neutralizacji acetalu i tym samym kosztów wprowadzenia metody [9].

3. Parametry procesu dmuchowego dla technologii zimnej rdzennicy

3.1. Dysze dmuchowe i otwory doprowadzające masę rdzeniową do rdzennicy

We wszystkich trzech technologiach obowiązują te same zasady doboru powierzchni i rozmieszczenia otworów doprowadzających masę do rdzennicy. Im otwór większy tym zapełnianie masą, a następnie utwardzanie masy przepływającym gazem przebiega łatwiej. Ograniczeniem zwiększania otworów doprowadzających masę jest jej wysypywanie się z głowicy pod własnym ciężarem po zakończeniu cyklu wstrzeliwania.

W praktyce stosuje się otwory dmuchowe o średnicach wewnętrznych od 16 do 38 mm.

Obliczenie powierzchni otworów dmuchowych, a jednocześnie powierzchni kolektora doprowadzającego czynnik przegazowujący do rdzennicy przebiega następująco:

a) obliczenie sumarycznej powierzchni $\sum f_1$, a w przypadku pojedynczego otworu dmuchowego jego średnicy (d_1) [1-3, 6]

$$\sum f_1 = \frac{m_{rdz}}{q \cdot \tau_{zap}} = \frac{V_{rdz} \cdot \rho_{st}}{q \cdot \tau_{zap}} \quad (1)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{rdz} \cdot \rho_{st}}{\pi \cdot q \cdot \tau_{zap}}}$$

Występującą we wzorze (1) wielkość współczynnika jednostkowego wypływu q [$\text{kg}/\text{cm}^2\text{s}$] oblicza się ze wzoru

$$q = \frac{m_{rdz}}{\sum f_1 \cdot \tau_{zap}}; \quad (2)$$

gdzie: m_{rdz} - masa rdzenia [kg], τ_{zap} - czas zapełniania rdzennicy masą [s], $\sum f_1$ - sumaryczna powierzchnia otworów doprowadzających masę do rdzennicy [cm^2], V_{rdz} - objętość rdzenia [cm^3], ρ_{st} - gęstość masy rdzeniowej w próbce walcowej przy trzykrotnym ubiciu standardowym ubijakiem [g/cm^3], τ_{zap} - czas zapełniania rdzennicy [s].

W zależności od wielkości i stopnia skomplikowania można dla przykładu podać następujące grupy wielkości q , do obliczania parametrów głowicy dmuchowej dla rdzeni wykonywanych z masy zawierającej dwuskładnikową żywicę fenolową utwardzaną związkami aminy, podawanymi w postaci gazowej [2-3, 6, 10]:

Rdzenie masywne proste: $q = 2,0 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$. Odpowiada to wymaganej powierzchni otworu dmuchowego wynoszącej $0,5 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia,

Rdzenie masywne, mające przewężenia i zasilane przez kilka otworów dmuchowych: $q = 1,0 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($1,0 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia),

Rdzenie o średniej masywności, którym stawia się wymagania dokładnego odwzorowania powierzchni: $q = 0,5 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($2 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia),

Rdzenie skomplikowane, cienkościenne: $q = 0,2 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($5 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia).

W przypadku rdzeni bardzo skomplikowanych cienkościennych, odtwarzających na przykład systemy chłodzenia wodnego w silnikach spalinowych: $q = 0,143 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{s}$ ($7 \text{ cm}^2/1 \text{ kg}$ rdzenia).

b) określenie liczby pojedynczych dysz dmuchowych (strzałowych), a jednocześnie liczby punktów, przez które będzie doprowadzany do rdzennicy gazowy czynnik utwardzający:

$$n_\varphi = \frac{\sum f_1}{f_{1opt}} \quad (3)$$

gdzie: $\sum f_1$ - wartość obliczona ze wzoru (1), f_{1opt} - optymalna dla danej masy rdzeniowej powierzchnia pojedynczego otworu dmuchowego.

3.2. Pneumatyczne parametry przedmuchiwanie masy w rdzennicy

Znając dla danej technologii na przykład wartość zalecanego ciśnienia przegazowywania ($p_{c \text{ gaz}}$), a także zalecaną wartość stopnia odpowietrzenia (S_{odp}), można dla warunków ustalonego przepływu gazu w kolektorze wlotowym nad kanałami doprowadzającymi do wnętrza rdzennicy obliczyć niezbędne jego ciśnienie ($p_{b \text{ gaz}}$), dostarczane przez generator.

