

Tadeusz Hop, Zenon Miodyński

BADANIA ZAPRAW FENOLOWYCH PRZEWIDZIANYCH DO POSADZEK

Streszczenie. Przedstawiono receptury, zasady wytwarzania i właściwości zapraw fenolowych. Opisano zastosowanie tych zapraw w posadzce prototypowej, podano zalety i wady posadzek fenolowych oraz naszkicowano kierunki ich doskonalenia.

1. Cel i program badań

Celem badań było ustalenie zasad technologii wytwarzania i określenie podstawowych właściwości zapraw posadzkowych ze spoiwem fenolowo-formaldehydowym i wypełniaczami nieorganicznymi.

W programie pracy przewidziano:

- 1) ustalenie zasad doboru surowców wyjściowych;
- 2) opracowanie metodyki badań;
- 3) opracowanie technologii wytwarzania mas fenolowych z uwzględnieniem wpływu na ich wytrzymałość następujących czynników: a) rodzaju żywicy i wypełniacza, b) zawartości żywicy, utwardzacza i rozpuszczalnika, c) wilgotności wypełniacza, d) sposobu zagęszczania, e) obróbki cieplnej;
- 4) określenie dla nie utwardzonej masy fenolowej: a) ciężaru objętościowego, b) czasu żelowania i utwardzania oraz czasu użytkowania masy, c) skurczu;
- 5) określenie następujących cech stwardniałej zaprawy fenolowej: a) ciężaru objętościowego, b) wytrzymałości na ściskanie, zginanie i rozciąganie, c) modułu odkształcalności przy ściskaniu i zginaniu, d) uderności, ścieralności, współczynnika tarcia i twardości, e) przyczepności do podłoża, f) współczynnika liniowej rozszerzalności cieplnej i przewodności cieplnej oraz stopnia odporności na działanie ognia, g) nasiąkliwości wodą, h) chemoodporności;
- 6) opracowanie wytycznych wykonywania posadzek przemysłowych w oparciu o badania w skali laboratoryjnej i na poligonach doświadczalnych.

2. Zasady wytwarzania zapraw fenolowych

2.1. Dobór jakościowy składników

Jeśli przyjmie się za kryterium doboru spoiwa niezbędną wytrzymałość i urabialność zaprawy oraz założy wyłącznie chemiczne utwardzanie masy posadzkowej, to spośród krajowych żywic fenolowo-formaldehydowych wchodzi w rachubę jedynie dwie, a mianowicie AG i F-110. Opierając się na doświadczeniach w zakresie kitów chemoodpornych [1] i badaniach wstępnych [2] wybrano jako spoiwo do zapraw posadzkowych żywicę F-110. Kryterium odporności chemicznej nie miało przy tym istotnego znaczenia, gdyż obie wymienione żywice zachowują się podobnie w określonych środowiskach.

Do fenolowych mas posadzkowych trzeba dobierać wypełniacze odporne na działanie kwaśnego środowiska, odporne na ścieranie, dobrze zwilżalne przez żywicę, dostępne i możliwie tanie. Za najbardziej odpowiednie wypełniacze do zapraw fenolowych można uznać mączkę koksową, grafit, andezyt, mączkę kwarcową i piasek. Podstawą doboru uziarnienia wypełniacza winien być warunek maksymalnej szczelności stosu okruszowego, przy spełnieniu którego uzyskuje się zaprawę o najlepszych walorach użytkowych i najmniejszym zużyciu żywicy. W zaprawach doświadczalnych wypełniaczem był piasek 0-2 mm. Jako mikrowypełniacze służyły mączka koksowa i kwarcowa.

Do utwardzania mas fenolowych stosowano roztwór kwasu benzeno-sulfonowego typu AG.

W celu obniżenia lepkości żywicy i polepszenia urabialności zaprawy fenolowej wprowadzano dodatek alkoholu benzylowego, zgodnie z uprzednio przeprowadzonymi badaniami rozpoznawczymi.

Surowce używane do wytwarzania zapraw próbnych zestawiono w tablicy 1.

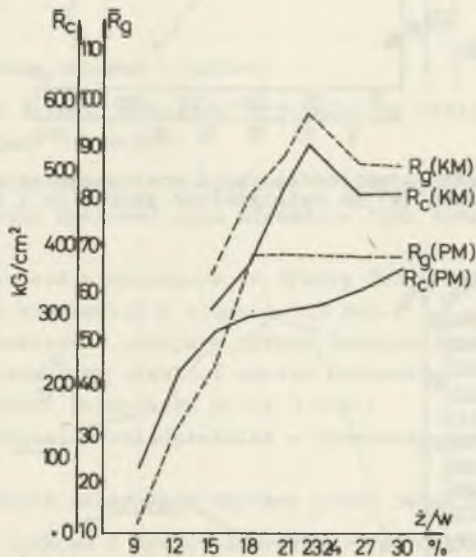
Tablica 1

Surowce dla zapraw fenolowych

Lp.	Nazwa surowca	Normy, producent
1	Żywica fenolowo-formaldehydowa F-110, lepkość 160 - 250 sekund, czas żelowania do 200 sekund w 150°C	BN-65/6311-05 oznaczenie lepkości wg PN-66/C-81541, oznaczenie czasu żelowania wg BN-70/6311-01 Zakłady Chemiczne "Gamrat" - Jasło
2	Utwardzacz typu AG (roztwór kwasu benzenosulfonowego)	ZN-57/MPChem/09-219 Zakłady Chemiczne "Pustków"
3	Alkohol benzylowy (techniczny)	BN-63/C-06203 Chemiczna Spółdzielnia Pracy "Benzyl" Skarżysko-Kamienna
4	Mączka koksowa z aktywatorem	BN-65/6311-05 Zakłady Elektrod Węglowych - Racibórz
5	Piasek 0-2 mm płukany i suszony, wilgotność $\leq 0,6\%$	Graniczne krzywe przesiewu wg PN-63/B-6250 i PN-59/B-06711

