



INSTYTUT BIOPOLIMERÓW I WŁÓKIEN CHEMICZNYCH INSTITUTE OF BIOPOLYMERS AND CHEMICAL FIBRES

ul. Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, e-mail: ibwch@ibwch.lodz.pl, <http://www.ibwch.lodz.pl>,
tel sekret. +42 6376744, fax sekret. +42 6376214 tel centr. +42 6376510, fax centr.+42 6376501



Laboratorium Ochrony Środowiska
tel. 042 6380351, e-mail: michniewicz@ibwch.lodz.pl, nls@ibwch.lodz.pl

Umowa/Zlecenie Nr:
2/BAT/2012 z dnia 03.08.2012r.

Zleceniodawca:
Ministerstwo Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Kierownik tematu:
dr inż. Małgorzata Michniewicz

SPRAWOZDANIE z pracy: „Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Technik dla branży celulozowo-papierniczej”

Etap: I/2012

Nowe rozwiązania dla procesów formowania i odwadniania wstęgi papieru



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej, pochodzących z opłat rejestracyjnych,
na zlecenie Ministra Środowiska



dr inż. Danuta Ciechańska
Dyrektor

Łódź, wrzesień 2012

Autorzy pracy:

dr inż. Małgorzata Michniewicz

mgr inż. Michał Janiga

Spis treści

	Strona
1. Wprowadzenie	2
2. Formowanie i odwadnianie wstęgi papieru	2
3. Nowe rozwiązania formowania i odwadniania wstęgi papieru	3
3.1. Sita SSB i EDC	3
3.2. Filce	5
4. Podsumowanie	6
5. Wpływ nowych technik na środowisko	8
6. Wykaz źródeł informacji	8

Załączniki: Źródła informacji

Praca pt.: *Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Techniek dla branży celulozowo-papierniczej*, realizowana na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Środowiska, stosownie do umowy nr 2/BAT/2012, jest kontynuacją pracy na ten sam temat wykonywanej w latach 2006 ÷ 2011 w związku z obowiązkiem krajów członkowskich UE systematycznego śledzenia kierunków rozwoju technik i technologii w poszczególnych sektorach przemysłu. Obowiązek taki wynika z Artykułu 19 dyrektywy o emisjach przemysłowych (IED) 2010/75/UE z 24 listopada 2010r. (zintegrowane zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń – IPPC).

1. Wprowadzenie

Wytwarzanie papieru jest procesem złożonym składającym się z wielu etapów rozpoczynającym się przygotowaniem surowca następnie jego obróbką, formowaniem oraz odwadnianiem wstęgi i kończącym się dodatkowym uszlachetnieniem i suszeniem produktu.

Ważnymi etapami produkcji papieru, decydującymi o jego walorach użytkowych, efektywności wykorzystania surowców, oddziaływaniu bezpośrednim i pośrednim produkcji na środowisko są:

- formowanie pilśni papierniczej na sicie maszyny oraz
- odwadnianie wstęgi w części prasowej.

Właściwy dobór technik i warunków prowadzenia tych operacji wpływa na poprawę ekonomicznych i ekologicznych aspektów produkcji poprzez zmniejszenie zużycia energii (ograniczenie emisji zanieczyszczeń i kosztów energii) oraz zmniejszenie ilości zrywów wstęgi przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności^{1),2)}.

2. Formowanie i odwadnianie wstęgi papieru

Formowanie wstęgi na sicie maszyny papierniczej jest jednym z najistotniejszych etapów procesu produkcji papieru. W operacji tej zostaje ustalona struktura wstęgi decydująca o własnościach wytwarzanego papieru (jego jakości) oraz efektywności dalszych etapów proces produkcyjnego - decydują one o efektywności całego procesu wytwarzania²⁾. Formowanie, połączone z wstępnym odwadnianiem prowadzi się w początkowej części maszyny papierniczej tzw. części sitowej³⁾. Sam proces prowadzony jest z wykorzystaniem sit papierniczych skojarzonych z systemem odwadniania mechanicznego i/lub próżniowego. W tej części maszyny masa papiernicza, będąca wodną zawiesiną włókien celulozowych wzbogaconą dodatkiem środków pomocniczych, wylewana jest na sito, na którym zostaje uformowana wstęga pilśni włóknistej. Własności sita papierniczego, na tym etapie produkcji papieru, mają duże znaczenie z uwagi na końcowe właściwości produktu, np. jego przezroczę, porowatość, wypełnienie, zatrzymanie frakcji drobnej włókien. Własności sita mają również wpływ na kolejne procesy produkcji tj. odwadnianie w części prasowej i następnie suszenie papieru z uwagi na stopień odwodnienia wstęgi kierowanej do pras. Dwa ostatnio wymienione procesy (odwadnianie i suszenie wstęgi papieru) są wysoce energochłonne i mają decydujący wpływ na efektywność energetyczną produkcji papieru.

Efektywne odwadnianie na prasie wstęgi papieru^{1),4)}, uformowanej w części sitowej maszyny papierniczej, wiąże się z koniecznością odprowadzenia możliwie jak największej ilości zawartej w niej wody. Usunięcie na tym etapie maksymalnej ilości wody poprawia efektywność ekonomiczną i ekologiczną produkcji. Poprawę efektywności osiąga się dzięki

¹⁾ Kübel Ch., Dziurzyński T.: „Oszczędność energii w części prasowej dzięki filcom Exxact”, materiały konferencyjne, PROGRESS'2011, Łódź, (2011).

²⁾ Bauman O., Ernst S., Dziurzyński T.: „Optymalizacja formowania wstęgi dzięki regulacji odwadniania przez sita formujące EDC”, materiały konferencyjne, PROGRESS'2011, Łódź, (2011).

³⁾ Przybysz K.: „Technologia celulozy i papieru. Technologia papieru”, PWN, (1983).

⁴⁾ Praca zbiorowa pod redakcją E. Szwarecztajna: „Konsolidacja i wykończenie wstęgi papieru”, WNT, Warszawa (1983).

zmniejszeniu zużycia energii niezbędnej do końcowego wysuszenia wstęgi papieru (zwiększenie suchości wstęgi po części prasowej o 1% obniża jednostkowe zużycie pary w części suszącej o 4÷5%)⁴⁾. Mniejsze zużycie energii wiąże się bezpośrednio ze zmniejszeniem emisji do atmosfery zanieczyszczeń związanych z jej wyprodukowaniem. Efektywne odwadnianie w części mokrej maszyny papierniczej daje również zmniejszenie zużycia wody świeżej, która musiałaby być uzupełniona w miejsce wody odparowanej w operacji suszenia.

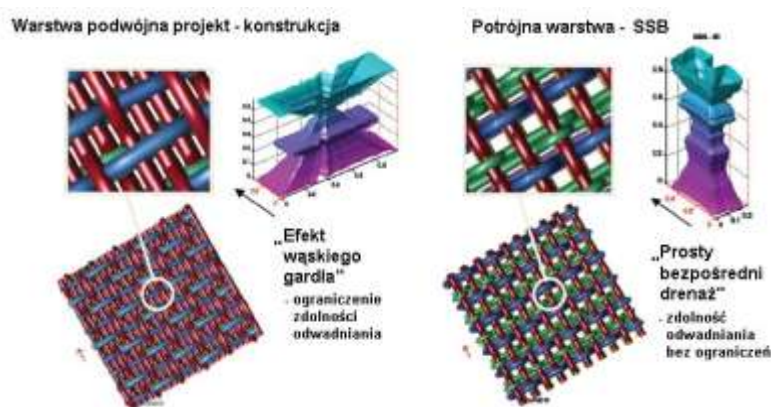
W części prasowej maszyny woda zawarta we wstędze papieru zostaje odcisnięta w różnorodnych układach pras: mechanicznych, ssących, itp.⁴⁾. Wspólną częścią wszystkich systemów pras jest prowadzenie wstęgi papieru na filcu. Filc pochłania wodę umożliwiając równocześnie jej odprowadzenie. W klasycznych układach pras odprowadzanie wody odbywa się za pomocą tzw. skrzynek ssących (próżniowych). Jakość pracy części prasowej decyduje o własnościach mechanicznych papieru. Zachodzi w niej zagęszczanie struktury papieru, wyrównanie jego powierzchni i zwiększenie wytrzymałości.

Sita i filce czyli tzw. odzież maszyny papierniczej są żywotną częścią procesu wytwarzania papieru^{5),6)}.

3. Nowe rozwiązania formowania i odwadniania wstęgi papieru

3.1. Sita SSB i EDC

Technika sit SSB (Sheet Support Binder)^{7),8),9)}, wykonanych z tworzyw sztucznych, rozwija się dynamicznie od ponad 10 lat. Początkowo były to sita jednowarstwowe, następnie dwuwarstwowe wykonane z tworzywa syntetycznego. Obecnie technologia sit SSB oferuje je w odmianie trójwarstwowej o bezpośrednim drenażu - rys. 1.



⁵⁾ Toland J.: “What’s forming in the world of fabrics?”, PPI magazine, RISI (2005).

⁶⁾ Mattijssen J.: “Improved sheet quality without negative side effects”, Voith Paper, 29, (2009).

⁷⁾ Baumann O.: “The development of engineered forming fabric drainage channels is the first significant change in the sector for a decade”, Pulp & Paper International, (2010).

⁸⁾ Hender B.: “Efficiency improvements through the use of warp exchange technology”, Tappi/Pima PaperCon’08 Conference, May 4-7 2008, Dallas, TX

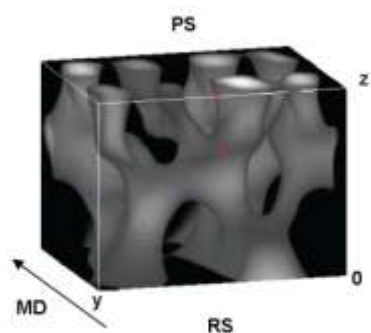
⁹⁾ Materiały informacyjne firmy Voith Engineered Reliability, http://voith.com/en/1296_e_brochure_multiformic-engl-2011-07_low.pdf, vp frs 1045 en vwit 06/2011 (2011).

Rys. 1. Sita SSB dwu- i trójwarstwowe - profile drenażu

Zaletą tego rodzaju sit jest poprawa retencji masy na sicie papierniczym, poprawa właściwości papieru w tym „wygładzenie” jego powierzchni od strony sitowej, zminimalizowanie odciskania wzoru sita po stronie sitowej papieru. Zastosowanie sit typu SBB pozwoliło na bardziej efektywną eksploatację maszyny papierniczej.

Wprowadzenie nowego rodzaju sit o tzw. zmodyfikowanych kanałach odwadniających - sita EDC (Engineered Drainage Channels)⁷⁾¹⁰⁾ - rys. 2, umożliwiło zoptymalizowanie początkowej fazy formowania wstęgi:

- dobra struktura papieru - poprawa jego przezrocza - dzięki kontroli odwadniania,
- retencja włókna krótkiego i wypełniaczy,
- otwarta struktura ułatwiła usunięcie wody przez wszystkie elementy odwadniające przy niższym podciśnieniu.



Rys. 2. Sito o zmodyfikowanych kanałach odwadniających (EDC)

Wymagania jakie powinny spełniać sita dla zapewnienia optymalnej pracy części formującej są następujące:

- większość włókien wprowadzanych na sito z wlewu maszyny jest zorientowane w kierunku biegu sita (MD), kanał odwadniający sita w miejscu styku z masą powinien zostać uformowany w kierunku poprzecznym do biegu maszyny (CMD);
- zdolność odwadniania i retencji frakcji drobnej zależy od wielkości otworu w miejscu styku z masą papierniczą – powierzchnia styku powinna być możliwie duża;
- optymalizacja przepływu wymaga zmniejszenia powierzchni otworu po przeciwnej stronie sita;
- w celu umożliwienia szybkiego usunięcia wody długość kanału w kierunku Z sita (grubość) musi być możliwie mała;
- w celu zapewnienia stałej sprawności sita, przez cały czas jego użytkowania, należy zagwarantować jego w miarę stałą grubość.

Przy zastosowaniu sit EDC, podczas formowania wstęgi, duże ilości wody mogą przenikać przez tkaninę formującą (sito) przy stosunkowo niskich prędkościach przepływu, zapewniając właściwą retencję surowca (frakcji drobnej);

¹⁰⁾ Bauman O.: “Engineered forming fabric drainage channel. Is there a New forming fabric revolution coming?”, Manuscript Tappi PaperCon, Atlanta (2010).

Praktyczne zastosowanie sit EDC na różnych maszynach papierniczych, które produkują różne asortymenty papieru potwierdziły przydatność tego produktu. Wynik prób były następujące²⁾:

- former szczelinowy:
 - uzyskano oszczędność energii w oddziale przygotowania masy z surowca niższej jakości zachowując dobrą jakość produktu,
 - uzyskano wzrost prędkości maszyny i wzrost wydajności - max. do 4%,
 - przy produkcji papieru gazetowego uzyskano wzrost wydajności dzięki wyższej suchości wstęgi odprowadzanej z części sitowej,
- former hybrydowy:
 - uzyskano wzrost prędkości i wydajności maksymalnie o 9% (w zależności od produkowanego papieru), uzyskano poprawę jakości papieru,
- maszyna płaskositowa:
 - uzyskano oszczędności wynikające z ponad 3% wzrostu retencji TiO₂.

3.2. Filce

Sprawność części prasowej maszyny papierniczej ma zasadniczy wpływ na jej wydajność i koszty produkcji. Z kolei uzyskanie maksymalnej sprawności prasy jest możliwe dzięki odpowiednio zastosowanym i wyregulowanym filcom¹⁾.

W klasycznej części prasowej maszyny papierniczej około 75% całkowitej energii zużywają pompy próżniowe. Próżnia jest wytwarzana na użytek walca prasowego, wałków oraz skrzynek ssących. Ilość energii zużywanej przez napędy jest mniej znacząca w porównaniu z częścią formującą i stanowi pozostałe 25%. Nowatorskim rozwiązaniem jest opracowanie i zastosowanie filców prasowych, które działają skutecznie bez skrzynek ssących, umożliwiając w ten sposób znaczne oszczędności energii. Aby osiągnąć te nowe warunki pracy konieczne jest zastosowanie żłobkowanego walca prasowego o odpowiedniej pustej przestrzeni oraz odpowiednich filców prasowych, zdolnych do odprowadzenia całej wody ze strefy prasowania, o konstrukcji ukierunkowanej na maksymalne odwodnienie przez docisk. Dodatkowymi, korzystnymi efektami tego „nowego sposobu użytkowania maszyny papierniczej” jest eliminacja oporów tarcia na skrzynekach ssących co daje dalsze zmniejszenie zużycia energii przez napędy oraz wzrost żywotności filcu aż o 20%.

Firma Xerium Technologies^{1),11)} opracowała pierwsze na rynku filce prasowe SBB, stosując krosna wielowałkowe i dwie różne nitki osnowy. Technologia sprawdzona w części formującej jest teraz dostępna dla części prasowej. Konstrukcja nowoczesnych filców została wprowadzona na rynek w styczniu 2008r pod nazwą ”Exact”. W porównaniu z istniejącymi na rynku filcami prasowymi stwarza nową jakość, której cechy i zalety przedstawiono w poniższym zestawieniu.

¹¹⁾ Materiały reklamowe firmy HUYCK.WANGNER Xerium Technologies Inc. <http://xerium.com/HuyckWangner/news/HuyckWangnerStoweWoodwardPooledExpertise.ASP>, <http://www.xerium.com/huyckwangner/news/NewClothingWithIntegratedEnergy-SavingFeatures.aspx>

