

Program operacyjny	REGIONALNY PROGRAM OPERACYJNY WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO NA LATA 2014 - 2020
Beneficjent	Walstead Kraków Sp. z o.o. ul. Obrońców Modlina 11 30-733 Kraków
Tytuł projektu	Opracowanie technologii selektywnej, natryskowej aplikacji zapachowego materiału drukarskiego, przeznaczonej do komercyjnego zastosowania przemysłowego.
Nr projektu	RPMP.01.02.01-12-0619/16

Wyniki badań przemysłowych

Okres realizacji zadań: luty 2017 – sierpień 2018

Spis treści

ETAP I	Budowa stanowiska doświadczalnego.....	3
ETAP II	Testy laboratoryjne bez podłoża	6
ETAP III	Badania laboratoryjne z podłożem.....	12
ETAP IV	Badania na platformie badawczej w warunkch zbliżonych do rzeczywistych.....	18

ETAP I BUDOWA STANOWISKA DOŚWIADCZALNEGO

Zrealizowane cele

- ✓ Zbudowano stanowisko doświadczalne pozwalające prowadzić testy natrysku zapachowego materiału drukarskiego na podłoże papierowe poza maszyną drukującą.

Opis stanowiska doświadczalnego

Prototyp do selektywnej, natryskowej aplikacji zapachowego materiału drukarskiego działa na zasadzie natrysku hydrodynamicznego. Prototyp składa się z wysokociśnieniowej pompy, zbiornika z lakierem zapachowym, głowicy aplikacyjnej złożonej z zaworu sterowanego elektrycznie, hydrodynamicznych dyszy natryskowych i szeregu przewodów wysokociśnieniowych i akcesoriów montażowych. Wyporowa pompa wysokociśnieniowa zasilana jest w całości sprężonym powietrzem o ciśnieniu regulowanym za pomocą elektrycznie sterowanego reduktora. Pompa wysokociśnieniowa połączona jest z głowicą aplikacyjną przewodem wysokociśnieniowym, na którym zainstalowany jest filtr przepływowy.

Konstrukcja urządzenia jest przenośna co ułatwia sprawne przemieszczanie go pomiędzy maszynami drukującymi.



Rys.1. Prototyp do natryskowej aplikacji lakierów zapachowych

Układ imitujący ruch wstęgi papieru stanowi papier nawinięty na wałek zasilany elektrycznie z możliwością sterowania prędkością wałka odzwierciedlającą prędkość wstęgi papieru na maszynie drukującej. Prędkość wałka i częstotliwość natrysku sterowane są z pozycji sterownika PLC. Układ zbudowano z elementów będących w posiadaniu Beneficjenta.



Rys. 2. Stanowisko doświadczalne do testów na podłożu

Rezultat zrealizowanego zadania projektu

Zbudowano stanowisko doświadczalne pozwalające prowadzić testy natrysku pozą maszyną drukującą.

ETAP II TESTY LABORATORYJNE BEZ PODŁOŻA

Zrealizowane cele

- ✓ Określono wydatki dla każdej z testowanych dysz dla określonego zakresu ciśnienia aplikacji
- ✓ Wstępnie opracowano regulację parametrów procesu (ciśnienia, czasu aplikacji) umożliwiającą sterowanie ilością natryskiwanego lakieru
- ✓ Zbadano powtarzalność metody poprzez pomiar wydatku w odstępie czasowym jednego miesiąca
- ✓ Sprawdzone stabilność układu w czasie
- ✓ Przetestowano wrażliwość układu na rodzaj materiału drukarskiego stosując lakiery różnych producentów
- ✓ Przetestowano wpływ zmiany składu chemicznego lakieru zapachowego na wartość wydatku

Wykorzystane zasoby:

➤ Dysze:

Dysze do natrysku	
Nr dyszy	Średnica dyszy zakres [μm]
.04	220-230
.03	190-200
.02	155-165
.01	110-120

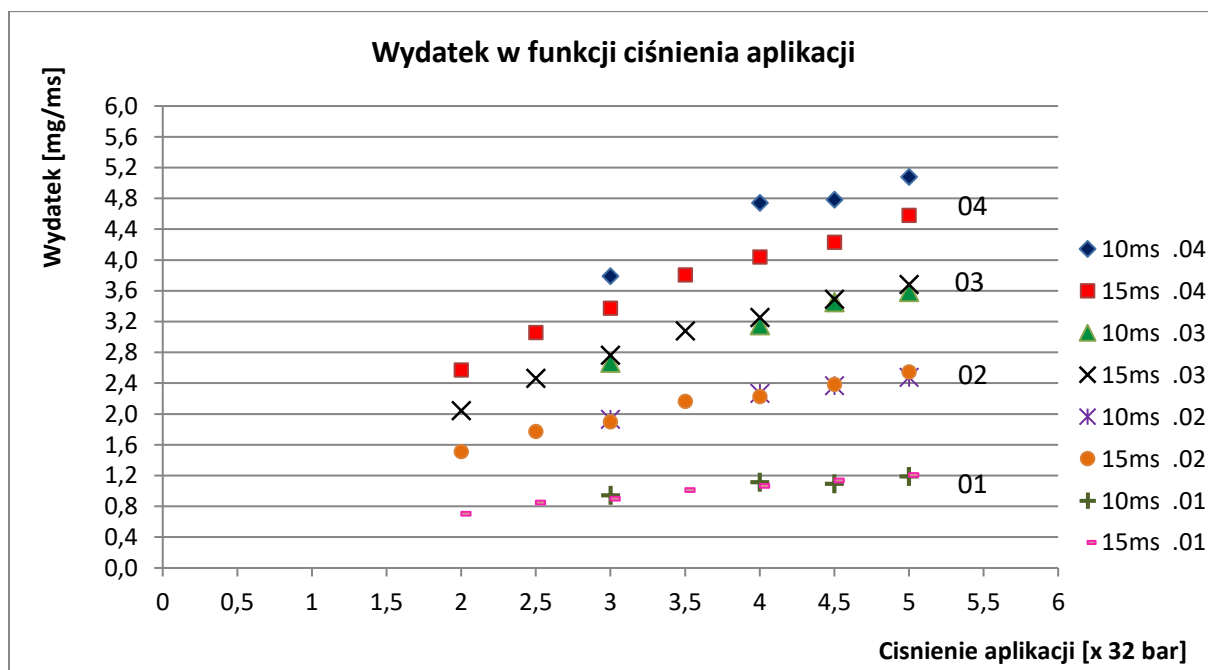
Czasy aplikacji lakieru [ms]: 10, 12, 15

