

DOSKONALENIE STANOWISKA MONTAŻU FILTRÓW POWIETRZA – STUDIUM PRZYPADKU

Paulina REWERS, Justyna TROJANOWSKA, Przemysław CHABOWSKI

Streszczenie: W pracy zaprezentowano proces doskonalenia stanowiska montażu specjalnego filtra powietrza do samochodów osobowych. Przedstawiono działania podjęte w przedsiębiorstwie produkcyjnym w wyniku których wzrosła wydajność pracy operatora. Założony cel osiągnięto poprzez zastosowanie analizy MTM, analizy czynności wykonywanych przez operatora oraz utworzenie diagramu spaghetti, dzięki którym możliwa była identyfikacja marnotrawstwa występującego na stanowisku pracy. W podsumowaniu zawarto uwagi dotyczące organizacji i doskonalenia metod pracy.

Słowa kluczowe: doskonalenie stanowiska, filtr powietrza, MTM, wydajność.

1. Wstęp

Coraz silniejsza konkurencja na rynku oraz stale zwiększające się wymagania klientów, zmuszają przedsiębiorstwa produkcyjne do nieustannego doskonalenia procesu wytwarzania wyrobów. Utrzymanie jakości wykonania produktów i zwiększenie wydajności przy jednoczesnych obniżkach cen warunkuje wdrażanie nowych, nierzadko innowacyjnych metod organizacji produkcji i planowania procesów [1].

Odpowiedzią przedsiębiorstw produkcyjnych na rosnące wymagania ze strony klientów jest eliminacja wszelkiego rodzaju marnotrawstwa dzięki czemu możliwe jest doskonalenie i optymalizacja stanowisk roboczych. Pozwala ona na skrócenie czasu poszczególnych operacji, tym samym skracając ogólny czas pomiędzy złożeniem zamówienia przez klienta, a wysłaniem wyrobu gotowego. Uzyskuje się wówczas zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów wytwarzania. Wyróżnia się następujące rodzaje marnotrawstwa [2]:

- nadprodukcja – wytwarzanie wyrobów zbyt dużo i za szybko,
- braki – wytwarzanie wyrobów wadliwych,
- zapasy – magazynowanie dużych ilości materiałów do produkcji,
- niewłaściwe metody wytwarzania – zastosowanie nieodpowiednich technologii, narzędzi, wyposażenia, itd.,
- nadmierny transport – niepotrzebne przemieszczanie materiałów i produkcji w toku,
- oczekiwanie – długie okresy bezczynności operatorów spowodowane brakiem materiałów lub informacji,
- zbędny ruch – nadmierny ruch operatorów, spowodowany niewłaściwą organizacją miejsca pracy.

Marnotrawstwo jest wynikiem wykonywania przez pracowników tej samej pracy różnymi metodami. Aby zapewnić realizację każdego procesu w taki sam sposób przez wszystkich pracowników należy przeprowadzić standaryzację pracy. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia stałego czasu wykonywania czynności przez każdego operatora

oraz konieczności zapewnienia stałego poziomu jakości produkowanych wyrobów. Proces standaryzacji składa się z kilku etapów [3]:

- klasyfikacja – grupowanie według podobieństwa cech charakterystycznych danego produktu,
- unifikacja – ujednocnianie cech konstrukcyjnych i wymiarowych elementów maszyn w celu umożliwienia ich zamienności,
- typizacja – ujednocnienie konstrukcji w celu upraszczania produkcji, obniżania kosztów, a także ułatwiania eksploatacji.

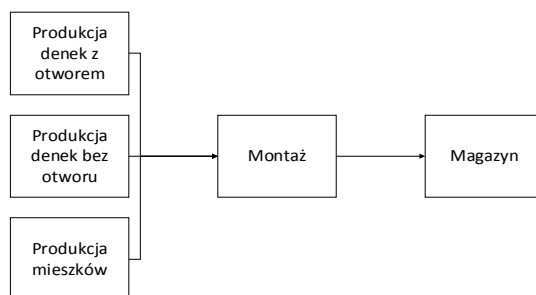
Chcąc określić czas potrzebny na montaż filtra przez operatora o mniejszym doświadczeniu stosuje się analizę ruchów elementarnych MTM (ang. Method Time Measurement). Procedura ta daje możliwość analizy manualnych operacji lub metody pracy pod kątem ruchów podstawowych, niezbędnych do jej wykonania. Przypisuje każdemu z tych ruchów standardowy czas trwania, który jest uzależniony od specyfiki ruchu i warunków w jakich jest wykonywany. Metoda MTM pozwala na projektowanie oraz optymalizację istniejących jak i nieistniejących procesów produkcyjnych. Pozwala również uniknąć zbędnych kosztów związanych z błędami techniczno – organizacyjnymi [4].

Kluczowym elementem dla prawidłowego usprawnienia każdego stanowiska pracy, powinno być dokładne analizowanie czynności jaką wykonuje pracownik, określenie niezbędnych ruchów dla wykonania operacji, a także właściwa organizacja stanowiska pracy. Stanowisko pracy powinno być tak zorganizowane, by wszystkie niezbędne narzędzia i wykorzystywane elementy były łatwo dostępne dla pracownika, a jednocześnie winny być rozmieszczone w systematyczny i uporządkowany sposób. Wymienione uwagi doskonale wpisują się w metodę organizacji stanowiska pracy - 5S, która zakłada przeprowadzenie takich etapów jak [5]:

- 1S – sort – selekcja – usunięcie niepotrzebnych materiałów,
- 2S – storage – organizacja – wszystko, co jest potrzebne do wykonania zadań znajduje się przy stanowisku,
- 3S – shine – czystość – utrzymanie porządku na stanowisku pracy,
- 4S – standarize – standaryzacja – każda rzecz, przedmiot które znajdują się na stanowisku pracy mają swoje stałe określone miejsce, określone zasady co do czystości na stanowisku,
- 5S – sustain – samodyscyplina – automatyczna, stała realizacja wszystkich czterech zasad, które zostały podane powyżej.