2.2. Dobór ilościowy składników

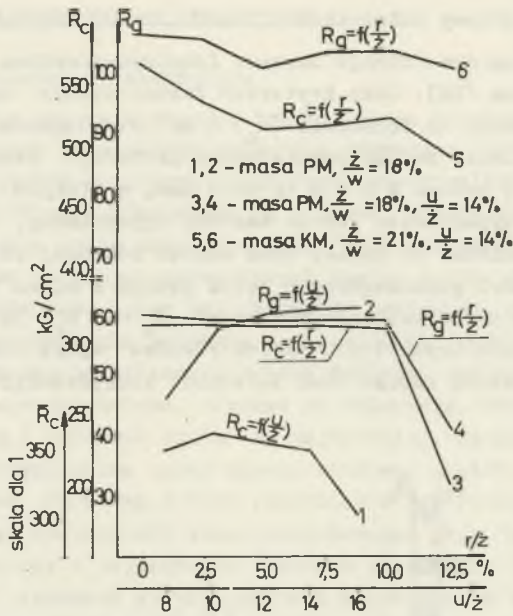
Poddano badaniom dwa rodzaje zapraw: fenolowo-piaskową (PM) i fenolowo-piaskowo-koksową (KM). Jako kryterium doboru składu zapraw próbnych przyjęto wytrzymałość na ściskanie (R_c) i na rozciąganie przy zginaniu (R_g). W celu ustalenia najkorzystniejszych proporcji między składnikami przygotowano serie próbek $4 \times 4 \times 16$ cm z mas, w których zmieniano stosunki: żywicy do wypełniacza lub do zestawu wypełniaczy, utwardzacza do żywicy, rozcieńczalnika do żywicy oraz mączki koksowej do piasku. Po określeniu wytrzymałości poszczególnych serii próbek w wieku 14 dni stało się możliwe wykreślić przedstawienie wielkości R_c i R_g jako funkcji wymienionych stosunków (rys. 1-3). Badano również wpływ wilgotności wypełniacza na wytrzymałość zapraw oraz zależność konsystencji mas fenolowych od ich składu.



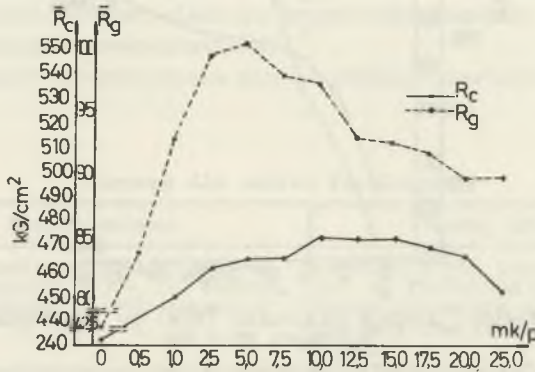
Rys. 1. Wpływ stosunku żywicy do piasku (z/w) na wytrzymałość zapraw fenolowych PM i KM

Z badań wytrzymałościowych wynikają takie m.in. wnioski:

- zaprawy fenolowe z dodatkiem mikrowypełniacza charakteryzują się lepszą wytrzymałością niż zaprawy fenolowo-piaskowe,
- optymalny stosunek mikrowypełniacza do piasku wynosi 10%,
- można osiągnąć wystarczającą wytrzymałość mas posadzkowych przy zawartości żywicy nie przekraczającej 21% w przypadku zaprawy fenolowo-piaskowej i 23% w przypadku zaprawy fenolowo-piaskowo-koksowej,



Rys. 2. Wpływ stosunku utwardzacza (u) i rozpuszczalnika (r) do żywicy fenolowej (ż) na wytrzymałość zapraw PM i KM



Rys. 3. Wpływ stosunku mączki koksowej (mk) do piasku (p) na wytrzymałość zaprawy fenolowej KM

- najbardziej korzystny stosunek utwardzacza do żywicy wynosi 14% (w przypadku zaprawy typu KM należy zmniejszyć dawkę utwardzacza o jego ilość zawartą w mączce koksowej),
- optymalny stosunek rozcieńczalnika do żywicy wynosi 10%,
- ze wzrostem wilgotności wypełniacza spada wytrzymałość zapraw fenolowych,
- redukcję wilgotności wypełniacza do dopuszczalnego poziomu 0,5% można uzyskać przez suszenie na wolnym powietrzu.

Względniając zależności między parametrami technologicznymi i wytrzymałością, wytypowano zaprawy do następnego etapu badań, których receptury zostały podane w tablicy 2. Dla tych zapraw określano po 14 i 28 dobach twardnienia następujące cechy: wytrzymałość R_c i R_s , udarność (U) i ścieralność (S) (tabl. 3). Za najbardziej przydatną do posadzek uznano zaprawę fenolowo-piaskowo-koksową KM-6, którą postanowiono poddać badaniom szczegółowym.

2.3. Przygotowanie zaprawy i próbek

Przygotowywanie zaprawy fenolowej typu KM-6 na skalę półtechniczną obejmowało następujące czynności:

- wprowadzenie do betoniarki 135-litrowej z uchylnym mieszadłem łopatkowym piasku i mączki koksowej oraz mieszanie tych składników w ciągu 2-5 min.;
- wprowadzenie porcjami utwardzacza do żywicy fenolowej F-110 z równoczesnym energicznym mieszaniem w ciągu 1-1,5 min.;
- bezwzględne wprowadzenie porcjami żywicy fenolowej z utwardzaczem do będącej w ruchu mieszanki piasku i mączki koksowej;
- mieszanie zawartości betoniarki przez 3 min.;
- wprowadzenie porcjami rozcieńczalnika - zraszanie nim masy będącej w ruchu;
- mieszanie wszystkich składników zaprawy przez jedną minutę.

