

WŁODZIMIERZ KAWKA  
MARIUSZ REZULSKI

Zakład Maszyn Papierniczych i Płytowych, Instytut Papiernictwa i Poligrafii, Politechnika Łódzka, Łódź

## Konsolidacja wstęgi papieru w prasie powietrznej

### Wstęp

W ostatnich kilkunastu latach wprowadzono do maszyn papierniczych metodę przedmuchowego odwadniania i suszenia papierów tissue, które nieco wcześniej zastosowano w wytwórstwie papierów filtracyjnych (m.in. do filtracji płynów spożywczych). Metoda ta zapewnia znacznie większą niż w metodach konwencjonalnych wydajność odwadniania i suszenia papieru bez nadmiernego zagęszczenia jego struktury. Celem artykułu jest przedstawienie metody badań takich procesów na stanowisku doświadczalnym.

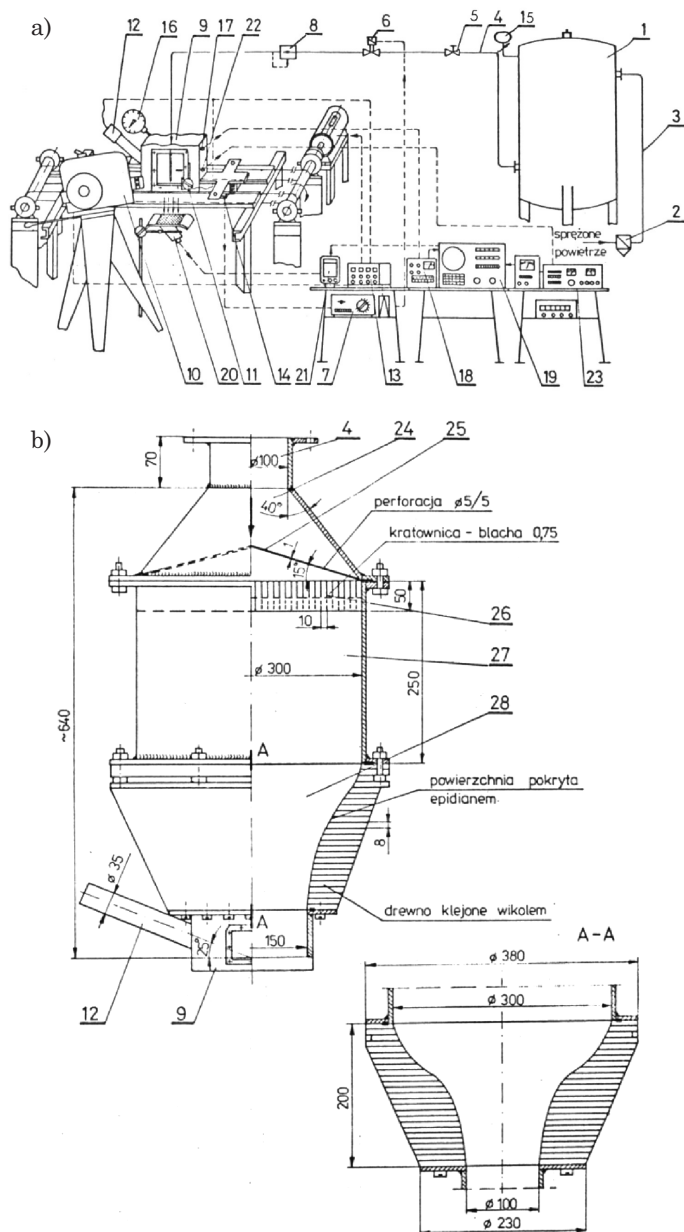
### Opis stanowiska pomiarowego

Specyfiką zbudowanego stanowiska pomiarowego jest możliwość jednoczesnej rejestracji ilości wody, odprowadzonej z próbek papieru i zmian grubości tych próbek w czasie ich przedmuchowego odwadniania. Z mokrego arkusza ( $220 \times 880$  mm) papieru uformowanego na urządzeniu typu *ctp 18* firmy *Allimans* wycinano próbki o wymiarach  $92 \times 142$  mm.

Następnie, próbki umieszczano na przepuszczalnym sicie zamocowanym w specjalnej ruchomej ramce, zainstalowanej w urządzeniu przedmuchowym w taki sposób, że przez pewien ściśle określony czas stanowiły one dno komory ciśnieniowej i poddawane były działaniu powietrza o zadanym ciśnieniu. Z tak powstałego arkusza wycinano również próbki do pomiaru: początkowej suchości  $s_p$  oraz grubości  $b_p$ . W czasie procesu przedmuchowego odwadniania próbek, można mierzyć w sposób ciągły, ilość odprowadzanej wody oraz filmować proces odkształcania próbek w celu określania zmian ich grubości. Schemat stoiska pomiarowego przedstawiony jest na rys. 1.