Wzór dostosowany do kilku omówionych wcześniej technologii ma postać

$$p_{bgaz} = \frac{p_{cgaz}}{\left(\frac{A}{S_{odp}}\right)^{\frac{\kappa+1}{2\kappa}}}, A = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \frac{\psi_1}{\psi_2} \cong 0,38 - 0,60; \quad \begin{aligned} A_{Ashland} &= 0,60 \\ A_{procesSO_2} &= 0,54 \\ A_{methylformiat} &= 0,38 \end{aligned} \quad (6)$$

Wartości współczynnika A zostały określone na podstawie obliczeń symulacyjnych wartości ciśnienia granicznego w rdzennicy [2-3], przy znanych pozostałych parametrach procesu przegazowywania. W najczęściej stosowanych metodach zimnej rdzennicy, zalecane wartości takich wielkości jak: stopnia odpowietrzenia S_{odp} , średniego ciśnienia przegazowywania masy w rdzennicy $p_{b\text{ gaz}}$ oraz wartości ciśnienia $p_{c\text{ gaz}}$, obliczonego na ich podstawie wynoszą odpowiednio:

$$S_{odp} = \frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \begin{matrix} 0,72 - \text{proces Ashland} \\ 0,60 - \text{proces } SO_2 \\ 0,40 - \text{proces MF} \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0,25 \text{ MPa} \\ 0,21 \text{ MPa} \\ 0,23 \text{ MPa} \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1,37 \cdot (0,25) = 0,34 \text{ MPa} \\ 1,20 \cdot (0,21) = 0,25 \text{ MPa} \\ 1,10 \cdot (0,23) = 0,25 \text{ MPa} \end{matrix} \quad (7)$$

4. Problemy ekologiczne związane z systemami gazowego utwardzania masy rdzeniowej

Przy wyborze metody produkcji rdzeni należy zwrócić uwagę na następujące czynniki ochrony środowiska:

- toksyczność aktywatorów gazowych, określaną przez maksymalne stężenie substancji szkodliwych na stanowisku pracy (NDSCh - w mg/m^3) [8], z uwzględnieniem dynamicznego obciążenia miejsca pracy,
- emisja gazów przy zalewaniu form (rodzaj i ilość wydzielanych gazów),
- zachowanie się zużytej masy oraz odpadów na składowisku,
- zachowanie się pyłów z mas rdzeniowych oraz z mas deponowanych na składowiskach,
- możliwość regeneracji osnowy i dopuszczalny udział regeneratu w świeżo sporządzanych masach rdzeniowych.

W celu nieprzekroczenia na stanowisku wytwarzania rdzeni najwyższych dopuszczalnych stężeń związków aminy (NDS - w mg/m^3) są proponowane dwa następujące rozwiązania:

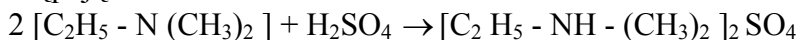
- odsysanie powietrza z otoczenia oprzyrządowania służącego do wykonywania rdzeni metodami dmuchowymi (rdzennica, głowica dmuchowa) i kierowanie związków aminy, zawartych w odciągającym powietrzu do płuczki
- odseparowanie całej strzelarki od otoczenia za pomocą hermetycznej obudowy, z której związki aminy są odciągane wraz powietrzem do płuczki kwasowej.

Związki aminy przeprowadzane są ze stanu ciekłego w stan gazowy i w tej postaci są przepuszczane przez mieszaninę piasku i spoiwa w celu jej utwardzenia. Nadmierna ekspozycja na wymienione aminy może wywołać u pracowników podrażnienie oczu, nosa i gardła. Przejawem wchłonięcia niedopuszczalnej dawki aminy przez obsługę urządzeń do wykonywania rdzeni jest nieostrość widzenia i rozmazany obraz, a ekstremalnie duże dawki powodują zaburzenia widzenia w postaci tzw. zjawiska halo vision, które polega na spostrzeganiu niebieskiej lub czarnej obwódki na obrzysie oglądanego obiektu. Z tych też względów wartość NDS w stosunku do TEA lub DMEA nie może przekroczyć 3 ppm.

