

2/19

SATURATOR CYRKULACYJNY

S. ZAGRODZKI, H. ZAORSKA

Katedra Cukrownictwa i Technologii Środków Spożywczych
Politechniki Łódzkiej, Łódź

Pomimo wielkiego bogactwa typów saturatorów, spotykane najczęściej w cukrowniach aparaty są trudne do automatyzowania ze względu na dużą bezwładność układu [1, 2]. Opracowany i zaprojektowany saturator cyrkulacyjny Zagrodzkiego jest specjalnie przystosowany do samoczynnej regulacji [3]. Po próbach w skali ćwierćtechnicznej nowy saturator został zainstalowany w skali fabrycznej do I saturacji.

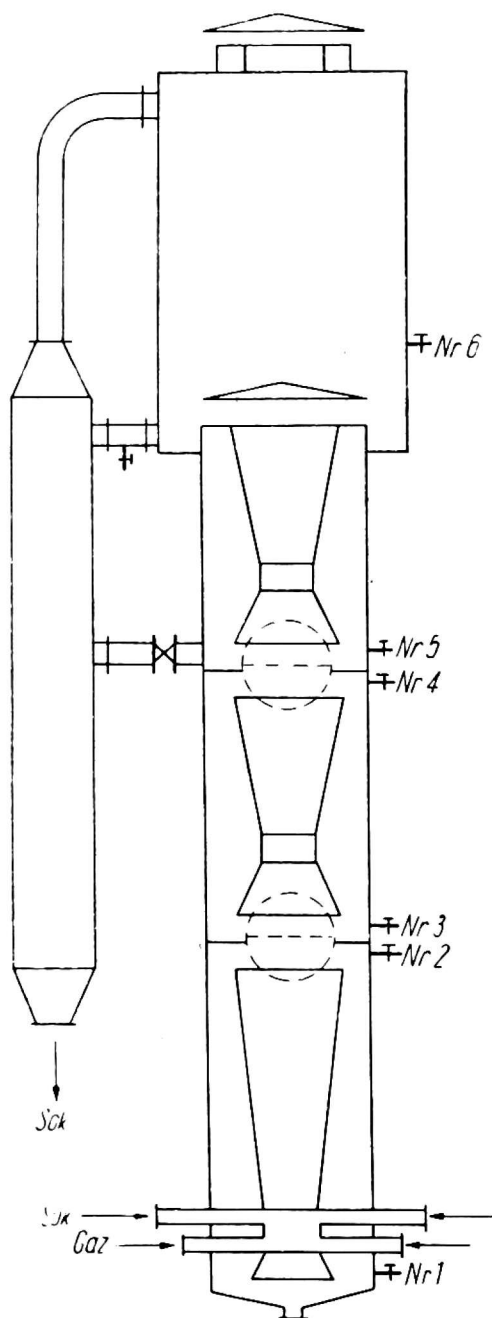
Saturator cyrkulacyjny ma kształt pionowego cylindra. Składa się on z górnego zbiornika połączonego w dolnej części z rurą podzieloną na trzy komory. W każdej komorze wbudowany jest cyrkulator o kształcie rury Venturiego. W najniższej komorze znajdują się dopływy soku zdefekowanego i mleka wapiennego oraz kilka dopływów gazu saturacyjnego (rys. 117).

Wprowadzany do saturatora sok jest poddawany energicznej saturacji. Proces saturacji odbywa się wewnątrz cyrkulatorów. Wskutek różnicy ciężarów właściwych, wewnątrz cyrkulatorów i na zewnątrz nich, następuje energiczna cyrkulacja soku wewnątrz każdej komory. Regulując poziom soku w górnym zbiorniku saturatora, który ma dużą średnicę, można za pomocą zasuw łączących saturator z odpieniaczem, regulować czas trwania saturacji.

