

DOSKONALENIE PRZEPIYU MATERIAŁÓW I INFORMACJI W PROCESIE PRODUKCJI ZAWORÓW

Krzysztof ŻYWICKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono działania doskonalące proces montażu zaworów do butli gazowych, których producentem jest Fabryka Armatur „Swarzędz” sp. z o. o. Przeprowadzono analizę przepływu produkcji przed doskonaleniem obejmującą: zapotrzebowania na wyroby, przepływu materiałów i informacji, operacji technologicznych, organizacji pracy operatorów. Wynikiem analizy była mapa stanu obecnego strumienia wartości. Działania doskonalące zostały oparte na projektowaniu stanu przyszłego przepływu produkcji ujętej w metodyce mapowania strumienia wartości koncepcji lean manufacturing. Wdrożone propozycje działań doskonalących pozwoliły na zwiększenie efektywności produkcji poprzez zmniejszenie czasu przejścia materiałów w procesie.

Słowa kluczowe: lean manufacturing, mapowanie strumienia wartości, doskonalenie przepływu produkcji

1. Wprowadzenie

Warunkiem sukcesu przedsiębiorstw na rynku jest ciągle doskonalenie procesów. Wymaga ono eliminacji wszelkiego rodzaju marnotrawstwa we wszelkich sferach działalności. Podstawowymi problemami przedsiębiorstw produkcyjnych są m.in.: duże zapasy, niska produktywność czy długie cykle produkcyjne. Przedsiębiorstwo chcąc wykorzystać maksymalnie posiadane zasoby zapomina o wartości akceptowanej przez klienta. Dla klienta nie jest ważne na jak drogich maszynach produkowany będzie wyrób, jakie technologie będą użyte do jego wytworzenia. Ważne jest, aby otrzymał to co jest w danej chwili mu potrzebne [1]. Wynika z tego, że nie zawsze celowe jest wykorzystywanie przez przedsiębiorstwo kosztocłonnych urządzeń produkcyjnych, ale takich jakie są niezbędne do spełnienia określonych wymagań klienta. Dlatego pierwszym krokiem we wdrażaniu koncepcji lean manufacturing jest dokonanie analizy strumienia wartości. Strumień wartości to wszystkie czynności (zarówno dodających wartość, jak i tych które wartości nie dodają) podejmowane w procesie wytwarzania wyrobu, począwszy od dostarczenia surowców a skończywszy na wysyłce wyrobów gotowych do klientów. Na tej podstawie należy dokonać identyfikacji zadań, które nie dodają wartości (klient nie jest skłonny za nie zapłacić) i dokonać ich eliminacji z procesu.

Narzędziem, które pozwala w sposób całościowy dokonać analizy procesów wytwarzania jest mapowanie strumienia wartości, które w sposób graficzny pozwala na zobrazowanie wszystkich przepływów materiałowych i informacyjnych w systemie produkcyjnym. Polega ona na przedstawieniu strumienia wartości, a więc wszystkich zadań podejmowanych w procesach wytwarzania wyrobów, począwszy od zakupu surowców a skończywszy na dostarczeniu wyrobów gotowych klientowi. Taka analiza pozwala na identyfikację wszelkiego rodzaju marnotrawstwa oraz na ukierunkowanie dalszych działań mających na celu jego eliminację. Cechą charakterystyczną tej metody jest równoczesne

ujęcie przepływów materiałów i informacji w systemach wytwórczych.

Główne etapy mapowania strumienia wartości to [3]:

- sporządzenie mapy stanu obecnego analizowanego systemu wytwórczego,
- projektowanie zmian i sporządzenie mapy stanu przyszłego będącej podstawą opracowania planu wdrożenia.

Opracowanie mapy stanu obecnego polega na prześledzeniu i odzwierciedleniu przy wykorzystaniu odpowiednich form graficznych przepływu materiałów i informacji przez system wytwórczy.

Dane, które należy zidentyfikować a następnie umieścić na mapie dotyczą: wymagań i charakterystyk zamówień klientów, charakterystyk dostaw materiałów do produkcji, procesu wytwórczego: kolejnych etapów procesu technologicznego oraz transportu międzystanowiskowego, zapasów: surowców, produkcji w toku, wyrobów gotowych, przekazywania informacji: do poszczególnych etapów produkcji, z klientem i dostawcą.

Zebranie wszystkich informacji ze wskazanych obszarów pozwala na sporządzenie linii czasu, która stanowi wskaźnik charakteryzujący dany proces wytwórczy.

Mapowanie stanu przyszłego polega na zaprojektowaniu zmian i wypracowaniu planu wdrożeń w celu osiągnięcia „szczupłego” systemu wytwórczego. Zasadniczym celem jest dostosowanie tempa produkcji do tempa składanych zamówień klientów oraz redukcja zapasów we wszystkich obszarach począwszy od surowców poprzez produkcję w toku a skończywszy na wyrobach gotowych.

Proces projektowania ma charakter usystematyzowany i przebiega w kilku etapach [2, 3, 4]:

- Etap 1. Obliczanie czasu taktu.
- Etap 2. Ustalenie czy produkcja będzie realizowana do supermarketu czy na wysyłkę.
- