

Edmund Janicki

SCIERALNOŚĆ JAKO KRYTERIUM OCENY SPOIWA IŁOWEGO

STRESZCZENIE

Omówiono trudności jakie napotyka się przy stosowaniu spoiw iłowych w masach syntetycznych — przyczyny powstawania zaprószeń i zapiaszczeń oraz mechanizmu ich powstawania. Opracowano nową metodę badania ścieralności i jej funkcyjną zależność od zawartości wody w masie dla określonych warunków badania. Na podstawie przeprowadzonych badań ścieralności i ich porównania z wynikami osiągniętymi w praktyce podano minimalną ścieralność jako warunek przy odlewaniu staliwa, który gwarantuje zabezpieczenie przed zaprószeniami i zapiaszczeniami. Wykazano, że zawartość wody w masie, która zabezpiecza ścieralność mniejszą lub równą 15 %, charakteryzuje spoiwo iłowe pod względem zastosowania do mas syntetycznych i może być przyjęta jako kryterium do oceny jakości spoiwa. Przeanalizowano pod względem właściwości kilka charakterystycznych spoiw iłowych.

1. Wstęp

Stosowanie spoiw iłowych, szczególnie bentonitów w masach kwarcowo-iłowych natrafia jeszcze na dwie zasadnicze trudności. Pierwszą z nich jest ustalenie jakościowych wymagań, drugą niestałość jakościowych dostaw.

Jeżeli chcemy zastosować spoiwo do mas syntetycznych, musimy wiedzieć jakie właściwości winny go cechować i musimy systematycznie kontrolować jakość dostaw.

Zagadnienie ustalania właściwego kryterium jakości ma tu zasadnicze znaczenie. Kryterium to winno obejmować kontrolę takiej właściwości, która ma największe znaczenie w procesie produkcyjnym. Metoda kontroli winna być taka, która daje wyniki mało zależne od czynników przypadkowych. Dotychczas stosowane metody badań i kryteria jakości jak wskazuje praktyka nie są wystarczające. Wobec tego opracowanie możliwie łatwej metody badania i właściwego kryterium jakości dostatecznie charakteryzujących spoiwo iłowe pod względem zastosowania na masy syntetyczne, jest ciągle jeszcze aktualnym zagadnieniem.

Praca niniejsza zajmuje się ustaleniem takiego wskaźnika właściwości masy, który pozwoli na prawidłową ocenę jakości spoiwa iłowego.

2. Wady odlewów powstające w wyniku nieodpowiedniej jakości spoiwa

Spośród głównych wad, które powstają z przyczyny zastosowania nieodpowiednich materiałów, wymienić należy zaprószenia i zapiaszczenia. Są to wady, które w zasadzie dyskwalifikują odlewy. Wady te należy rozpatrywać równocześnie, ponieważ występują one zawsze razem. Widoczne gołym okiem zaprószenia sygnalizują przeważnie istnienie w masie metalu pustek, wypełnionych masą formierską, oznaczonych jako zapiaszczenia. Powstają one najczęściej podczas napełniania wigotnych form metalem, wykonanych z masy syntetycznej w początkowej fazie zalewania. Strumień ciekłego metalu napotyka na swej drodze do wnętrza formy, na różnego rodzaju przeszkody. Mogą nimi być: ściany doprowadzających kanałów, ich krzywizny, progi, zwężenia, filtry itp. Na skutek reakcji płynącej cieczy metalu powstają siły tarcia na granicy metal forma, przeciwdziałające ruchowi i powodujące przy tym zdzieranie z powierzchni ścian formy i rdzeni cząstek masy. Mechanizm powstawania zaprószeń i zapiaszczeń polega więc na zdzieraniu względnie na wykruszaniu ziarn piasku i spoiwa ilowego z powierzchni kanałów układu wlewowego i wnętrza. W pierwszej fazie zalewania, kiedy metal styka się z powierzchnią masy, działanie to jest najsilniejsze. Po przejściu pierwszej strugi, intensywność działania zależy jak to można zaobserwować w praktyce, od temperatury przegrzania metalu.

Odrywane drobne cząsteczki masy a nawet poszczególne ziarna osnowy, wypływając w części na powierzchnię ciekłego metalu powodują zaprószenia (Ws-2101) w odlewie, w części zaś, gdy zostają uwięzione w masie powodują wadę nazwaną zapiaszczeniem (Ws-405).

Pierwsze, powodują na powierzchni odlewu chropowate narosty jako odbicie zdartej masy, drugie — ujawniają się dopiero w czasie obróbki mechanicznej, jeśli nie zostały uprzednio wykryte i usunięte.

Warunki zalewania form, wywołują więc niebezpieczne stany napięć na jej powierzchniach, z którymi się styka metal bezpośrednio, lub nawet wtedy, gdy działa tylko przez promieniowanie. Siły tarcia w kanałach układu wlewowego są szczególnie duże, przy zmianach kierunku przepływu. Mogą być one spotęgowane jeszcze w przypadku wystąpienia burzliwego przepływu ciekłego metalu.

Niewątpliwie chropowatość powierzchni ścian układu wlewowego ma również poważny wpływ na charakter przepływu i intensywność wymywania.

Przy słabym powiązaniu spoiwa z ziarnami osnowy, znikome ruchy ziarn, jakie powstają wskutek rozszerzania się ich z podwyższeniem temperatury a szczególnie podczas przemiany alotropowej beta kwarcu w alfa, wywołują wystarczające siły i momenty statyczne powodujące wykruszenie się ziarn piasku zwane często osypywaniem się masy. Z badań nad wytrzymałością mas w podwyższonych temperaturach wiemy, że siła wiązania w tym zakresie temperatury tylko nieznacznie wzrasta, co nie ma właściwie praktycznego znaczenia.

Ponadto zaprószenia i zapiaszczenia powstają łącznie ze strupami. Im masa wykazuje większą skłonność do tworzenia strupów, tym więcej należy się spodziewać zaprószeń i zapiaszczeń. Oprócz jakości osnowy, która

może wykazywać mniejszą lub większą skłonność do rozszerzania się, jakość spoiwa wywiera tu decydujący wpływ na powstawanie zapróśzeń i zapiaszczeń. Szczególną tu rolę odgrywa również zawartość wody w masie.

3. Odporność na ścieranie

Ściskanie lub rozciąganie próbek znormalizowanych nie odtwarza w właściwy sposób sił powodujących wykruszenie ziarn piasku i spoiwa z jej powierzchni. Niezależnie od tego, że próba ściskania i rozciągania ma charakter statycznej próby, siły działają na ziarna wzdłuż osi, nie obciążając ziarn siłami poprzecznymi lub momentami statycznymi. Potwierdza to praktyka. Zwykła próba na ściskanie lub rozciąganie nie jest wystarczającym kryterium do oceny odporności masy na wykruszenie (wymiwanie) przez metal.

Mechanizm oddziaływania ciekłego metalu na powierzchnię formy lepiej oddaje schematycznie przedstawione oddziaływanie pędu spadających kulek na powierzchnię obracającej się i znormalizowanej próbki (rys. 1).

Każda z gradu opadających na próbkę kulek uderza na powierzchnię pod innym kątem (wskutek rozsiewu). Prędkość ich V można rozłożyć na składowe: normalną V_n i styczną W_s . Normalna składowa prędkości zmienia znak na przeciwny, zaś styczna pozostaje niezmienną. Zależnie od kąta podania, składowa styczna kulki może przybierać wielkości od zera do maksymalnej, odpowiadająca jej składowa normalna, przybiera wielkości odwrotnie, od maksimum do zera. Pewna określona ilość kulek, odpadających na badaną próbkę daje w wyniku sumaryczne działanie składowych normalnych i stycznych wyrażające się w formie ilości wykruszanej masy. Im ilość kulek opadających na próbkę będzie większa, tym dokładniejszy będzie średni wynik pomiaru działania sił normalnych i stycznych na próbkę. Duża ilość kulek uśredni wynik pracy ich działania. Na tej zasadzie, skonstruowano przyrząd do badania ścieralności przedstawiony na rys. 2.

Pomiar odporności na ścieranie przeprowadza się w sposób następujący: Na obracaną ręcznie z szybkością 40 do 60 obrotów na minutę wysuszoną próbkę 1, wykonaną w postaci znormalizowanego wzorca walcowego o średnicy 50 mm, zasypuje się z określonej wysokości 307 mm, licząc od dolnej krawędzi dyszy do osi walcowej próbki, stalowy śrut o średnicy ziarna 1 mm. Wymiary dyszy wynoszą 8 mm długości. Ilość zsypanego śrutu jest stała i wynosi 1,750 kg. Może być również użyta połowa tej ilości, a więc 0, 875 kg.

Badaną próbę suszy się w temperaturze 150°C przez jedną godzinę. Po jej ostygnięciu na wolnym powietrzu i zważeniu, przeprowadza się badania. Odporność na ścieranie oblicza się przy tej metodzie ze wzoru

$$S \% = \frac{G - G_1}{G} \cdot 100$$

gdzie:

- S — ścieralność w %,
- G — ciężar próbki przed ścieraniem w gramach,
- G_1 — ciężar próbki po badaniu.