2. Proces produkcyjny wybranego filtra powietrza

Na proces produkcyjny filtra powietrza dedykowanego dla pewnej marki luksusowych samochodów składa się produkcja mieszków, dwóch rodzajów denek – z otworem i bez otworu oraz montaż. Mieszki produkowane są ze specjalnego rodzaju papieru na plisowarkach, natomiast denka z tworzywa sztucznego na wtryskarkach. Stanowisko montażu jest dedykowane do produkcji tylko tego rodzaju filtra, natomiast pozostałe stanowiska wykonują również części dla innych typów filtrów. Uproszczony schemat procesu produkcyjnego filtra przedstawiony został na rysunku 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat procesu produkcyjnego filtra [opracowanie własne]

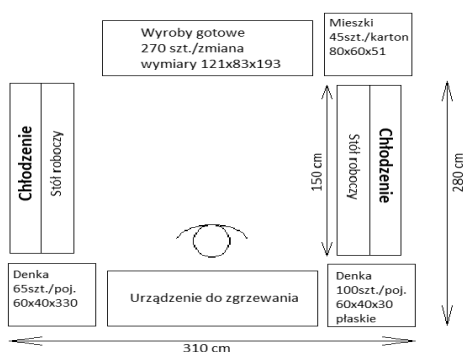
Obecnie produkcja wynosi 270 sztuk/zmianę i jest to maksymalna ilość jaką proces produkcyjny jest w stanie wyprodukować. Zapotrzebowanie na wydajność procesu ze strony klienta wynosi 350 sztuk/zmianę. Po analizie stanowisk roboczych, w szczególności ich wydajności pracy stwierdzono, że wąskim gardłem w procesie jest stanowisko montażu. Postanowiono zatem przyjrzeć się pracy operatorów oraz organizacji samego stanowiska.

3. Opis stanowiska montażu

Na stanowisko montażu tego modelu filtra powietrza składają się:

- urządzenie do zgrzewania, posiadające dwie nagrzewnice, które równocześnie nagrzewają dwie formy i denka zgrzewane następnie z mieszkami pod wpływem siły docisku,
- trzy formy, które ustalają pozycję mieszka w urządzeniu do zgrzewania,
- dwa stoły robocze, na których pracownik przygotowuje części do dalszych etapów procesu – nakładanie mieszkań w formę, montaż denek w podstawki, kontrola poprawności wymiarów gotowego filtra,
- dwa stoły z nawiewem dolnym, których zadaniem jest chłodzenie form i wyrobu po procesie nagrzewania i zgrzewania,
- pojemnik z denkami z otworem, 62 sztuk/pojemnik,
- pojemnik z denkami bez otworu, 100 sztuk/pojemnik,
- karton z mieszkaami, 45 sztuk/karton,
- wózek na wyroby gotowe, 270 sztuk/wózek.

Schemat stanowiska przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat stanowiska montażu filtrów [opracowanie własne]

Na stanowisku pracuje jeden operator na każdej z trzech zmian. Każdy z pracowników jest w stanie zmontować maksymalnie 270 sztuk/zmianę. Pracownik sam przynosi pojemniki z denkami oraz karton z mieszkaami z magazynu lub ze stanowisk produkcyjnych, zazwyczaj więcej niż potrzebuje, przez co na stanowisku zawsze znajduje się po kilka zapasowych skrzynek i kartonów (rysunek 3).



Rys. 3. Zapasy na stanowisku montażu [opracowanie własne]

Wydajność pracy stanowiska na chwilę obecną wynosi 77%. Stosunkowo niska wydajność jest spowodowana tym, że pracownik poświęca dużo czasu na wykonywanie czynności, które nie przynoszą wartości dla klienta. Są to między innymi:

- transport pojemników i kartonu z elementami na stanowisko,
- wykonywanie testu szczelności filtra i sprawdzanie wszystkich jego wymiarów – raz na 2 godziny 1 sztuka wyrobu, jeśli wyrób jest nieszczelny, pracownik pobiera kolejną sztukę i tak do momentu, w którym pobrany wyrób przejdzie test pozytywnie, ta sama procedura dotyczy sprawdzania wymiarów filtra,
- kontrola wymiarów gabarytowych na stanowisku pracy – pracownik wykonuje kontrolę co 10 sztukę, sprawdza wymiary gabarytowe na specjalnie przygotowanym wzorniku,
- sprzątnięcie stanowiska pracy.

Aby można odpowiedzieć na pytanie, dlaczego pracownik nie jest w stanie wykonać 350 sztuk/zmianę, postanowiono przyjrzeć się sekwencji czynności wykonywanych przez operatora oraz zmierzyć czas trwania poszczególnych operacji. Pomiar wykonano na dwóch zmianach po około 10 odczytów czasu dla każdej czynności w procesie głównym. Zmierzono także czasy czynności pomocniczych wykonywanych przez pracownika. Szczegółowe wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1. W tabeli 2 zaprezentowano średni czas wykonywania poszczególnych zabiegów oraz czas otrzymany metodą MTM. Dzięki temu możliwe jest porównanie otrzymanych czasów z czasami idealnymi, które może osiągnąć pracownik o średnim stażu i doświadczeniu. Wykorzystano w tym celu program TICON. W tabeli 3 przedstawiono czasy operacji pomocniczych wykonywanych przez operatora.