➤ Lakiery zapachowe dyspersyjne:

Nr lakieru	Szczegóły dot. lakieru	Producent	Lepkość [s] w temp. 25°C [wg. DIN 4 mm cup]
1C	zapach C	I	60
2A	zapach A	II	60
3Ao	zapach A, lakier bez dodatku anti-sediment	II	50

Otrzymane wyniki

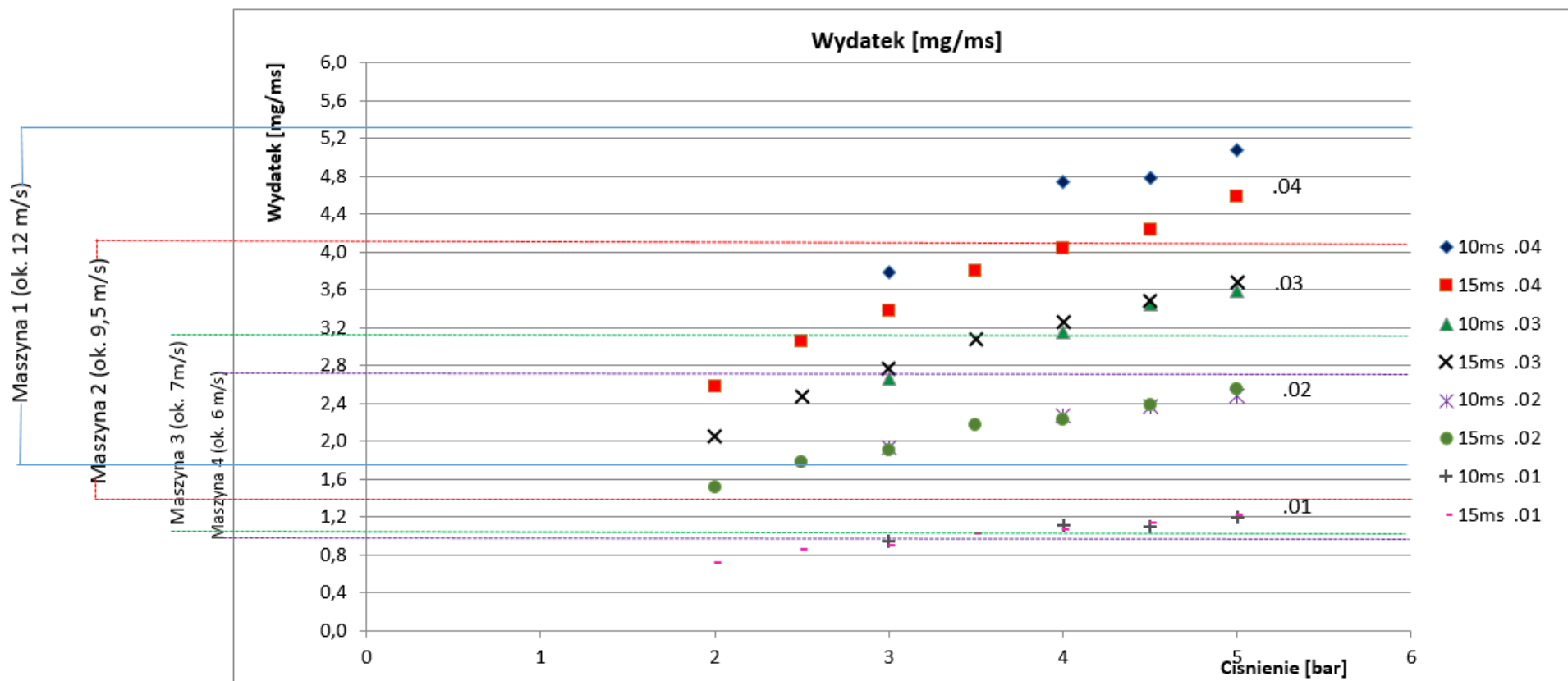
Wydatek określono poprzez pomiar wagowy stu natryśnięć lakieru do pojemnika przy znanym czasie natrysku i dla określonego zakresu ciśnień powietrza (z zakresu 2 – 5 barów na manometrze).



