

Stanisław Jura, Andrzej Kowalik
Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

ZASTOSOWANIE CEMENTU GLINOWEGO JAKO AKTYWATORA PROCESU WIĄZANIA CIEKŁYCH MAS CEMENTOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem cementów glinowych jako aktywatorów procesu wiązania CMC. Uzyskane wyniki oraz przeprowadzone próby przemysłowe pozwalają sądzić o możliwości zastosowania tej technologii na szerszą skalę.

1. Wstęp

W końcu lat 50 w ZSRR opracowano i opatentowano technologię wytwarzania form i rdzeni z ciekłej masy samoutwardzalnej na szkle wodnym. Zasadniczą cechą tego procesu jest nadanie masie konsystencji płynnej przez dodanie niewielkich ilości środków powierzchniowo-czynnych oraz na drodze zabiegów fluidyzacyjnych. Konsystencja masy pozwala na wykonanie form i rdzeni bez jej zagęszczania. Czas utwardzania masy w obecnym stadium rozwoju tej technologii można regulować w szerokim zakresie, od kilku minut do godziny. Ciekłe masy samoutwardzalne cechują się wysoką przepuszczalnością oraz dobrą podatnością w wysokich temperaturach.

Jako zalety procesu CMS wymienia się:

- wyeliminowanie pracochłonnego zagęszczania form i rdzeni,
- wyeliminowanie suszenia form lub ich utwardzania,
- łatwość mechanizacji i automatyzacji procesu.

Zalety technologii CMS spowodowały rozpoczęcie badań nad ciekłymi masami z innymi spoiwami, jak np. żywice, cementy. Masy cementowe charakteryzują się długim czasem wiązania. Proces wiązania ulega dalszemu przedłużeniu na skutek wprowadzenia do mas środków powierzchniowo-czynnych. Tak więc korzyści wynikające z szybkiego wypełnienia formy ciekłą masą cementową zostałyby zniwelowane wskutek powolnej rotacji oprzyrządowania modelowego i długiego czasu składowania form. Celem przeprowadzanych badań nad ciekłymi masami cementowymi jest skrócenie procesu ich wiązania. Badania te prowadzone są w kierunkach [1-4]: doboru środków powierzchniowo-czynnych o możliwie minimalnym wpływie na proces wiązania mas oraz doboru aktywatorów procesu wiązania CMC.

2. Badania własne

Celem pracy jest przebadanie wpływu cementów glinowych i wytypowanych środków powierzchniowo-czynnych na proces wiązania ciekłych mas cementowych oraz ustalenie optymalnego składu masy spełniającej następujące warunki:

- początek utwardzania 10-30 minut,
- koniec utwardzania do 90 minut,
- ciekłość masy powyżej 14 cm,
- wytrzymałość na ściskanie po 2 godzinach powyżej 2 kg/cm².

2.1. Charakterystyka składników ciekłych mas cementowych

Osnowę ciekłych mas cementowych stanowił piasek kwarcowy z Krzeszówka o frakcji głównej 0,20/0,32/0,40. Udział frakcji głównej wynosił ponad 60%. Jako spoiwo stosowano cementy:

- portlandzki marki 350,
- glinowy "Górkal 70" o zawartości 70-72% Al₂O₃,
- glinowy "Górkal 60" o zawartości 60-65% Al₂O₃,
- glinowy "Górkal 40" o zawartości 40-43% Al₂O₃.

Cementy glinowe były jednocześnie aktywatorami procesu wiązania CMC.

Masy cementowe spieniano detergentami o charakterze anionowym:

- "A" - o zawartości masy aktywnej ok. 36%,
- "C" - o zawartości masy aktywnej ok. 14,5%,
- "D" - o zawartości masy aktywnej ok. 70%.

2.2. Metodyka badań

Ciekłe masy cementowe sporządzano w mieszarce laboratoryjnej typu LM-R. Określoną ilość piasku i cementu wsypywano do mieszarki, po czym składniki suche mieszano przez 3 minuty. Następnie dodawano składniki ciekłe, tj. wodny roztwór detergentów i mieszano masę przez następne 2 minuty.