Tab. 1. Wyniki pomiarów czasu poszczególnych operacji w procesie głównym na stanowisku montażu [opracowanie własne]

		Nazwa czynności	Zmierzone czasy operacji pracownik 1	Zmierzone czasy operacji pracownik 2
Odcinek 1 mieszek do formy	1	Ruchy ciała	1,1 s; 1,1 s; 1,3 s; 1,3 s; 1,1 s; 1,2 s;	1,1 s; 1,4 s; 1,5 s; 1,3 s; 1,4 s; 1,3 s;
	2	Pobranie mieszka	2,7 s; 2,4 s; 2,4 s; 2,7 s; 3,0 s; 2,4 s;	1,0 s; 1,2 s; 1,3 s; 1,2 s; 1,3 s; 1,0 s;
	3	Ruchy ciała	2,1 s; 2,1 s; 2,1 s; 2,3 s; 2,1 s; 2,2 s;	2,1 s; 2,0 s; 2,2 s; 2,3 s; 2,0 s; 2,1 s;
	4	Mieszek do skrzynki	3,3 s; 3,0 s; 3,1 s; 2,8 s; 2,7 s; 2,9 s;	4,0 s; 4,2 s; 4,5 s; 4,7 s; 4,0 s; 4,1 s;
	5	Zatrzaśnięcie sprężyn ryglujących	2,1 s; 2,0 s; 2,2 s; 1,9 s; 2,1 s; 2,0 s;	2,0 s; 1,8 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,3 s; 2,1 s;
Odcinek 2 przeladowanie maszyny	6	Obrót do maszyny	1,0 s; 1,1 s; 1,1 s; 1,0 s; 1,2 s; 0,8 s;	1,2 s; 0,7 s; 1,1 s; 1,0 s; 0,8 s; 0,9 s;
	7	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,7 s; 0,5 s; 0,5 s; 0,6 s; 0,5 s; 0,6 s;	1,8 s; 1,5 s; 1,8 s; 1,5 s; 1,7 s; 1,7 s;
	8	Uniesienie siłowników ze skrzynkami	0,6 s; 0,7 s; 0,6 s; 0,7 s; 0,7 s; 0,6 s;	0,7 s; 0,5 s; 0,7 s; 0,8 s; 0,6 s; 0,7 s;
	9	Odłożenie skrzynki do chłodzenia na lewy stół	2,1 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,3 s; 2,4 s; 2,2 s;	2,3 s; 2,4 s; 2,5 s; 2,1 s; 2,5 s; 2,4 s;
	10	Włożenie lewej podstawki do maszyny	1,7 s; 1,5 s; 1,4 s; 1,5 s; 1,5 s; 1,6 s;	1,8 s; 1,6 s; 1,5 s; 1,6 s; 1,8 s; 1,5 s;
	11	Włożenie lewej skrzynki do 1 zgrzewu	2,9 s; 2,9 s; 2,5 s; 2,8 s; 2,7 s; 2,6 s;	2,8 s; 2,8 s; 2,8 s; 2,8 s; 2,6 s; 2,7 s;
	12	Odłożenie skrzynki do chłodzenia na prawy stół	2,0 s; 2,3 s; 2,7 s; 1,9 s; 2,5 s; 1,9 s;	2,2 s; 2,2 s; 2,1 s; 2,3 s; 2,4 s; 2,2 s;
	13	Włożenie prawej podstawki do maszyny	2,2 s; 2,0 s; 2,3 s; 2,0 s; 2,1 s; 2,0 s;	2,4 s; 2,6 s; 2,3 s; 2,4 s; 2,4 s; 2,5 s;
	14	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,6 s; 0,4 s; 0,5 s; 0,8 s; 0,5 s; 0,7 s;	1,7 s; 1,4 s; 1,2 s; 1,5 s; 1,5 s; 1,7 s;
Uruchomienie procesu nagrzewania denek	15	Włożenie skrzynki prawej do 2 zgrzewu	2,7 s; 2,9 s; 2,5 s; 2,6 s; 2,7 s; 2,9 s;	2,8 s; 2,9 s; 2,9 s; 2,7 s; 2,6 s; 2,7 s;
	16	Włożenie nakrywy skrzynki prawej	1,8 s; 1,6 s; 1,7 s; 1,7 s; 1,9 s; 1,8 s;	2,2 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,2 s;
	17	Zatrzaśnięcie sprężyn ryglujących	2,1 s; 2,1 s; 2,2 s; 2,0 s; 2,1 s; 2,0 s;	2,0 s; 1,9 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,3 s; 2,1 s;
Odcinek 3 odłożenie z kontrolowaniem	18	Skrzynka prawa po chłodzeniu na stół	1,0 s; 0,9 s; 0,8 s; 0,9 s; 0,9 s; 0,9 s;	1,2 s; 1,2 s; 1,1 s; 1,3 s; 1,4 s; 1,2 s;
	19	Zdjęcie nakrywy skrzynki prawej	0,8 s; 0,7 s; 0,5 s; 0,7 s; 0,7 s; 0,6 s;	0,9 s; 0,9 s; 1,1 s; 1,0 s; 1,1 s; 0,9 s;
	20	Odblokowanie sprężyn ryglujących	1,1 s; 1,4 s; 1,2 s; 1,3 s; 1,5 s; 1,4 s;	1,7 s; 1,9 s; 2,0 s; 2,0 s; 2,1 s; 2,1 s;
	21	Wyjęcie filtra ze skrzynki	0,8 s; 0,9 s; 0,9 s; 1,0 s; 1,0 s; 0,9 s;	1,0 s; 1,1 s; 1,0 s; 0,9 s; 1,1 s; 1,0 s;
	22	Kontrola wzrokowa 4 powierzchni	2,8 s; 2,5 s; 2,8 s; 2,6 s; 2,7 s; 2,5 s;	6,1 s; 5,8 s; 6,0 s; 5,9 s; 6,0 s; 6,0 s;
	23	Kontrola palcem wokół otworu	1,1 s; 1,0 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,4 s; 1,3 s;	1,2 s; 0,9 s; 0,9 s; 1,1 s; 1,3 s; 1,3 s;