Piasek, mączkę koksową i żywicę dozowano za pomocą wagi uchylnej technicznej (50 kg) z dokładnością ± 20 g a utwardzacz i rozcieńczalnik za pomocą wagi laboratoryjnej (5 kg) z dokładnością ± 1 g. Zaprawę przygotowywano w temperaturze 23°C, przy wilgotności względnej powietrza 40%. Jednorazowa partia masy fenolowej ważyła 30-100 kg.

Przy ścisłym odważaniu składników i przestrzeganiu ustalonej kolejności dozowania oraz czasokresów mieszania nie napotkano na żadne trudności technologiczne podczas przygotowywania poszczególnych partii zaprawy próbnej.

Próbki przygotowywano w formach stalowych lub tekstolitowych, które smarowano białą pastą podłogową. Początkowo próbki były wibrowane. Później stosowano zagęszczanie ręczne, aby zbliżyć sposób wykonywania próbek do

Tablica 2

Skiądy zapraw fenolowo-piaskowych (PM) i fenolowo-piaskowo-koksowych (KM) użytych do badań w skali laboratoryjnej

Szkładnia zaprawy	Procentowa zawartość składników w zaprawach											
	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5	KM-2	KM-3	KM-4	KM-5	KM-6	KM-7	
Piasek 0-2 mm	100					100						
Mączka koksowa z aktywatorem	-					5	10					
Żywica fenolowa P-110	18	21		23		21					23	23 ¹⁾
Utwardzacz AG	2,52	2,94		3,22		2,94 - a _m ²⁾					3,22 - a _m ²⁾	
Alkohol benzylowy	-	1,8	-	2,1	2,3	-	-	1,05	2,1	2,3	-	

1) W stosunku do sumy zawartości piasku i mączki koksowej.

2) Z potrąceniem aktywatora zawartego w mączce koksowej (a_m).

Tablica 3

Zestawienie wyników badań utwardzonych zapraw fenolowych otrzymanych w warunkach laboratoryjnych

Rodzaj masy	Próbki 14-dniowe					Próbki 28-dniowe						
	\bar{R}_c	\bar{R}_g	\bar{U}	\bar{S}	\bar{R}_c	\bar{R}_g	\bar{U}	\bar{S}	\bar{R}_c	\bar{R}_g	\bar{U}	\bar{S}
	kg/cm ²		kg/cm ²	cm	kg/cm ²		kg/cm ²	cm	kg/cm ²		kg/cm ²	cm
PM - 1	243	61	0,9	0,127	275	70	1,6	0,164				
PM - 2	183	66	0,9	0,120	279	69	2,1	0,159				
PM - 3	230	66	0,8	0,119	370	81	2,2	0,145				
PM - 4	245	65	0,9	0,119	315	81	2,1	0,182				
PM - 5	275	61	0,9	0,153	330	85	1,9	0,185				
KM - 2	222	86	1,3	0,121	285	81	1,6	0,165				
KM - 3	312	84	1,4	0,091	412	89	1,6	0,129				
KM - 4	345	81	1,4	0,092	440	96	1,6	0,129				
KM - 5	459	85	1,4	0,090	529	91	1,7	0,133				
KM - 6	520	95	1,7	0,090	525	109	1,8	0,131				
KM - 7	499	82	1,9	0,119	556	101	1,8	0,159				

wykonawstwa posadzek. Po określeniu cech zaprawy okazało się, że w nikłym stopniu są one zależne od sposobu jej zagęszczania.

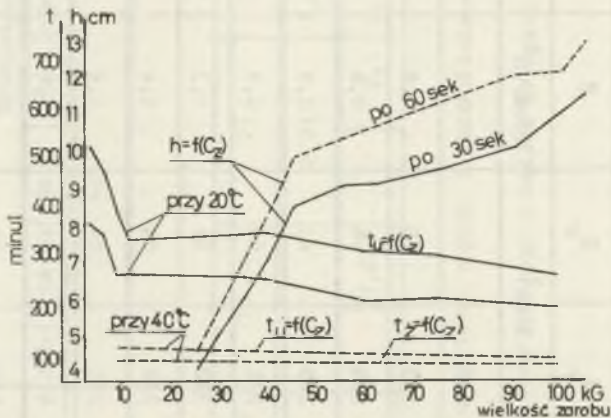
Rozformowanie próbek odbywało się w następnym dniu po wykonaniu. Dojrzewały one w pomieszczeniach laboratoryjnych (środowisko suchopowietrzne), gdzie rejestrowano w sposób ciągły temperaturę i wilgotność. Przed niektórymi badaniami próbki były dodatkowo przechowywane w pomieszczeniu o klimacie normalnym wg normy PN-C-89032 (temperatura 20°C, wilgotność względna 65%).

3. Właściwości nie utwardzonej masy fenolowej

3.1. Konsystencja, urabialność, czas życia i ciężar objętościowy

Masa KM-6 miała konsystencję gęstoplastyczną, co stwierdzano przez pomiar zagłębienia (h) stożka metalowego. Z obserwacji wynika, że ze wzrostem objętości wykonywanej jednorazowo partii masy, konsystencja polepsza się (rys. 4).

Urabialność masy KM-6 również polepsza się w miarę wzrostu objętości wykonywanej masy, przy czym masa ta zachowuje zdolność do łatwego formowania gładkich powierzchni nawet w cienkich warstwach i wykazuje nieznaczną przyczepność do naczyń i sprzętu.



Rys. 4. Zależność konsystencji (h), czasu żelowania (t_z) i czasu utwardzania (t_u) od wielkości zarobu (C_z) masy fenolowej KM-6

Czas życia masy o objętości ok. 50 l wynosi w temperaturze do 20°C ok. 2,5-3 godzin. Po tym okresie urabialność masy znacznie się pogarsza, co jest powodowane odparowywaniem rozpuszczalnika i rozpoczęciem żelowania.

Dla masy KM-6 ustalono następujące wartości ciężaru objętościowego: nakładana luźno - 1,917 G/cm³, ubijana - 1,923 G/cm³, wibrowana przez 60 sek. -

- 1,934 G/cm³. Przedłużenie czasu wibrowania nawet do 10 min. nie wywarło wyraźniejszego wpływu na ciężar objętościowy zaprawy. Po takim zagęszczeniu wynosił on 1,943 G/cm³.

3.2. Czas żelowania i utwardzania

Czas żelowania i utwardzania oznaczano aparatem Vicata, zgodnie z PN-63/B-04300. Badania prowadzono w temperaturze $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$, uzyskując wyniki przedstawione na rys. 4.

Czas żelowania i utwardzania w temperaturze 20°C maleje ze wzrostem wielkości zarobu. Stwierdzono, że w przypadku partii masy ważącej 100 kg czas żelowania wynosi 195 min. a utwardzania 260 min. Masa o ciężarze 10 kg żelowała po 275 minutach, a utwardzała się po 385 minutach. Czas żelowania i utwardzania maleje wydatnie ze wzrostem temperatury. W temperaturze $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ wynosił on dla partii o ciężarze 100 kg odpowiednio 60 i 95 min. Z chwilą rozpoczęcia żelowania następuje pogorszenie urabialności a uzyskanie gładkich, cienkich warstw posadzkowych staje się trudniejsze i bardziej pracochłonne. Czas żelowania można wydłużyć za pomocą 5-procentowego dodatku żywicy fenolowo-formaldehydowej typu WR-40 lub WR-60.

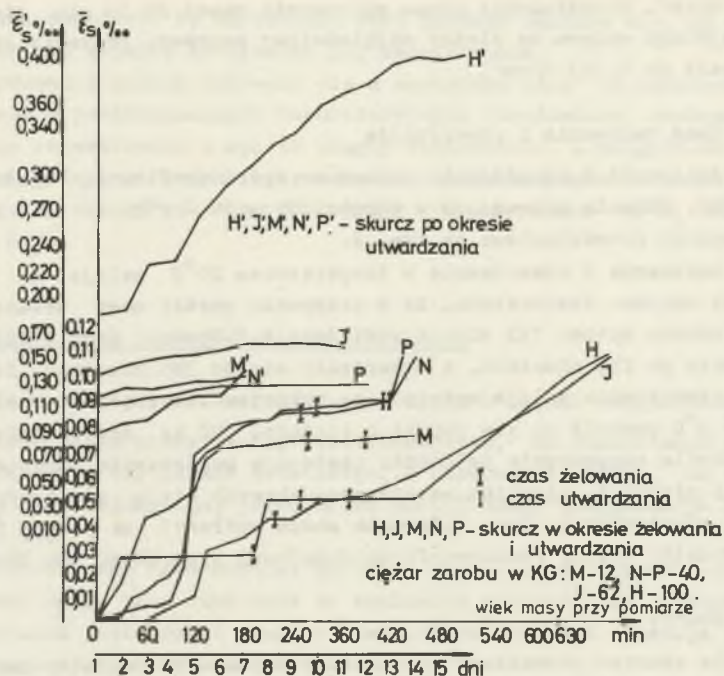
3.3. Skurcz

Badania skurczu prowadzono od momentu uformowania warstwy masy w aparacie, w okresie żelowania, utwardzania i po utwardzeniu przez następnych 168 godzin a nawet dłużej. Mierzono skurcz próbek 500 x 50 x 20 mm umieszczonych w specjalnym aparacie wykonanym przez Instytut Techniki Budowlanej, uzyskując wyniki przedstawione na rys. 5. Na podstawie badań można stwierdzić, że skurcz masy nie utwardzonej zwiększa się ze wzrostem objętości zarobu. Dla masy pochodzącej z zarobu o objętości 40 kg skurcz po upływie doby nie przekraczał 0,130‰. W przypadku masy z zarobu o objętości 100 kg skurcz wyniósł po tym samym czasie 0,170‰.

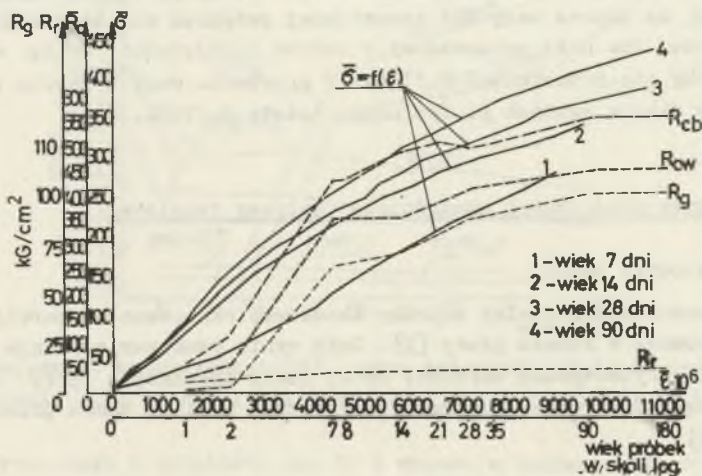
4. Podstawowe właściwości stwardniałej zaprawy fenolowej

4.1. Metodyka badań

Właściwości stwardniałej zaprawy fenolowej oznaczano w oparciu o metodykę opracowaną w ramach pracy [2]. Jako wynik oznaczenia podaje się tutaj średnią arytmetyczną wartości danej cechy uzyskanych przy użyciu co najmniej sześciu próbek. Analizę statystyczną wyników badań przedstawiono w pracy [2].