Badania jakości spoiwa iłowego przeprowadza się w ten sposób, że masę o określonej osnowie (np. płukanego piasku kwarcowego z Krzeszówka) miesza się z dodatkiem 8% badanego spoiwa iłowego w zwykłej laboratoryjnej mieszarce krążnikowej typu Simpson przez 2 minuty i po dodaniu wody, jeszcze przez 8 minut. Po wykonaniu masy i przesianiu jej przez sito wykonuje się próbki wg znormalizowanego wzorca (ϕ 50 i długości 50 mm). Mieszając zawsze te same ilości głównych składników (osnowy i spoiwa) z różną ilością wody, otrzymuje się szereg punktów które wyznaczają krzywą zależności ścieralności od zawartości wody w masie. Dla wykreślenia krzywej ścieralności potrzeba wykonać od 6 do 7 mas o zawartości wody 2,5; 3; 4; 5; 6 i 7%. Zawartość wody po wykonaniu masy winna być określona metodą laboratoryjną.

Tablica I

Ścieralność masy kwarcowo bentonitowej w zależności od zawartości wody w masie dla 8% bentonitu „Bb” i osnowie piaszkowej z Krzeszówka

Srednia zawartość wody	Kolejny pomiar ścieralności w %	Srednia arytm. ścieralności S %	Srednie odchylenie kwadratowe S _s	Sredni błąd średniej arytm. S _s	Rzeczywista ścieralność przy t = 4,3	Ścieralność obliczona ze wzoru S=60,8 · e ^{-0,287W}	
1,0						45,7	
1,5						39,7	
2,0						34,4	
2,5						28,9	
3,0	26,5	25,9	0,51	0,29	1,2	24,6 27,2	25,8
	25,5						
	25,8						
3,7	22,2	22,2	0,8	0,56	2,4	19,8 24,6	21,2
	23,0						
	21,4						
4,2	17,4	17,8	0,4	0,23	0,99	16,8 18,8	18,4
	18,2						
	17,8						
5,1	14,7	14,6	0,23	0,163	0,7	13,9 15,3	14,3
	14,3						
	14,7						
5,7	11,9	11,2	0,58	0,33	1,4	9,8 12,6	11,3
	10,9						
	10,9						
6,7	9,0	9,0	0,25	0,14	0,6	8,4 9,6	9,0
	8,7						
	9,2						

Badania wykazały, że ścieralność masy zmienia się bardzo znacznie ze zmianą zawartości wody. Doświadczalnie ustaloną zależność przedstawia rys. 3, dla jednej syntetycznej masy bentonitowej. Dane liczbowe zestawione są w tabl. I.

Skład masy przedstawia się następująco:

płukany piasek z Krzeszówka	92 % cięż.
bentonit Bb	8 % „
	100 %

woda od 2,5 do około 7 %

Wykres sporządzony został w oparciu o wykonane trzy kolejne pomiary ścieralności (czyli na trzech próbkach).

Zależności tej odpowiada funkcja

$$S \% = a \cdot e^{-b \cdot w}$$

gdzie oznaczają:

S — ścieralność w %,

W — zawartość wody w masie przed suszeniem w %,

a i b — stałe,

e — podstawa logarytmu naturalnego.

Na podstawie trzech wyników otrzymanych dla określonej zawartości wody w masie wyznaczono średnią arytmetyczną, średnie odchylenie kwadratowe oraz średni błąd średniej arytmetycznej wg wzoru

$$s_{\bar{S}} = \frac{s_S}{\sqrt{n}}$$

Dla przyjętego poziomu ufności 95 % i $K = n - 1 = 2$ znajdujemy z tablic zmienną standaryzowaną $t = 4,3$.

Rzeczywista wartość ścieralności S będzie się wówczas mieścić w przedziale ufności

$$-\bar{s}_S \cdot t < S - \bar{S} < \bar{s}_S \cdot t$$

$$S = \bar{S} \pm \bar{s}_S \cdot t$$

Wyniki są podane w tablicy I.

Jak widać z tabl. I i rys. 3 metodę można uważać za poprawną ponieważ charakteryzuje ją zależność funkcyjna a krzywa teoretyczna przebiega dokładnie przez przedziały ufności punktów pomiarowych przy poziomie ufności 95 % to znaczy przy dość dużych wymaganiach.

W zasadzie należałoby określić jeszcze również przedziały ufności dla zawartości wody w masie. W ten sposób dla każdego punktu pomiarowego przedstawiającego średnią ścieralność jako funkcję średniej zawartości wody istniałoby pole błędu w obrębie którego winna przebiegać krzywa. Jednakże biorąc pod uwagę, że błąd oznaczenia zawartości wody w masie metodą laboratoryjną jest znikomo mały, dla uproszczenia analizy, pominięto te obliczenia.

Przebieg krzywej wykazuje, że metoda ta jest bardzo czuła w zakresie zawartości wody w masie, zwykle stosowanych do wykonania form. Poza tym zakresem jest ona mało czuła, ale nie ma również praktycznego zastosowania.

W celu oznaczenia kryterium istotności różnicy średnich wielkości wykonano po 12 pomiarów ścieralności na dwu masach o różnych składach jednakowo przygotowanych w' mieszarce laboratoryjnej typu Simpson.

Skład masy nr 1 przedstawiał się nast.:

plukany piasek kwarcowy z Krzeszówka	90,00 %	cięż.
głina Gsz III	8,00 %	„
dekstryny żółtej	2,00 %	„
	100,00 %	„
wody	4,70 %	„

Właściwości masy:

$$R^w_c = 0,68 \text{ kg/cm}^2 \quad R^s_r = 2,6 \text{ kg/cm}^2 \quad P^w = 280 \text{ cm}^4/\text{G} \cdot \text{min.}$$

Skład masy nr 2 przedstawiał się następująco:

plukany piasek kwarcowy z Krzeszówka	92,00 %	cięż.
bentonit V6a	8,00 %	„
	100,00 %	„
wody	4,50 %	„

Właściwości masy:

$$R^e_w = 0,92 \text{ kg/cm}^2 \quad P^w = 110 \text{ cm}^4/\text{G} \cdot \text{min.}$$

Wyniki pomiarów przedstawione są w' tabl. nr II.

Tablica II

Wyniki pomiarów ścieralności w %, obliczenie średniej arytmetycznej i średniego odchylenia kwadratowego dla mas nr 1 i nr 2 przy ilości śrutu 1,750 kg

L. p.	Masa nr 1			Masa nr 2		
	S %	$S - \bar{S}$	$(S - \bar{S})^2$	S %	$S - \bar{S}$	$(S - \bar{S})^2$
1	6,1	0,6	0,36	13,8	0,7	0,49
2	6,7	1,2	1,44	14,3	1,2	1,44
3	5,5	0,	0	12,4	0,7	0,49
4	5,4	0,1	0,01	12,5	0,6	0,36
5	5,5	0,	0	14,0	0,9	0,81
6	4,7	0,8	0,64	14,0	0,9	0,81
7	5,2	0,3	0,09	13,5	0,4	0,16
8	4,9	0,6	0,36	13,7	0,6	0,36
9	5,6	0,1	0,01	13,3	0,2	0,04
10	5,1	0,4	0,16	12,5	0,6	0,36
11	6,4	0,9	0,81	11,4	1,7	2,89
12	4,6	0,9	0,81	12,2	0,9	0,81
	65,7 $\bar{S} = 5,5$		4,69	757,6 $\bar{S}_2 = 13,1$		9,02

Masy wykazują nast. wielkości liczbowe:

	masa nr 1	masa nr 2
średnia arytmetyczna	$\bar{S}_1 = 5,5 \%$	$\bar{S}_2 = 13,1 \%$
średnie odchylenie kwadratowe	$sS_1 = 0,65$	$sS_2 = 0,906$
średni błąd średn. arytmetycznej	$sS_1 = 0,187$	$sS_2 = 0,26$
wskaźnik $t = 24,2$.		

Z tablicy dla $K = 22$ wynika, że prawdopodobieństwo osiągnięcia $t = 3,79$ równe jest zaledwie 0,001, a więc osiągnięcie wielkości obliczonej $t = 24,2$ jest znikomo małe. Na tej podstawie można stwierdzić, że metoda badania jest czuła i istotnie określa ścieralność i różnice nie są przypadkowe, lecz istotne.

W pewnych przypadkach badania jakości, spoiwa iłowego może się okazać, że pełna ilość śrutu 1,750 kg zasypanego na próbkę jest za duża i ścieralność bardzo wysoka, co zdarza się przy słabych masach. Wyniki pomiarów, jak to wskazuje charakter krzywej będą w tym przypadku bardzo mało dokładne. Można wtedy zastosować połowę ilości śrutu do przeprowadzenia badania ścieralności. W celu sprawdzenia precyzji metody wykonano pomiary przy połowie i pełnej ilości śrutu na masie nr 2. W obu przypadkach wykonano serie po 12 pomiarów.