	24	Kontrola wymiaru zgodnie ze sprawdzianem	2,6 s; 2,3 s; 2,6 s; 2,5 s; 2,7 s; 2,6 s;	3,4 s; 3,4 s; 3,4 s; 3,6 s; 3,4 s; 3,5 s;
	25	Odłożenie filtra na wózek	2,8 s; 3,2 s; 2,8 s; 2,7 s; 3,0 s; 2,9 s;	2,8 s; 2,8 s; 2,4 s; 2,6 s; 2,4 s; 2,7 s;
Odcinek 4 przygotowanie do zgrzewu	26	(obrót) do skrzynki prawej z denkiem	1,9 s; 2,3 s; 2,2 s; 2,0 s; 1,8 s; 2,3 s;	1,7 s; 1,5 s; 1,9 s; 1,7 s; 2,0 s; 1,8 s;
	27	Denko prawe do podstawki	1,0 s; 1,2 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,3 s; 1,1 s;	1,1 s; 0,9 s; 1,0 s; 0,9 s; 0,9 s; 1,0 s;
	28	Dodatkowe dociśnięcie	0,8 s; 0,8 s; 0,8 s; 0,8 s; 0,7 s; 0,7 s;	0,8 s; 1,0 s; 0,7 s; 0,7 s; 0,8 s; 0,9 s;
	29	Obrót do urządzenia	0,9 s; 1,1 s; 0,9 s; 1,3 s; 1,1 s; 1,2 s;	1,1 s; 1,0 s; 1,2 s; 1,3 s; 1,4 s; 1,5 s;
	30	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,7 s; 0,5 s; 0,5 s; 0,6 s; 0,5 s; 0,6 s;	1,0 s; 1,3 s; 1,3 s; 1,4 s; 1,2 s; 1,2 s;
	Uniesienie siłowników po zgrzewie podczas ruchów ciała	31	Obrót do stołu lewego	1,6 s; 2,0 s; 2,2 s; 1,8 s; 2,1 s; 1,7 s;
32		Skrzynka lewa po chłodzeniu na stół	1,0 s; 1,1 s; 1,2 s; 0,8 s; 1,0 s; 0,9 s;	1,3 s; 1,3 s; 1,5 s; 1,3 s; 1,5 s; 1,6 s;
33		zdjęcie skrzynki lewej	1,1 s; 1,0 s; 1,2 s; 1,2 s; 1,2 s; 1,1 s;	1,4 s; 1,3 s; 1,4 s; 1,5 s; 1,3 s; 1,4 s;
34		Odblokowanie sprężyn ryglujących	1,1 s; 1,1 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,1 s; 1,0 s;	1,0 s; 0,9 s; 0,9 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,1 s;
35		Denko lewe do podstawki	0,8 s; 0,7 s; 1,0 s; 0,9 s; 1,0 s; 0,9 s;	0,9 s; 1,0 s; 1,1 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,1 s;
36		Dodatkowe dociśnięcie	0,6 s; 0,5 s; 0,8 s; 0,7 s; 0,7 s; 0,8 s;	0,7 s; 0,7 s; 0,9 s; 0,9 s; 1,0 s; 0,8 s;
37		Filtr w pole widzenia	0,9 s; 0,6 s; 1,0 s; 0,7 s; 0,9 s; 1,0 s;	0,8 s; 1,1 s; 1,0 s; 1,2 s; 0,9 s; 1,0 s;
38		Kontrola wzrokowa zgrzewu z 4 krawędziami	1,6 s; 1,8 s; 1,8 s; 1,6 s; 1,7 s; 1,9 s;	2,2 s; 2,0 s; 2,1 s; 2,2 s; 2,2 s; 2,0 s;
39		Obrót z filtrem do stołu prawego	1,1 s; 1,2 s; 0,8 s; 0,9 s; 1,0 s; 1,0 s;	1,2 s; 1,2 s; 1,0 s; 1,1 s; 1,0 s; 1,1 s;
40		Dodatkowe odłożenie na stół prawy	2,3 s; 2,4 s; 2,4 s; 2,1 s; 2,2 s; 2,4 s;	2,6 s; 2,5 s; 2,6 s; 2,7 s; 2,5 s; 2,5 s;

Tab. 2. Wyniki obliczeń dla poszczególnych operatorów [opracowanie własne]

