

WYBRANE ZAGADNIENIA OCZYSZCZANIA POWIETRZA Z PYŁÓW POWSTAJĄCYCH PODCZAS PRODUKCJI MEBLI W TECHNOLOGII PŁYTY KOMÓRKOWEJ

SELECTED ISSUES OF DUST REMOVAL ARISING FROM THE FURNITURE PRODUCTION IN THE BOARD ON FRAME TECHNOLOGY

Czesław Dembiński

Tomasz Rogoziński

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Technologii Drewna

Katedra Meblarstwa

ul. Wojska Polskiego 38/42

60-627 Poznań

e-mail: czeslaw415@wp.pl

Abstract: The article describes the plants pneumatic extraction systems working in one of the IKEA factories in Poland. Basic data on these installations and pulse-jet bag filters that were working in the individual production lines were collected. Special attention has been paid to technical solutions used in filters. Construction of the filter station and the terms that occur inside the filter as significant factors affecting filtration process were analysed. Presented insights and observations form the basis to determine the connection type and degree of fragmentation of the dust and its conditions of discharge from workstations with dust collectors and built-in solutions in them.

Keywords: pulse-jet filter bag, non-woven filter media, wood dust, dust separation, furniture factory.

Wprowadzenie

Współczesne metody produkcji mebli opierają się w dużej mierze na wykorzystaniu wysokowydajnych linii obróbczych. Istotną rolę w procesie wytwarzania mebli ma nie tylko prędkość i wydajność linii, ale również jej trwałość, bezawaryjność i wysoka jakość obrabianej powierzchni. Wykorzystuje się w tym celu często obrabiarki pracujące jednocześnie różnymi rodzajami narzędzi przy dużych prędkościach posuwu, co niestety przyczynia się do powstawania bardzo dużych ilości pyłów drzewnych, które unosząc wywierają szkodliwy wpływ na funkcjonowanie obrabiarek, jakość obrabianych elementów, wpływają negatywnie na zdrowie ludzi i obniżają poziom bezpieczeństwa pożarowego [2, 5, 6, 7]. Stąd bardzo istotne znaczenie mają instalacje odciągowe i urządzenia odpylające. Ich zadaniem jest sprawne wychwycenie unoszących się cząstek pyłu, oczyszczenie powietrza oraz zapewnienie recyrkulacji czystego powietrza. Oczyszczone powietrze zawracane jest kanałem powrotnym do wnętrza hali produkcyjnej i stanowi tym samym element środowiska pracy. Mając to na uwadze poddano analizie instalacje wyciągowe pracujące w różnych uwarunkowaniach technologicznych w fabryce mebli w celu lepszego poznania

czynników decydujących o efektywności procesu filtracji.

Opis zagadnienia

Celem pracy było zgromadzenia podstawowych danych w postaci wielkości charakterystycznych dla pracy instalacji odciągowych oraz ich wzajemnych zależności. Dla realizacji tego celu zebrano i przeanalizowano dokumentację projektową instalacji oraz stacji filtrów. Uzyskane dane przeliczono pod kątem parametrów filtracji [1, 3, 4]. Całość wyników zebrano w odniesieniu do każdej z instalacji i powstającego w danej linii produkcyjnej pyłu. Zebrane w ten sposób informacje będą w przyszłości służyć lepszemu zrozumieniu zjawisk i procesów zachodzących podczas filtracji pyłów. Pozwoli to również na projektowanie lepszych i bardziej wydajnych instalacji odciągowych.

W pracy poddano analizie trzy instalacje odpylające pracujące w fabryce IKEA Industry w Lubawie k. Iławy. Objęła ona swym zasięgiem instalację odpylającą linię formatującej i oklejającej wąskie powierzchnie, linię centrów obróbczych CNC oraz linię szlifierni z lakiernią. Dane do badań wyniknęły z analizy działania instalacji wyciągowej i budowy odpylaczy pod kątem parametrów

filtracji. Pod uwagę wzięto też właściwości zastosowanych włókien filtracyjnych.

Analizując każdą z trzech instalacji uzyskano odmienne parametry filtracji. Z pozoru podobne warunki powstawania odpadów okazały się kluczowym powodem do zróżnicowania sposobu separacji poszczególnych ich rodzajów. Okazało się, że każdy rodzaj odpadów pyłowych wymaga zastosowania innych rozwiązań w konstrukcji instalacji transportowej. Różnice te dotyczą

zarówno średnic zastosowanych przewodów jak i prędkości przepływu powietrza. Największe różnice uwidoczniły się jednak w budowie filtrów. Każdy z nich cechował się inną ilością worków i inną wielkością komory filtra. Zmiany te spowodowały bardzo duże zróżnicowanie w prędkości filtracji pyłów. Szczegółowe dane dotyczące pracy instalacji i stacji filtrów przedstawiono w ujęciu tabelarycznym (tabela 1).

Tab. 1. Podstawowe parametry techniczne instalacji odciągowych i wykorzystanych w nich worków filtracyjnych.

Parametr	Jednostka	Wartość parametru						
		Linia obróbki wąskich płaszczyzn		Linia centr obróbczych		Linia szlifierek		
Dane dotyczące instalacji odpylających.								
Oznaczenie magistrali wyciągu w fabryce		Nr 1 - główna	Nr 1 - boczna	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 5	Nr 6
Oznaczenie filtra w fabryce		Nr 3		Nr 2		Nr 4		
Długość magistrali	m	144,3	34,4	120	99	61	28	26,4
Średnica magistrali w cieńszym końcu	mm	200	180	300	300	160	150	200
Prędkość przepływu powietrza w cieńszym końcu magistrali	m/s	18	18	26	26	32	32	24,5
Średnica magistrali w grubszym końcu	mm	900	350	600	750	700	650	450
Prędkość przepływu powietrza w magistrali przy wejściu do wentylatora	m/s	24	26,5	26	24	25	27	25,5
Zapotrzebowanie powietrza w cieńszym końcu magistrali	m ³ /min	2000	1650	6650	6650	2300	2000	2800
Zapotrzebowanie powietrza w grubszym końcu magistrali	m ³ /min	55 450	9100	26 600	39 900	34 200	32 800	14 850
Typ wentylatora		JK-90 MT						
Wydajność wentylatora	m ³ /h	60 000						
Śpiętrzenie wentylatora	WG/WS	370 mm						
Ciśnienie statyczne wentylatora	WG/WS	320 mm						
Obroty	RPM	1550						
Typ silnika		VEM K11R 280 M4						
Moc zainstalowana	kW	90						
Napięcie	V	3x 400/690						
Konstrukcja wentylatora		B3						
Dane dotyczące stacji filtrów.								
Ilość worków w filtrze	szt.	140		162		202		
Długość worka	m	4,68		4,68		4,815		
Średnica worka	m	0,15		0,15		0,15		
Pole powierzchni bocznej worka	m ²	2,205		2,205		2,269		
Całkowite pole powierzchni bocznej worków w filtrze	m ²	313,166		357,274		458,341		
Zapotrzebowanie powietrza w instalacji	m ³ /h	55 450		59 850		74 700		

Prędkość filtracji	cm/s	4,918	4,653	4,527
Ilość odpadów powstających w trakcie obróbki (pył drzewny)	kg/h	250	100	125
Obciążenie pyłowe	g/m ³	4,509	1,671	1,673
Odstęp pomiędzy impulsami regeneracyjnymi dla jednego worka	s	606	690	858
Ilość zmian pracy worka w ciągu doby	zmiany	3	3	3
Szacowana ilość impulsów regeneracyjnych w ciągu doby	szt.	143	125	101
Dane dotyczące worków filtracyjnych.				
Producent worka		Gutshe		Filtrapol
Typ materiału / symbol		Poliester z filmem PP		FP-PB400PS2 Poliester z włóknami miedziowymi
Gramatura materiału	g/m ²	400		400
Grubość materiału	mm	1,5		Brak danych
Wytrzymałość na rozciąganie – wzdłuż	daN/ 5cm	40		160
Wytrzymałość na rozciąganie – wszerz	daN/ 5cm	50		110
Wydłużenie zrywające – wzdłuż	%	Brak danych		25
Wydłużenie zrywające – wszerz	%	Brak danych		25
Odkształcenie przy naprężeniu 50 N - wzdłuż	%	Brak danych		2,5
Odkształcenie przy naprężeniu 50 N - wszerz	%	Brak danych		5,0
Przepuszczalność powietrza	dm ³ /min/dm ²	250		220
Wykończenie powierzchni		Stabilizacja termiczna kalandrowanie		Stabilizacja termiczna kalandrowanie, gładzenie, obróbka wodo- i olejoodporna.
Opór elektryczny	W	Brak danych		10 ⁶
Odporność na działanie wysokich temperatur	°C	90		Temperatura stała 140, temperatura chwilowa 150.
Odporność na działanie kwasów		Dobra		Brak danych
Odporność na działanie zasad		Dostateczna		Brak danych
Odporność na działanie wody		Słaba		Brak danych
Deklarowana skuteczność filtracji dla cząstek >2,5 µm	%	99,998		Brak danych
Deklarowana skuteczność filtracji dla cząstek <2,5 µm	%	99,957		Brak danych

