

## BADANIA DIAGNOSTYCZNE MASZYN PAPIERNICZYCH

Rolisław ROGUT, Włodzimierz KAWKA

Instytut Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej  
93-005 Łódź, ul. Wólczańska 223, fax 42 631 38 01, e-mail: rrogut@p.lodz.pl

### Streszczenie

Przedstawiono metody i techniki pomiaru pulsacji masy w układzie doprowadzania masy do wlewu, parametrów mikroturbulencji masy we wlewie, zawartości powietrza w masie papierniczej, stężenia (suchości) formowanej wstęgi papieru wzdłuż części sitowej, profilu wilgotności filców prasowych i ich przepuszczalności.

Przedstawiono również przykładowe wyniki pomiarów wykonanych dla kilku różnych maszyn papierniczych wraz z ich interpretacją. Wyniki takich pomiarów dostarczają niezbędnych informacji dla usprawnienia pracy maszyn, oszczędności energii i poprawy jakości papieru.

Słowa kluczowe: badania, maszyna papiernicza, pulsacje, odwadnianie

### DIAGNOSTIC INVESTIGATIONS OF PAPER MACHINES

#### Summary

In the paper are presented the techniques for measuring pressure variations in the stock approach system, microturbulence parameters within the headbox, air content in the paper stock, consistency (dryness) of the paper web being formed along wire part, moisture profile of press felts and their permeability.

Some results of such measurements made on a few different paper machines are presented adequately. The analysis of these results supply the information required for improving the machine operation, energy saving and upgrading paper quality.

Keywords: investigation, paper machine, pulsations, dewatering

#### 1. WSTĘP

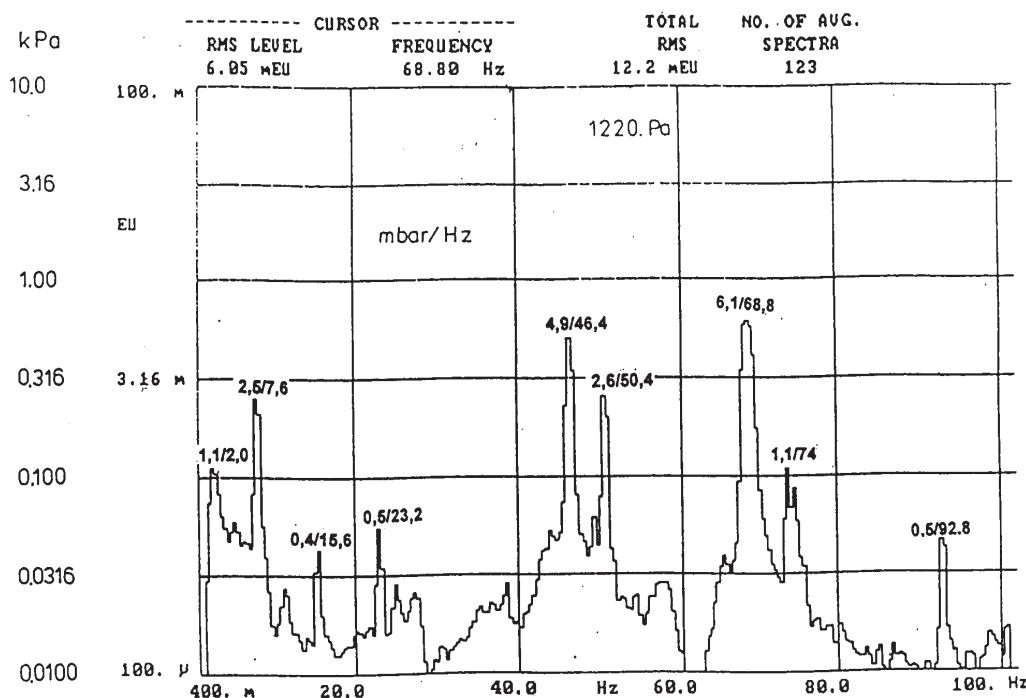
Badania diagnostyczne maszyn papierniczych stanowią ważne ogniwo w procesie ich prawidłowej eksploatacji. Wyniki badań dostarczają informacji niezbędnych do usprawnienia pracy maszyn i polepszenia jakości papieru. Analiza tych wyników stanowi podstawę do podejmowania wielu ważnych decyzji np. o potrzebie zmiany technologii lub modernizacji maszyny. Pomiary parametrów pracy są wykonywane również pod kątem zmiany lub rozszerzenia profilu produkcji na maszynie papierniczej. Konieczne są wreszcie w celu optymalizacji parametrów pracy maszyny.