Ciekłość masy określano metodą rozplywu walca o średnicy 100 mm. Czas utwardzania badano metodą Vicata. Badania ścieralności przeprowadzono na aparacie Janickiego. Przepuszczalność, wytrzymałość na ściskanie i ścieralność mas badano na próbkach walcowych o wymiarach \varnothing 50 x 50 mm. Próbkę te po wyjęciu z foremek przetrzymywano w naczyniach zamkniętych w celu uniknięcia nadmiernego ich przesuszenia.

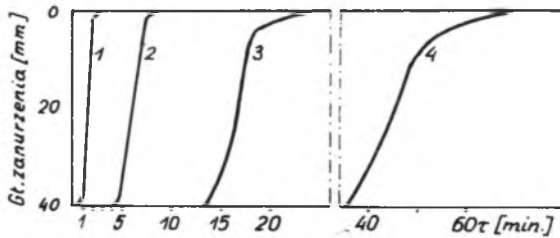
2.3. Wyniki badań i ich omówienie

W trakcie badań wstępnych określono własności spieniające środków powierzchniowo-czynnych oraz wpływ cementu glinowego i detergentów na proces hydratacji cementu portlandzkiego. Wyniki badań zestawiono w tablicy 1 i na rysunku 1. Wytypowane do spieniania mas cementowych detergenty charakteryzują się odmiennymi własnościami spieniającymi, takimi jak, zdolność pianotwórcza, trwałość piany, wielkość pęcherzyków powietrza. Stężenie detergentu "C" w roztworze wodnym musi być dwukrotnie większe niż de-

Tablica 1

Własności spieniające detergentów

Detergent	"D"	"C"	"D" + "C"
Stężenie detergentów	1,2%	2,4%	0,6% + 1,2%
ZP [%]	300	280	300
TP [%]	63	28,5	55



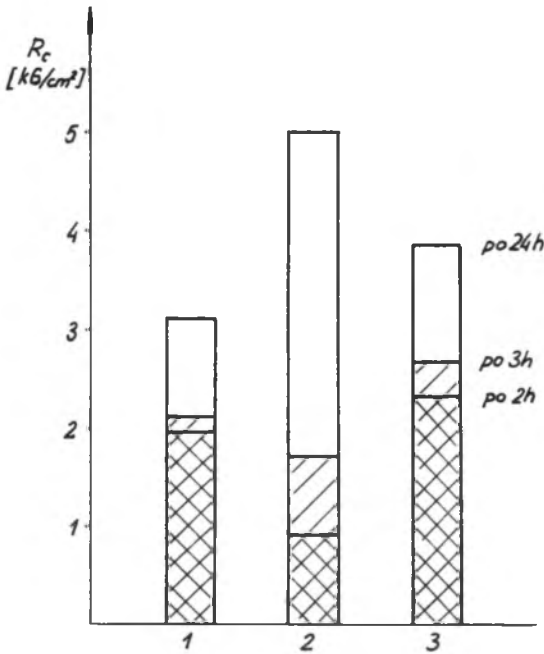
Rys. 1. Wpływ detergentów na czas utwardzania mieszanki cementów portlandzkiego i glinowego

1 - 50% H_2O , 2 - 50% wodnego roztworu detergentu "D", 3 - 50% wodnego roztworu mieszanki detergentów "D" + "C", 4 - 50% wodnego roztworu detergentu "C"

tergentu "D", aby osiągnąć podobny stopień spienienia. Roztwór wodny mieszanki tych detergentów posiada własności spieniające pośrednie.