Rys. 5. Skurcz liniowy masy fenolowej KM-6 w okresie żelowania i utwardzania oraz po okresie utwardzania



Rys. 6. Zmiany wytrzymałości R_c , R_g i R_r w czasie oraz zależności $\bar{\sigma} - \bar{\epsilon}$ przy ścisnieniu dla masy KM-6

4.2. Ciężar objętościowy

Cechę tę określano według PN-66/B-04100 metodą bezpośrednią i hydrostatyczną przy użyciu beleczek 4 x 4 x 16 cm i walców 8/8 o różnym wieku. Ważenie próbek odbywało się z dokładnością do 0,1 g a mierzenie z dokładnością do 0,1 mm. Z dokładnych określeń wynika, że ciężar objętościowy maleje z wiekiem próbek. Metoda bezpośrednia zastosowana do próbek walcowych dała niższe wartości ciężaru objętościowego niż metoda hydrostatyczna.

4.3. Wytrzymałość na ściskanie, zginanie i rozciąganie

Wytrzymałość na ściskanie (R_c) określano przez zgniatanie półbeleczek 4 x 4 x 16 cm (R_{cb}) i walców 8/8 (R_{cw}) zgodnie z normą PN-68/C-89031, uwzględniając przy tym wpływ wieku próbek (rys. 6).

Wytrzymałość na zginanie określano przez łamanie beleczek 4 x 4 x 16 cm siłą skupioną przykładaną w środku rozpiętości próbek liczącej 10 cm. Uwzględniano przy tym również wpływ wieku próbek (rys. 6).

W celu określenia wytrzymałości na rozciąganie (R_r) rozłupywano próbki walcowe 8/8, przykładając do nich obciążenie rozłożone wzdłuż tworzącej. Przy określaniu wytrzymałości R_r uwzględniano wpływ wieku próbek (rys. 6).

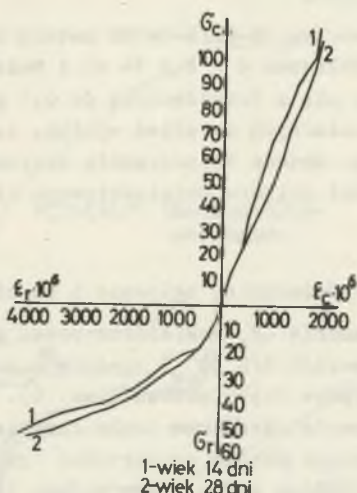
Jak wykazały badania, wytrzymałość R_c , R_g i R_r zaprawy KM-6 rośnie z wiekiem. Po 7 dniach zaprawa ta osiągała około 75% wytrzymałości R_{c28} i prawie 100% wytrzymałości R_{r28} .

4.4. Moduł odkształcalności przy ściskaniu i zginaniu

Badania modułu odkształcalności przy ściskaniu (E_c) przeprowadzano na słupkach 4 x 4 x 16 cm o różnym wieku, poprzez pomiar odkształceń podłużnych przy określonych naprężeniach. Odkształcenia te mierzono w połowie wysokości próbki tensometrami oporowymi typu RL 250/20, umieszczonymi na dwóch przeciwległych ściankach. Wyniki pomiarów w postaci krzywych $\varepsilon - \sigma$ przedstawiono na rys. 6. Dla próbek w wieku 7, 14, 28, 90 i 180 dni uzyskano odpowiednio następujące wartości współczynnika E_c (w kg/cm^2): 44 200, 52 700, 58 200, 64 800, 64 000.

Moduł odkształcalności przy zginaniu (E_g) badano na próbkach 4x4x24 cm o zróżnicowanym wieku, pod obciążeniem doraźnym doprowadzającym do połowy obciążenia niszczącego. Mierzono odkształcenia ε_c skrajnych włókien ścisanych i odkształcenia ε_r skrajnych włókien rozciąganych (rys. 7). Próbki w wieku 14 dni wykazały $E_{cg} = 51\,200 \text{ kg/cm}^2$ i $E_{rg} = 17000 \text{ kg/cm}^2$. Po 28 dniach ustalono natomiast $E_{cg} = 44\,520 \text{ kg/cm}^2$ i $E_{rg} = 20700 \text{ kg/cm}^2$.

Na podstawie pomiarów odkształceń i odpowiednich obliczeń można stwierdzić, że moduł odkształcalności E_c rośnie z wiekiem próbek. Wykres $\varepsilon - \sigma$ jest krzywoliniowy. W przedziale naprężeń od 0 do 0,3 R_c można aproksymować tę zależność linią prostą.



Rys. 7. Zależność naprężenia od odkształcenia dla beleczek z masy KM-6

Ze wzrostem obciążenia beleczki z zaprawy KM-6 maleje wysokość strefy ściskanej. W chwili zniszczenia wysokość ta wynosiła od 0,3 h do 0,36 h. Stosunek modułów odkształcalności włókien ściskanych (E_{CG}) i rozciąganych (E_{rG}) zmienia się od 1 (na początku obciążenia beleczki) do 5 (w chwili zniszczenia). Zależność $\varepsilon - G$ dla włókien rozciąganych jest krzywoliniowa w całym przedziale od 0 do R_r .

Wytrzymałość zaprawy fenolowej KM-6 na rozciąganie przy zginaniu można obliczyć za pomocą wzoru

$$R_g = \frac{3 M_n}{bh^2(1 - \eta^2)}$$

gdzie:

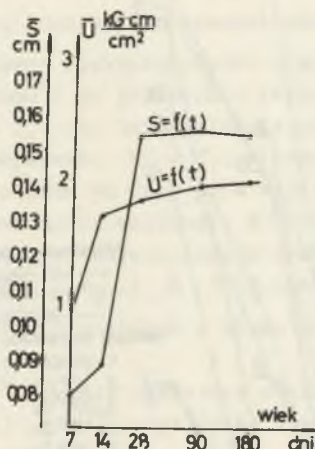
$$\eta = \frac{x}{h} = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_r}$$

jest minimalną wartością stosunku wysokości strefy ściskanej do wysokości beleczki.