Metody oczyszczania gazów z amin można podzielić na: fizyczne, chemiczne i mieszane. W metodach fizycznych oczyszczanie następuje w wyniku przepuszczania powietrza z parami aminy przez filtry z węgla aktywowanego, lub przez półprzepuszczalne membrany, przez poddanie gazów dializie, albo przez doprowadzenie zanieczyszczonego gazu do generatora termicznego, w którym następuje spalanie par aminy. W odlewnictwie ten sposób dezaktywacji związków aminy można prowadzić w żeliwiaku, doprowadzając zanieczyszczone nimi powietrze do dysz dmuchowych. Utlenianie amin może być również prowadzone za pomocą: ozonu, lub nadmanganianu potasu, jednak instalacje tego rodzaju nie są stosowane w przemyśle odlewniczym.

Metody chemiczne, najczęściej realizowane na mokro, mają na celu przeprowadzenie związków aminy w nieszkodliwe związki chemiczne. Schemat instalacji do neutralizacji amin

w procesie cold-box przedstawiono na rysunku 2. Do oczyszczania powietrza zawierającego aminy, po uprzednim jego odpyleniu w wysokosprawnych cyklonach, stosowane są skrubery. Jako ciecz wypełniającą stosuje się rozcieńczony kwas siarkowy lub fosforowy. W przypadku stosowania kwasu siarkowego zachodzi reakcja neutralizacji aminy, prowadząca do powstania siarczanów. Dla aminy podawanej w postaci związku DMEA reakcja neutralizacji jest następująca:



Przeważające obecnie metody zubożniania aminy sposobem na mokro nie mogą być uważane za rozwiązania perspektywiczne, gdyż nie rozwiązują kompleksowo problemu zagospodarowania ciekłej zawartości płuczek po wyczerpaniu aktywności kwasu. Znane są rozwiązania instalacji umożliwiające odzysk aminy w kolumnie destylacyjnej, które na razie są zbyt drogie i nie znajdują przemysłowego zastosowania.

Metody mieszane stanowią połączenie metod fizycznych oraz chemicznych i coraz częściej biologicznych, w celu bardziej efektywnej neutralizacji związków aminy. Można na przykład pary aminy przeprowadzić w stałe lub ciekłe związki chemiczne, które następnie są neutralizowane przez spalanie.

Najmniej szkodliwą dla otoczenia technologią rdzeni jest proces szkło wodne - CO₂. Jednak metoda ta nie nadaje się do wykonywania cienkościennych, skomplikowanych rdzeni do odlewów motoryzacyjnych, z uwagi na małą płynność masy (około 86 %), trudną wybijalność rdzeni i ich zbyt małą odporność na ścieranie w obniżonej temperaturze oraz wrażliwość na dużą wilgotność otoczenia. Regeneracja osnowy z zużytej masy jest możliwą metodą moką, bądź suchą metodą mechaniczną albo pneumatyczną, przy czym stopień wykorzystania regeneratu do sporządzania rdzeni jest mały.

Ze względu na wysokie technologiczne właściwości masy (wytrzymałość $R_g^u = 3,5 - 5,0$ MPa, płynność 98,5%), najkorzystniejszym sposobem nadmuchiwania i wstrzeliwania rdzeni, utwardzanych czynnikami gazowymi jest fenolowy proces cold-box (klasyczny proces Ashland) [4, 9]. Nowoczesne techniki oczyszczania powietrza z par związków aminy są skuteczne i dostatecznie opanowane, jakkolwiek wymagane jest poszukiwanie efektywnych sposobów umożliwiających odzysk aminy i opracowanie metod zubożniania aminy sposobem na sucho, rozwiązujących kompleksowo problemy ekologiczne. Stopień wykorzystania do sporządzania rdzeni regeneratu otrzymanego z masy z żywicą fenolową utwardzaną związkami aminy wynosi 90%.

System z żywicą epoksydowo-akrylową, utwardzaną SO₂ zajmuje wysokie trzecie miejsce pod względem wskaźnika zastosowania, lecz przeszkodą dalszego jej rozwoju jest konieczność ochrony przed korozją rdzennic i oprzyrządowania, mającego styczność ze stosowaną masą rdzeniową. Kwas siarkowy, będący końcowym produktem reakcji chemicznej pomiędzy SO₂ i nadtlenkami oraz wodą jest czynnikiem agresywnym i wymaga odpowiedniego doboru materiałów konstrukcyjnych do wykonania oprzyrządowania. Masa do technologii SO₂ wykazuje podwyższoną skłonność do przyklejania się do zwykle stosowanych tworzyw na perforowane tuleje strzałowe, głowice strzałowe oraz rdzennice. Podobnie, jak w przypadku klasycznej technologii cold-box jest wymagane oczyszczanie powietrza z par czynnika utwardzającego, którym w omawianym sposobie jest SO₂, mający niskie wartości wskaźnika NDS.