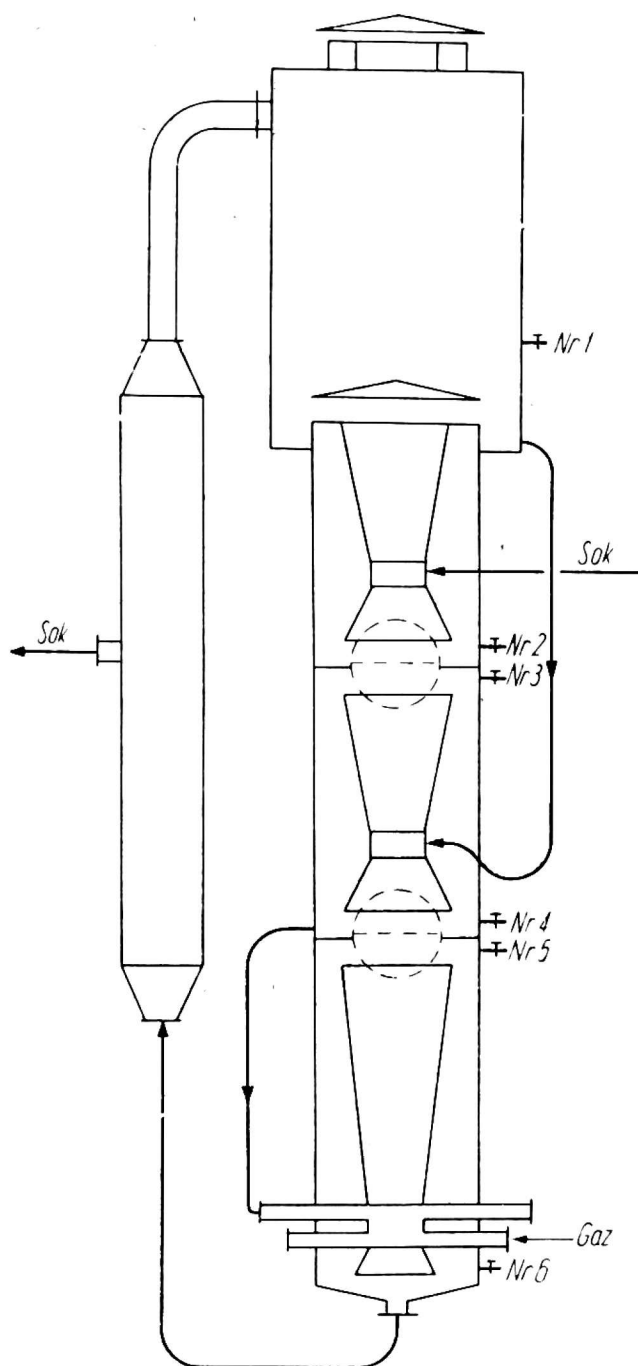
Doświadczenia przeprowadzono w warunkach fabrycznych, wprowadzając sok po defekacji wstępnej i głównej. Aby zbadać przebieg saturacji w poszczególnych komorach zaopatrzone każdą komorę w dwa krany probiercze, a górną część zbiornika saturatora w kurek do pobierania gazu.

Wykonano kilkadziesiąt analiz soku i gazu, pobierając próbki jednocześnie ze wszystkich kurków oraz próbki soku zdefekowanego przed saturatorem i soku wypływającego z saturatora. Przeprowadzone doświadczenia nad saturacją współprądową można podzielić na dwie części. W pierwszym etapie badano proces saturacji soku zdefekowanego bez zawracania soku na defekację wstępną. W drugim etapie badano przebieg

procesu saturacji, przy czym na defekację wstępną zwracano sok posaturacyjny w ilości 80 do 100% [4]. Alkaliczność soku wpływającego do saturatora wahała się od 1,2 do 1,3% CaO w pierwszej serii doświadczeń, zaś w drugiej serii od 0,65 do 0,75% CaO. W tabeli 46 zestawiono przykładowe wyniki niektórych badań. Z przytoczonych liczb widać że prze-



Rys. 117. Schemat budowy kotła saturacyjnego



Rys. 118. Schemat połączeń kotła I B w układzie przeciwbieżnym

ważająca część wodorotlenku wapniowego zostaje odsaturowana już w pierwszej komorze. W dalszych cyrkulatorach następuje jedynie wyrównanie alkaliczności soku aż do uzyskania takiej wartości pH, jaka jest pożądana dla soku opuszczającego saturator.

Praca aparatu cyrkulacyjnego charakteryzuje się tym, że zmiana nastawy zaworu gazowego powoduje już po 20 sekundach zmiany alkaliczności wpływającego soku. Po upływie 30 sekund cały układ dochodzi do

Tabela 46

Przebieg saturacji współprądowej

	Alkaliczność soku w g CaO na 100 ml			
	bez zawracania soku		z zawracaniem soku	
sok wprowadzany do saturatora	1,26	1,20	0,75	0,65
kurek 1	0,139	0,130	0,133	0,140
kurek 2	0,132	0,120	0,129	0,117
kurek 3	0,128	0,111	0,117	0,098
kurek 4	0,120	0,098	0,112	0,080
kurek 5	0,121	0,079	0,060	0,075
kurek 6	0,103	0,065	0,055	0,060
alkaliczność soku wypływającego po saturacji	0,111	0,075	0,063	0,079
pH soku wypływającego po saturacji	11,0	10,9	10,8	11,0
F_k soku wypływającego po saturacji	7,6	6,6	5,2	5,7

równowagi. Dzieje się to dzięki bardzo szybkiej cyrkulacji soku w każdej komorze, wywołanej — jak to podano wyżej — różnicą ciężarów właściwych.