4.5. Udarność i ścieralność

Badania udarowości prowadzono na próbkach 120 x 15 x 10 mm o różnym wieku wg normy PN-61/C-89029. Posługiwano się młotem Charpy'ego o zakresie 10 kGcm z dokładnością odczytu 0,1 kGcm. Rozstaw podpór próbki wynosił 70 mm.

Do określenia ścieralności służyły próbki kostkowe o krawędzi $7,1 \pm 0,1$ cm. Ścieranie próbek o różnym wieku odbywało się na tarczy Boehmego. Próbki ważono z dokładnością do 0,1 g i mierzono z dokładnością do 0,01 cm.



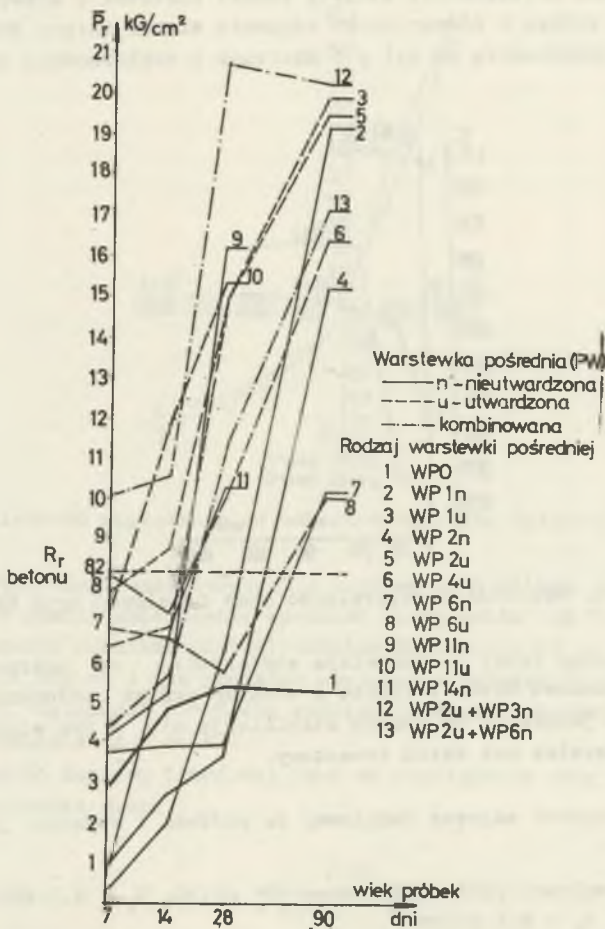
Rys. 8. Udarność i ścieralność masy fenolowej typu KM-6

Uzyskane wyniki (rys. 8) pozwalają stwierdzić, że udarność zaprawy KM-6 jest stosunkowo niska i rośnie z wiekiem próbek podobnie jak ścieralność, która jednak po 28 dobach stabilizuje się. W tym wieku masa KM-6 jest mniej ścieralna niż beton cementowy.

4.6. Przyczepność zaprawy fenolowej do podłoża i sposoby jej podwyższenia

Do badania wybrano podłoża betonowe ($R_c = 130$, $R_r = 8,2 \text{ kg/cm}^2$) i asfaltobetonowe $R_r = 2,5 \text{ kg/cm}^2$.

Nakładanie próbek zaprawy w postaci krążków $\varnothing 50 \text{ mm}$ [2] poprzedzało z reguły wykonywanie warstwy pośredniej (gruntującej), mającej chronić podłoże przed działaniem kwaśnego utwardzacza i wzmacniać zespolenie krążków z podłożem. W oparciu o informacje na temat kitów chemoodpornych [1] i własne badania rozpoznawcze zastosowano doświadczalnie kilkanaście rodzajów warstw pośrednich, w tym: epoksydowo-fenolową (WP1), epoksydową (WP2), fenolową (WP3), poliestrową (WP4), smoło-epoksydową (WP6), epoksydowo-piaskową (WP11), poliestrową z acetonem WP14 - 30% żywicy "Polimal 162", 60% acetonu, epoksydową i fenolową (WP2+WP3) oraz epoksydową i smoło-epoksydową (WP2+WP6). Krążki z zaprawy nakładano przed utwardzeniem się warstwy pośredniej (WPn) lub po utwardzeniu tej warstwy (WPU). Przy stosowaniu podwójnej warstwy pośredniej (WPU+WPn) doprowadzano do utwardzenia przed nałożeniem krążków tylko jej część spodnią. Krążki były nakładane na podłoże również bez warstwy pośredniej, (czemu na rys. 9 odpowiada symbol WPO).



Rys. 9. Przyczepność masy fenolowej KM-6 do podłoża betonowego

Odrywanie krążków od podłoża odbywało się za pomocą urządzenia przeznaczonego do badania przyczepności tynków [2]. Wyniki badań przedstawione na rys. 9 pozwalają stwierdzić, że najlepiej spełniały swe zadanie warstwy pośrednie WP2u + WP3n, WP1u, WP2u, WP2u + WP6n, WP4u, WP11n, WP11u, które pozwalały osiągnąć zaprawie 28-dobowej przyczepność nie mniejszą niż 10 kg/cm^2 . Oderwanie krążków od podłoża w przypadku stosowania takich warstw pośrednich było możliwe dopiero po pokonaniu kohezji betonu. Korzystniejsze okazało się nakładanie zaprawy fenolowej na utwardzoną warstwę pośrednią. Zaprawa ułożona bezpośrednio na betonie wykazała przyczepność znacznie niższą od jego wytrzymałości na rozciąganie (rys. 9, krzywa 1).

Dla podłoża asfaltobetonowego odpowiednimi okazały się warstwy pośrednie WP1u, WP2u oraz WP2u + WP3n. Warstwy te zapewniały przyczepność zblizoną do tej, jaką uzyskano przy ich stosowaniu na podłożu betonowym.