W skład stoiska wchodzi następujące elementy:

- przedmuchowe urządzenie odwadniające – 9 wraz z oprzyrządowaniem;
- zbiornik ciśnieniowy – 1 o pojemności  $3,5 \text{ m}^3$  (ciśnienie do 600 kPa), do którego doprowadzono powietrze ze stacji sprężarkowej poprzez osuszacz adsorpcyjny – 2;
- zespół rurociągów – 3 i – 4 o średnicach 60 i 100 mm z oprzyrządowaniem obejmującym zawór odcinający – 5,



Rys. 1. Schemat stoiska pomiarowego, a) system urządzeń i aparatów, b) schemat urządzenia doprowadzającego powietrze z rurociągu do komory ciśnieniowej (kanału przepływowego)

zawór redukcyjny – 8 typu ZRC Z6 oraz zawór elektromagnetyczny – 6 typu ZE 435 sterowany za pomocą elektronicznego regulatora czasowego – 7 o zakresie regulacji od 0 do 10 s;

- kamera filmowa typu *Pentazet* – 10 z taśmą 16 mm wyposażoną w obiektyw o ogniskowej 125 mm z nasadką 1 : 1 i przystosowana do wykonywania zdjęć z częstotliwością od 300 do 3000 klatek /s. Dodatkowe wyposażenie stanowił optyczny znacznik czasu;
- mikrofalowy czujnik wilgotności typu *M/K Systems 400 R* zainstalowany bezpośrednio pod wylotem z komory ciśnieniowej – 9 i służący do ciągłego pomiaru ilości wody odprowadzanej z próbki papieru. Sygnał elektryczny z tego czujnika (o częstotliwości własnej 1 kHz) podawany był poprzez wzmacniacz – 21 do oscyloskopu – 19 i rejestrowany w jego pamięci. Stosowano oscyloskop wielokanałowy z pamięcią typu *KR-7401* produkcji *KAB i D-2 AE Radiotechnika Wrocław*;

– aparatura kontrolno-pomiarowa.

Głównym elementem stoiska pomiarowego jest urządzenie przedmuchowe z komorą ciśnieniową – 9 wraz z zainstalowanymi pod nią prowadnicami przesuwanej ramki pomiarowej i elementami doprowadzającymi powietrze.

Powietrze do komory ciśnieniowej (9) doprowadzane było rurociągiem – 4 o średnicy 100 mm przez specjalnie zaprojektowane urządzenie składające się z dyfuzora – 24, wstępnej komory ciśnieniowej – 27 i dyszy – 28 doprowadzającej powietrze do komory – 9. Wewnątrz dyfuzora i wstępnej komory ciśnieniowej zainstalowano elementy, wywołujące turbulencje powietrza: blachę perforowaną ( $\text{Ø}5/5$ ) o grubości 1 mm wykonaną w kształcie stożka o kącie  $15^\circ$  oraz kratownicę wykonaną z pociętej i odpowiednio powyginanej blachy o grubości 0,75 mm (25 i 26). Dysza – 28 wykonana była ze sklejki drewnianej klejonej wikolem. Wewnętrzna powierzchnia dyszy została pokryta epidianem i następnie była polerowana ręcznie. Celem zaprojektowania i wykonania, przedstawionych na rys. 1b elementów doprowadzających powietrze do komory ciśnieniowej – 9 było zminimalizowanie grubości warstwek przyściennych powietrza w tej komorze (do wartości rzędu  $3 \div 4$  mm) oraz zapewnienie jednorodnego pola prędkości powietrza w komorze nad badaną próbką papieru. Cienkie warstewki przyścienne są rozpraszane przez występy prowadnic ramki pomiarowej i nie wywierają wpływu na proces odwadniania próbki.