Wykorzystanie gazu saturacyjnego w kotle wahało się od 68 do 70 %, przy czym stwierdzono wyższe wykorzystanie gazu, gdy zawartość CO_2 we wprowadzanym gazie saturacyjnym przekraczała 33 %. Zauważono również, że wykorzystanie gazu wzrastało przy zwiększaniu przepływu soku przez saturator. Można z tego wyciągnąć wniosek, że zawracanie części odsaturowanego soku do saturatora poprawia wykorzystanie gazu.

Dalsze badania prowadzono w saturatorze cyrkulacyjnym — przeciwpłądowym. Zasadnicza budowa saturatora jest analogiczna, zastosowano jedynie inne połączenia, zgodnie z rys. 118. Sok poddawany saturacji wprowadzany jest do najwyższej komory cyrkulacyjnej a wypływa z dołu aparatu. Gaz saturacyjny wprowadzany jest od dołu i kolejno przepływa przez wszystkie komory, zgodnie z zasadą przeciwpłądu. Równocześnie jednak wewnątrz każdego cyrkulatora gaz płynie we współprądzie z sokiem.

Badania przeciwpłądowego saturatora miały na celu porównanie wpływu zmienionego układu na wykorzystanie gazu oraz określenie czasu koniecznego do osiągnięcia równowagi układu podczas regulacji. Aparat był zaopatrzony w kurki probiercze w celu śledzenia alkaliczności soku w poszczególnych punktach aparatu. Przykładowe wyniki doświadczeń zestawiono w tabeli 47.

Podobnie jak w układzie współprądowym, także w układzie przeciwpłądowym, przeważająca część wapna zostaje odsaturowana w komorze, do której wprowadzany jest zdefekowany sok. W dalszych komorach na-

Tabela 47

Przebieg saturacji przeciwpądowej

	Alkaliczność soku w g CaO na 100 ml		
	bez zawracania soku		
sok wprowadzany do saturatora	1,27	1,23	1,20
kurek 1	0,155	0,149	0,125
kurek 2	0,146	0,130	0,134
kurek 3	0,088	0,111	0,088
kurek 4	0,071	0,077	0,080
kurek 5	0,067	0,063	0,046
kurek 6	0,032	0,049	0,039
alkaliczność soku wypływającego po saturacji	0,069	0,094	0,059
pH soku wypływającego po saturacji	10,9	11,0	10,7
F_k soku wypływającego po saturacji	6,5	7,3	6,0

stępuje wyrównanie alkaliczności, przy czym zauważono, że w ostatniej komorze sok łatwo ulega przesaturowaniu.

Ze względu na mały przekrój połączeń sokowych między komorami, występowały pewne trudności przy zawracaniu soku saturacyjnego. Jakość soku i jego szybkość filtracji nie odbiegały od wyników uzyskiwanych przy saturacji współpądowej. Stwierdzono natomiast lepsze wykorzystanie dwutlenku węgla w gazie saturacyjnym, które przekraczało 75%. Temperatura soku podczas wszystkich doświadczeń wahała się od 79° do 82°C.

Układ saturacji przeciwpądowej miał większą bezwładność, to znaczy po zmianieniu nastawy zaworu gazowego dochodził do równowagi w okresie dłuższym niż 60 sekund. Jednakże był to czas dostatecznie krótki, aby regulować przebieg procesu zarówno systemem ręcznym jak i za pomocą samoczynnej regulacji.