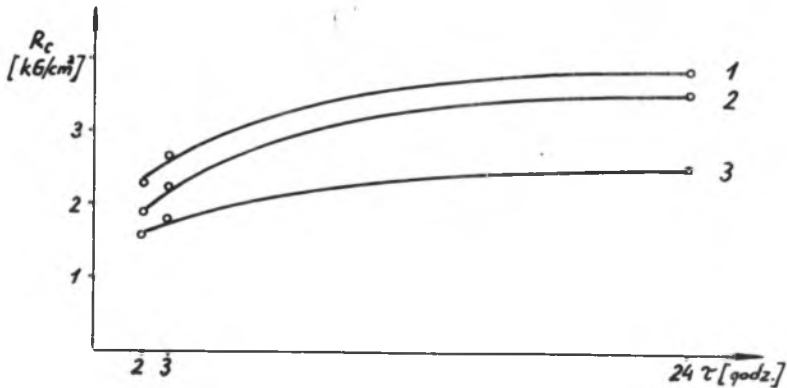
Czas utwardzania cementu portlandzkiego (powyżej 8 godz.), jak i cementu glinowego "Górkal 70" (powyżej 6 godz.) jest długi. Natomiast czas utwardzania mieszanki tych cementów jest znacznie krótszy i osiąga minimum przy udziale cementu glinowego równym 25%. Wprowadzenie detergentów (w postaci roztworu wodnego) do mieszanki cementów powoduje przedłużenie czasu jej utwardzania. Detergent "D" w znacznie mniejszym stopniu niż detergent "C" wpływa na wydłużenie czasu utwardzania mieszanki cementów.

W trakcie dalszych badań, potwierdziły się spostrzeżenia uczynione podczas prób wstępnych. Masa spieniona detergentów "D" posiada większą cieknłość i przepuszczalność niż masa z dodatkiem detergentu "C". Detergent "C" wybitnie wydłuża czas utwardzania (150 min.) masy cementowej. Jej wytrzymałość po 2 i 3 godzinach jest niewielka (rys. 2), a dopiero po 24 godzinach jest zadowalająca. Czas utwardzania masy spienionej detergentem "D" jest stosunkowo krótki. W początkowym okresie wiązania własności wytrzymałościowe masy szybko narastają, lecz jej wytrzymałość po 24 godzinach jest dosyć niska. Korzystniejsze własności ma masa spieniona mieszanką detergentów "D" i "C". Zmniejszenie ilości mieszanki tych detergentów powoduje skrócenie czasu utwardzania masy, lecz jej wytrzymałość na ściskanie zmniejsza się (rys. 3).



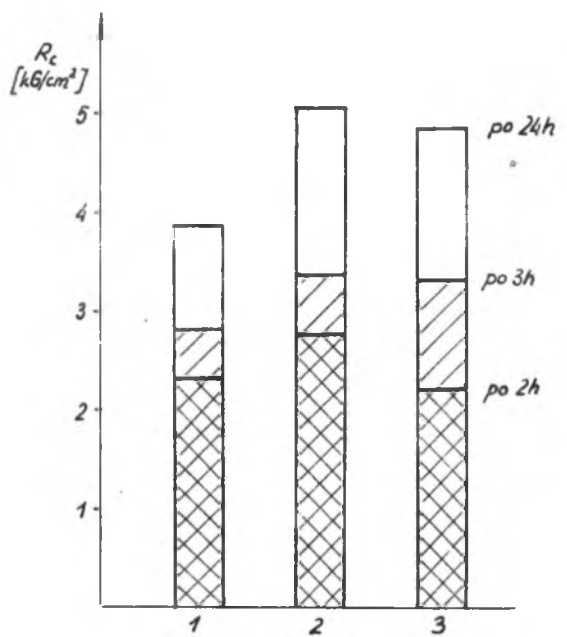
Rys. 2. Wpływ detergentów na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkal 70", w/c = 0,95 (% cięż.):

- 1 - 0,133% detergentu "D",
- 2 - 1,0% detergentu "C",
- 3 - mieszanina detergentów 0,066% "D" + 0,5% "C"