#### 2. UKŁAD DOPROWADZANIA MASY DO WLEWU I WLEW

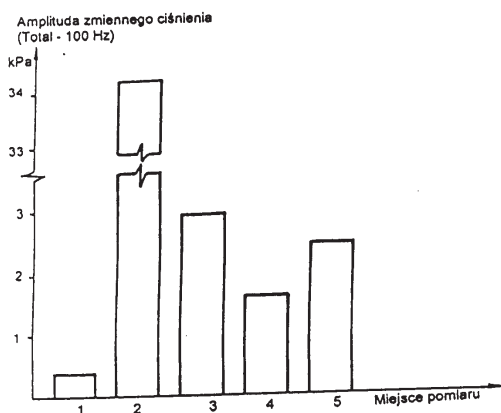
Wlewy hydrauliczne są wrażliwe na wahania ciśnienia wywołane w układzie doprowadzania masy, które mogą spowodować znaczne i trwałe wahania gramatury w kierunku wzdłużnym. W celu zidentyfikowania źródła zakłóceń lub ocenienia skuteczności zastosowanego systemu tłumienia należy przeprowadzić pomiary pulsacji masy w kilku miejscach w układzie doprowadzania masy do wlewu, np.:

- na rurociągu masy gęstej z kadki stałego poziomu do pompy mieszalnej,
- na rurociągu pierwszej wody podsitowej przed pompą,
- na rurociągu między pompą a hydrocyklonami,
- między drugą pompą a sortownikami,
- po sortownikach przed tłumikiem,
- po tłumiku przed wlewem,
- we wlewie.

Do tego typu pomiarów stosujemy zestaw pomiarowy składający się z czujników ciśnienia typu 601A f-my Kistler i analizatora drgań typu 2515 f-my Bruel & Kjaer. Wyniki pomiarów pulsacji przedstawiamy następnie na wykresach zmiennego ciśnienia w funkcji częstości. Przykładowy wykres w paśmie do 100 Hz z pomiarów wykonanych za pompą mieszalną w maszynie A przedstawiony jest na rys. 1 natomiast na rys. 2 przedstawiona jest amplituda zmiennego ciśnienia w pięciu punktach układu doprowadzania masy w maszynie A. Analiza tych wykresów łącznie z wykresem gramatury w kierunku wzdłużnym pozwala na zidentyfikowanie zakłóceń mających główny wpływ na wahania gramatury w tym kierunku. Za pomocą takich pomiarów możemy również ocenić działanie wlewu (pod względem wytwarzania odpowiedniej mikroturbulencji, niezbędnej dla właściwej deflokulacji masy).



Rys. 1. Charakterystyka widmowa pulsacji ciśnienia w punkcie pomiarowym 2-maszyna A



Rys. 2. Zmiana sumarycznej amplitudy zmiennego ciśnienia w różnych punktach układu doprowadzania masy do wlewu-maszyna A  
 1-rurociąg wody obrotowej przed pompą mieszalną,  
 2-za pompą mieszalną, 3-między hydrocyklonami a sortownikami, 4-przed wyrównywaczem strumienia,  
 5-we wlewie

Wyniki pomiarów parametrów przepływu burzliwego we wlewie, przed szczeliną przepływową, przedstawiane są również w formie charakterystyki widmowej pulsacji ciśnienia (rys.3). Na wykresach tych oprócz skali częstotliwości, nanoszona jest również skala długości fal pulsacji ciśnienia. Długość fal pulsacji ciśnienia oblicza się z zależności:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

gdzie:

- v – prędkość średnia masy w miejscu zamocowania czujnika, m/s;
- f – częstotliwość, Hz.

W przypadku przedstawionym na rys.3 obszar korzystnych, ze względu na deflokulację mikroturbulencji występował w zakresie długości fal ok. 0,05 m.