Aby wypróbować w skali technicznej przebieg defekosaturacji w saturatorze cyrkulacyjnym, przeprowadzono badania w układzie kilku aparatów saturacyjnych (saturacja wielokotłowa). Odsaturowany sok z I kotła kierowano do dalszych saturatorów (współpądowych), w których do pierwszej komory wprowadzano równocześnie oddzielnymi rurami mleko wapienne. Saturatory te były wyposażone w kurki do pobierania soku analogicznie jak to przedstawiono na rys. 117. Wyniki badania defekosaturacji ciągłej w saturatorze cyrkulacyjnym w układzie współpądowym przedstawiono w tabeli 48. Podczas kolejnych doświadczeń dodawano do I komory saturatora mleko wapienne w ilości 0,5% CaO na buraki. Stwierdzono, że podobnie jak w poprzednich badaniach główna część

Tabela 48

Przebieg defekosaturacji w ostatnim aparacie wielokotłowej saturacji I

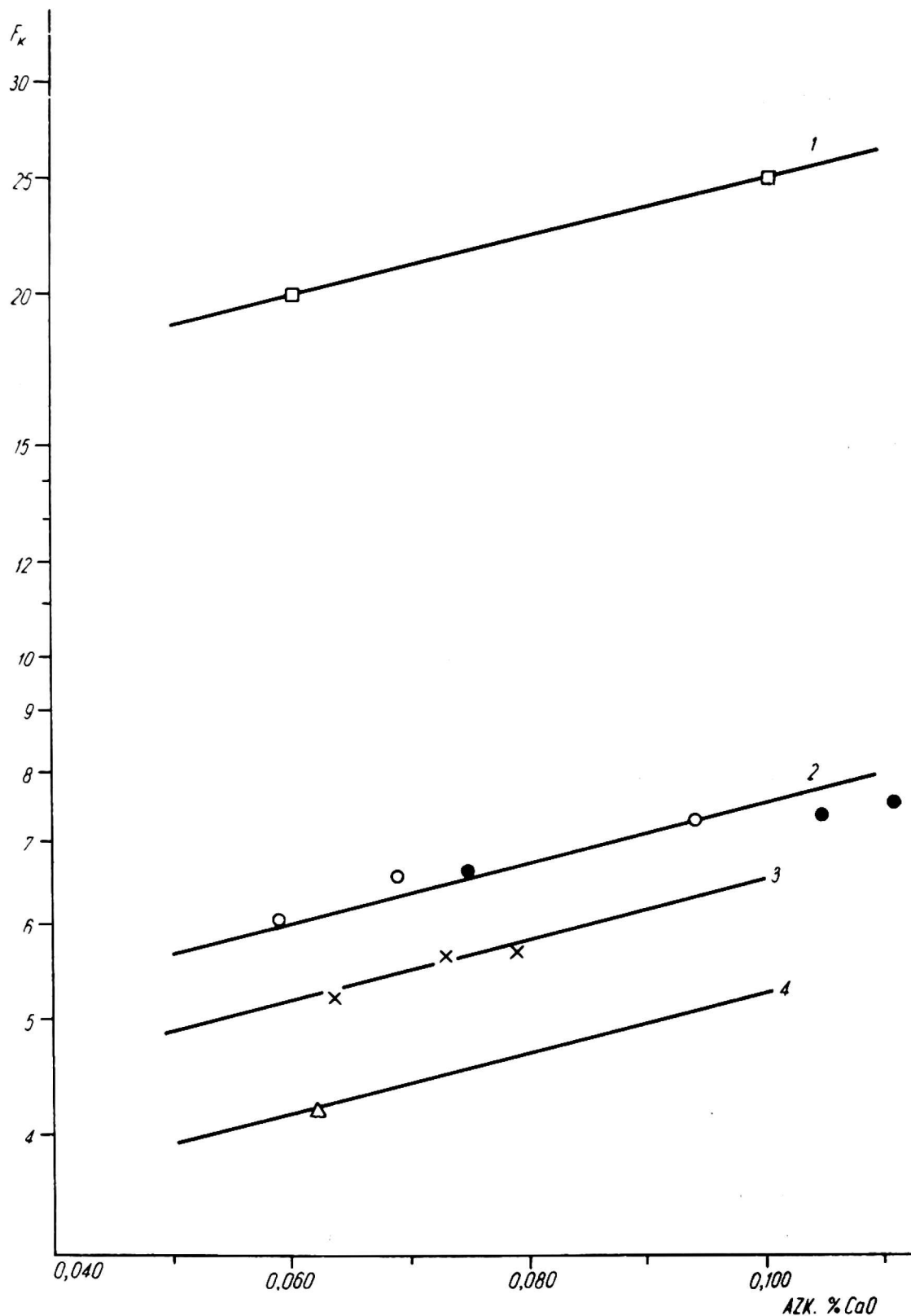
	Alkaliczność soku w g CaO na 100 ml		
	bez zwracania soku	z zwracaniem soku po I saturacji do defekacji wstępnej	z zwracaniem soku przesaturowanego do defekacji wstępnej
sok wprowadzany do saturatora	0,112	0,088	0,036
kurek 1	0,148	0,145	0,140
kurek 2	0,147	0,135	0,126
kurek 3	0,113	0,104	0,092
kurek 4	0,106	0,090	0,086
kurek 5	0,090	0,080	0,064
kurek 6	0,079	0,069	0,058
alkaliczność soku wypływającego po saturacji	0,105	0,073	0,062
pH soku wypływającego po saturacji	11,0	10,9	10,8
F_k soku wypływającego po saturacji	7,4	5,6	4,2