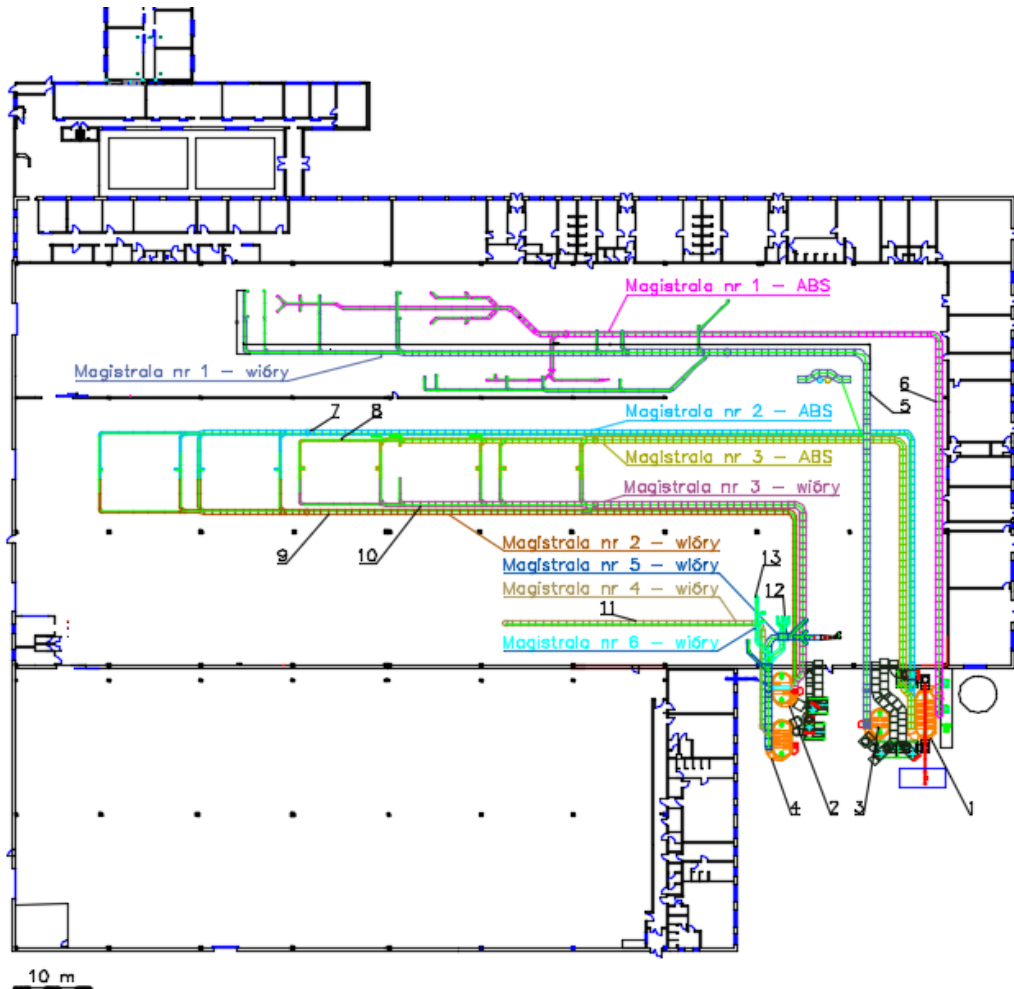
W toku oceny zgromadzonych danych zauważono bardzo duże zróżnicowanie prędkości przepływu powietrza w magistralach. Dla magistrali głównej linii obróbki wąskich powierzchni (nitka nr 1 – główna) prędkość na początku wynosi 18 m/s, a na jej końcu już 24 m/s. Podobny trend zanotowano w bocznej magistrali tej samej linii (nitka nr 1 – boczna) - wzrost z 18 do 26,5 m/s, oraz w pomocniczej magistrali linii szliferek (nitka nr 6

– wzrost prędkości z 24,5 do 25,5 m/s). Wzrost prędkości przepływu powietrza wraz z podłączeniem kolejnych odgałęzień bocznych do magistrali jest właściwym trendem i pozwala na sprawny transport wiórów w magistrali. Na uwagę zasługuje to, że w innych magistralach zanotowano spadek lub utrzymanie się prędkości przepływu powietrza na stałym poziomie bez względu na ilość podłączanych obrabiarek. Zjawisko

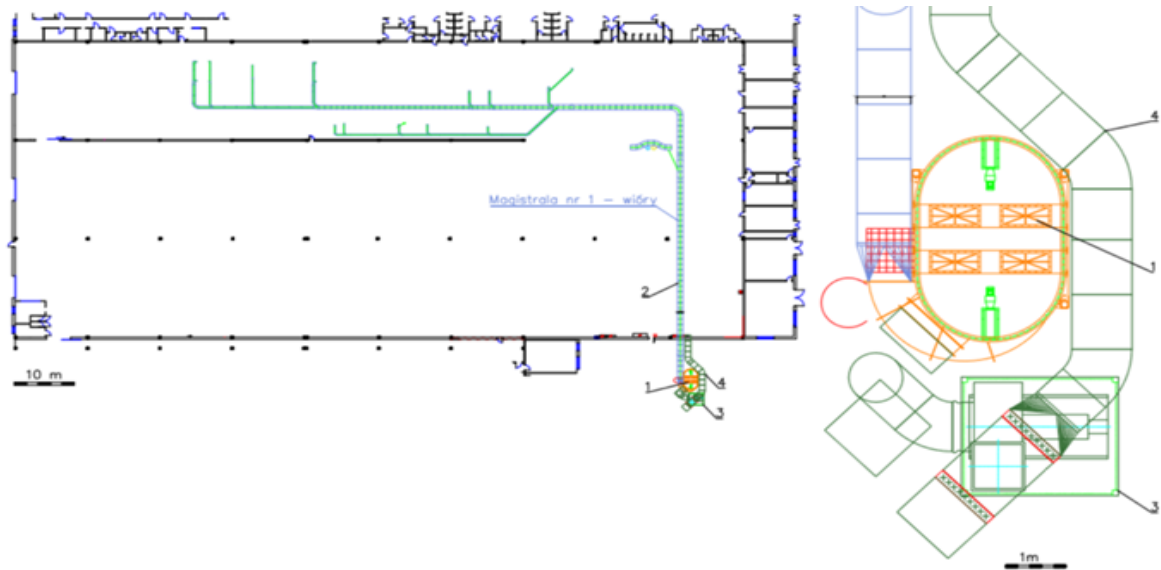
to występowało wtedy, gdy magistrala główna miała bardzo małą średnicę w miejscu przyłączenia odgałęzienia bocznego. Średnica ta dalej gwałtownie rosła i powodowała spadek prędkości przepływu powietrza. W innym przypadku początek magistrali stanowił kolektor o bardzo małych średnicach wlotowych, w których prędkości przepływu były bardzo wysokie (magistrala nr 4 i 5). Spadki prędkości przepływu powietrza w przewodach linii szlifierek wynosiły odpowiednio dla magistrali nr 4 z 32 m/s na początku do

25 m/s na jej końcu, a dla magistrali nr 5 tej samej linii z 32 m/s na początku do 27 m/s na jej końcu. Prędkości przepływu powietrza w przewodach transportowych linii centr utrzymały się na poziomie 26 m/s dla magistrali nr 2 i spadły z 26 na 24 m/s w magistrali nr 3.