Wyniki pomiarów przedstawione są w tablicy II przy pełnej ilości śrutu i tablicy III przy połowie ilości śrutu.

Tablica III

Wyniki pomiarów ścieralności w %, obliczenie średniej arytmetycznej i średniego kwadratowego dla masy nr 2 przy połowie znormalizowanej ilości śrutu 0,875 kg odchylenia kwadratowego dla masy nr 2 przy połowie znormalizowanej ilości śrutu 0,875 kg

L. p.	M a s a nr 2		
	$\bar{S} \%$	$S - \bar{S}$	$(S - \bar{S})^2$
1	7,8	1,4	1,96
2	7,2	0,8	0,64
3	7,0	0,6	0,36
4	6,0	0,4	0,16
5	5,1	0,7	0,49
6	6,7	0,3	0,09
7	6,0	0,4	0,16
8	6,3	0,1	0,01
9	6,0	0,4	0,16
10	5,8	0,6	0,36
11	5,8	0,6	0,36
12	6,3	0,1	0,01
	$\bar{S} = 6,4$		4,76

Otrzymano z obliczeń nast. wielkości liczbowe:

	przy pełnej ilości śrutu	przy połowie ilości śrutu
średnia arytmetyczna	$\bar{S}'_2 = 13,1 \%$	$\bar{S}''_2 = 6,4 \%$
średnie odchylenie kwadrat.	$s\bar{S}'_2 = 0,906 \%$	$s\bar{S}''_2 = 0,19 \%$
średni błąd śred. arytm.	$sS'_2 = 0,26 \%$	$sS''_2 = 0,657 \%$

Należy w tym przypadku sprawdzić, czy duże wartości wariancji V różnią się między sobą w sposób istotny, czy zaobserwowane różnice mają charakter przypadkowy.

Stosunek większej wariancji do wariancji ilościowo mniejszej wynosi

$$F = \frac{V_1}{V_2} = \frac{9,02}{4,76} = 1,88$$

Dla $K_1 = K_2 = 11$ interpolując dane z tablic znajdujemy wielkości (2,23, 2,82 i 4,47) z których widoczne jest, że prawdopodobieństwo osiągnięte w warunkach doświadczenia jest duże (ponad 0,10). Znaczy to, że zmniejszenie ilości śrutu do połowy nie pociąga jeszcze za sobą zmniejszenia precyzji metody. Dalsze zmniejszenie ilości zarówno ze względu na dokładność pomiaru jak i ze względu na oszczędność czasu jest nie potrzebne.

Wreszcie należy sprawdzić w jakim stopniu na wyniki pomiarów wpływają warunki przygotowania masy, to jest jakość jej wymieszania. W tym celu pobrano masę z odlewni wymieszaną łopatom i zbadano jej ścieralność przy połowie ilości śrutu w stanie pobranym i po dodatkowym przemieszaniu w mieszarce laboratoryjnej przez 15 minut. Skład masy nr 3 był następujący:

obiegowa masa naturalna z miel. węglem 70 %
nat. piasek formierski 30 %

właściwości były następujące:

$$R_c^w = 0,37 \text{ Kg/cm}^2 \quad R_c^s = 2,8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P^w = 65 \text{ cm}^4/\text{G} \cdot \text{min.} \quad W = 7,8 \%$$

Wyniki pomiarów zestawione są w tablicy IV.

Tablica IV

Wyniki pomiarów ścieralności w %, obliczenie średniej arytmetycznej i średniego odchylenia kwadratowego masy kwarcowo ilowej pobranej z ruchu i po przemieszaniu w laboratoryjnej mieszarce krążnikowej przy ilości śrutu 0,875 kg

L. p.	Masa w ruchu			Masa po dodatkowym przemieszaniu		
	S %	$S - \bar{S}$	$(S - \bar{S})^2$	S %	$S - \bar{S}$	$(S - \bar{S})^2$
1	11,3	0,3	0,09	8,9	1,6	2,56
2	11,4	0,4	0,16	9,5	2,2	4,84
3	8,9	2,1	4,41	8,1	0,8	0,64
4	13,6	2,6	6,76	6,2	1,2	1,21
5	8,4	2,6	6,76	7,0	0,3	0,09
6	8,4	2,6	6,76	6,8	0,5	0,25
7	20,9	9,9	98,01	6,7	0,6	0,36
8	11,6	0,6	0,36	6,4	0,9	0,81
9	9,0	2,0	4,00	6,5	0,8	0,64
10	9,9	1,1	1,21	6,5	0,8	0,64
11	10,6	0,4	0,16	8,4	1,1	1,21
13	8,7	2,3	5,29	7,0	0,3	0,09
	132,7		133,97		88,0	13,34

Z obliczeń otrzymano nast. wielkości liczbowe:

	masa przed przemieszczeniem	masa po przemieszczeniu
średnia arytmetyczna.	$\bar{S}_3' = 11 \%$	$\bar{S}_3'' = 7,3 \%$
średnia odchył. kwadr.	$sS_3' = 3,49$	$sS_3'' = 1,21$
średni błąd średn. arytm.	$s\bar{S}_3' = 1,00$	$s\bar{S}_3'' = 0,35$

Obliczony wskaźnik $t = 3,57$.

Jak wyżej z tablic wyznaczony wskaźnik t dla $K = 12 + 12 - 2 = 22$ wynosi 2,07.

Obie w różny sposób przygotowane masy różnią się w sposób istotny i osiągnięcie $t = 2,07$ przy 95 % ufności jest mało prawdopodobne.

Stąd można stwierdzić, że sposób mieszania ma wielki wpływ na wynik i zaobserwowane różnice nie są przypadkowe. Chcąc określić jakość spoiwa łożowego należy dokładnie przygotować masę. Metoda ta jest na tyle czuła, że różnice wychwytuje.

Na rys. 4 przedstawione są krzywe ścieralności w zależności od zawartości wody dla mas o składzie: 92 % cięż. płuk. piasku z Krzeszówka, 8 % bentonitu V6a pochodzącego z bieżących dostaw.

Stała a waha się dla tych dostaw w granicach od 189 do 595 i b w granicach od 0,775 do 0,674.

Drogą porównania wyników ścieralności z zaobserwowanymi osiągnięciami w ruchu, dało się ustalić, że masa przy ustalonych parametrach badania, wykazująca ubytek mniejszy lub równy 15 % spełnia zadanie w najtrudniejszych warunkach. Masa wykazująca ścieralność większą niż 25 % nie powinna być w ogóle stosowana, przynajmniej przy odlewaniu staliwa. Przy odlewaniu do form wilgotnych żeliwa, kryterium to może być prawdopodobnie nieco złagodzone o 50 % tj. odpowiednio do 22,5 % i do 37,5 % w zależności od ciężaru odlewu.

Prosta równoległa do osi odciętych a odpowiadająca ścieralności 15 % (rys. 4) wyznacza na krzywej ścieralności pewną zawartość wody, charakterystyczną dla każdego spoiwa łożowego. Tę zawartość wody oznaczamy przez W_s . Niższa zawartość wody powoduje mniej lub więcej szybki wzrost ścieralności, odwrotnie — większa zawartość wody niż W_s powoduje obniżenie ścieralności zgodnie z podanym przebiegiem krzywej — jak widać już mniej gwałtownie.

Dla dokładnego scharakteryzowania spoiwa wykonuje się równocześnie badania, obejmujące określenie wpływu zawartości wody w masie na R_c^w i P^w (rys. 5). Zawartościom wody W_m , W_p i W_s odpowiadają odpowiednie wytrzymałości R_c^{wm} , R_c^{wp} i R_c^{ws} . Zawartości wody jak i odpowiadające im wytrzymałości można odnieść do jednostki spoiwa w masie.

Jeżeli zawartość wody W_s jest większa od zawartości wody odpowiadająca maksymalnej przepuszczalności wówczas spoiwo to może mieć zastosowanie tylko do wykonania form odlewanych na sucho. Przeciwnie, jeśli jest mniejszą, może być zastosowana do wykonania form odlewanych na wilgotno. Ponadto, jeżeli ścieralność przy zawartości wody W_p jest znacznie niższa od ustalonego 15-procentowego kryterium, istnieje możliwość zastosowania w masie mniejszej ilości spoiwa.

Należy w końcu zwrócić uwagę, że zaprószenia i zapiaszczenia powstają podczas napełniania form ciekłym metalem a więc, w temperaturach wyższych, niż przy których przeprowadza się badania. Jednak masy, które wykazują dużą ścieralność w temperaturze pokojowej, nie są odporne również na działanie strugi metalu.