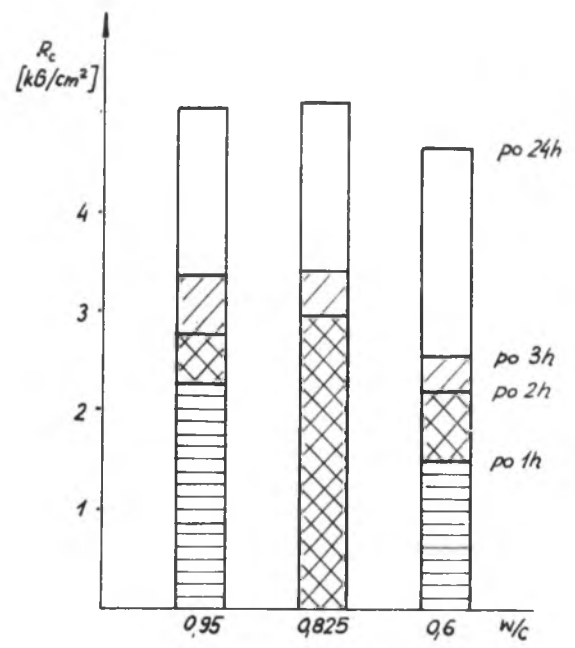


Rys. 3. Wpływ czasu wiązania na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkal 70", mieszanina detergentów 0,066% "D" + 0,5% "C", w/c = 0,95 (% cięż.).

- 1 - 100% mieszaniny detergentów, 2 - 75% mieszaniny detergentów, 3 - 50% mieszaniny detergentów



Rys. 4. Wpływ detergentów na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkal 70", w/c = 0,95 (% cięż.)
 1 - mieszanina detergentów 0,066% "D" + 0,5% "C", 2 - mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", 3 - mieszanina detergentów 0,5% "C" + 0,133% "A"

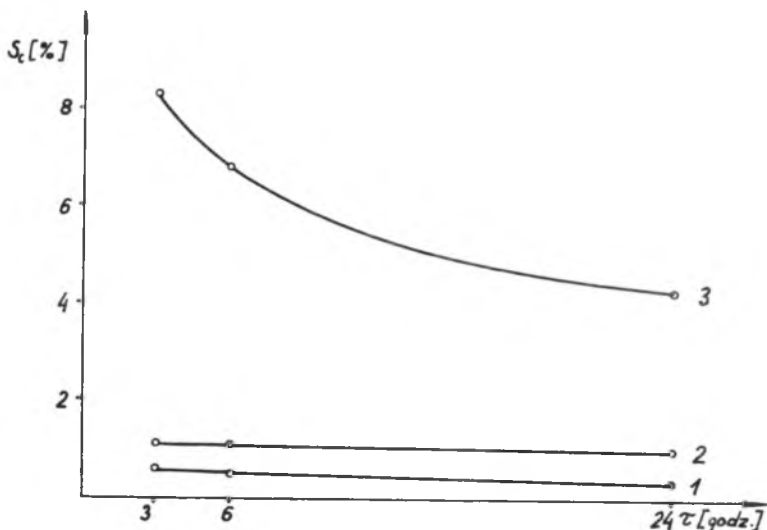


Rys. 5. Wpływ ilości wody na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkal 70", mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A" (% cięż.)

Uwaga: dla w/c = 0,825 R_c^{1h} nie badano.

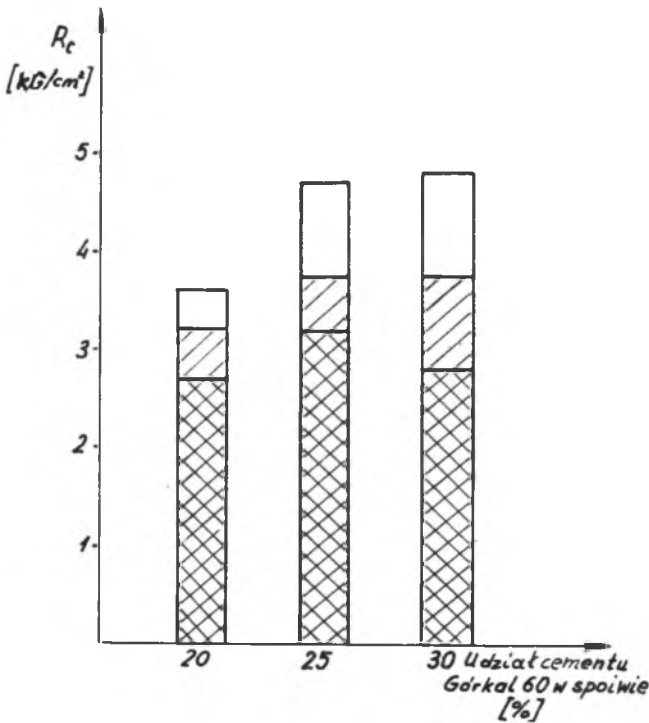
Detergent "D" jest produktem importowanym. Przeprowadzono więc, próbę zastąpienia go detergentem produkcji krajowej. W wyniku badań stwierdzono że detergent "A" ma podobny wpływ na proces wiązania mas cementowych jak spieniacz "D". Na rysunku 4 przedstawiono wpływ mieszanin detergentów "D" "C" i "A" na wytrzymałość na ściskanie ciekłych mas cementowych. Masa spieniona mieszaniną detergentów: 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A" przy wysokich własnościach wytrzymałościowych charakteryzuje się krótkim czasem utwardzania (40 minut), dobrą ciekłością (19 cm) oraz dostateczną przepuszczalnością (powyżej $200 \text{ cm}^4/\text{G}\cdot\text{min}$).