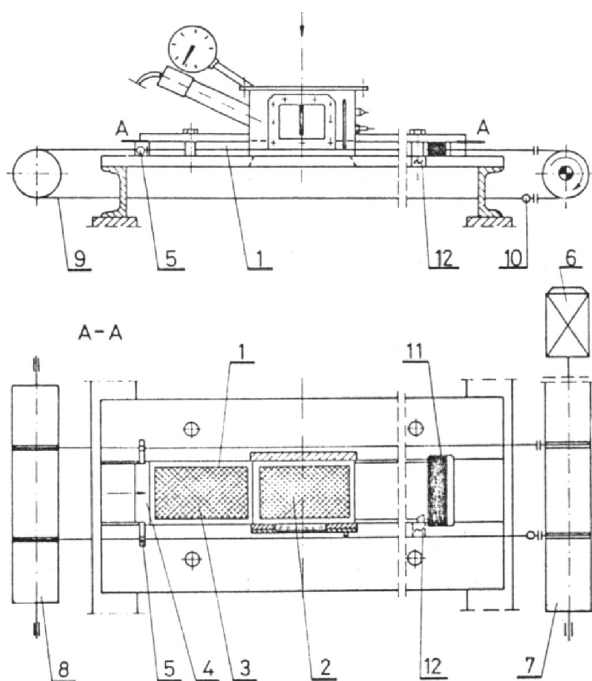
Dla pomiaru ciśnienia powietrza  $p_o$  w komorze – 9 zainstalowano w niej manometr zegarowy – 16 oraz czujnik piezoelektryczny – 17 typu 4101 A 2 firmy *Kistler*, z którego sygnał przekazywany był poprzez wzmacniacz – 18 typu 4653 tej samej firmy do oscyloskopu – 19 i rejestrowany w jego pamięci.

W obu prostopadłych do siebie bokach komory ciśnieniowej – 9 wykonano otwory pomiarowe – 22, poprzez które wprowadzono do środka sondę anemometryczną typu 55 AZZ firmy *DISA* (o częstotliwości własnej 20 kHz) do ciągłego pomiaru prędkości przepływającego powietrza. Sonda ta współpracowała z zestawem aparatury termooanemometrycznej firmy *DISA*. Sygnał elektryczny podawany był na oscyloskop typu *KR-7401i* rejestrowany w jego pamięci oraz na woltomierz cyfrowy *V-540 Meratronik*.

W czasie filmowania procesu odkształcania próbek papieru sondy są wyjmowane, a otwory pomiarowe zaślepione. Z boku komory ciśnieniowej – 9 zainstalowano również podświetlacz mikroskopowy próbki papieru – 11 sprzężony elektrycznie z układem optycznym – 12 a zasilany poprzez autotransformator i tablicę rozdzielczą – 13. Budowę i działanie przedmuchowego urządzenia odwadniającego zamieszczono na rys. 2 i 3 odpowiednie przekroje przez komorę ciśnieniową – 9.

Przesuwana ramka pomiarowa (Rys. 2) składa się z dwóch części – 2 i 3. Ramka wykonana jest ze stopu aluminium. W jej obu częściach poprzez wciskanie ramek wewnętrznych – 1, wykonanych z tekstolitu, zamocowane są sита fosforobrazowe o numerze 22. Na sicie – 2 kładzie się materiał o przepuszczalności powietrza, zbliżonej do przepuszczalności badanego papieru, a na sicie – 3 próbkę tego papieru. Ramka, umieszczona na prowadnicach, jest przesuwana bardzo szybko za pomocą układu napędowego, współpracującego z silnikiem wysokoobrotowym – 6. Był to silnik szlifierki ręcznej o liczbie obrotów, równej  $317 \text{ s}^{-1}$ . Układ napędowy obejmuje wałki: napędowy – 7 i prowadzący – 8, oraz paski gumowe – 9 z zaczepami – 10. Po obu stronach ramki zamocowane są prze-

ty prowadzące – 5. W chwili początkowej ramka pomiarowa – 4 usytuowana była w takim położeniu, że jej pierwsza część – 2 z wzorcowym materiałem przepuszczalnym znajdowała się pod komorą ciśnieniową (stanowiła jej dno), a zaczepy na paskach – 9 były tak ustawione jak to pokazano na rys. 2. Po ustawieniu optymalnej wartości ciśnienia w komorze ciśnieniowej – 9, (Rys. 1) następowało bardzo szybkie przesunięcie ramki w położenie robocze, w którym dno tej komory stanowiła druga (robocza) część ramki – 3 z usytuowaną na sicie próbką papieru. Rozpoczął się proces przedmuchowego odwadniania badanej próbki papieru.