4. Charakterystyka niektórych spoiw ilowych

Na rysunkach 6, 7, 8, 9 i 10 przedstawiono wyniki badań różnych spoiw ilowych dla osnowy z płukanego piasku kwarcowego z Krzeszówka. Zawartości spoiwa były zawsze stałe i wynosiły 8% cięż. Na poszczególnych wykresach podano właściwości techniczne R_c^w , R_c^s , R_r^s , S i P^w w zależności od względnej zawartości wody w masie.

Temperatura suszenia mas wynosiła 150°C, a czas suszenia jedną godzinę.

Kolejne wykresy przedstawiają wyniki badań spoiwa ilowego:

G_{sz}-III — z Jaroszowa,

C₂ — naturalny i nieuszlachetniony bentonit z Chmielnika,

O — bentonit pochodzenia węgierskiego,

V6-a — bentonit pochodzenia jugosłowiańskiego,

M 56 — super bentonit pochodzenia jugosłowiańskiego.

Wielkość liczbowa wskaźników technicznych $R_c^w m$, $R_c^w p$ oraz odpowiadająca im względna zawartość wody w masie, przeliczona na jednostkę spoiwa w masie, przedstawione są w tabl. V.

Tablica V

Wielkości liczbowe wskaźników technicznych $R_c^w m$ i $R_c^w p$ oraz odpowiadająca im względna zawartość wody w masie przeliczona na jednostkę spoiwa w masie

Oznaczenie spoiwa	$K_m = \frac{W_m}{l}$	$R_c^w m/1\%$ KG/cm ²	$K_p = \frac{W_p}{l}$	$R_c^w p/1\%$ KG/cm ²
Gsz-III	0,34	0,067	0,45	0,04
C 2	0,33	0,154	0,45	0,10
„O“	0,33	0,116	0,45	0,10
V6-a	0,45	0,141	0,57	0,11
M 56 super	0,46	0,148	0,57	0,11

Minimalna względna zawartość wody w masie W_s , która zabezpiecza ścieralność mniejszą lub równą 15% (przy pełnej ilości śrutu) przedstawiona jest w tabl. VI. Zauważyć tu można, że przy zawartości 8% spoiwa w masie, spoiwo M 56 super wymaga połowę ilości wody niż G_{sz}-III dla zabezpieczenia ścieralności mniejszej lub równej 15%.

Spoivo V6-a i O można zaliczyć do jednakowej klasy jakości. Spoivo C₂ jest ścieralnością zbliżone do G_{sz}-III.

Ścieralność S przy zawartości wody W_p w masie przedstawiona jest w tabelicy VII. Z tabelicy tej widać wyraźnie, że spoiwa o charakterystyce M 56 super, V6-a mogą być stosowane do wykonania form odlewanych na wilgotno. Spoiwa M 56 super można użyć w mniejszej ilości niż 8 % ponieważ tak duża odporność na ścieranie nie jest konieczna. Pozostałe spoiwa

Tablica VI
Minimalna względna zawartość wody
w masie, która zabezpiecza ścieralność
mniejsza lub równa 15%

Oznaczenie spoiwa	W_s	$K_s = \frac{W_s}{l}$
Gsz-III	6,0	0,75
C 2	5,2	0,65
„O“	4,2	0,53
V6-a	4,1	0,50
M 56 super	2,8	0,35

O, C₂ i Gsz-III mogą być stosowane tylko do form odlewanych na sucho, przy czym ilość wody w masie musi być powiększona tak, aby ścieralność masy nie była większa niż 15 %, oczywiście do takiej ilości która pozwoli jeszcze na formowanie (odwzorowanie modelu).

Tablica VII
Ścieralność S przy W_p (zawartość wody odpowiadająca maksymalnej przepuszczalności)

Oznaczenie spoiwa	W_p %	S %	Przeznaczenie
Gsz-III	3,6	38,0	na sucho
C 2	3,6	26,0	na sucho
„O“	3,6	21,0	na sucho
V6-a	4,6	10,5	wilgotno
M 56 super	4,6	3,0	wilgotno

Wielkości liczbowe, są średnią z trzech pomiarów jednej tylko próby danej odmiany spoiwa, więc nie charakteryzują przeciętną jakością danej odmiany, a podają raczej charakterystyczne właściwości pewnej wybranej odmiany. Szczegółowa charakterystyka badanych spoiw przedstawia się następująco:

Spoiwo iłowe G_{sz} -III z Jaroszowa (rys. 6)

Gлина ta charakteryzuje się stosunkowo niskimi właściwościami. I tak: ścieralność — poniżej 15 % można przy badanej ilości spoiwa w masie otrzymać dopiero znacznie powyżej 6 % zawartości wody, co odpowiada stosunkowi wodno-iłowemu $K_s = 0,75$. Wytrzymałości jednostkowe są bardzo niskie: $R_c^{wm} = 0,06 \text{ Kg/cm}^2$, $R_c^{wp} = 0,04 \text{ Kg/cm}^2/1 \%$, $R_c^{ws} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2/1 \%$.

Może być stosowana tylko do wykonania form odlewanych na sucho przy większej zawartości spoiwa i zastosowaniu powłoki ochronnej, zabezpieczającej osypywanie się masy, albo przynajmniej przy powierzchniowym zwolnieniu masy do zawartości wody w masie powyżej 8 % (przed suszeniem).

Wychodząc z maksymalnej przepuszczalności, masa o wytrzymałości $R_c^w = 0,46$ do $0,53 \text{ Kg/cm}^2$ winna zawierać w przybliżeniu:

piasek płukany kwarcowy z Krzeszówka 1,255 89 do 87 % cięż.

$$G_{sz}\text{-III} = \frac{0,46}{0,04} \text{ i } \frac{0,53}{0,04} \quad 11 \text{ do } 13 \% \quad ,,$$

zawartość wody w masie winna wynosić w granicach 5 do 6 %, na powierzchni od 8 do 10 %.

Spoiwo iłowe C_2 charakteryzuje się również niezbyt wysokimi właściwościami. Jej cechą charakterystyczną jest bardzo wysoka wytrzymałość na wilgotne, gwałtownie malejąca przy powiększaniu zawartości wody w masie (rys. 7). Wykazuje ona S niższą niż 15 % przy zawartości wody w masie powyżej 5,2 % $K_s = \frac{W_s}{l} = 0,65$, co odpowiada stosunkowi wodno-iłowemu.

Wytrzymałości jednostkowe wynoszą:

$R_c^{wm}/1 \% = 0,154 \text{ kg/cm}^2$, $R_c^{wp}/1 \% = 0,10 \text{ kg/cm}^2$, $R_c^{ws} 1 \% = 0,08 \text{ kg/cm}^2$

Masy ze względu na to, że muszą zawierać dość znaczną ilość wody dla zabezpieczenia przed zaprószeniami i zapiaszczeniami nadają się do odlewania na sucho lub w stanie podsuszonym z zachowaniem wszelkich ostrożności.

Spoiwo iłowe O (rys. 8)

Cechą charakterystyczną tego spoiwa jest również wysoka wytrzymałość w stanie wilgotnym, gwałtownie malejąca przy wzroście zawartości wody (rys. 8).

Ścieralność poniżej 15 % można uzyskać w tej masie przy zawartości wody powyżej 4,2 %, co odpowiada stosunkowi wodno-iłowemu $K_s = 0,53$. Przy zawartości wody $K_m = 0,33$ ścieralność wynosi 24 %, a przy $K_p = 0,45$ ścieralność wynosi jeszcze 21 %.

Odpowiednie wytrzymałości wynoszą:

$R_c^{wm}/1 \% = 0,116 \text{ kg/cm}^2$, $R_c^{wp}/1 \% = 0,10 \text{ kg/cm}^2$, $R_c^{ws}/1 \% = 0,09 \text{ kg/cm}^2$

Spoiwo to wykazuje ograniczoną dopuszczalność ścieralności 15 % przy zawartości wody powyżej $K_s = 0,53$ więc raczej nadaje się do wyko-

niania form odlewanych na sucho lub w stanie podsuszonym z zachowaniem odpowiednich ostrożności. Może być stosowane wykonanie form odlewanych na wilgotno przy ilości spoiwa większej niż 8 %. Przy zawartości 8 % spoiwa, zawartość wody na powierzchni nie może być mniejsza niż 5,5 %.

Spoivo iłowe V6-a (rys. 9)

Spoivo to odróżnia się od poprzednich właściwościami mechanicznymi. Wytrzymałość na ściskanie tej masy w stanie wilgotnym ze wzrostem zawartości wody łagodnie się obniża. Ścieralność mniejszą niż 15 % uzyskuje się przy zawartości wody 4,1 %, co odpowiada $K_s = 0,51$. Ścieralność przy $K_p = 0,57$ równa się 10,5 %, a przy $K_m = 0,45$ wynosi 20 %. Spoivo to dlatego szczególnie nadaje się do wykonania form odlewanych na wilgotno. Jest ono ekonomiczniejsze od poprzednich, gdyż R_c^{ws} jest większe niż R_c^{wp} , czyli bliżej położone maksymalnej wytrzymałości R_c^{wm} niż R_c^{wp} .

Spoivo M 56 super (rys. 10)

Charakteryzuje je przede wszystkim poza wysoką wytrzymałością w stanie wilgotnym wysoka odporność na ścieranie. Z tego powodu może mieć zastosowanie do wykonania form przede wszystkim odlewanych na wilgotno nawet na bardzo ciężkie odlewy. Ilość spoiwa w masie może być znacznie niższa niż 8 %, jeżeli nie jest wymagana zbyt duża odporność na ścierania.

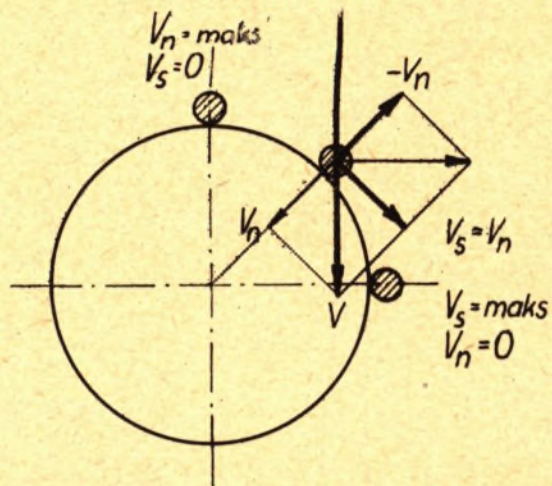
5. Wnioski

1. Opracowana metoda badania ścieralności przy dokładnym wymieszaniu masy oraz przy stałych określonych warunkach badania, pozwala ocenić bezpośrednio masę, a pośrednio spoiwo pod względem odporności na działanie strugi metalu i jego temperaturę.

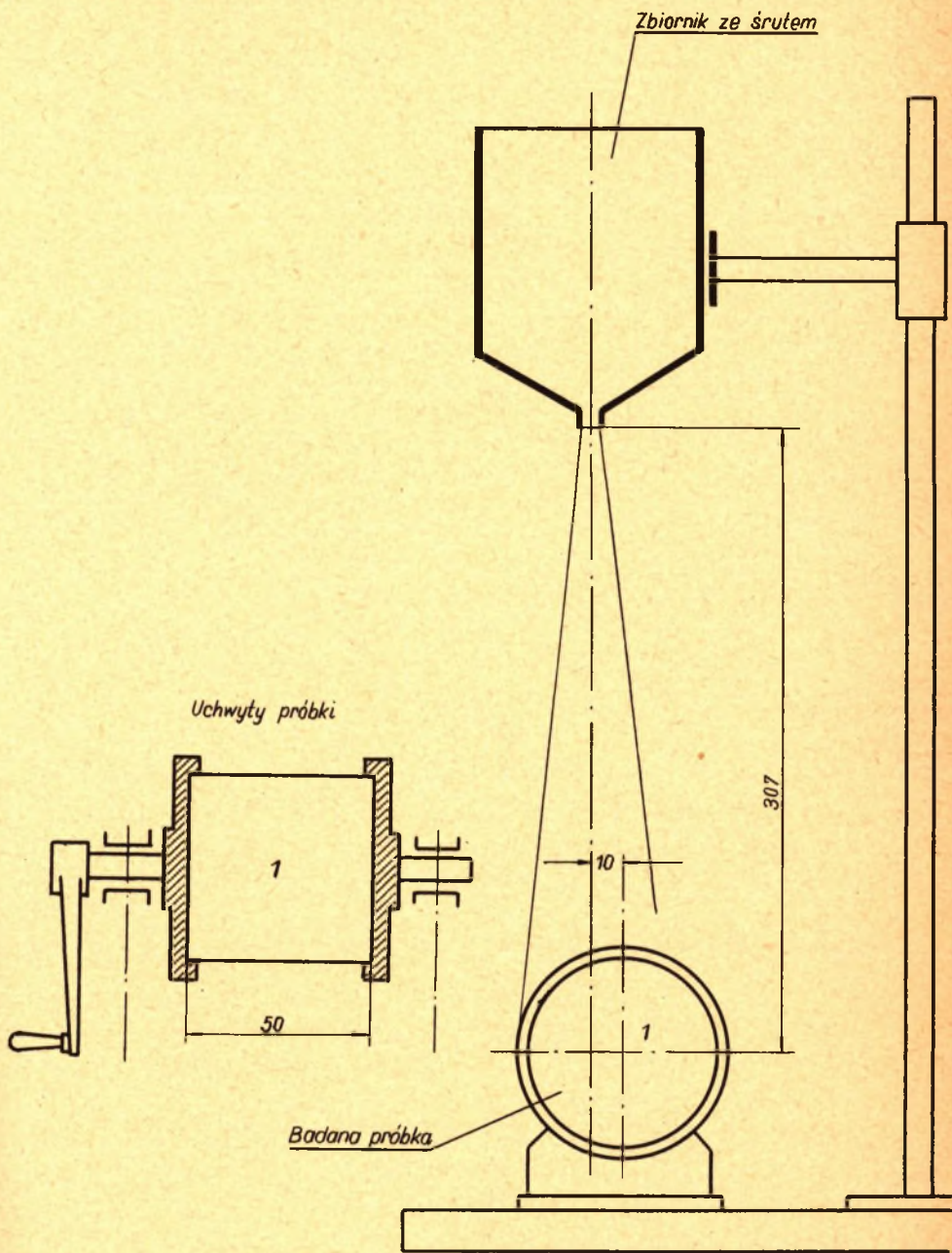
2. Wyznaczona na drodze praktycznej ścieralność mniejsza lub równa 15 % przy pełnej ilości śrutu 1,750 kg i 7,5 % przy połowie ilości śrutu 0,875 kg może być przyjęta jako kryterium jakości spoiwa które zabezpiecza odlew staliny przed zanieczyszczeniem masy w postaci zaprószień i zapiaszczeń.

3. Ścieralność zależy od zawartości wody w masie i wyraża się funkcyjną zależnością $S = a \cdot e^{-bw}$.

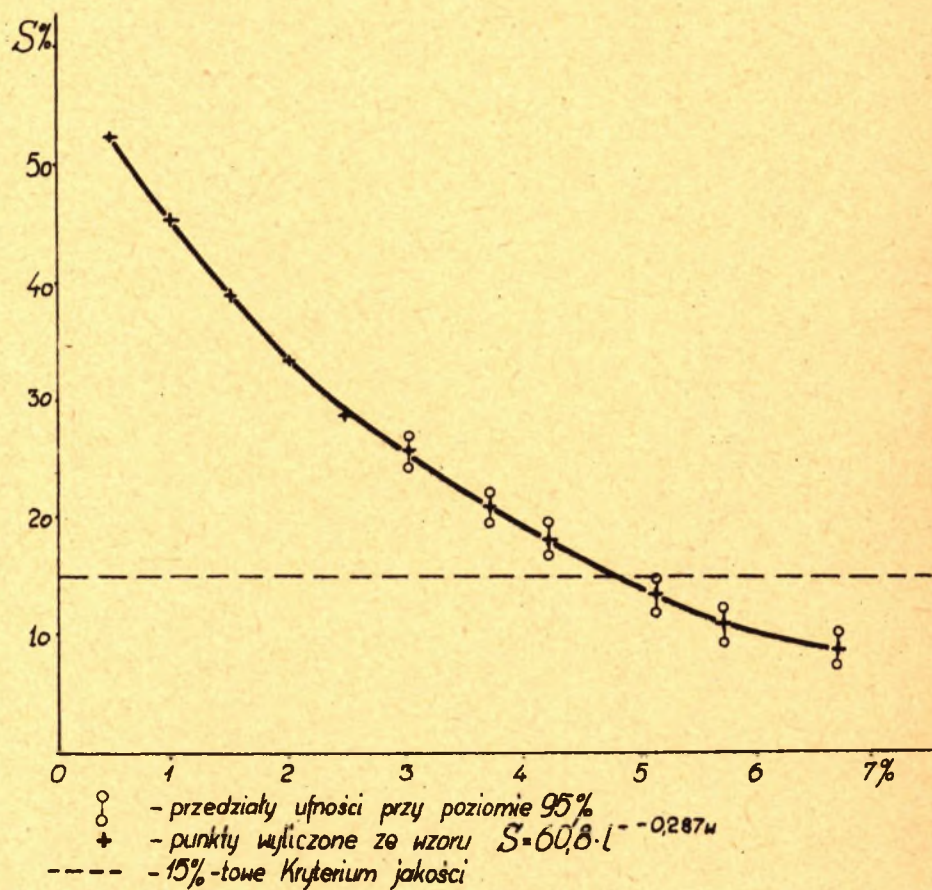
4. Przy założonej maksymalnej ścieralności (15 % dla odlewów staliny) można dla każdej odmiany spoiwa wyznaczyć charakterystyczną dla niej minimalną zawartość wody, która zabezpiecza odlew przed zaprószeniem i zapiaszczeniem. Jeżeli zawartość wody tu jest niższa od tej która daje maksymalną przepuszczalność, spoiwo może być użyte do wykonania form odlewanych na wilgotno — w przeciwnym przypadku tylko na sucho i przy zawartości wody W_s , która zabezpiecza ścieralność maksymalną 15 % przynajmniej w warstwie przymodelowej lub powierzchniowej.