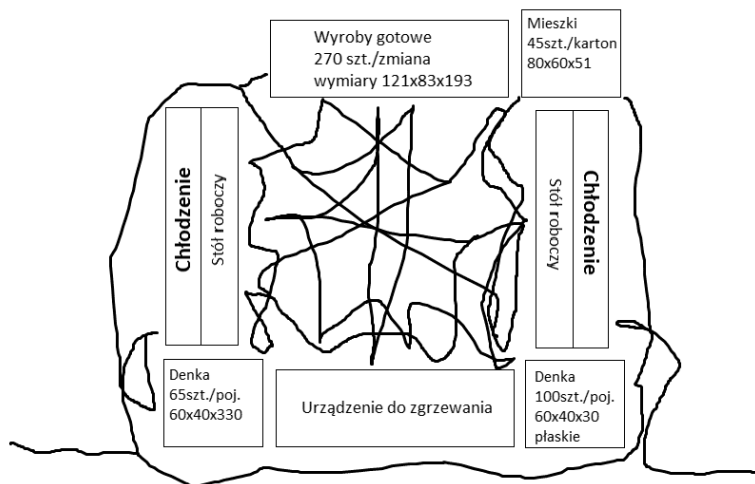
		Nazwa czynności	Średni czas operacji pracownik 1	Średni czas operacji pracownik 2	Średnia czasów dla obu operatorów	Czas z programu TICON
Odcinek 1 mieszek do formy	1	Ruchy ciała	1,2 s	1,3 s	1,3 s	0,9 s
	2	Pobranie mieszka	2,6 s	1,2 s	1,9 s	1,1 s
	3	Ruchy ciała	2,1 s	2,1 s	2,1 s	0,9 s
	4	Mieszek do skrzynki	3,0 s	4,3 s	3,7 s	0,7 s
	5	Zatrzaśnięcie sprężyn ryglujących	2,0 s	2,1 s	2,1 s	1,1 s
Odcinek 2 przetwarzanie maszyny	6	Obrót do maszyny	1,0 s	1,0 s	1,0 s	0,9 s
	7	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,6 s	1,7 s	1,2 s	0,9 s
	8	Uniesienie siłowników ze skrzynkami	0,7 s	0,7 s	0,7 s	1,0 s
	9	Odłożenie skrzynki do chłodzenia na lewy stół	2,3 s	2,4 s	2,4 s	3,1 s
	10	Włożenie lewej podstawki do maszyny	1,5 s	1,6 s	1,6 s	2,9 s
	11	Włożenie lewej skrzynki do 1 zgrzewu	2,7 s	2,8 s	2,8 s	3,1 s
	12	Odłożenie skrzynki do chłodzenia na prawy stół	2,2 s	2,3 s	2,3 s	3,1 s

Uruchomienie procesu nagrzewania denek	13	Włożenie prawej podstawki do maszyny	2,1 s	2,4 s	2,3 s	2,9 s
	14	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,5 s	1,5 s	1,0 s	0,9 s
	15	Włożenie skrzynki prawej do 2 zgrzewu	2,7 s	2,8 s	2,8 s	3,1 s
	16	Włożenie nakrywy skrzynki prawej	1,8 s	2,2 s	2,0 s	2,7 s
	17	Zatrzaśnięcie sprężyn ryglujących	2,1 s	2,1 s	2,1 s	1,1 s
Odcinek 3 odłożenie z kontrolowaniem	18	Skrzynka prawa po chłodzeniu na stół	0,9 s	1,2 s	1,0 s	1,6 s
	19	Zdjęcie nakrywy skrzynki prawej	0,7 s	1,0 s	0,8 s	1,6 s
	20	Odblokowanie sprężyn ryglujących	1,3 s	2,0 s	1,7 s	1,1 s
	21	Wyjęcie filtra ze skrzynki	0,9 s	1,0 s	1,0 s	0,7 s
	22	Kontrola wzrokowa 4 powierzchni	2,7 s	5,5 s	4,1 s	0,5 s
	23	Kontrola palcem wokół otworu	1,2 s	1,1 s	1,2 s	1,4 s
	24	Kontrola wymiaru zgodnie ze sprawdzianem	2,6 s	3,5 s	3,1 s	3,2 s
	25	Odłożenie filtra na wózek	2,9 s	2,6 s	2,8 s	2,2 s
Odcinek 4 przygotowanie do zgrzewu	26	(obrót) do skrzynki prawej z denkiem	2,1 s	1,8 s	1,9 s	0,9 s
	27	Denko prawe do podstawki	1,1 s	1,0 s	1,1 s	2,5 s
	28	Dodatkowe dociśnięcie	0,8 s	0,8 s	0,8 s	0,7 s
	29	Obrót do urządzenia	1,1 s	1,3 s	1,2 s	0,9 s
	30	Wciśnięcie przycisków oburącz	0,6 s	1,2 s	0,9 s	0,9 s
Umieszczenie siłowników po zgrzewie podczas ruchów ciała	31	Obrót do stołu lewego	1,9 s	2,1 s	2,0 s	0,9 s
	32	Skrzynka lewa po chłodzeniu na stół	1,0 s	1,4 s	1,2 s	1,6 s
	33	zdjęcie skrzynki lewej	1,1 s	1,4 s	1,3 s	1,6 s
	34	Odblokowanie sprężyn ryglujących	1,1 s	1,0 s	1,1 s	1,1 s
	35	Denko lewe do podstawki	0,9 s	1,1 s	1,0 s	2,5 s
	36	Dodatkowe dociśnięcie	0,7 s	0,8 s	0,8 s	0,7 s
	37	Filtr w pole widzenia	0,9 s	1,0 s	1,0 s	0,7 s
	38	Kontrola wzrokowa zgrzewu z 4 krawędziami	1,7 s	2,1 s	1,9 s	2,2 s
	39	Obrót z filtrem do stołu prawego	1,0 s	1,1 s	1,1 s	0,9 s
	40	Dodatkowe odłożenie na stół prawy	2,3 s	2,6 s	2,5 s	0,4 s
SUMA				68,8 s	61,2 s	