Końcowa zawartość wody w formie zazwyczaj limituje okres jej przetrzymywania. Aby skrócić czas przetrzymywania form, należy do masy wprowadzać minimalną ilość wody, przy której masa jeszcze zachowuje dobre własności techniczne. Przy zmniejszaniu dodatku wody, własności wytrzymałościowe oraz ciekłość masy obniżają się (rys. 5). Przy $w/c = 0,6$ ciekłość wynosi 16 cm, co jednak nadal zapewnia dobre odwzorowanie modelu w formie. Skracca się nieco czas utwardzania masy, lecz silnie wzrasta ścieralność (rys. 6). Z tego względu należy unikać zbytniego zmniejszenia dodatku wody wprowadzanej do ciekłych mas cementowych.



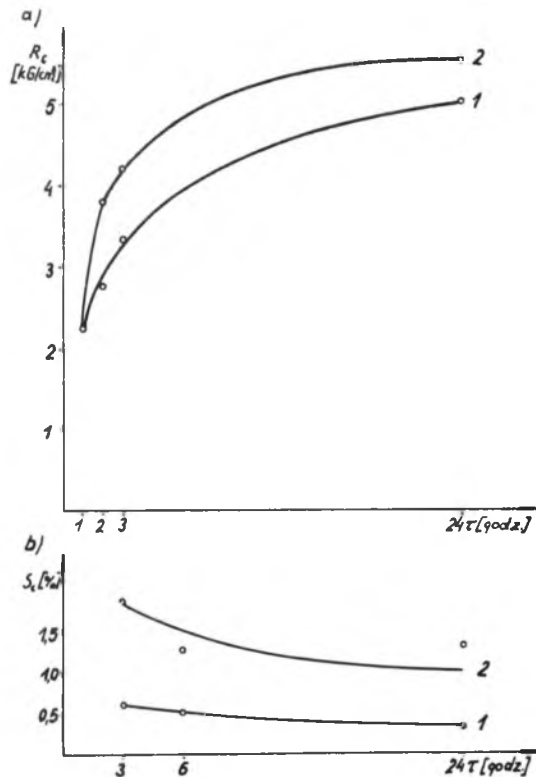
Rys. 6. Wpływ czasu wiązania na ścieralność masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkal 70", mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A" (% cięż.): 1 - $w/c = 0,95$, 2 - $w/c = 0,825$, 3 - $w/c = 0,6$

Cementy glinowe o mniejszej zawartości Al_2O_3 niż "Górkal 70" również mogą być stosowane jako aktywatory procesu wiązania CMC. Optymalny udział cementu "Górkal 60" w spoiwie wynosi 25%. Obniżenie ilości tego cementu w spoiwie do 20% powoduje przedłużenie czasu utwardzania CMC i pogorszenie jej własności wytrzymałościowych (rys. 7). Natomiast przy podwyższeniu