Również nadmierna zawartość powietrza w masie papierniczej może być przyczyną wielu zaburzeń technologicznych w procesie wytwarzania papieru, a także wpływa na jakość gotowego wytworu. Do pomiaru zawartości powietrza w masie stosowane są metody wagowe, optyczne, destylacyjne, ekspansyjne itp. Wszystkie te metody polegają na oznaczaniu zawartości powietrza w pobranych próbkach masy. Najszybciej można oznaczyć zawartość powietrza metodą ekspansyjną. My stosujemy do tego celu aparat Celleco Gas Tester – 3, który pozwala oznaczyć zawartość powietrza w czasie ok. 5 min. Przykładowe wyniki pomiarów zawartości powietrza w masie przed maszyną B przedstawione są na rys. 4.

### 3. CZĘŚĆ SITOWA

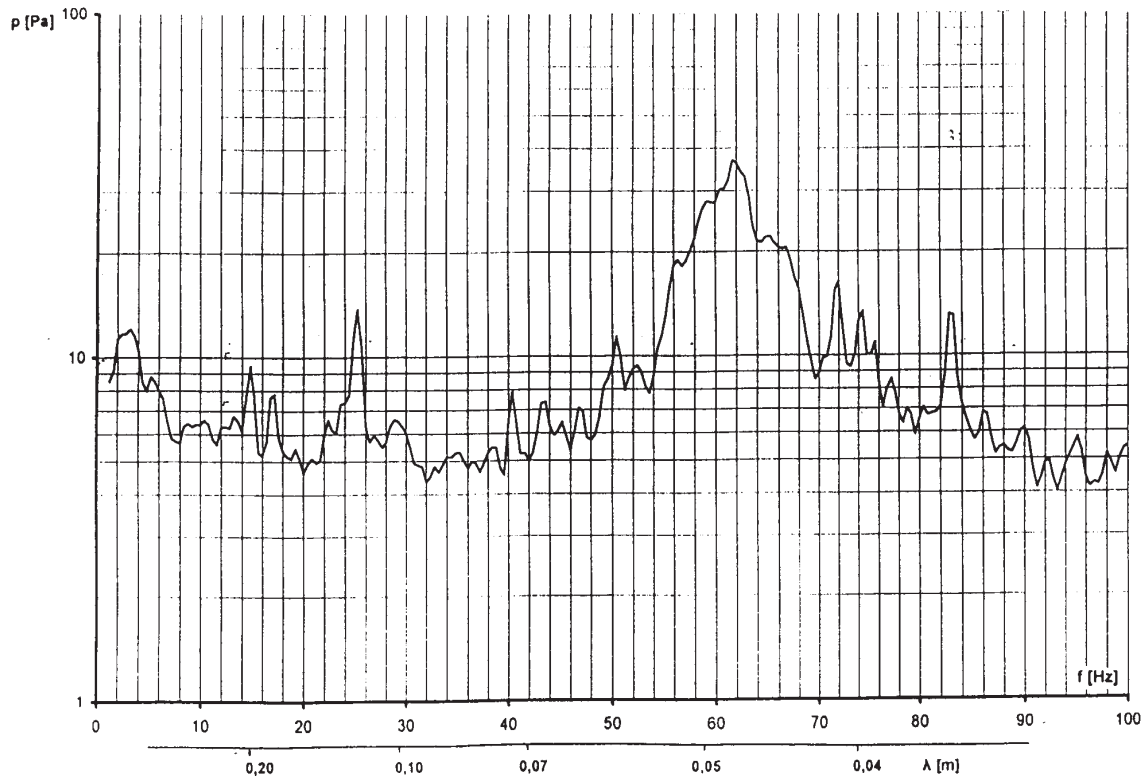
W celu dokonania analizy przebiegu odwadniania w części sitowej należy wykonać wykres „krzywej odwadniania”. Do tego potrzebne są wyniki

pomiarów stężenia (suchości) wzdłuż stołu sitowego. Pomiaru te można wykonać za pomocą:

1. „Zdmuchiwanie” próbek z różnych miejsc sita przy użyciu sprężonego powietrza.
2. Ultradźwiękowego miernika odwadniania np. f-my Unaform. Aparat ten umożliwia nam pomiar odwodnienia od stołu sitowego do linii suchej bez powodowania zrywów. Mierzy on właściwie grubość warstwy zawiesiny znajdującej się na sicie.