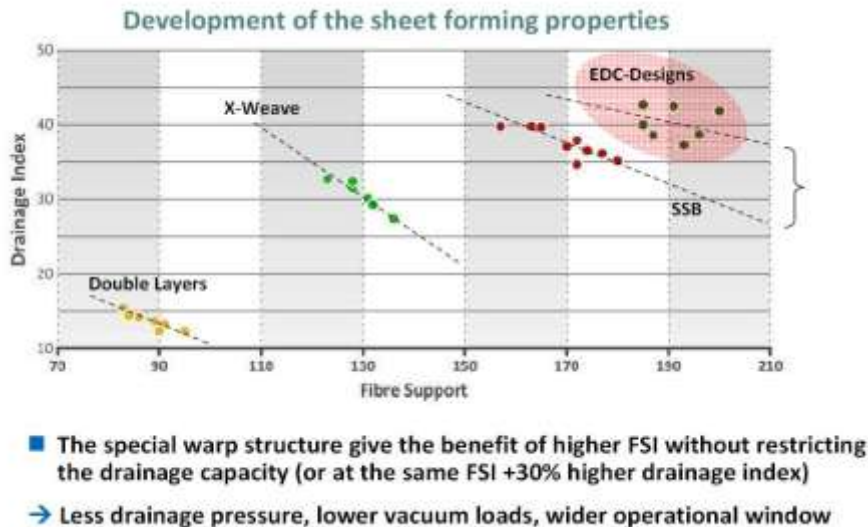
Właściwości filców Exxact	Korzyści wynikające z zastosowania
Mała początkowa objętość swobodna i szybkie nasycenie	Szybkie uruchomienie
Bardzo krótkie kanały odwadniające	Efektywne odwodnienie przez docisk
Precyzyjnie tkana konstrukcja ze zdefiniowanymi kanałami odwadniającymi	Równomierne profile
Wyjątkowo gładka powierzchnia od strony wstęgi papieru	Dobra drukowość papieru
Większa dynamika w strefie prasowania	Większa elastyczność ruchowa

Jednym z przykładów wykorzystania filców typu Exxact przy zmniejszonej próżni w skrzynkach ssących jest maszyna do produkcji papieru LWC o prędkości 1500 m/min (ścier + masa celulozowa; 57-90 g/m²), w której zestaw tych filców pracował jako filc odbierający na I prasie przez okres 44 dni. Dzięki znacznie lepszemu odwodnieniu w strefie docisku uzyskano zwiększenie prędkości maszyny o 30-50 m/min.

W innym przykładzie (Fluting, 1050 m/min), dzięki zastosowaniu filców Exxact uzyskano: zmniejszenie zużycia energii o 380 kW w wyniku usunięcia 2 pomp z pierścieniem wodnym, zmniejszenie obciążenia napędu o 2% przy pełnej prędkości maszyny oraz wzrost suchości wstęgi papieru po części prasowej do 53%.

4. Podsumowanie

Wyniki badań wykonanych w ramach opracowania technik formowania i odwadniania z wykorzystaniem sit SSB i EDC wskazują, że zdolność odwadniająca nie jest jedynym parametrem (choć niezwykle ważnym) decydującym o jakości papieru i wydajności maszyny¹⁾. Dla obszaru formowania i odwadniania wstęgi ważny jest właściwy dobór właściwej techniki odwadniania odpowiedniej dla charakterystycznych wymagań produktu i zbilansowania wszystkich czynników mających wpływ na optymalne formowanie wstęgi. Zastosowanie nowej generacji sit stwarza możliwość sterowania maszyną papierniczą bez pogarszania jakości papieru. Nowe sita pokonują istniejące ograniczenia i pozwalają na optymalizowanie procesu produkcyjnego - rys. 3.



Rys. 3. Zdolność formowania wstęgi w zależności od rodzaju zastosowanego sita

Wprowadzenie nowych konstrukcji sit (zwłaszcza EDC) może przynieść następujące korzyści:

- Skuteczne wstępne formowanie wstęgi umożliwiające uzyskanie optymalnego przezrocza i możliwie najniższej porowatości:
 - wyższy wskaźnik podparcia włókien (FSI) w porównaniu ze wszystkimi konwencjonalnymi sitami SSB,
 - większa powierzchnia otwarta po stronie stykającej się z papierem,
 - optymalna regulacja odwadniania dzięki specjalnie ukształtowanemu kanałowi odwadniającemu.
- Retencja:
 - wyższa retencja mechaniczna (włókien) dzięki zwiększonej liczbie nitki wątku po stronie stykającej się z papierem (FSI),
 - poprawa retencji dynamicznej (frakcja drobna i wypełniacze) wynikająca ze zmniejszenia maksymalnej prędkości przepływu wody w strefie formowania wstęgi.
- Profil jakości:
 - większa sztywność niż porównywalne sita SSB; optymalny profil poprzeczny.