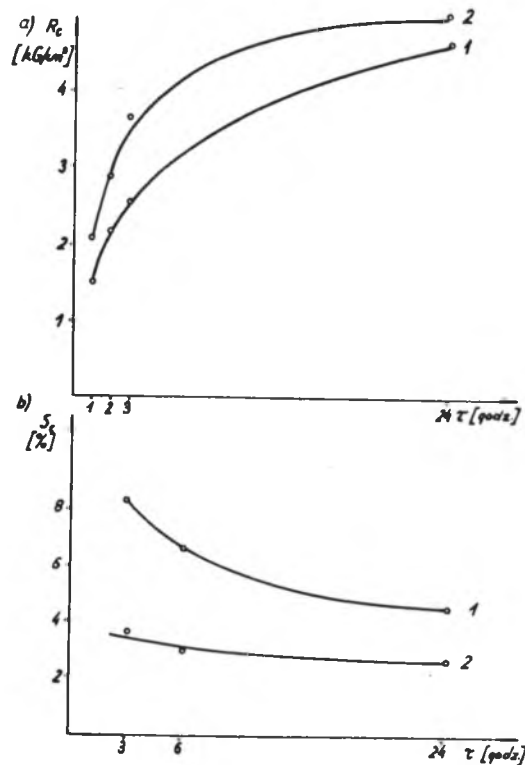


Rys. 7. Wpływ udziału cementu glinowego "Górkal 60" w spoiwie na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 8% spoiwa (cementu), mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", w/c = 0,95 (% cięż.)

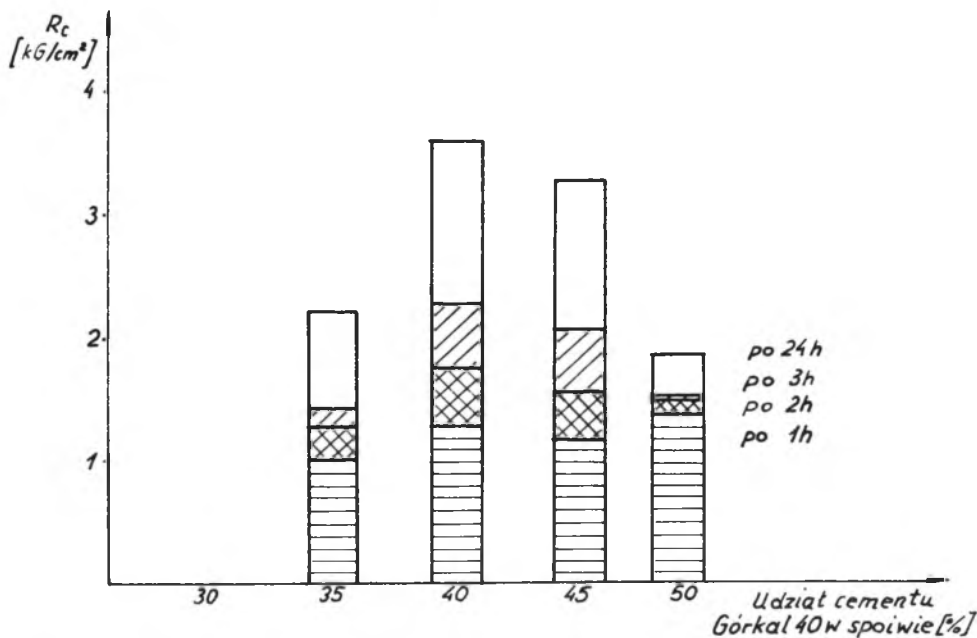
ni udziału tego cementu wytrzymałość masy zwiększa się nieznacznie. Biorąc to pod uwagę oraz cenę cementu, zwiększanie jego udziału w spoiwie do 30% jest niecelowe. Ciekłe masy cementowe z cementem "Górkal 60" są mniej "wrażliwe" na ilość wprowadzanej wody, niż masy z cementem "Górkal 70". Przy zmniejszeniu w/c z 0,95 do 0,6 następuje tylko nieznaczny spadek wytrzymałości mas z cementem "Górkal 60". W niewielkim również stopniu zwiększa się ścieralność. Na rysunkach 8 i 9 porównano wytrzymałość na ściskanie i ścieralność ciekłych mas cementowych z cementami "Górkal 70" i "Górkal 60" przy stosunku wodno-cementowym 0,95 i 0,6. Na rysunku 10 zilustrowano wpływ udziału cementu "Górkal 40" na wytrzymałość na ściskanie