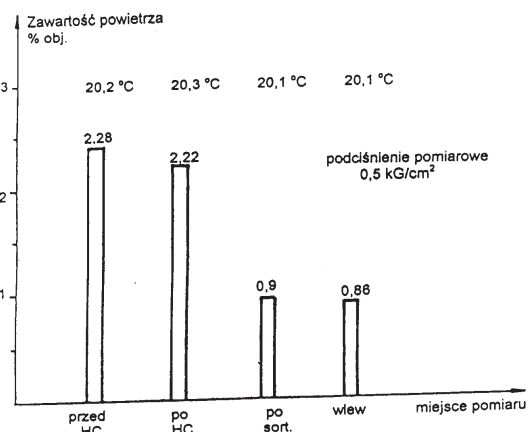
3. Miernika działającego na zasadzie tłumienia mikrofal. Mierzy on również grubość warstwy zawiesiny na sicie.

4. Miernika wykorzystującego promienie gamma do pomiaru gęstości zawiesiny (wstęgi). Można go stosować do pomiarów w całej części sitowej.



Rys.3. Wyniki pomiarów pulsacji ciśnienia we wlewie - maszyna B

Przykładowa krzywa odwadniania dla maszyny C przedstawiona jest na rys. 5. W tym przypadku przebieg odwadniania był nieprawidłowy, zbyt duży na początku zespołu rejestrowego, a za mały w dalszej części tego zespołu. Natomiast mokra skrzynka ssąca odprowadzała bardzo dużą ilość wody, co było spowodowane zbyt małą suchością wstęgi przed tą skrzynką. Również przebieg odwadniania w zespole skrzynek ssących był bardzo nieprawidłowy. Odwadnianie praktycznie zachodziło na pierwszych 5-6 skrzynkach a pozostałe powodowały jedynie niepotrzebne obciążenie układu próżniowego i duży opór napędu sita. Ten nieprawidłowy przebieg odwadniania spowodowany był niewłaściwym stopniowaniem podciśnienia w kolejnych skrzynkach ssących.