wapna była odsaturowana w I komorze. Bezładność aparatu była mała i układ po zmianie nastawy szybko dochodził do równowagi. Wykorzystanie gazu było nieco mniejsze i wahało się w granicach 60% do 65%. Przy mniejszej dawce wapna niż 0,5% CaO wykorzystanie gazu znacznie obniżało się.

Wszystkie aparaty cyrkulacyjne były połączone z pH-metrami przemysłowymi, które samoczynnie sterowały zaworami doprowadzającymi gaz saturacyjny. Do kontroli przebiegu saturacji służyły pH-metry przemysłowe KC-1 z elektrodą antymonową [5]. Na podstawie badań stwierdzono, że należy zmniejszyć szybkość zmian zaworu dławiącego, aby nie powodować przeregulowania układu. Impulsy nadawane przez pH-metr nie powinny następować wcześniej, nim układ nie dojdzie do równowagi.

Badania wykazały, że nie można stwierdzić zasadniczego wpływu układu współprądowego lub przeciwprądowego na jakość osadu i soku saturacyjnego. Natomiast potwierdzony został wpływ końcowej alkaliczności soku na wielkość współczynnika F_k . Zależność tę można na wykresie półlogarytmicznym wyrazić w przybliżeniu linią prostą (rys. 119). Na wykresie przedstawiono na osi odciętych alkaliczność soku, a na osi rzędnych współczynnik filtracji w skali logarytmicznej. Porównanie wyników

pracy saturatora cyrkulacyjnego z pracą saturatorów periodycznych lub przeciwprądowych saturatorów ciągłych, pozwala ocenić zalety saturatorów cyrkulacyjnych. Na rysunku 119 prosta 1 została wykreślona na podstawie metody najmniejszych kwadratów dla wyników uzyskanych w saturatorach periodycznych, a prosta 2 dla saturatorów cyrkulacyjnych.



Rys. 119. Zależność współczynnika filtracji F_k od sposobu prowadzenia saturacji: 1 — saturacja periodyczna, 2 — saturacja cyrkulacyjna, 3 — saturacja cyrkulacyjna z zawracaniem soku, 4 — saturacja cyrkulacyjna z zawracaniem przesaturowanego soku

Proste 3 i 4 charakteryzują średnie wyniki pracy saturatorów cyrkulacyjnych przy zawracaniu soku saturacyjnego na defekację wstępną oraz przy zawracaniu soku przesaturowanego.

W wyniku przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że saturatory cyrkulacyjne nadają się do zastosowania w przemyśle cukrowniczym, zwłaszcza przy samoczynnej regulacji. Mała bezwładność i dobre wykorzystanie gazu są ich zasadniczymi zaletami. W czasie wielotygodniowej pracy aparatów cyrkulacyjnych nie zaobserwowano zarastania powierzchni cyrkulatorów a wszystkie wloty gazu i soku pozostały czyste przez cały czas kampanii. Lepsze wykorzystanie gazu w układzie przeciwnym, wymaga nieco większej różnicy poziomów między napływem a odpływem soku z aparatów. Ponieważ aparaty przeciwnieprądowe mają znacznie większą bezwładność, przeto konieczne jest powolniejsze sterowanie zaworami za pomocą pH-metrów, niż w przypadku aparatów współprądowych.

LITERATURA

1. S. Zagrodzki, W. Winiarski, K. Szczucka, A. Kowalski, *Gaz. cukrown.* **59**, 315 (1957)
2. S. Zagrodzki, H. Zaorska, *Gaz. cukrown.* **61**, 8 (1959)
3. S. Zagrodzki, *Pat. P.* 44996 (1961)
4. S. Zagrodzki, H. Zaorska, *Międzynarod. Konfer. Chemii i Techn. Cukrown.* Łódź 2/10, s. 205, 1962, *Gaz. cukrown.* **65**, 45 (1963)
5. S. Zagrodzki, J. Dobrzycki, *Gaz. cukrown.* **63**, 228 (1961)