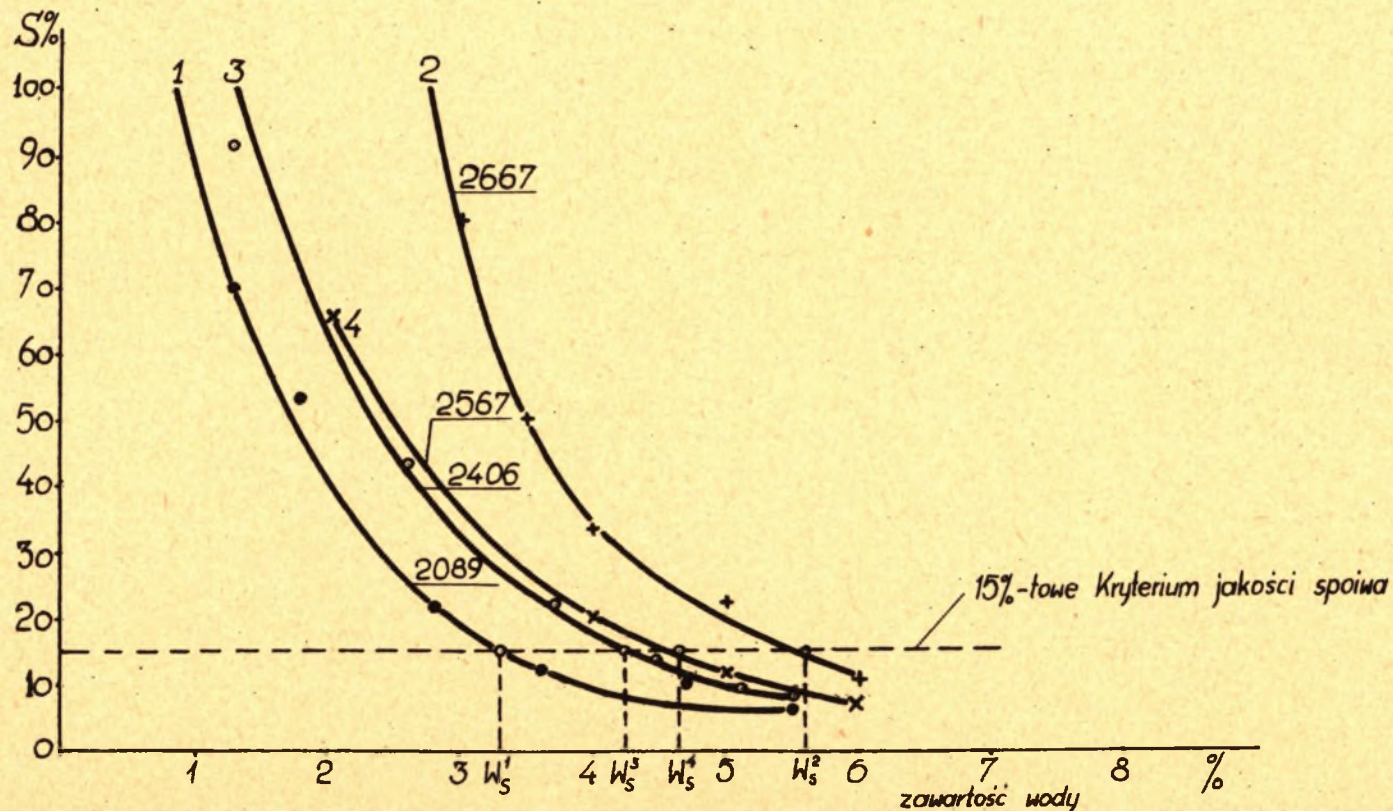
Rys.1. Schematyczne przedstawienie zmian składowych prędkości kulek stalowych, opadających na badaną próbkę.



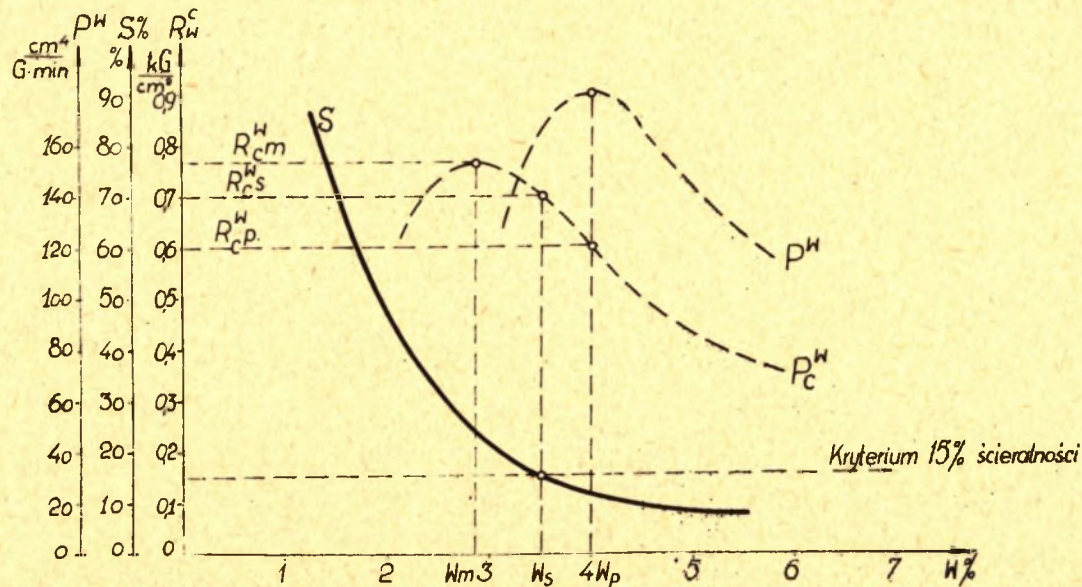
Rys.2. Schematyczny szkic przyrządu do pomiaru ścieralności



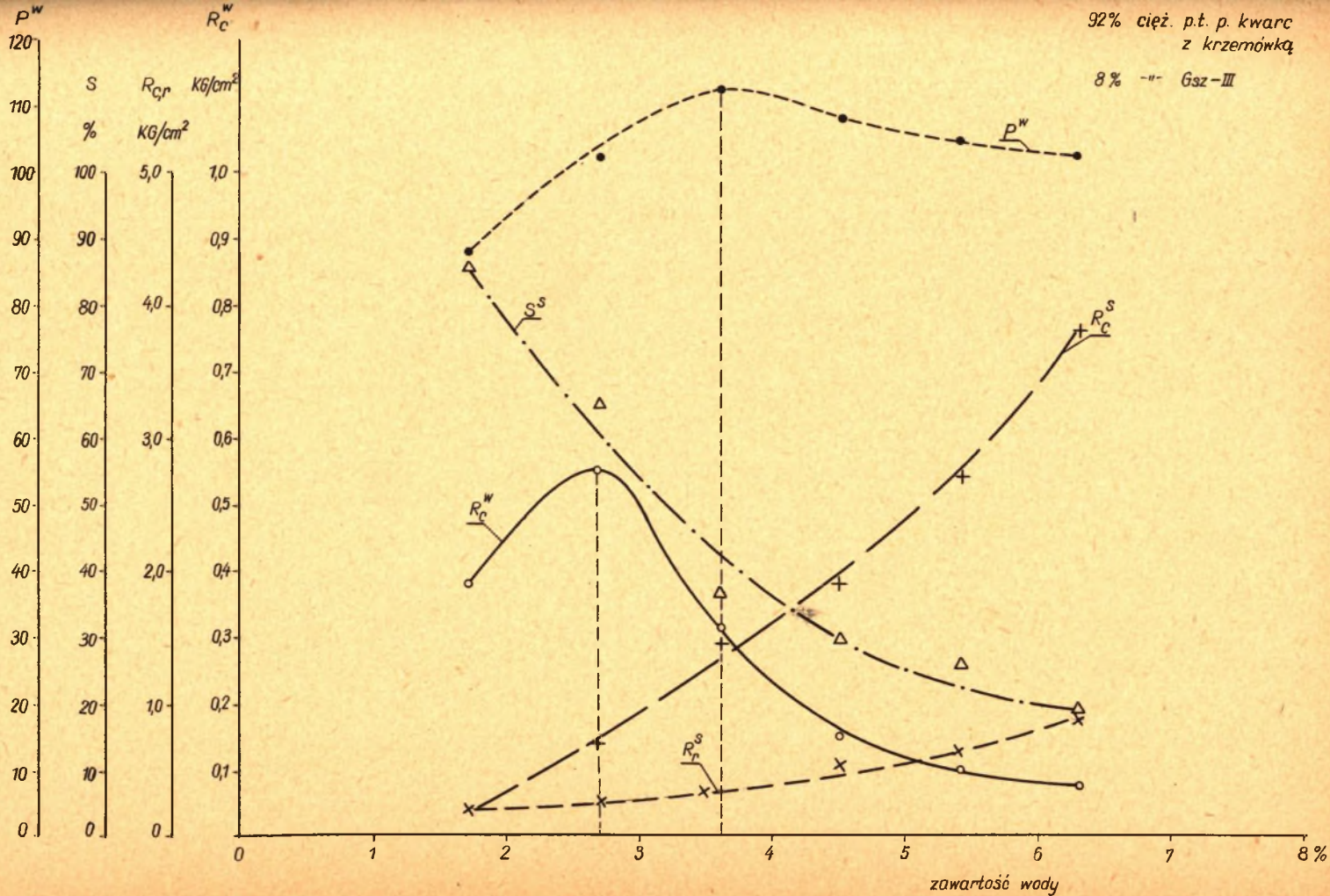
Rys.3. Wpływ zawartości wody w masie przed suszeniem na ścieralność po suszeniu.