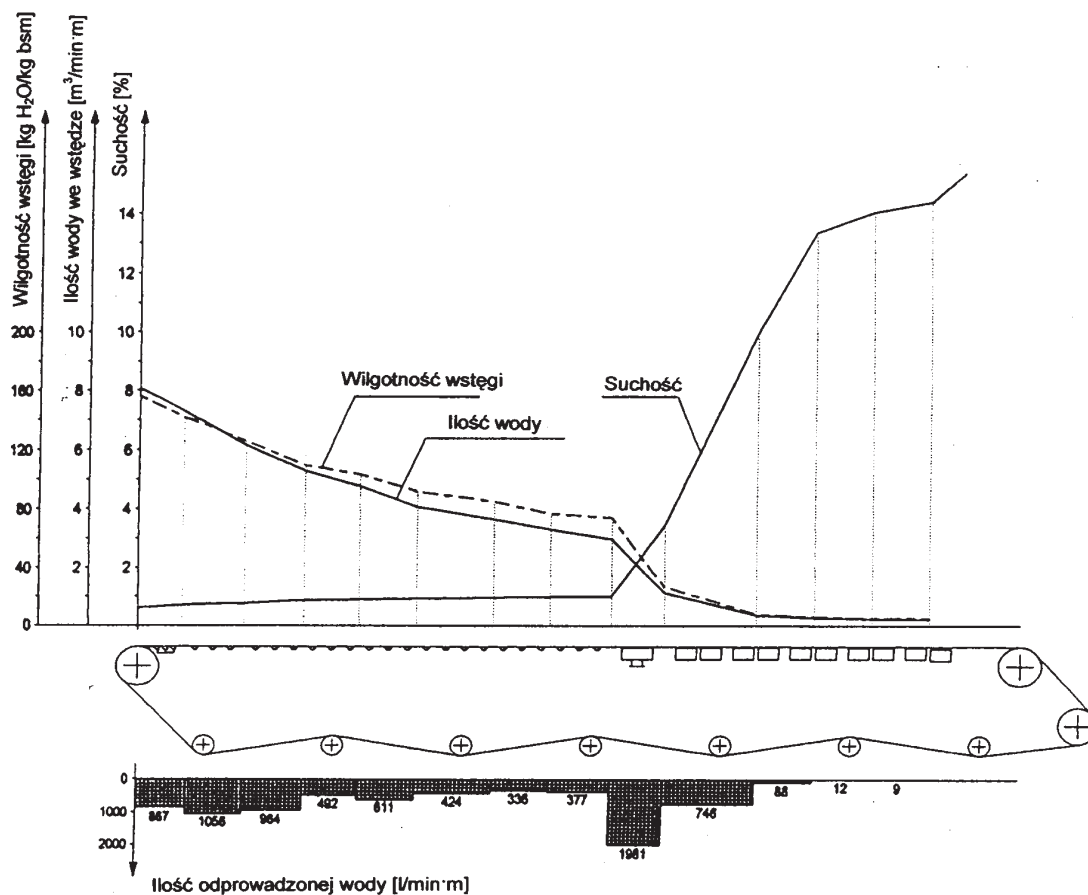


Rys. 4. Średnie wyniki pomiarów zawartości powietrza w masie w układzie doprowadzania i we wlewie

#### 4. CZĘŚĆ PRASOWA

Na efektywność odwadniania wstęgi papieru w części prasowej wpływa wiele parametrów, wśród najważniejszych z nich można wymienić [1]:

- impuls prasowania (iloczyn ciśnienia i czasu docisku,
- rodzaj, ilość i stan filców,
- temperatura wstęgi,
- wtórne nawilżanie.



Rys. 5. Krzywe odwadniania wzdłuż stołu sitowego – maszyna C

Suchość wstęgi po prasie rośnie oczywiście wraz ze wzrastającym czasem prasowania i wzrastającym ciśnieniem prasowania, czyli ze wzrostem impulsu prasowania. Bardzo duży wpływ na suchość wstęgi po prasowaniu wywiera rodzaj i stan filców prasowych (ich wilgotność i przepuszczalność). Do oceny filców prasowych można wykorzystać następujące pomiary:

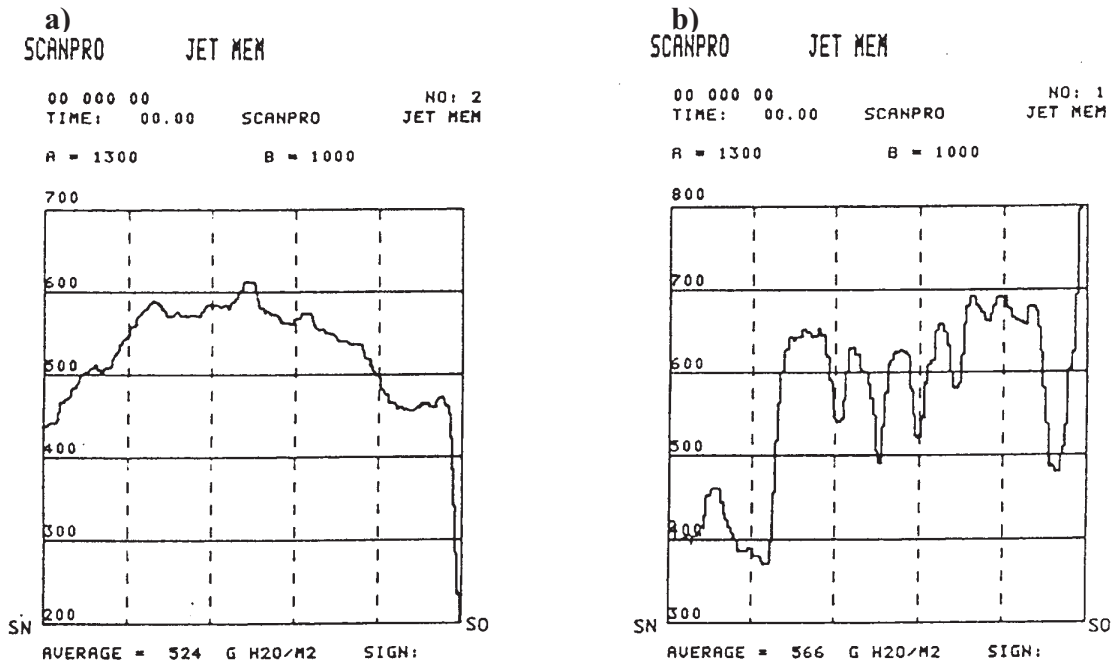
- wilgotności filców,
- podciśnienia w ssawkach,
- przepływu powietrza przez ssawki,
- przepuszczalności filców przy wykorzystaniu przepływu powietrza,
- przepuszczalności filców przy wykorzystaniu przepływu wody.