4.7. Współczynniki liniowej rozszerzalności i przewodności cieplnej

Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej (α_T) określano w przedziale temperatur 20–80°C na próbkach o różnym wieku mających średnicę 12 mm i długość $65 \pm 0,1$ mm. Odkształcenia próbki, spowodowane jej ogrzewaniem w zakresie temperatur $T_2 - T_1$, mierzono według ASTM D696-44 i PN-70/C-89021, wykorzystując do tego celu dylatometr typ 4330 "Feutron".

Współczynnik przewodności cieplnej λ określano według DIN 52612 za pomocą aparatu Bocka, przy użyciu próbek 240 x 240 x 40 mm o różnym wieku.

Oznaczenie wielkości α_T i λ dało następujące wyniki:

- w zakresie 30 - 50°C, dla próbek w wieku $2 \leq t \leq 91$ współczynnik α_T rośnie wraz z temperaturą;
- w zakresie 40 - 80°C prawie wszystkie wyniki badań spełniały nierówność: $9 \cdot 10^{-6} < \alpha_T < 13 \cdot 10^{-6}$, gdyż tylko dla próbek tygodniowych współczynnik α_T był wyższy od $13 \cdot 10^{-6}$;
- przy temperaturze 40°C współczynnik α_T zaprawy fenolowej KM-6 wynosi około $11 \cdot 10^{-6}$;
- współczynnik przewodności cieplnej λ zaprawy KM-6 maleje z wiekiem próbek, osiągając po 90 dobach wartość 0,7 kcal/mh°C (jak cegła pełna);
- współczynnik λ zależy od wilgotności zaprawy, a ponieważ z wiekiem maleje jej wilgotność, więc powoduje to spadek współczynnika przewodności cieplnej.

4.8. Ognioodporność

Badania ognioodporności ograniczyły się do określenia stopnia palności metodą rury ogniowej [3]. Na podstawie tego testu można zaliczyć zaprawę KM-6 do grupy materiałów niepalnych. Straty ciężaru zaprawy podczas próby maleją z wiekiem zmieniając się od 1,52% dla próbek dobowych do 0,26% dla próbek 90-dobowych.

4.9. Nasiąkliwość wodą

Określono nasiąkliwość ciężarową (n_w) 14-dobowych beleczek 4 x 4 x 16 cm zgodnie z PN-65/B-30179 dotyczącą kitów fenolowo-formaldehydowych. Zmiany ciężaru próbek określano po 1, 14, 28, 90 i 180 dniach przebywania ich w wodzie destylowanej o temperaturze 20 ± 2 °C.

Okazało się, że nasiąkliwość próbek wzrasta w miarę wydłużania się czasu moczenia. Po 1, 14, 28 i 90 dobach moczenia nasiąkliwość n_w wynosiła odpowiednio 0,74, 1,14, 1,51 i 1,57%. Nasiąkliwość wzrasta stosunkowo szybko przez pierwsze dwa tygodnie ciągłego moczenia, między drugim i czwartym tygodniem przyrosty n_w są nieznaczne, a po 90 dobach mocze-

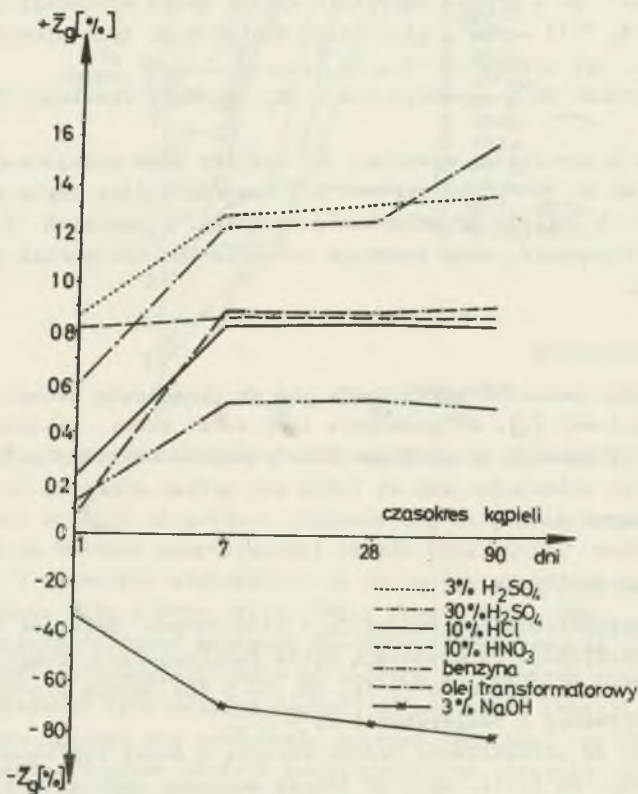
nie następuje stabilizacja nasiąkliwości. Moczenie przez dalsze 100 dni dało przyrost n_w , nie przekraczający 0,01%.

4.10. Chemoodporność

Oznaczano zmiany ciężaru (z_g) i wymiarów próbek 4 x 4 x 16 mm o różnym wieku, poddanych działaniu różnych mediów. Kierowano się przy tym wskazaniami PN-69/C-89067 i PN-65/B-30179, wprowadzając jednak następujące zmiany:

- trzymano próbki nie tylko w kwasach i ługach, lecz także w innych substancjach chemicznych,
- zmiany ciężaru określano dla próbek 14-dobowych po 1, 7, 14, 28, 90 dobach przechowywania w kąpeli agresywnej.

Objętość kąpeli agresywnych była stała. Określanie zmian ciężaru i wymiarów odbywało się z dokładnością 0,1 g i 0,1 mm.