Tab. 3. Czasy operacji pomocniczych wykonywanych przez pracownika w ciągu jednej zmiany [opracowanie własne]

	Nazwa czynności	Czas operacji na zmianę
41	Logistyka transportu	1800 s
42	Logistyka kartonu z mieszkaniami	600 s
43	Logistyka pojemnika z denkami	900 s
44	Test bąbelkowy	600 s
45	Test pomiarowy	1080 s
46	Sprzątanie stanowiska	600 s
SUMA		5580 s

Na podstawie obserwacji pracy operatora sporządzono również diagram spaghetti, dzięki któremu można zauważyć przemieszczanie się pracownika w ciągu całej zmiany. Celem diagramu było wykrycie strat wynikających ze ścieżek transportowych i zbędnych ruchów operatora (rysunek 4).



Rys. 4. Diagram spaghetti sporządzony dla pracownika stanowiska montażu [opracowanie własne]

Zaprezentowana tabela dotycząca czasów trwania zabiegów wykonywanych na stanowisku montażu przez pracownika pokazuje, że całkowity czas zmontowania jednego filtra wynosi 68,8 s. Czas wyliczony metodą MTM to 61,2 s. Różnica między tymi czasami w szczególności jest widoczna przy przemieszczaniu się pracownika (obrót, ruchy ciała). Czas czynności pomocniczych wykonywanych przez pracownika wynosi łącznie 93 minuty/zmianę, czyli 20s/filtr.

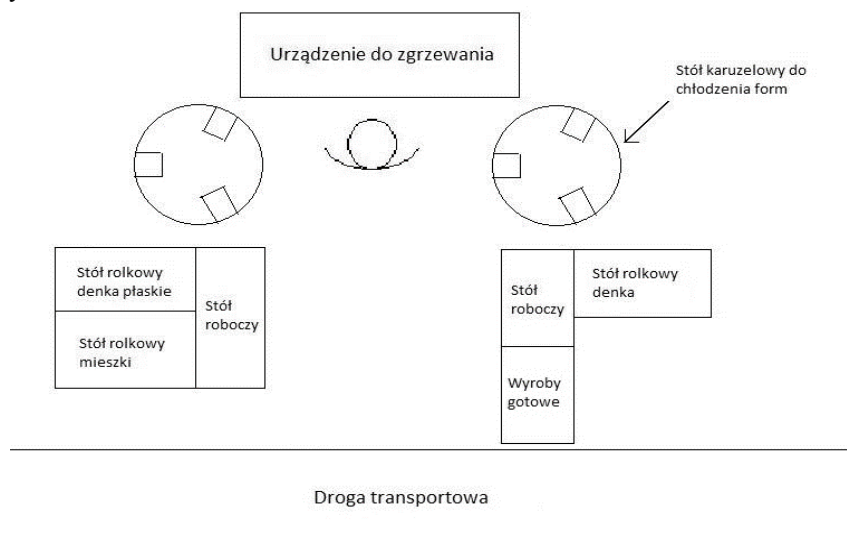
Diagram spaghetti, wykaz czynności wykonywanych przez pracownika oraz obserwacje pracy pokazują, że operator wielokrotnie musi opuszczać stanowisko pracy aby pobrać denka do montażu. Zazwyczaj pobiera ich kilka sztuk i ustawia na stole roboczym, co zajmuje czas pracy i miejsce na stole roboczym. Analiza wykazała, że pracownik traci około 25 minut/zmianę aby przygotowywać elementy. Problemem jest również ułożenie mieszkań w kartonie dostarczanych z innego stanowiska. Pracownik niejednokrotnie zmuszony jest obracać mieszki, aby zamontować je w formie. Dużo czasu zajmuje operatorowi również kontrola jakości każdej sztuki wyrobu. Pracownik na stanowisku przeprowadza kontrolę wzrokową filtra oraz sprawdza jego wymiary gabarytowe na specjalnie przygotowanym sprawdzianie. Innym istotnym problemem jest chłodzenie filtrów i form oraz długość stołów roboczych. Chłodzący strumień powietrza skierowany jest w kierunku pionowym z dołu do góry, przez co pracownik pobierając i odkładając formę stoi w przeciagu. Operator nie wykorzystuje w swojej pracy całego stołu roboczego, a jego długość sprawia, że pracownik pokonuje znaczne odległości między stołem, urządzeniem a wózkiem z wyrobami gotowymi i kartonem z mieszki. Również bezpieczeństwo pracownika nie jest do końca zachowane. Dostęp do stanowiska pracy jest utrudniony przez wózki i palety z elementami do montażu. Jedyne wyjście ze stanowiska znajduje się między lewym stołem roboczym a wózkiem na którym pracownik odkłada gotowe wyroby. Aby stąd dojść do drogi komunikacyjnej operator przechodzi obok nieosłoniętej maszyny do zgrzewania filtrów, co może być zagrożeniem dla jego życia i zdrowia. Wyniki pomiarów czasu oraz obserwacji pracy operatora pozwalają stwierdzić, iż można podnieść wydajność stanowiska poprzez przeprowadzenie standaryzacji pracy.