W procesie mrówczanym MF neutralizacja gazowego mrówczanu metylu w płuczkach napotyka trudności technologiczne [9]. Stopień wykorzystania regeneratu otrzymanego z masy MF do sporządzania rdzeni w tym samym procesie wynosi 80%. Regeneracja osnowy z zużytej masy MF wymaga stosowania kombinowanej metody mechaniczno-termicznej, przy czym temperatura regeneracji w części termicznej urządzenia wynosi 1300 °C, jest więc największa spośród znanych odmian regeneracji termicznej, co komplikuje i podraża przebieg procesu regeneracji.

Proces fenolowy CO₂ pod względem ochrony środowiska proces fenolowy CO₂ plasuje się na drugim miejscu po procesie szkło wodne CO₂, który jest uważany za najmniej szkodliwy dla otoczenia [4]. Ograniczeniem tego procesu jest to, że regenerat z procesu fenolowego - CO₂ może być dodany w ilości do 20% do osnowy masy przeznaczony do sporządzania rdzeni w tym samym procesie, natomiast dodatek regeneratu z procesu fenolowego Ashland oraz z procesu Croninga nie może przekraczać 10%, gdyż prowadzi do zmniejszenia wytrzymałości na zginanie R_g^u . Pewnym ograniczeniem jest również konieczność wyeliminowania stopów aluminium i miedzi, jako materiałów konstrukcyjnych rdzennicy, głowicy dmuchowej i komory naboju.

Metoda Redset zawiera składnik kwasowy, co wiąże się z koniecznością doboru odpowiednich tworzyw konstrukcyjnych do wykonania oprzyrządowania technologicznego i maszyn dmuchowych. Nie występuje konieczność neutralizacji acetalu, w związku z czym można uniknąć kosztów związanych z zakupem instalacji neutralizującej gazowe produkty reakcji utwardzania. Masa, w wyniku rozpadu na składowisku i wymywania wodnego, nie powoduje dużego obciążenia środowiska toksycznymi substancjami [9].

LITERATURA

1. Dańko J.: Parametry procesu dmuchowego i oprzyrządowania w nowoczesnych systemach zimnej rdzennicy. Przegląd Odlewnictwa nr 2, 1995, s. 57 - 59.
2. Dańko J., Karwacki J.: The parameters of blowing and hardening process during manufacture of cores by main cold-box technologies. 3rd. International Conference „Economics and Ecology of Foundry Production '96” Nitra (Słowacja), V. 1996, s. 10 -15.
3. Dańko J., Karwacki J.: Dobór parametrów utwardzania rdzeni w nowoczesnych technologiach zimnej rdzennicy. Materiały ogólnopolskiej konferencji technicznej pt: Eksploatacja i unowocześnianie wyposażenia odlewni”, Odlewnia „CENTROZAP” Sp. z oo, Kutno, 6 - 7 grudzień 1996, s. 41 - 48.
4. Ellinghaus W., Löhte K.: Wytwarzanie rdzeni z zastosowaniem fenolowego procesu CO₂ (proces Resol/CO₂), Przegląd Odlewnictwa nr 11, 1996, s. 317 - 319.
5. Holtzer M., Lewandowski L. J., Dańko J.: The possibilities of a reclamation of components from moulding sands. Acta Metallurgica Slovaca, ročník 3, tom 1/2, 1997, s. 228 - 232.
6. Horton K. B., Wade T., C: Cold box design. International GIFA Congress '94, s. 324 - 332.
7. Lewandowski J. L.: Masy formierskie i rdzeniowe. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1991.
8. Lewandowski J. L., Solarski W., Kilarska M., Zawada J.: Klasyfikacja mas formierskich i rdzeniowych pod względem toksyczności. Przegląd Odlewnictwa nr 4, 1994, s. 115 - 123.
9. Popov A.: Nowoczesne wytwarzanie rdzeni na strzelarkach firmy Laempe. Przegląd Odlewnictwa nr 5, 1993, s.155 -157.
10. Popov A.: Wytwarzanie rdzeni metodą cold-box - doświadczenia firmy Laempe. Przegląd Odlewnictwa nr 2, 1994, s. 58 - 61.
11. Torbus M., Laufer H. J.: Proces cold-box - nowa, ekonomiczna metoda dla polskiego przemysłu odlewniczego. Przegląd Odlewnictwa 1992, nr 6, s. 208 - 212.