Do pomiaru wilgotności filców stosowany jest od wielu lat aparat Scanpro. W aparacie tym stosowane są mikrofały do oznaczania zawartości wody w filcu. Oprócz wilgotności średniej filców bardzo ważny jest profil rozkładu wilgotności filców na szerokości maszyny.

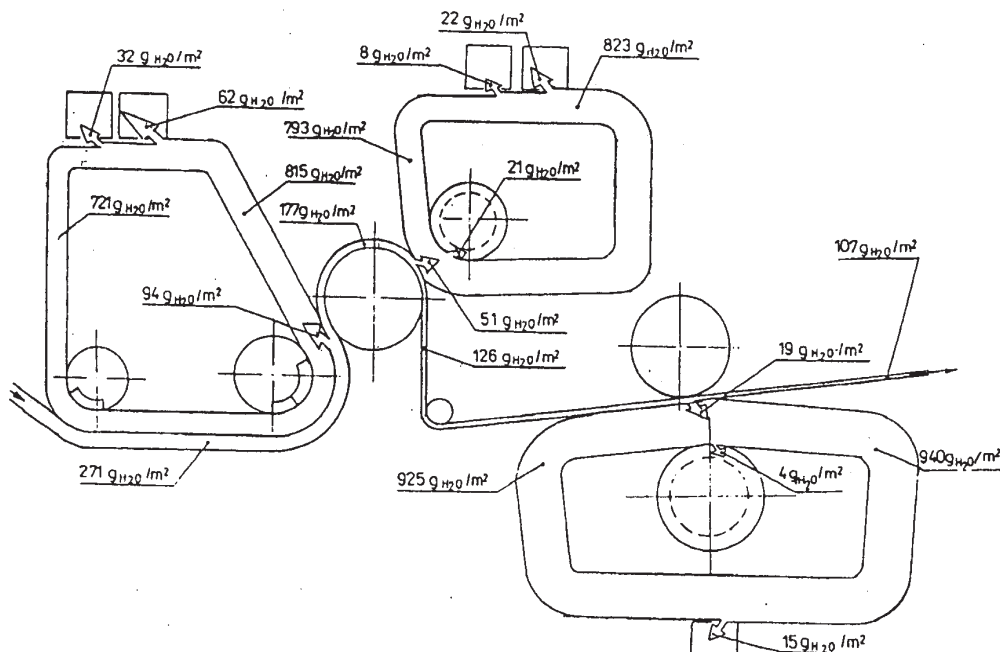
Przesuwając głowicę tego aparatu na szerokości filcu możemy otrzymać rozkład zawartości (czy wilgotności w %) wody w kierunku poprzecznym maszyny. Natomiast trzymając głowicę w jednym miejscu możemy zmierzyć profil wilgotności w kierunku wzdłużnym. Mierząc wilgotność filcu w różnych miejscach jego pętli możemy również wykonać bilans wodny prasy. Przykłady profili poprzecznych wilgotności filców przedstawione zostały na rys. 6. W przykładzie przedstawionym na rys. 6a wilgotność filcu w środku szerokości jest dużo większa niż na brzegach. Oznacza to, że docisk na tej prasie jest nieodpowiedni w stosunku do nadanej bombiastoci. Natomiast w przykładzie z rys. 6b oprócz dużej nierównomierności wilgotności na szerokości filcu, wykazuje on większą wilgotność po stronie obsługi niż po stronie napędu. Wskazuje to na nierównomierny docisk prasy po SO i SN. Na rys. 7 przedstawiony jest przykładowy bilans wodny całej części prasowej wykonany na podstawie pomiarów aparatem Scanpro. Z bilansu tego wynika, że III prasa

odprowadza zbyt mało wody ze wstęgi papieru a ponadto skuteczność działania ssawek, zwłaszcza II i III prasy, jest niezadowalająca. Ważnym parametrem filców jest ich przepuszczalność. Od przepuszczalności filców zależy opór przepływu wody ze wstęgi i dalej z filcu do przestrzeni magazynowych walców prasowych. Duży wpływ na

profil odwadniania wstęgi papieru wywiera również równomierność przepuszczalności na szerokości filcu. Informacji o zmianach przepuszczalności filców w trakcie ich eksploatacji mogą dostarczyć systematyczne odczyty podciśnienia w ssawkach lub pomiary przepływu powietrza przez ssawki.