Rys.3. Charakterystyka przepływowa dysz

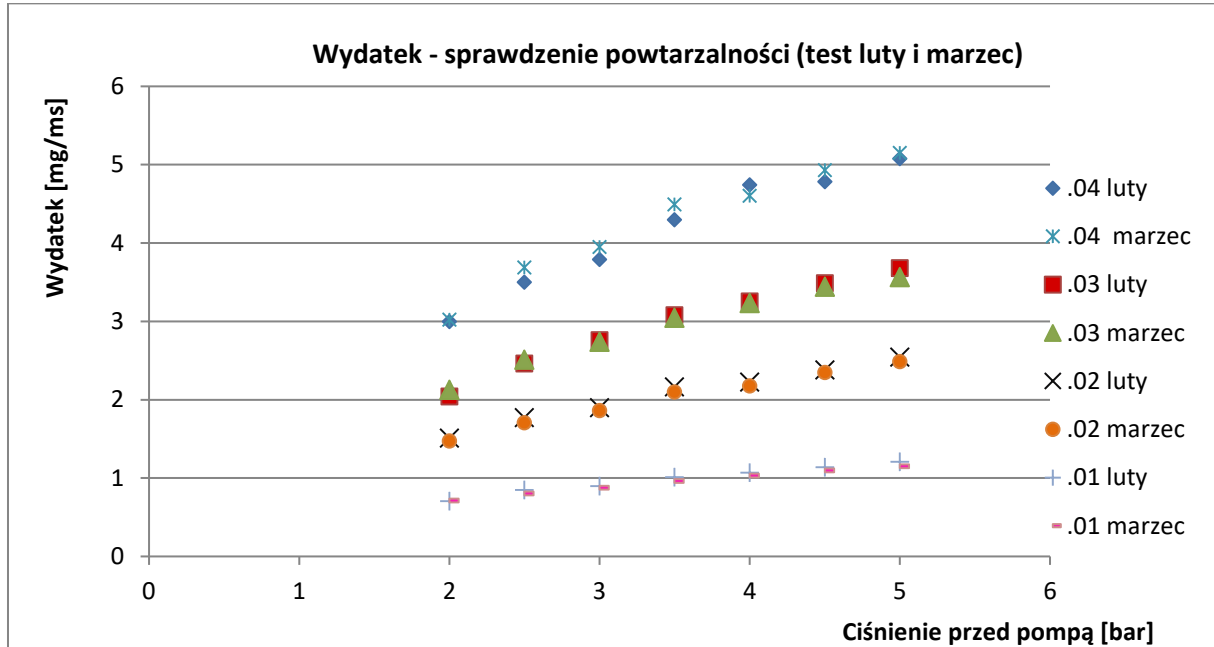
Otrzymana charakterystyka ilościowa dysz pozwoliła określić zakres pracy (wydatku) każdej z dysz **umożliwiając tym samym dobór dyszy i parametrów procesu dla danej prędkości maszyny drukarskiej.**

Poniższy wykres powstał w oparciu o uzyskane wyniki. Maszyny drukarskie i ich standardowe prędkości druku naniesiono na wykres z lewej strony.



Rys. 4. Dobór parametrów procesu dla danego typu i prędkości maszyny drukarskiej

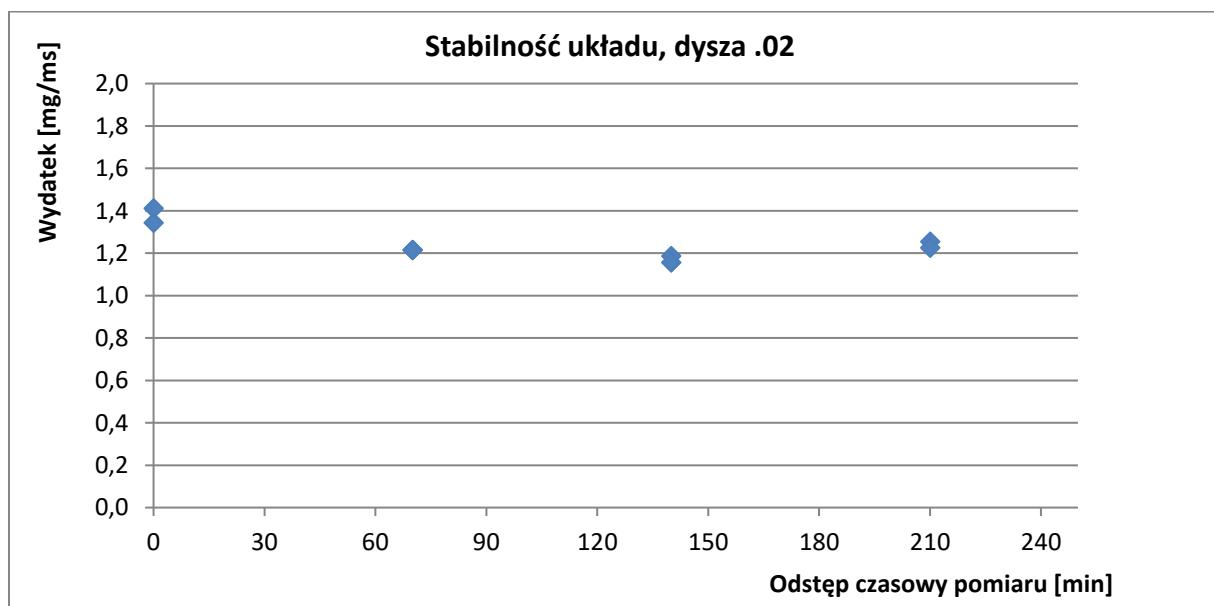
Powtarzalność metody sprawdzono wykonując dwa identyczne testy wagowe (ważenie 100 natryśnięć lakieru nr 1C) w odległości czasowej jednego miesiąca i porównano otrzymane wyniki.