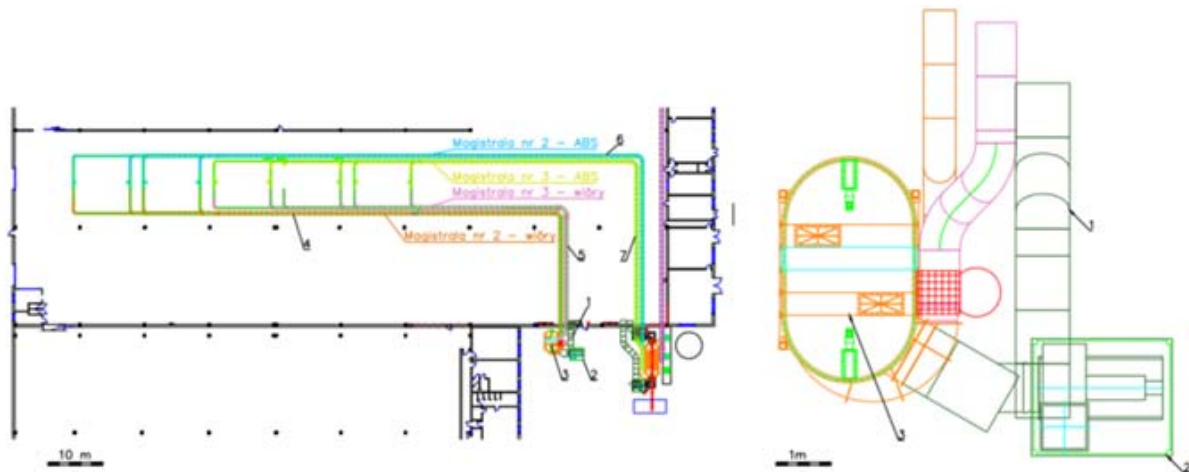
Na rys. 1, 2, 3 i 4 przedstawiono schemat organizacyjny instalacji wyciągowych w hali produkcyjnej oraz położenie filtrów pyłu drzewnego a na rys. 5 i 6 elementy instalacji wyciągowych.



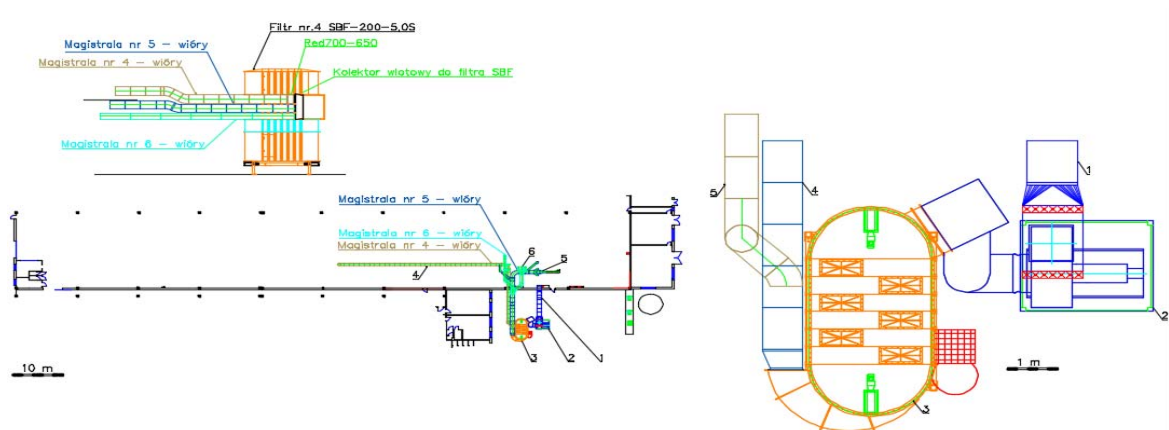
Rys. 1. Schemat instalacji odciągowych linii obróbki wąskich powierzchni, centrów obróbkowych i szlifierek: IKEA COMPONENTS w Lubawie – schemat przebiegu magistrali w hali obróbki zasadniczej: stacja filtrów nr 1 – wyciąg ABS; stacja filtrów nr 2 – wyciąg wiórów z linii wiertarek; stacja filtrów nr 3 – wyciąg wiórów z linii obróbki wąskich powierzchni; stacja filtrów nr 4 – wyciąg wiórów z linii szlifierek; magistrala wyciągu wiórów z linii obróbki wąskich powierzchni; magistrala wyciągu odpadów ABS nr 1; magistrala wyciągu odpadów ABS nr 2; magistrala wyciągu odpadów ABS nr 3; magistrala wyciągu wiórów z linii wiertarek – nr 2; magistrala wyciągu wiórów z linii wiertarek – nr 3; magistrala główna wyciągu linii szlifierek – nr 4; magistrala pomocnicza wyciągu linii szlifierek – nr 5.