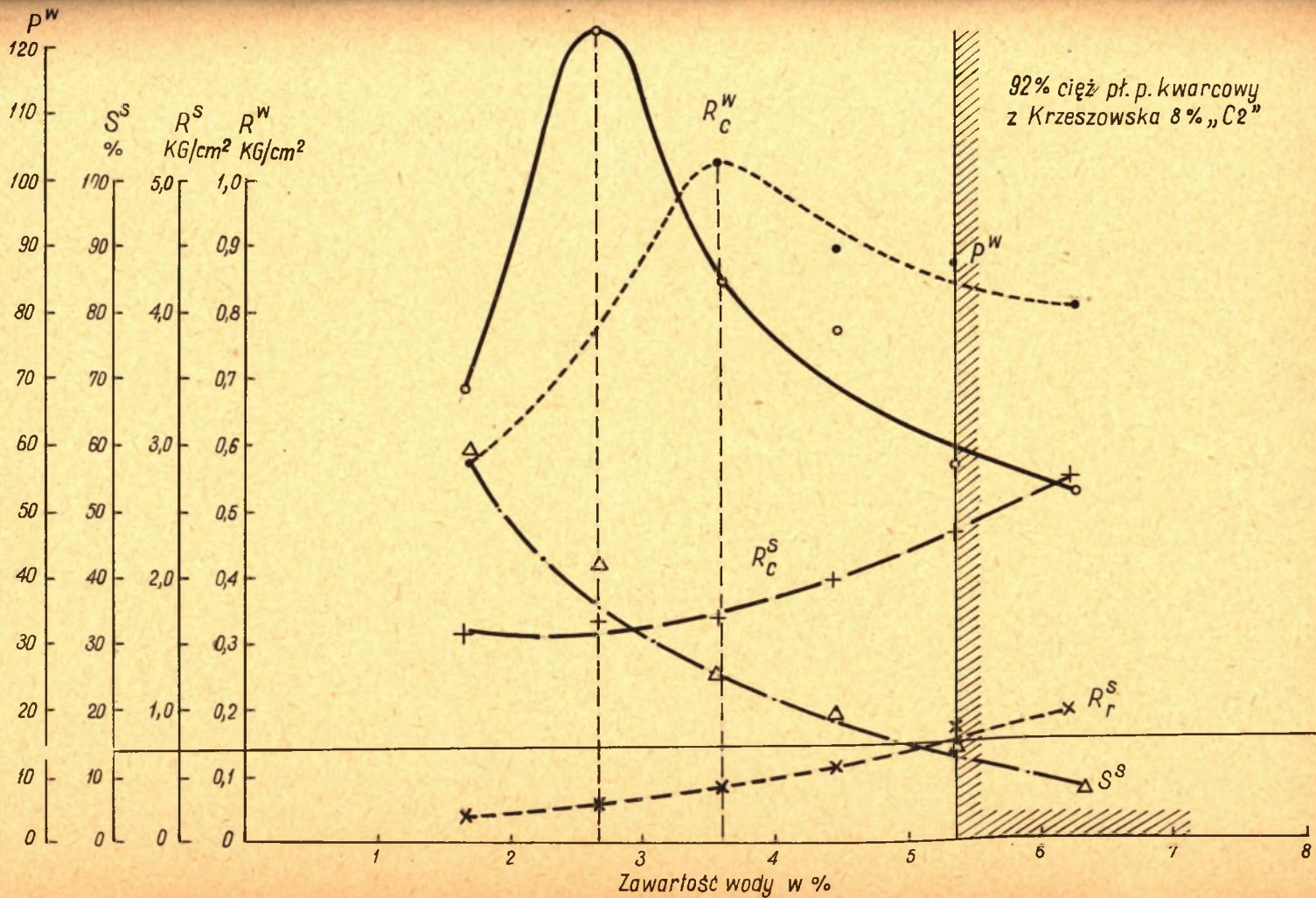
Rys.4. Ścieralność masy kwarcowo-iłowej w zależności od zawartości wody dla 8% cięż. bentonitu V6-a z różnych dostaw 2089, 2406, 2567, 2667 przy płuk. p. kwarc. z Krzeszówka.



Rys.5. Schematycznie przedstawiona zależność R_c^w , P^w i S od zawartości wody w masie kwarcowo-żelaznej.

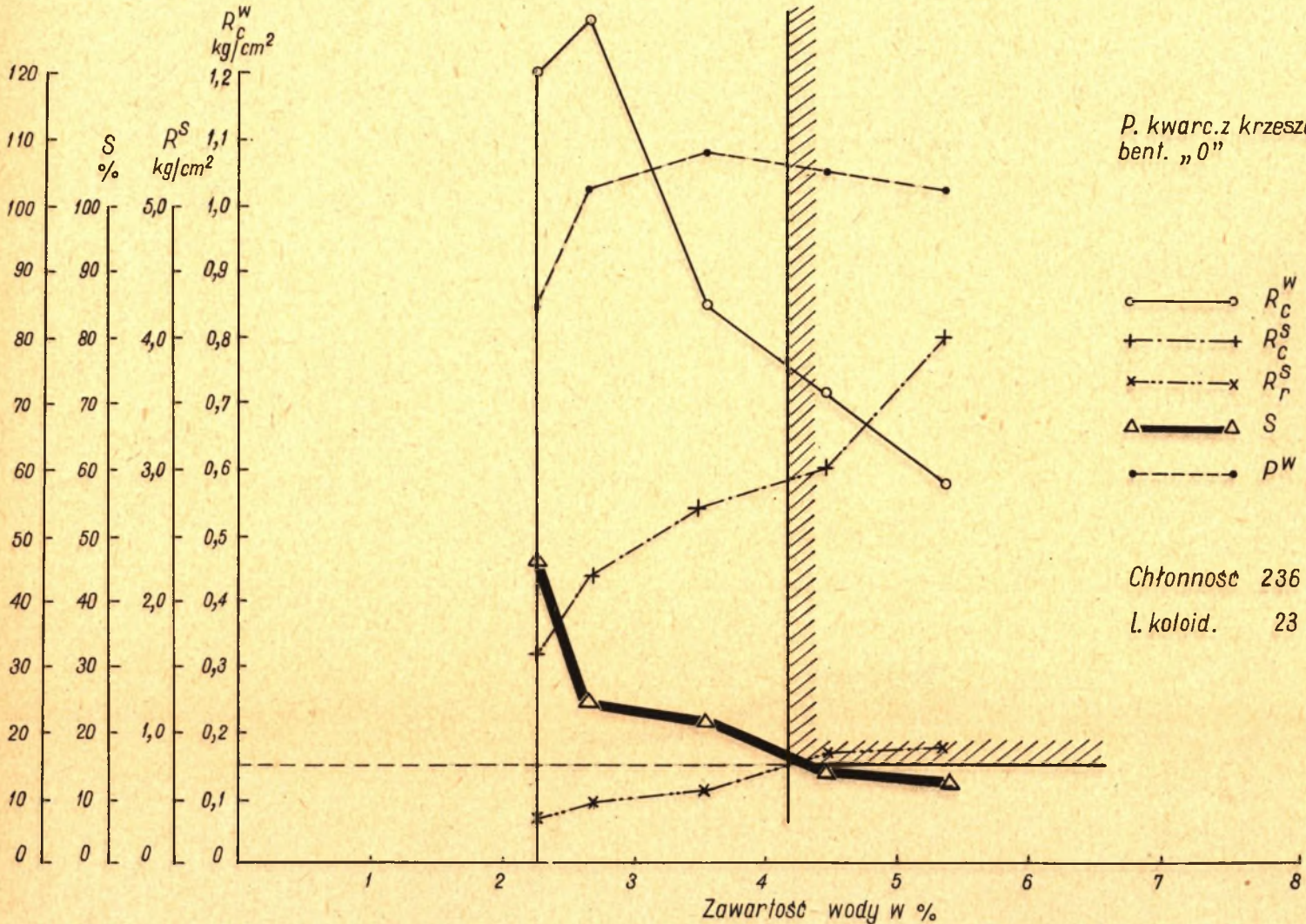


Rys.6. Wpływ zawartości wody w masie na R_c^w , R_r^s , R_c^s , S^s , P^w dla gliny ogniotrwałej Gsz-III



Rys.7. Wpływ zawartości wody w masie na R_C^W , R_r^S , R_C^S , S^S , P^W dla bentonitu C2 z Chmielnika

ρ^W



P. kwarc.z krzeszowka 92 %
bent. „0” $\frac{8}{100}$ %

Bad. 1980

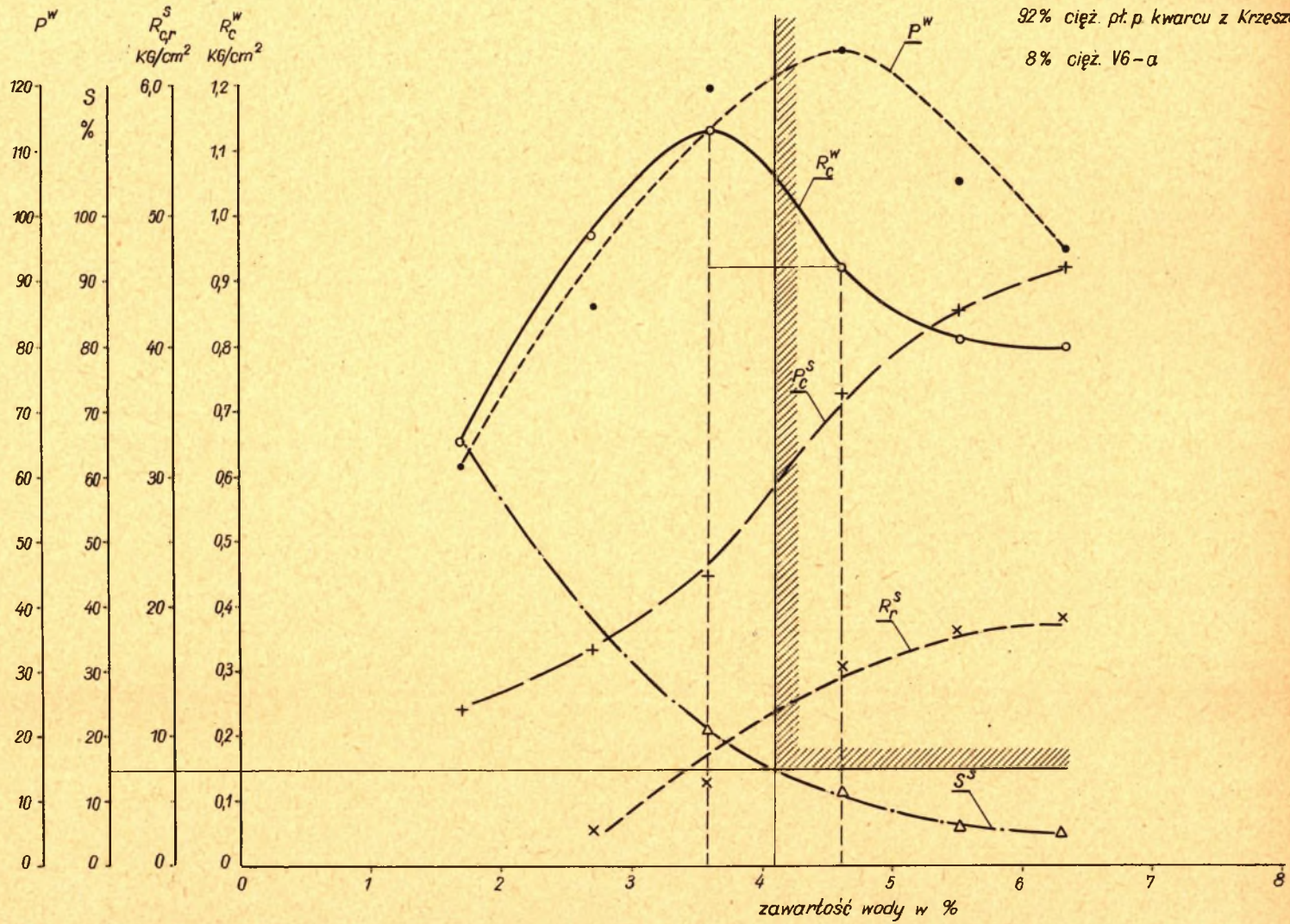
- — ○ R_c^W
- + — + R_c^S
- * — * R_r^S
- △ — △ S
- — ● ρ^W

Chłonność 236 %
L. koloid. 23 %

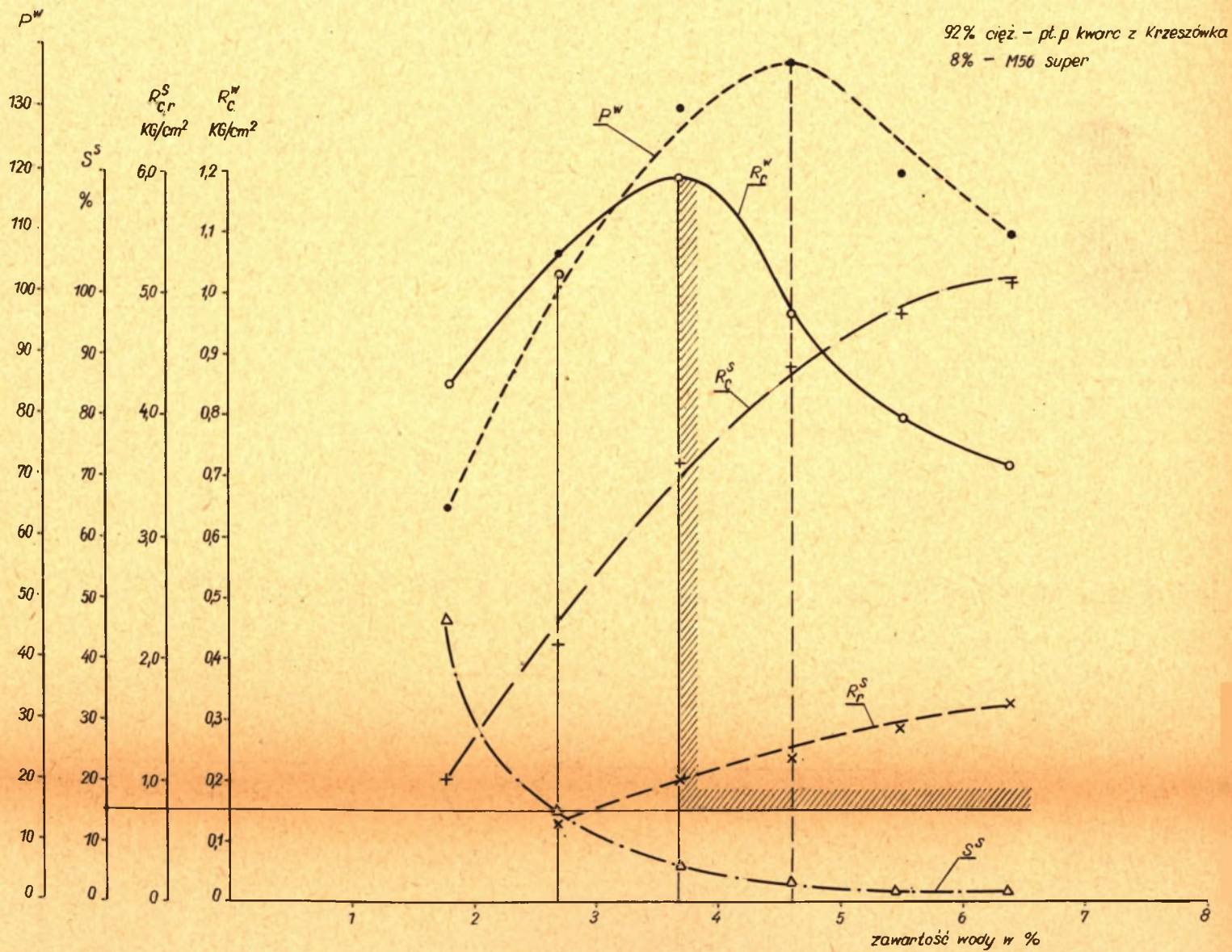
Bad. 1980

Rys. 8. Wpływ zawartości wody w masie na R_c^W , R_c^S , R_r^S , S i ρ^W dla bentonitu węgierskiego „0”

92% cięż. pt. p kwarcu z Krzeszowka
8% cięż. V6-a



Rys.9. Wpływ zawartości wody w masie na R_c^w , R_c^s , R_{cr}^s , S^s , P^w dla bentonitu V6-a



Rys.10. Wpływ zawartości wody w masie na R_c^w , R_c^s , $R_{c,r}^s$, S^s , P^w dla bentonitu M-56 super