Rys. 5. Wyniki testu powtarzalności wydatku

Metoda aplikacji natryskowej jest powtarzalna.

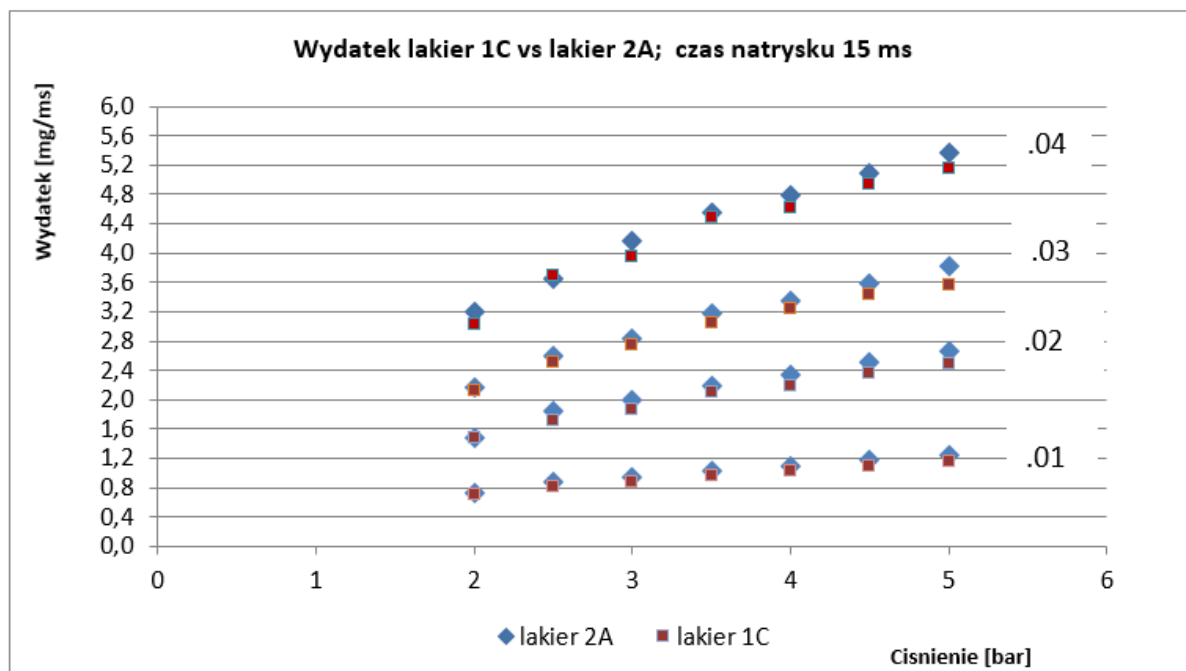
Stabilność procesu określono metodą wagową ważąc 4x po 100 natryśnięć lakieru nr 1 do pojemnika w odstępach czasowych 70 min przy stałej pracy prototypu używając dyszy .02. Ciśnienie aplikacji 3 bar, czas natrysku 12 ms.



Rys. 6. Wyniki testu stabilności prototypu w czasie

Proces natrysku pozostaje stabilny w czasie.

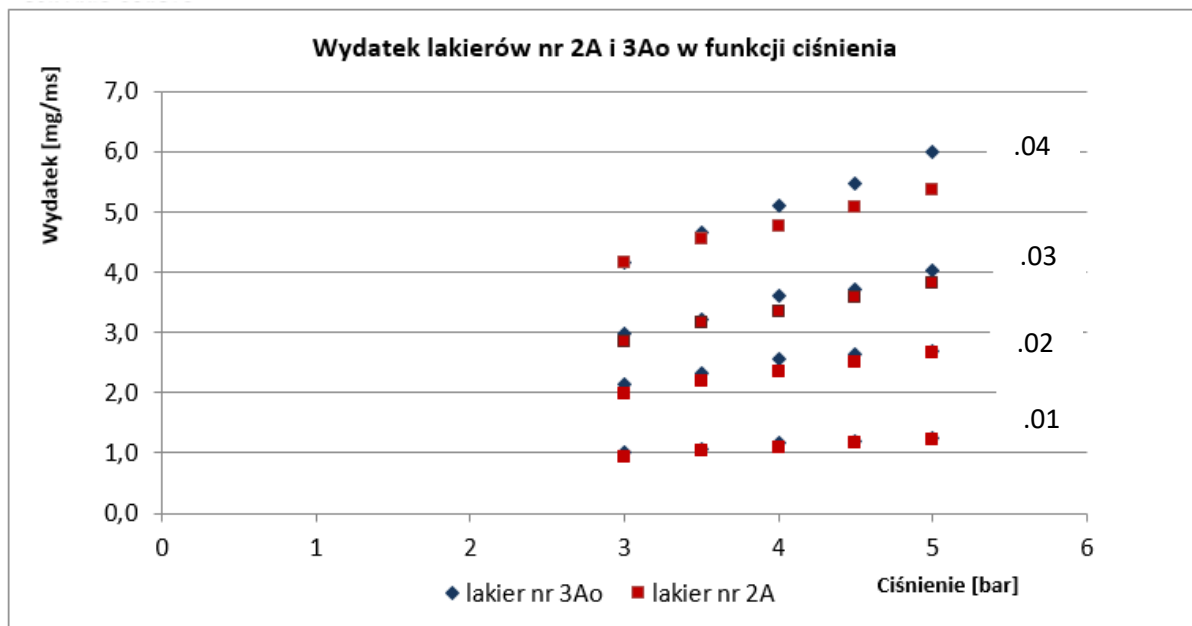
Wrażliwość procesu natrysku na różne lakiery zapachowe (inny skład bazy lakieru, kapsułek, inne dodatki chemiczne znajdujące się w lakierze) sprawdzono testując lakiery dwóch różnych Producentów o takiej samej lepkości 60s.