Rys. 8. Wpływ czasu wiązania na wytrzymałość na ściskanie (a) i ścieralność (b) masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu glinowego, mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", w/c = 0,95 (% cięż.): 1 - cement "Górkal 70", 2 - cement "Górkal 60"



Rys. 9. Wpływ czasu wiązania na wytrzymałość na ściskanie (a) i ścieralność (b) masy: 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu glinowego, mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", w/c = 0,6 (% cięż.): 1 - cement "Górkal 70", 2 - cement "Górkal 60"



Rys. 10. Wpływ udziału cementu glinowego "Górkał 40" w spoiwie na wytrzymałość na ściskanie masy: 92% piasku kw., 8% spoiwa (cementu), mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,333% "C" + 0,066% "A", w/c = 0,6 (% cięż.).

Tablica 2

Wpływ detergentów na ciekłość, przepuszczalność i czas utwardzania masy: 92% piasku kwarcowego, 6% cementu portlandzkiego, 2% cementu glinowego, w/c = 0,95 (% cięż.).

Ilość i rodzaj detergentów	Ciekłość [cm]	P ^{24h} [$\frac{\text{cm}^4}{\text{g}\cdot\text{min}}$]	Czas utwardz. [min.]	
			P	K
1,0% "C"	17,5	165	90	150
0,133% "D"	20,5	185	15	60
0,066% "D" + 0,5% "C"	20,5	215	15	50

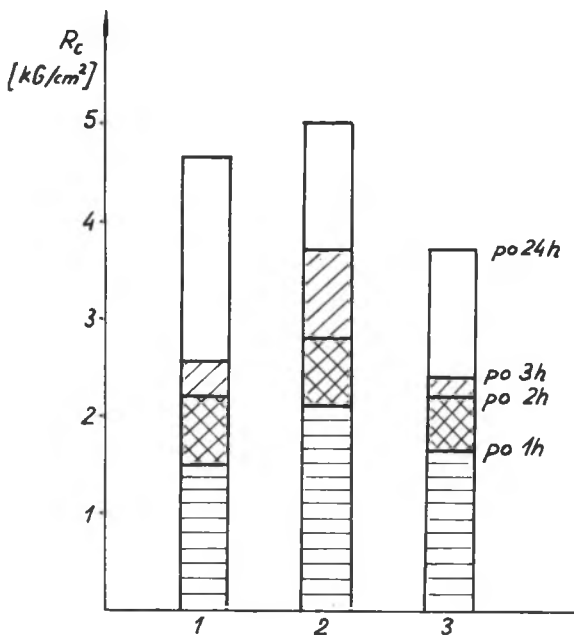
ciekłych mas cementowych. Optymalny udział tego cementu w spoiwie wynosi 40%. W tablicy 3 i na rysunku 11 porównano własności ciekłych mas cementowych z cementami "Górkał 70", "Górkał 60" i "Górkał 40".

Próby przemysłowe zastosowania ciekłych mas cementowych do wytwarzania odlewów stalowych przeprowadzono w "Hucie Zygmunt". Ciekłą masę cementową sporządzano na agregacie jednowałowym. Skład masy (w przybliżeniu): 92% piasku kw., 6% cementu portl. 350, 2% cementu gl. "Górkał 70", mieszanina

Tablica 3

Wpływ cementów glinowych na własności mas
o zawartości 8% spoiwa i w/c = 0,6

		Górkał 70	Górkał 60	Górkał 40
Skład masy [% cięż.]		92% piasku kw., 6% cem. portl. 350 2% cem. gl., miesz. deterg. 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A"	92% piasku kw. 6% cem.port.,350, 2% cem.gl., miesz. deterg. 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A"	92% piasku kw., 4,8% cem.portl. 350, 3,2% cem.gl. miesz.deterg. 0,033% "D" + + 0,25% "C" + + 0,066% "A"
Ciekłość [cm]		16	17	16
p _{24h} $\left[\frac{\text{cm}^4}{\text{G.min}} \right]$		190	160	200
Czas utw. [min.]	P	10	15	10
	K	40	30	20