Rys. 10. Zmiany ciężaru 14-dniowych próbek masy KM-6 pod długotrwałym wpływem kąpeli agresywnych

Badania chemoodporności, których wyniki przedstawiono częściowo na rysunku 10, dają podstawę do sformułowania takich m.in. wniosków:

- próbki przechowywane w roztworze ługu sodowego (3%) wykazują ubytki ciężaru przekraczające 70%, co wskazuje na całkowity brak ługoodporności u masy KM-6,
- próbki dwutygodniowe, poddane działaniu HCl, HNO₃ (10%), benzyny i oleju transformatorowego dłużej niż 168 godzin, wykazują po tym okresie stabilizację przyrostu ciężaru,
- próbki trzymane przez 168 godz. w roztworze H₂SO₄ (30%) i w roztworach HCl i HNO₃ (10%) wykazały zmiany ciężaru rosnące z czasem przebywania w kąpeli agresywnej.

Badania zmian szerokości i długości próbek pod wpływem kąpeli agresywnych dały wyniki o znacznym rozrzucie i wobec tego można jedynie stwierdzić, że z przedłużaniem się czasokresu działania mediów zwiększają się zmiany długości próbek. Wyjątek stanowiły próbki przebywające w oleju transformatorowym.

5. Sprawdzenie przydatności zapraw fenolowych do posadzek

Niektóre z badanych zapraw fenolowych zostały użyte do wykonania posadzki w pomieszczeniach akumulatorowni i warsztatu remontowego wózków akumulatorowych Kopalni Piasku Podszadzowego w Kotlarni. Posadzka ta, potraktowana jako poligon doświadczalny, miała powierzchnię około 100 m², a wypróbowano w niej zaprawy PM-3, KM-4, KM-5, KM-6 i KM-7 (tabl. 3). Zaprawą KM-7 wypełniano przerwy między poszczególnymi polami posadzki. Zróżnicowanie zapraw podyktowane było chęcią możliwie pełnego sprawdzenia (na niewielkiej powierzchni) zasad technologii ustalonych w laboratorium.

Zarówno zaprawa fenolowo-piaskowa PM-3 jak i zaprawy fenolowo-piaskowo-koksowe KM-4, KM-5, KM-6 spełniły wymagania technologiczne, tzn. zachowywały w dostatecznie długim okresie czasu niezbędną urabialność, dawały się nakładać na podkład w cienkich stosunkowo warstwach oraz umożliwiały należyte wykończenie powierzchni użytkowej. Najlepsze walory technologiczne i eksploatacyjne wykazała zaprawa KM-6. Wykonując ją w warunkach poligonowych stwierdzono u niej - zarówno przed utwardzeniem jak i po utwardzeniu - właściwości zbliżone do tych, jakie wykazywała w laboratorium. Do rozprowadzania zaprawy po podkładzie najlepiej służyły packi tekstolitowe. W celu należytego wyrównania posadzki i zapewnienia jej żądanej grubości stosowano odpowiednie listewki powleczone środkiem antyadhezyjnym. Wykonanie 1 m² posadzki przez dwóch pracowników trwało około godziny. Koszt 1 m² posadzki z zaprawy KM-6 o grubości 5 mm wynosił - przy cenach obowiązujących w roku 1973 - około 126,- zł. Do gruntowania podkładu pod taką posadzkę i do wypełniania pozostawionych w niej szczelin

przeciwskurczowych przewidziano odpowiednio kompozycję epoksydowo-fenolową (WP1) i masę KM-7 [2].

Dwuletni okres eksploatacji posadzka zniosła bez zauważalnych defektów.

6. Zalety i wady posadzek fenolowych

Do zalet posadzek fenolowych można zaliczyć: odporność na kwasy, oleje i benzynę, dużą stosunkowo wytrzymałość na ściskanie, małą nasiąkliwość, dobrą ognioodporność, dość dobrą odporność na ścieranie i umiarkowany koszt.

Jako wady tych posadzek trzeba wymienić: brak odporności na działanie ługów, małą odporność na zerzenia, konieczność stosowania warstwy pośredniej między zaprawą i podkładem betonowym, konieczność dzielenia posadzki szczelinami przeciwskurczowymi na stosunkowo małe pola (obok nie przekraczającym 2 m), czarny kolor.

7. Kierunki doskonalenia posadzek fenolowych

Lepsze cechy użytkowe posadzek fenolowych udałoby się prawdopodobnie osiągnąć poprzez:

- poprawę jakości spoiwa (np. za pomocą modyfikowania żywicy fenolowej innymi związkami wielkocząsteczkowymi w celu jej uelastycznienia),
- impregnowanie betonu tanim środkiem zapewniającym mu ochronę przed szkodliwym wpływem kwaśnego utwardzacza zaprawy,
- zastosowanie elastycznej warstwy pośredniej, zapewniającej posadzce stosunkowo dużą swobodę odkształcania się,
- stosowanie płyt produkowanych z zapraw fenolowych metodą prasowania z ewentualnym podgrzewaniem.

LITERATURA

- [1] Farbwerke "Hoechst" AG: Spezialerzeugnisse für den Säureschutzbau. Säurekitt "Hoechst" u. Asplit - Kitten. Zbiór katalogów, Frankfurt 1966.
- [2] Hop T., Miodyński Z.: Technologia wykonywania podłóg przemysłowych z zastosowaniem fenoplastów cz. I-VI. Temat NB-668. Politechnika Śląska - Instytut Konstrukcji Budowlanych, Gliwice 1972-1974.
- [3] Worobiew W.A., Andrianow R.A.: Polimiernyje tieploizolacjonnyje materialy, Moskwa 1972.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕНОЛОВОГО РАСТВОРА,
УПОТРЕБЛЯЕМОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛОВ

Р е з ю м е

Представлена рецептура, принцип изготовления и свойства фенолового раствора. Описано применение этого раствора для изготовления прототипа пола. Поданы достоинства и недостатки феноловых полов и способы их совершенствования.

INVESTIGATIONS OF PHENOLIC MORTARS FOR FLOORS

S u m m a r y

In the paper the compositions, systems of production and properties of phenolic mortars have been presented. The application of these mortars in prototype floors was described. Advantages and disadvantages of phenolic floors and trends of their development were also determined.