Rys. 7. Wydatek dla różnych rodzajów lakierów

Pomiędzy dwoma różnymi producentami lakieru nie ma znacznych różnic w wynikach ilościowych wydatku dla poszczególnych dysz. **Test pokazał iż zbudowany prototyp natryskowy jest niewrażliwy na różny skład chemiczny lakieru zapachowego o tej samej lepkości.**

Przetestowano także wpływ zmiany składu lakieru producenta II (wyeliminowano dodatek z lakieru zapobiegający sedymentacji kapsułek zapachowych) na wartość wydatku.



Rys. 8. Wydatek różnych rodzajów lakierów producenta II w funkcji ciśnienia

Lakier bez dodatku wykazuje zbliżony przepływ do lakieru standardowego o tym samym zapachu. Jedynie dla dyszy o największym testowanym przepływie – dyszy .04 pojawiają się różnice: dla wyższych ciśnień przepływ lakieru bez dodatku jest większy niż dla lakieru standardowego.

Test pokazał brak znaczącego wpływu zmiany składu wodnego lakieru zapachowego na natężenie przepływu.

Znając prędkość maszyny, rozmiar pola zapachowego i pożądaną gramaturę [g/m²] jesteśmy w stanie na podstawie poznanych charakterystyk ilościowych dysz (wydatek w [mg/ms]) dobrać parametry procesu tj. ciśnienie aplikacji i dyszę.

Tym samym **możliwe jest ciągłe sterowanie wydatkiem natryskiwanego lakieru w zależności od prędkości maszyny.**

ETAP III BADANIA LABORATORYJNE Z PODŁOŻEM

Zrealizowane cele

- ✓ Przetestowano aplikację lakieru zapachowego na różnych typach podłóży przy zmiennych prędkościach podłóży
- ✓ Opracowano metodologię planowania parametrów procesu
- ✓ Oceniono depozycje materiału na różnych typach podłóży
- ✓ Dokonano ostatecznego doboru parametrów procesu i otrzymano depozycje materiału spełniającą wymogi dla produktu gotowego

Wykorzystane zasoby:

➤ Dysze:

Dysze do natrysku	
Nr dyszy	Średnica dyszy zakres [μm]
.04	220-230
.03	190-200
.02	155-165
.01	110-120

➤ Lakiery zapachowe dyspersyjne

Nr lakieru	Szczegóły dot. lakieru	Producent	Lepkość [s] w temp. 25°C [wg. DIN 4 mm cup]
1C0	(zapach C, lakier z kapsułkami bez esencji zapachowej)	I	60, 55, 50
2A	zapach A, lakier standardowy	II	60
3Ao	zapach A bez dodatku zapobiegającego sedymentacji kapsułek	II	50
3Bo	zapach B bez dodatku zapobiegającego sedymentacji kapsułek	II	50
4C	zapach C, lakier standard (slurry)	II	50
4Cs	zapach C, typ silkscreen	II	50
4Cfw	zapach C, typ flexo-waterbase	II	50
4Cc	zapach C, typ concentrate	II	50

➤ Podłóża

Podłoże	Gramatura [g/m ²]
Papier 1	57
Papier 2	45
papier 3	65

- **Prędkości podłoża:** zakres typowy dla druku offsetowego: 30000 – 55000 imp/h (6 – ok.12 m/s)

Otrzymane wyniki

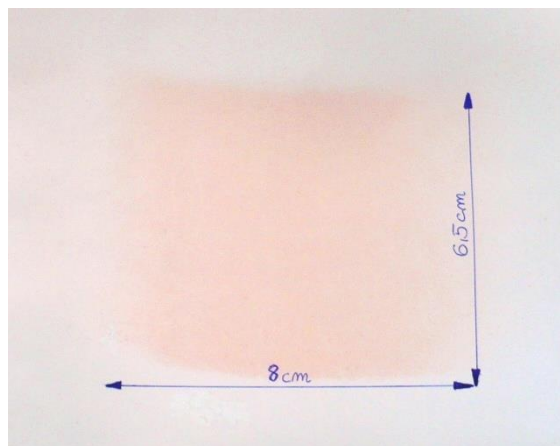
Dysza i ciśnienie aplikacji lakieru dla danej prędkości druku i zadanej powierzchni pola zapachowego zostały dobrane na podstawie obliczonego wydatku potrzebnego do uzyskania docelowego pokrycia lakieru. Znając przepływ dla każdej z dysz w zakresie ciśnień 3 – 5 bar (zmierzonych w II etapie projektu) oraz docelowe pokrycie można poprzez dobór dyszy i ciśnienie natrysku sterować ilością aplikowanego lakieru w zależności od prędkości maszyny.