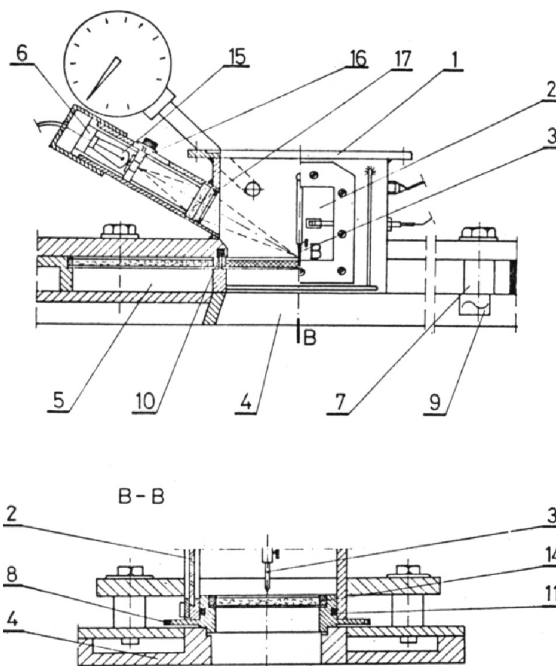


Rys. 2. Komora ciśnieniowa urządzenia przedmuchowego wraz z prowadzicami ramki

W miejscu uderzenia przedniej krawędzi ramki o podstawę urządzenia zainstalowano wkładkę amortyzującą. Równocześnie z tym uderzeniem (po bardzo szybkim przesuwie) przednia krawędź ramki wciska ramię mikrołącznika – 12 synchronizującego pracę aparatury kontrolno-pomiarowej z położeniem ramki oraz włączającego elektroniczny regulator czasu – 7, sterujący zaworem elektromagnetycznym – 6 na rurociągu doprowadzającym powietrze do urządzenia przedmuchowego.

W czasie wykonywania pomiarów pasek napędowy – 9 ślizgał się w rowkach walca napędowego – 7, a zaczep – 10 utrzymywał pręty prowadzące – 5, i ramkę w stałym położeniu. Wyjściowe położenie zaczepów – 10 na paskach – 9, pokazane na rys. 2, umożliwiało uzyskanie przez silnik napędzający – 6, odpowiedniej prędkości obrotowej, zapewniającej przesuw ramki z prędkością ok.  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Czas przesunięcia ramki z położenia początkowego w położenie robocze wynosił zaledwie 0,01 s, co przy stosowanym pomiarowym przedziale czasu w granicach od 0,1 do 10,0 s zapewniało właściwą dokładność pomiarów. Na rys. 3 pokazany jest układ optyczny, zainstalowany wewnątrz rury przyspawanej do korpusu komory nadmuchowej. Składa się on ze źródła światła – 15, przesuwanej przesłony – 16 oraz zespołu



Rys. 3. Komora ciśnieniowa urządzenia przedmuchowego wraz z układem optycznym

soczewek skupiających – 17. Jako źródło światła zastosowano żarówkę 30 W/6V typu *Nava*, która ma włókno żarzenia blisko bańki szklanej i tym samym zapewnia oświetlenie punktowe.

Prześlona ma szczelinę regulowaną w zakresie od 0,1 do 1,0 mm. Zespół soczewek skupiających dawał wypadkową ogniskową równą 90 mm.

Wnętrze rury optycznej i komory nadmuchowej zostało pomalowane czarną farbą matową.

Umożliwia to filmowanie ruchu powierzchni odwadnianej próbki papieru (wskutek jej odkształcania się) oraz precyzyjne ustalenie zmian położenia punktu świetlnego na tej powierzchni względem utwierdzonego, po środku komory nadmuchowej, wskaźnika – 3 o regulowanym położeniu. W przedniej części komory umieszczono szybkę optyczną – 2, przez którą można było obserwować proces odwadniania próbki papieru.

Na opisanym stoisku, można mierzyć podstawowe wielkości charakteryzujące proces przedmuchowego odwadniania próbek papierów tj. zmiany w czasie  $t$  wydajności odwadniania  $Q_w(t)$  i grubości papieru  $b(t)$ .

### Podsumowanie

Artykuł stanowi pierwszą część pracy dwuczęściowej. Zawiera on oryginalną metodologię pomiarów, opracowanych w ramach rozprawy habilitacyjnej [1]. Wyniki pomiarów i wnioski zostaną opublikowane w drugiej części pracy. Były one już częściowo publikowane w pracy [2].

### LITERATURA

1. W. Kawka: Konsolidacja chłonnych wstęp włóknistych w maszynach papierniczych za pomocą przepływu powietrza. Wyd. PŁ, Rozprawy habilitacyjne, 1985.
2. W. Kawka: Tappi Journal, 48, nr 2, 1 (2001).