4. Proponowane zmiany stanowiska montażu

Zmiany rozpoczęto od zmniejszenia ilości zapasów elementów do montażu (denek i mieszkań) na stanowisku roboczym. Przyjęto, iż na jedną zmianę na stanowisku dostępne będą: 3 pojemniki z denkami bez otworu, 4 pojemniki z denkami z otworem oraz 5 pojemników z mieszkami. Aby zwiększyć wydajność pracownika montującego filtry, zaproponowano, iż wszystkie pojemniki z elementami będzie dowoził pracownik logistyczny. Obecnie pojemniki z denkami umieszczone są na paletach poza stanowiskiem, przez co pracownik musi z niego wychodzić, aby pobrać elementy. Postanowiono, że pojemniki znajdować się będą na specjalnie przygotowanych stołach rolkowych, dzięki czemu operator będzie miał do nich łatwy dostęp. Zmieniono również pakowanie mieszkań z kartonu na pojemnik, który także jest umieszczony na stole rolkowym. Poproszono pracowników obsługujących plisowarki, aby zwracali uwagę na sposób pakowania mieszkań – mieszki układane będą od tej pory, tak aby pracownik montażu nie musiał nimi manewrować. Mieszki oddzielane będą również przekładkami typu triplex, które zabezpieczą je przed przemieszczaniem się i uszkodzeniem. Pojemniki po tych elementach oraz przekładki zastosowane będą do pakowania wyrobów gotowych. Umieszczone zostaną na specjalnej podstawie o regulowanej wysokości, tak aby operator mógł odkładać filtry stale na jedną wysokość. Kolejnym elementem wyposażenia stanowiska, który postanowiono zmienić to stół roboczy. Pracownik odkłada formy po procesie spajania na jeden z dwóch stołów. Często zdarza się, że chłodzą się dwie formy równocześnie. W efekcie tego operator może pomylić się i wziąć formę, która chłodzona była krócej, co skutkować może niewłaściwą jakością filtra. Aby wyeliminować możliwość popełnienia takiego błędu, zaproponowano zastosowanie stołu karuzelowego, na którym mieściłyby się 3 formy. Stół obracał się będzie automatycznie po naciśnięciu odpowiedniego przycisku. Na stole karuzelowym formy będą chłodzone dzięki trzem wiatrakom zamontowanym bezpośrednio pod każdą ze stacji roboczych. Nad stołem umieszczony zostanie okap, który kierował będzie powietrze tylko w kierunku dół – góra tak, aby pracownik nie odczuwał dyskomfortu związanego z podmuchami powietrza. Stoły robocze postanowiono skrócić na taką długość aby pracownik mógł tylko przygotować filtr do operacji spajania oraz przeprowadzić kontrolę jakości tego filtra. Ponadto zauważono, że formy są zbyt ciężkie i pracownik musi użyć dużo siły, aby ją przenieść. Po konsultacji z konstruktorem i technologiem zdecydowano się odchudzić formy, dzięki czemu pracownikowi łatwiej będzie nią manipulować. Jak wcześniej wspomniano, operator aby wyjść ze stanowiska pracy musi przechodzić obok nieosłoniętej maszyny do zgrzewania filtrów, co wiąże się z możliwością wypadku. Uznano, że najlepszym rozwiązaniem będzie obrócenie stanowiska w stosunku do drogi ewakuacyjnej oraz osłonięcie maszyny ze stanowiska obok specjalnymi przegrodami. Dzięki takiemu rozwiązaniu pracownik będzie miał bezpośredni dostęp do drogi transportowej, która jest zarazem drogą ewakuacyjną. Analiza czynności wykonywanych przez operatora wykazała, że poświęca on dużo czasu na wykonywanie szczegółowych operacji kontrolnych (testu bąbelkowego i pomiaru wielkości gabarytowych filtra). Postanowiono więc przenieść ten obowiązek z pracownika stanowiska montażu na brygadzystę. Dzięki temu operator zyska ok. 20 minut/zmianę, które może teraz poświęcić na montowanie filtrów. Na koniec propozycji zmian wprowadzanych na stanowisku montażu zdecydowano się wdrożyć narzędzie Lean Manufacturing jakim jest 5S. W pierwszym etapie wyrzucono ze stanowiska wszystkie zbędne narzędzia, przyrządy pomiarowe i dokumentację. Pozostałe narzędzia ułożono w uprzednio przygotowanych miejscach pod stołami roboczymi. Wyczyszczono również urządzenie do

zgrzewania filtrów. W miejsce starej dokumentacji przygotowano nową, którą umieszczono na ścianie urządzenia do zgrzewania w widocznym dla pracownika miejscu.

Rysunek 5 przedstawia schemat stanowiska montażu uwzględniający zaproponowane zmiany.

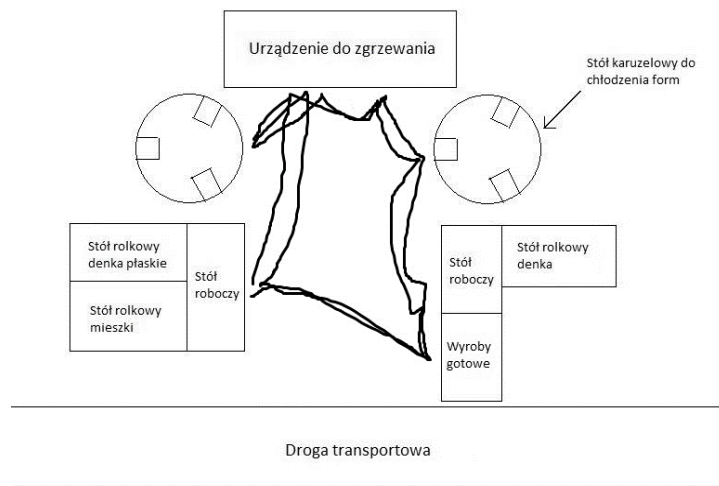


Rys. 5. Schemat stanowiska po wprowadzeniu proponowanych zmian
[opracowanie własne]