Lakier 1C Papier 3							
Prędkość wstęgi [imp/h]	Czas natrysku [ms]	Długość pola [cm]	Szerokość pola [cm]	Dysza	Ciśnienie [bar]	Gramatura [g/m ²]	Ocena pól
35 000	10 12	4,8 6,2	6	.02	3	4,7	Aplikacja na podłoże zadrukowane i nie zadrukowane. Pola zapachowe lekko niejednorodne, krawędzie lekko rozmyte, widoczne pod światło. Produkt akceptowalny
40 000	10 12	5,5 7,1	8	.03	3,5	5,0	
50 000	10 12	6,8 8,9	10	.04	4	5,6	
55 000	10 12	7,4 9,7	6	.03	4	5,5	
60 000	10 12	8,2 10,7	5	.03	3	4,6	

Uzyskano pola zapachowe spełniające wymogi dla produktu gotowego przy zmiennych prędkościach przemieszczania podłoża typowych dla druku offsetowego.

Wymogi pola zapachowego dla produktu gotowego:

- prostokątny kształt pola bez zachlapań, jednorodne pokrycie lakieru
- pole zapachowe organoleptycznie matowe, z wyczuwalnym zapachem po potarciu
- pożądana gramatura pola zapachowego [4 – 8 g/m²]



Rys. 9. Pola zapachowe zabarwione w celu wizualizacji na niezadrukowanym podłożu drukowym. Efekt lekkiego zaokrąglenia pól jest wynikiem sferyczności włókna imitującego ruch wstęgi papieru

Wpływ lepkości lakieru oraz odległości dyszy natryskowej od podłoża na jakość pól zapachowych:

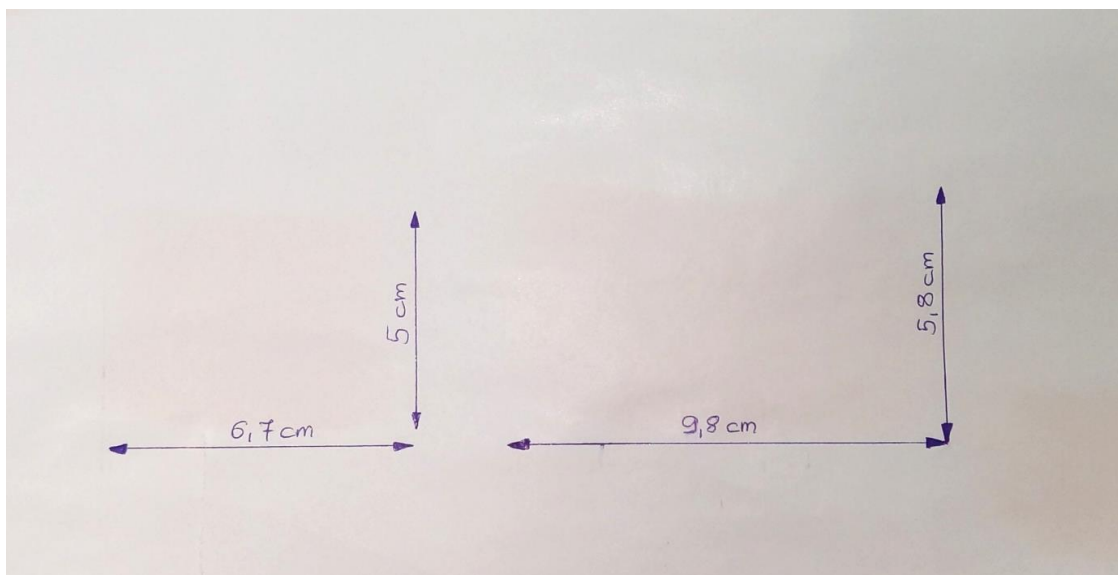
Lepkość lakieru [s]	Dysza	Ciśnienie natrysku [bar]	Czas natrysku [ms]	Prędkość [imp/h]	Jakość pola
60	.03	3	12	55 000	boczne prążki lakieru wyraźnie widoczne
60		4		55 000	pola bardzo dobrej jakości
55		4		55 000	

50		4		37 000	
----	--	---	--	--------	--

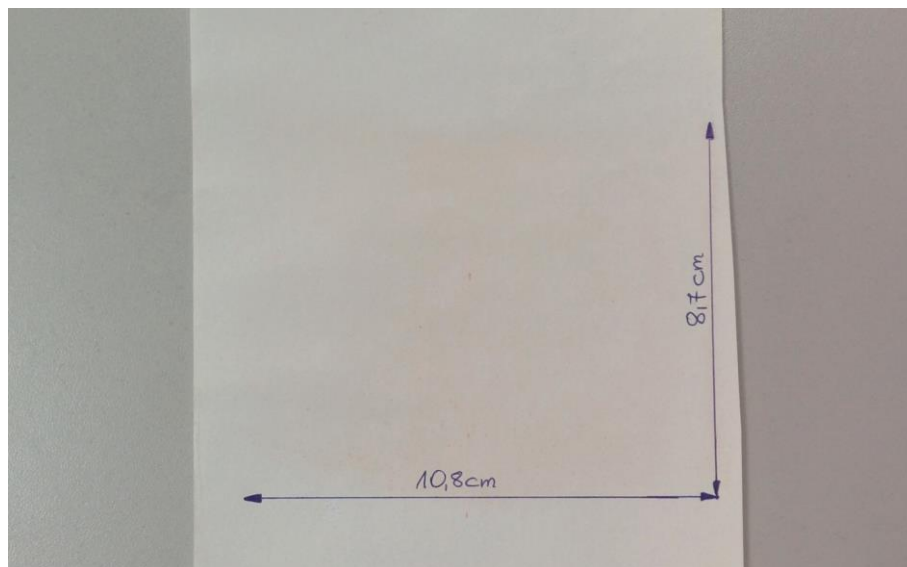
Odległość dyszy [cm]	Lepkość lakieru [s]	Dysza	Ciśnienie [bar]	Czas natrysku [ms]	Prędkość [imp/h]	Szerokość pola [cm]	Jakość pola
1	50	.02	4	10	77 000	4	wszystkie pola bardzo dobrej jakości
1		.02		10	50 000	4	
2		.02		10	40 000	7	
4		.04		10	45 000	9	
6		.04		10	33 000	12	
6		.04		20	33 000	14	
8		.04		20	30 000	16	