Rys. 6. Profil wilgotności filcu na szerokości  
 a) – maszyna D, b) – maszyna E



Rys. 8. Bilans wodny części prasowej

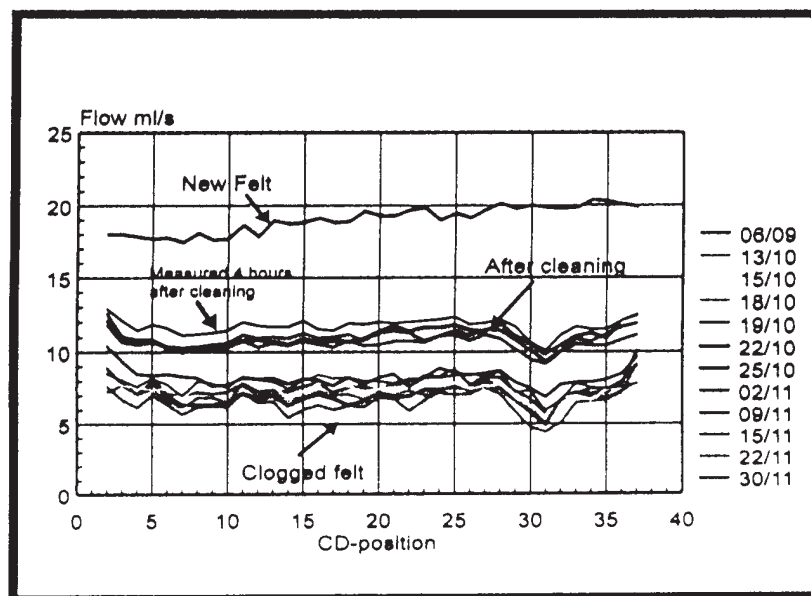
Do pomiarów przepuszczalności filców przy wykorzystaniu przepływu powietrza jest stosowany aparat Huyck-Smyth. Działanie tego aparatu polega na pomiarze spadku ciśnienia przy przepływie powietrza przez badany filc – przy określonej wartości podłączonego podciśnienia. Na podstawie tych pomiarów można określić współczynnik przepuszczalności filcu z poniższej zależności:

$$k_p = \frac{P_z - P_f}{P_z}$$

gdzie:

$p_z$  – podciśnienie przy całkowicie zamkniętej pokrywie głowicy,

$p_f$  – podciśnienie przy przepływie powietrza przez filc.



Rys. 8. Profile przepuszczalności filcu na szerokości[3]

Można np. śledzić zmiany tego współczynnika w czasie pracy filcu, od założenia nowego do czasu gdy na skutek zużycia i zanieczyszczenia trzeba go wymienić.

Do pomiaru przepuszczalności filców, przy wykorzystaniu przepływu wody, stosowany jest aparat FeltPerm[3]. Aparat ten mierzy ilość wody przepływającej przez filc (wypływającej z dyszy aparatu) w jednostce czasu. Za pomocą tego aparatu możemy również wykonać pomiar profilu przepuszczalności filcu na szerokości. Przykład takiego pomiaru jest przedstawiony na rys. 8.

Pomiary tym aparatem można np. przeprowadzić przed i po czyszczeniu filcu aby ocenić skuteczność czyszczenia i stan filcu.

Pomiary przepuszczalności filców prasowych są szczególnie pomocne do oceny skuteczności zastosowanego sposobu czyszczenia filców i wykrywania różnych usterek w pracy maszyny.

#### LITERATURA

[1] Kawka W., Ingielewicz H., Rogut R.: „Badania maszyn papierniczych jako droga do polepszenia jakości papieru i usprawnienia pracy maszyn”, *Przegl. Papiern.*, 50, 1, 23-28 (1994).  
 [2] Baker G.L., Eisert E.C.: „The Art. and Science of

Press Felt Cleaning and Conditioning”, *Tappi J.*, 82, 7, 48-54 (1999).

[3] *Paper Testing and Process Optimization*. Katalog 1995 i 2000 f-my Lorentzen a. Wettre.



Dr inż. Rolisław Rogut jest adiunktem w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej. Zajmuje się teorią, budową i eksploatacją maszyn papierniczych.



Prof. dr hab. Włodzimierz Kawka kieruje Z-dem Maszyn Papierniczych i Plytowych w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii PŁ. Jest autorem kilku podręczników i ponad 180 artykułów.