5. Analiza wprowadzonych zmian

Wprowadzone zmiany na stanowisku montażu filtrów powietrza przyczyniły się przede wszystkim do wzrostu wydajności pracy. Dzięki odciążeniu pracownika z takich czynności jak: transport pojemników z elementami do montażu na stanowisko, czy przeprowadzanie szczegółowej kontroli jakości, zaoszczędza tym samym około godziny czasu i może go poświęcić na wykonywanie podstawowych obowiązków – montażu filtrów. Duży wpływ na wydajność stanowiska ma również jego organizacja. Zastosowanie stołów rolkowych na których umieszczane są pojemniki z denkami i mieszkami przyczyniły się do skrócenia czasu przygotowania filtru do procesu zgrzewania, zmniejszenia zapasów na stanowisku pracy oraz drogi pokonywanej przez pracownika (Rys. 6). Nie musi on już wychodzić poza obręb stanowiska aby pobrać elementy do produkcji, co również wpływa na poprawę jego bezpieczeństwa.

Zastosowanie stołu karuzelowego zapobiega ewentualnym pomyłkom operatora. Monter pobiera formy z procesu chłodzenia wg zasad kolejki FIFO (ang. First in first out – pierwsze weszło pierwsze wyszło), przez co ma pewność, że czas chłodzenia spełnia wymagania. Zastosowanie okapu nad stołem przyczyniło się do poprawy komfortu pracy operatora. Wdrożono również narzędzie 5S, które pozwoliło na usunięcie zbędnych narzędzi i utrzymanie porządku na stanowisku pracy. Dzięki obróceniu stanowiska w stosunku do drogi transportowej poprawiło się bezpieczeństwo pracy operatora.



Rys. 6. Diagram spaghetti wykonany po doskonaleniu stanowiska montażu [opracowanie własne]

Wykonana analiza czasów pracy operatora wykazała, że dzięki przeprowadzonej optymalizacji stanowiska pracy zaoszczędzono około 90 minut czasu na jedną zmianę. Obecnie czas wykonania jednej sztuki wyrobu wynosi 60,8 s, czyli jest to czas o ok. 8 sekund krótszy niż przed optymalizacją oraz o 1 sekundę krótszy od czasu uzyskanego metodą MTM. Pracownik jest w stanie wykonać około 90 sztuk filtrów więcej, czyli 360 sztuk/zmianę. Oznacza to, że przedsiębiorstwo jest w stanie w pełni zaspokoić zapotrzebowanie na ten typ filtra.

6. Wnioski

Działania przeprowadzone w przedsiębiorstwie związane były z optymalizacją stanowiska montażu filtrów powietrza dedykowanego dla pewnej marki samochodów osobowych. Głównym celem tych działań był wzrost wydajności stanowiska pracy, tak aby było w stanie wyprodukować wymaganą przez klienta liczbę wyrobów. Dzięki podziałowi pracy na zabiegi, określeniu ich celowości oraz czasu ich trwania można było jednoznacznie stwierdzić, które zabiegi nie przynoszą wartości dodanej i powinny zostać usunięte z obowiązków pracownika. Skrócenie czasów realizacji poszczególnych operacji spowodowało uwolnienie dodatkowych mocy produkcyjnych i umożliwiło przedsiębiorstwu realizację większej liczby zamówień. Zastosowanie diagramu spaghetti pozwoliło natomiast pokazać jaką drogę przebywa operator podczas swojej zmiany. Zauważono dzięki temu marnotrawstwa występujące na stanowisku, jak choćby zbyt duża liczba zapasów, czy zbędny ruch.

Zmiany organizacji miejsca pracy przyczyniły się do znacznej poprawy wydajności. Dzięki przeorganizowaniu stanowiska pracy, stało się ono bardziej przestronne i ułożone. Pracownik natomiast nie musi wychodzić ze stanowiska, aby przygotować elementy do montażu, wszystko ma w zasięgu ręki. Przez to poprawie uległy również bezpieczeństwo i higiena pracy.

Artykuł pokazuje jak ważna jest organizacja pracy. Stanowisko wyposażone jest

w nowoczesne urządzenie, jednakże nie zagwarantowało to, iż będzie ono w stanie wyprodukować tyle filtrów ile wymaga klient. Dopiero właściwa organizacja miejsca pracy okazała się kluczem do sukcesu.

Literatura

1. Birmingham F., Jelilnek J.: Quick Changeover Simplified The Manager's to Improving Profits with SMED. Productivity Press, New York 2007.
2. Womack J. P., Jones D. T.: Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa – kluczem do Sukcesu. Centrum Informacji Menadżera, Warszawa 2001.
3. Marciniak J.: Standaryzacja procesów zarządzania personelem. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2006.
4. Caragnano G., Fischer H.: MTM: First Time Right. German MTM Association, 2005.
5. Michalska J., Szewieczek D.: The 5S methodology as a tool for improving the organization. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 24, Issue 2, October 2007.

Mgr inż. Paulina REWERS
Mgr inż. Justyna TROJANOWSKA
Mgr inż. Przemysław CHABOWSKI
Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji
Politechnika Poznańska
60-965 Poznań, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5
tel./fax: 61 665 59 91
e-mail: paulina.h.rewers@doctorate.put.poznan.pl
justyna.trojanowska@put.poznan.pl
przemyslaw.chabowski@doctorate.put.poznan.pl