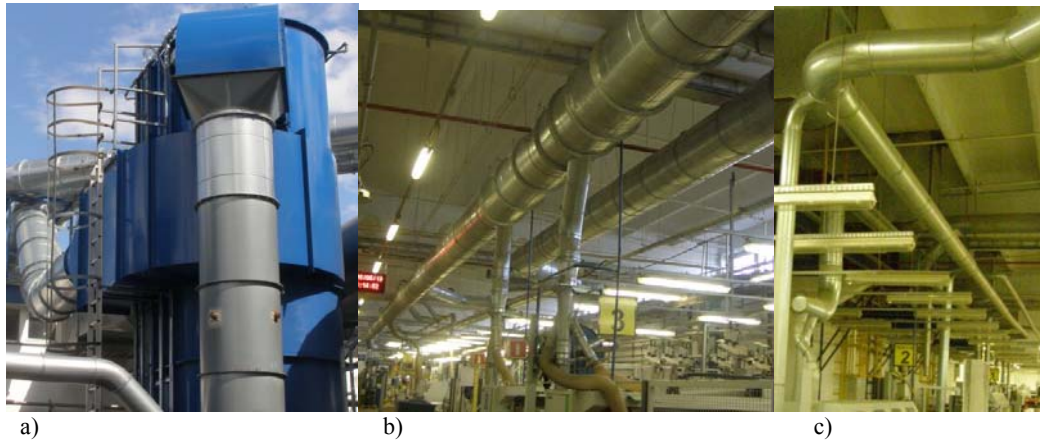
Rys. 2. Schemat instalacji odciągowej linii obróbki wąskich powierzchni IKEA COMPONENTS w Lubawie – schemat instalacji odciągowej linii obróbki wąskich powierzchni: 1- stacja filtrów nr 3 – linia obróbki wąskich powierzchni; 2 - magistrala wyciągu wiórów z linii obróbki wąskich powierzchni – nr 1; 3 – wentylator; 4 - powrót powietrza.



Rys. 3. Schemat instalacji odciągowej linii centrów obróbkowych CNC IKEA COMPONENTS w Lubawie – schemat instalacji wyciągowej linii wiertarek: 1 - powrót powietrza do halę; 2 – wentylator; 3 -stacja filtrów nr 2; 4 - magistrala wyciągu wiórów - nr 2; 5 – magistrala wyciągu wiórów - nr 3; 6 - magistrala wyciągu odpadów ABS - nr 2; 7 - magistrala wyciągu odpadów ABS - nr 3.



Rys. 4. Schemat instalacji odciągowej linii szlifierek IKEA COMPONENTS w Lubawie – Schemat instalacji wyciągowej linii szlifierek: 1 - powrót powietrza do halę; 2 – wentylator; 3 - stacja filtrów nr 4; 4 - magistrala pomocnicza wyciągu – nr 5; 5 - magistrala główna wyciągu – nr 4.



Rys. 5. Elementy instalacji wyciągowej linii obróbki wąskich płaszczyzn: a) – komora filtra; b) - wyciąg linii głównej; c) - wyciąg linii pomocniczej.



Rys. 6. Elementy instalacji wyciągowej linii szlifierek z lakiernią: a) - komora filtra; b) - wyciąg główny; c) - wyciągi pomocnicze.

Największe zróżnicowanie warunków przepływowych panujących wewnątrz instalacji odnotowano w komorach pyłowych odpylaczy filtracyjnych. Zastosowanie różnej wielkości komór pociągnęło za sobą bardzo duże zróżnicowanie wewnętrznych warunków separacji. Największa z badanych komór zawiera 202 worki filtracyjne, a najmniejsza tylko 140. W bezpośredni sposób wpłynęło to na wielkość powierzchni filtracyjnej. Wielkości te w zależności od ilości zastosowanych worków wynosiły 458,341 m² dla 202 worków, 357,274 m² dla 162 worków i 313,166 m² dla 140 worków. Jeszcze ciekawiej wygląda zestawienie ilości powietrza dopływającego w jednostce czasu do filtra w odniesieniu do całkowitej powierzchni filtracyjnej. Połączenie tych dwóch czynników wyraźnie wskazuje, że zarówno ilość powietrza jak i wielkość powierzchni filtracyjnej wpływają na prędkość filtracji wewnątrz filtra, która jest dla procesu separacyjnego kluczową wielkością. I tak dla instalacji odpylającej linii obróbki wąskich powierzchni zapotrzebowanie powietrza, które wynosi 55450 m³/min w zastawieniu z 313,166 m² powierzchni filtracyjnej dało w rezultacie prędkość filtracji na poziomie 4,918 cm/s.