Około 75% energii w części prasowej maszyny papierniczej zużywają pompy próżniowe. Dzięki nowej konstrukcji filców prasowych Exxact możliwa jest praca maszyny papierniczej bez skrzynek ssących, co stwarza możliwości znacznych oszczędności energii i maksymalizacji wydajności maszyny. Nowa technika budowy i działania części prasowej maszyny papierniczej znajduje się w fazie początkowej ale posiada duży potencjał rozwojowy. Efekty dotychczasowych wdrożeń zapowiadają rewolucyjne zmiany w konstrukcji i działaniu części prasowej, prowadzące do znacznego ograniczenia zużycia energii przy jednoczesnym wzroście wydajności (prędkości) maszyny papierniczej.

5. Wpływ nowych technik na środowisko

Nowe rozwiązania, mające znaczący wpływ na efektywność formowania i odwadniania wstęgi papieru, posiadają też istotne aspekty środowiskowe, polegające na ograniczeniu emisji zanieczyszczeń i poprawie efektywności zużycia zasobów. Można wymienić następujące korzyści, związane z zastosowaniem przedstawionych nowych technik:

- Zmniejszenie zużycia energii cieplnej używanej do odparowania wody przenoszonej do części suszącej dzięki lepszemu jej odprowadzeniu w części mokrej maszyny papierniczej.
- Poprawa wykorzystania surowca włóknistego wynikająca ze zmniejszenia częstotliwość zrywów wstęgi papieru oraz poprawy retencji frakcji drobnej.
- Zmniejszenie ilości zużywanej energii elektrycznej wynikające z lepszego odwadniania wstęgi i możliwości zredukowania układów próżniowych,
- Zmniejszenie zużycia wody świeżej dzięki „odzyskaniu” części wody zawartej w formowanej wstędze papieru oraz zmniejszeniu częstotliwości zrywów,
- Zmniejszenie ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do oczyszczalni,
- Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do powietrza, wynikającej z mniejszego zużycia energii cieplnej i elektrycznej.

6. Wykaz źródeł informacji

1. Kübel Ch., Dziurzyński T.: „Oszczędność energii w części prasowej dzięki filcom Exxact”, materiały konferencyjne, PROGRESS’2011, Łódź (2011).
2. Bauman O., Ernst S., Dziurzyński T.: „Optymalizacja formowania wstęgi dzięki regulacji odwadniania przez sita formujące EDC”, materiały konferencyjne, PROGRESS’2011, Łódź (2011).
3. Przybysz K.: „Technologia celulozy i papieru. Technologia papieru”, PWN, (1983).
4. Praca zbiorowa pod redakcją E. Szwarcsztajna: „Konsolidacja i wykończenie wstęgi papieru”, WNT, Warszawa (1983).
5. Toland J.: “What’s forming in the world of fabrics?”, PPI magazine, RISI (2005).
6. Mattijssen J.: “Improved sheet quality without negative side effects”, Voith Paper, 29, (2009).
7. Baumann O.: “The development of engineered forming fabric drainage channels is the first significant change in the sector for a decade”, Pulp & Paper International, (2010).
8. Hender B.: “Efficiency improvements through the use of warp exchange technology”, Tappi/Pima PaperCon’08 Conference, May 4-7 2008, Dallas, TX
9. Materiały informacyjne firmy Voith Engineered Reliability, http://voith.com/en/1296_e_brochure_multiform-ic-engl-2011-07_low.pdf, vp frs 1045 en vwit 06/2011 (2011).
10. Bauman O.: “Engineered forming fabric drainage channel. Is there a New forming fabric revolution coming?”, Manuscript Tappi PaperCon, Atlanta (2010).
11. Materiały reklamowe firmy HUYCK.WANGNER Xerium Technologies Inc., <http://xerium.com/HuyckWangner/news/HuyckWangnerStoweWoodwardPooledExpertise.ASP>, <http://www.xerium.com/huyckwangner/news/NewClothingWithIntegratedEnergy-SavingFeatures.aspx>