Rys. 11. Wpływ cementów glinowych na wytrzymałość na ściskanie mas: 92% piasku kw., 8% spoiwa, w/c = 0,6 (% cięż.): 1 - 2% cementu gl. "Górkał 70", mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", 2 - 2% cementu gl. "Górkał 60", mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", 3 - 3,2% cementu gl. "Górkał 40", mieszanina detergentów 0,033% "D" + 0,25% "C" + 0,066% "A"

detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A", w/o ~ 0,7 (% cięż.). Własności mas zawierały się w szerokich granicach i wynosiły: $R_C^{1h} = 1,2 - 2,7$ kG/cm², $R_C^{3h} = 2,1 - 4,9$ kG/cm², $R_C^{24h} = 5,2 - 7,8$ kG/cm², $P^{24h} = 270 - 330$ cm⁴/G.min. Oprzyrządowanie modelowe oddzielano od formy po upływie 35-45 minut od jej wykonania. Nie stosowano oddzielaczy. Wnękę formy pokrywano dwukrotnie pokryciem ognioodpornym. Formy składano po upływie 24 godzin. Po tym okresie przetrzymania wilgotność masy w formie kształtowała się następująco: w warstwie powierzchniowej (0-3 cm od powierzchni podziału formy) od 1,8 do 2,5%, w głębi formy (5-10 cm) od 3,0 do 5,0%. Formy zalewano ciekłym metalem po 1-1,5 doby od chwili ich wykonania. w trakcie prób przemysłowych wykonano również kilka form stosując piasek regenerowany jako osnowę. Powierzchnia odlanych do tych form odlewów była czysta, bez przypałów, nie odbiegała od powierzchni odlewów wytworzonych w formach z piaskiem świeżym jako osnową.

3. Wnioski

Rodzaj i ilość stosowanych detergentów wpływa na własności ciekłych mas cementowych. Najkorzystniejsze wyniki uzyskuje się spieniając masy mieszanałą detergentów 0,033% "D" + 0,5% "C" + 0,066% "A".

Poprzez zmianę udziału cementu glinowego w spoiwie w szerokim zakresie można regulować czas utwardzania i wytrzymałość masy. Optymalny udział cementu "Górkal 70" i "Górkal 60" w spoiwie wynosi 25%, a cementu "Górkal 40" 40%.

Obniżenie dodatku wody powoduje zmniejszenie własności wytrzymałościowych i wzrost ścieralności ciekłych mas cementowych. Przy ilości spoiwa 8% nie jest wskazane obniżanie stosunku wodno-cementowego poniżej 0,6.

Ciekłe masy cementowe nie przywierają do oprzyrządowania modelowego, przez co nie zachodzi potrzeba stosowania oddzielaczy.

Ciekłe masy cementowe można sporządzać z piasku regenerowanego przy 100% jego udziale. Powoduje to obniżenie kosztów wytwarzania masy i lepsza rytmiczność pracy odlewni.

LITERATURA

1. Sano S., Kinoshita K.: Przegląd Odlewnictwa, 10, 1968, 344.
2. Chatterjee S., Granitzki K., Pieper H.: 34 - Międzynarodnyj Kongress Litiejszczikow, Maszynostrojenije, Moskwa 1971.
3. Cola G., Sarti S.: Przegląd Odlewnictwa, 11, 1973, 362.
4. Chudzikiewicz R., Gutkowski W.: Przegląd Odlewnictwa, 3, 1973, 81.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИНОЗЕМНОГО ЦЕМЕНТА В ВИДЕ АКТИВАТОРА
СВЯЗЫВАНИЯ ЖИДКИХ ЦЕМЕНТНЫХ МАСС

Р е з ю м е

В работе представлены результаты исследований по применению глиноземного цемента в качестве активатора процесса связывания жидких цементных масс. Полученные результаты и проведенные производственные испытания позволяют судить о возможности применения этой технологии в более широком масштабе.

THE USE OF ALUMINIOUS CEMENT AS ACTIVATOR OF THE PROCESS
OF SETTING THE LIQUID CEMENT MASSES

S u m m a r y

Investigation results have been presented on the use of aluminious cements as activators of the process of CMC setting. The results obtained and the conducted industrial trials permit to consider the possibility of using this technology on a larger scale.