Otrzymano pola zapachowe bardzo dobrej jakości spełniające wymogi dla produktu gotowego. Odległość głowicy natryskowej 1 cm od wstęgi papieru ze względów technicznych uznano za minimalną. Nie zaobserwowano żadnych negatywnych zjawisk wynikających z za małej bądź za dużej odległości dyszy nad wstęgą. Jedynym kryterium decydującym o odległości dyszy od papieru jest pożądana szerokość pola zapachowego – im węższe pole zapachowe, tym głowica natryskowa musi być bliżej wstęgi papieru.

a)



b)



Rys. 10. Pola zapachowe (a) lepkość lakieru 50s, odległość głowicy od papieru 2 i 4 cm
(b) lepkość lakieru 60s, odległość głowicy od papieru 6 cm

Ocena depozycji lakieru zapachowego 1C0 na innego typu podłożach o mniejszej gramaturze:

Lakier 1C0 Dysza .02				
Papier	Ciśnienie natrysku [bar]	Prędkość wstęgi [imp/h]	Uzyskana gramatura [g/m ²]	Jakość pól zapachowych
1	4	40 000	4,7	Pola matowe, widoczne pod światło, jakość pól akceptowalna, brak zachlapań
	5	50 000	5,5	
2	4	55 000	4,8	
	4	55 000	4,8	

Otrzymano pola zapachowe bardzo dobrej jakości spełniające wymogi dla produktu gotowego.

Ocena depozycji różnych lakierów zapachowych z modyfikowanym składem na podłoża zadrukowane:

Lakier zapachowy	Parametry testu	Ocena pól zapachowych
4C	dysze .02; .03 Czas natrysku: 10, 12 ms Ciśnienia aplikacji 3,5 – 5 bar Prędkości podłoża 33 000, 45 000 imp/h	wzdłuż pól widoczne prążki, na początku pól widoczne zachłapania, jakość pól nieakceptowalna
4Cs		na polach widoczne zachłapania i prążki wzdłuż pól, jakość pól nieakceptowalna
4Cfw		jakość pól akceptowalna , brak bocznych prążków i śladów zachłapań
4Cc	dysze .02; .03 Czas natrysku: 10 ms Ciśnienia aplikacji 3,5 – 5 bar Prędkości podłoża 40 000 - 55 000 imp/h	jakość pól akceptowalna , brak bocznych prążków i śladów zachłapań
2A	dysze: .04; .03; .02; .01 Czas natrysku: 10, 15 ms zakres ciśnień 2 - 5 bar Prędkości podłoża 30 000, 55 000 imp/h	dla dyszy .04 jakość pól akceptowalna . W pozostałych przypadkach pola nieakceptowalne z widocznymi prążkami bocznymi i drobnymi zachłapaniami
3Ao	dysze: .04; .03; .02; .01 Czas natrysku: 10, 12 ms zakres ciśnień 3 - 5 bar Prędkości podłoża 30 000, 55 000 imp/h	jakość pól akceptowalna
3Bo	dysze: .04; .03; .02 Czas natrysku: 10 ms zakres ciśnień 3 - 5 bar Prędkości podłoża 30 000, 55 000 imp/h	jakość pól akceptowalna , brak zachłapań i boczne prążki wzdłuż pól praktycznie niewidoczne

ETAP IV BADANIA NA PLATFORMIE BADAWCZEJ W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO RZECZYWISTYCH

Zrealizowane cele

- ✓ Przystosowano prototyp testowy do pracy w warunkach zbliżonych do rzeczywistych
- ✓ Potwierdzono wyniki uzyskane w poprzednim etapie badawczym w warunkach odwzorowujących warunki przemysłowe
- ✓ Dobrano parametry suszenia podłoża

Stanowisko doświadczalne z etapów badań I-III przystosowano do pracy w warunkach produkcyjnych. Prototyp natryskowy zintegrowano z maszyną drukującą, w tym celu konieczne były następujące działania:

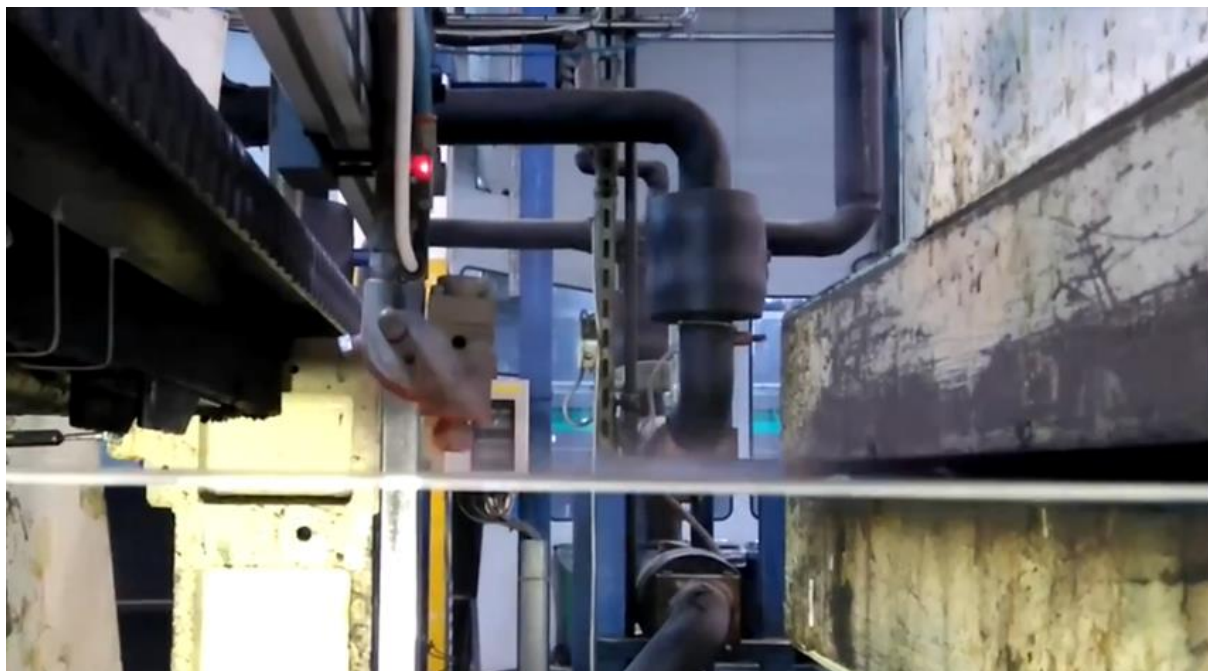
- montaż enkodera na wale ostatniego z agregatów maszyny drukującej
- instalacja czujnika wyzwalania natrysku
- zintegrowanie systemu sterowania aplikacją lakieru (komputer sterujący natryskiem) z maszyną drukującą
- montaż belki i uchwytów podtrzymujących głowice natryskowe nad wstęgą papieru



Rys.11. Stanowisko doświadczalne przystosowane do pracy w warunkach produkcyjnych – prototyp do natryskowej aplikacji lakierów zapachowych



Rys.12. Stanowisko doświadczalne przystosowane do pracy w warunkach produkcyjnych – głowica natryskowa nad wstęgą papieru



Rys.13. Stanowisko doświadczalne przystosowane do pracy w warunkach produkcyjnych – głowica natryskowa nad wstęgą papieru

Przeprowadzono testy aplikacji lakieru zapachowego w warunkach przemysłowych na różnych podłożach i przy różnych prędkościach podłoża. Przetestowano także proces natrysku od dołu wstęgi papieru.

Wyniki:

Nr papieru	Gramatura [g/m ²]	Lakier zapachowy	Parametry testu	Uwagi	Wyniki i obserwacje
1	57	1C	Dysza: .02 Ciśnienie aplikacji: 3; 4, 5 bar Prędkość wstęgi: 30 000 imp/h 27 000 imp/h	Ocena wyników testu w warunkach przemysłowych i porównanie z wynikami uzyskanymi w warunkach laboratoryjnych	Przebieg procesu natrysku bez zakłóceń, depozycja lakieru na podłożu typ ulotkowy akceptowalna dla ciśnienia 3 bar (gramatura 4 g/m ²), pola zapachowe widoczne, matowe, o pożądanym kształcie. Jakość pól o pokryciu wyższym 6g/m ² nieakceptowalna, ze śladami kropeł lakieru. Temperatura suszenia podłoża 130°C optymalna dla pól o pokryciu 4g/m ² .
4	60	1C	Dysza: .02 Ciśnienie aplikacji: 3 bar Prędkość podłoża: 25 000 imp/h 30 000 imp/h 35 000 imp/h zakres temperatury suszenia podłoża 110 – 150°C	Natrysk na różne miejsca kolorystyczne wstęgi; ocena powtarzalności miejsca aplikacji; ocena reakcji systemu sterującego natryskiem w zależności od zmian prędkości podłoża	Powtarzalność miejsca aplikacji zachowana (+2 mm). Pola wyraźne o nieco rozmytych krawędziach. Możliwość aplikacji 2,3,4 pól na składkę. Pola zapachowe dobrze utrwalone, pachnące po potarciu. Jakość pól akceptowalna. Proces natrysku stabilny, praca systemu sterującego natryskiem prawidłowa. Temperatura suszenia podłoża 130°C optymalna, pola dobrze wysuszone, papier nie przesuszony.
5	60	1C	Dysza: .02/.03; .04 Ciśnienie aplikacji: 3 bary Prędkość podłoża: 25000 imp/h, 30 000 imp/h 35 000 imp/h	Natrysk lakieru od dołu wstęgi, test stabilności procesu	Proces natrysku od dołu stabilny, sterowanie parametrami procesu (ciśnienie aplikacji, dysza, rozmiar pola) prawidłowe, praca systemu sterującego procesem prawidłowa

Uzyskano stabilny procesu natrysku i poprawny produkt dla różnych podłoży drukarskich. Powtarzalność procesu jest zachowana. Na każdym z trzech różnych podłoży papierowych uzyskano poprawny produkt w postaci akceptowalnych jakościowo pól zapachowych. Optymalne parametry suszenia podłoża to temperatura w tunelu suszącym 130°.



Rys. 44. Kontrola powtarzalności położenia pola na składce, natrysk lakieru dla trzech różnych prędkości podłoża: 30 000, 35 000 i 25 000 imp/h (test l.p.1)



Rys. 55. Natrysk lakieru od dołu wstęgi papieru