Instalacja odpylająca centrów obróbczych ma większą ilość worków (o 22 sztuki) i przy jednoczesnej większej ilości dopływającego powietrza (zwiększenie ilości o 4400 m³/min) charakteryzuje się mniejszą prędkością filtracji na poziomie 4,653 cm/s. Największy filtr posiadający 202 worki (o 62 więcej niż najmniejszy filtr) oraz największe zapotrzebowanie powietrza (74 700 m³/min) cechował się najmniejszą prędkością filtracji na poziomie tylko 4,527 cm/s.

Instalacja transportowa linii obróbki wąskich płaszczyzn obejmuje swym zasięgiem linię główną oraz linię pomocniczą.

Instalacja transportowa linii centrów obróbczych CNC obejmuje zasięgiem pięć identycznych obrabiarek usytuowanych w jednym rzędzie. Ze względu na ilość odciganego powietrza podzielona została na dwie części: krótszą i dłuższą. Część krótsza obsługuje trzy centra, część dłuższa dwa najdalej oddalone. Rozwiązanie to narzucone jest innym przeznaczeniem piątej obrabiarki w linii (najdalej usytuowanej), która obrabia grubsze elementy, w których elementy drewniane są źródłem postawiania większej ilości

odpadów. Podział instalacji na dwie pozwolił ograniczyć ilość odciąganego powietrza a także zmniejszyć nakłady energetyczne na odpylanie. Obydwie magistrale obsługuje jeden wentylator i jeden filtr pyłu. Przy zamknięciu odciągu w jednej z nich następuje spadek poboru energii elektrycznej przez silnik, dając wymierne korzyści finansowe z tytułu oszczędności energii elektrycznej.

Linia lakiernicza ze szlifiernią wyposażona jest w trzy instalacje odpylające połączone jedną stacją filtrów. Linia główna obsługuje największą ilość obrabiarek. Szlifierki i szczotkarki czyszczące używane są na wszystkich etapach lakierowania. Linie pomocnicze obsługują pierwszą szlifierkę i pierwszą szczotkarkę czyszczącą.

Podsumowanie

Powstające w procesie produkcji odpady pyłowe różnią się od siebie w zależności od miejsca ich powstawania. Zróżnicowanie to generuje potrzebę indywidualnego podejścia do zagadnień separacji pyłów ze stanowisk roboczych. Dobór odpowiednich parametrów technicznych instalacji jest zatem sprawą kluczową. Wymienione w artykule instalacje miały zainstalowane wentylatory takiego samego typu. Właściwe parametry odpylania osiągnięto przez dobór odpowiednich średnic przewodów transportowych oraz dobór wielkości komory pyłowej odpylaczy filtracyjnych.

Literatura

1. Calle, S., Contal, P., Thomas, D., Bemer, D., Leclerc, D., Evolutions of efficiency and pressure drop of filter media during clogging and cleaning cycles, *Powder Technology*, 2002, 128(2), pp. 213–217.
2. Jacobsen, G., Schaumburg, I., Sigsgaard, T., Schlünssen, V., (2010). Non-malignant respiratory diseases and occupational exposure to wood dust. Part II. Dry wood industry, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 2010, 17(1), pp. 29–44.
3. Leith, D., Ellenbecker, M.J., Theory for penetration in a pulse-jet cleaned fabric filter, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1980, 30(8), pp. 877–881.
4. Leith, D., Ellenbecker, M.J., Theory for pressure drop in a pulse-jet cleaned fabric filter, *Atmospheric Environment*, 1980, 14(7), pp. 845–852.
5. Mračková, E., Krišťák, L., Kučerka, M., Gaff, M., Gajtanska, M., Creation of Wood Dust during Wood Processing: Size Analysis, Dust Separation, and Occupational Health, *BioResources*, 2015, 11(1), pp. 209–222.
6. Palmqvist, J., Gustafsson, S.-I., Emission of dust in planing and milling of wood, *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 1999, 57(3), pp. 164–170. <https://doi.org/10.1007/s001070050035>.
7. Pałubicki, B., Rogoziński, T., Efficiency of chips removal during CNC machining of particleboard, *Wood Research*, 2016, 61(5), pp. 811–818.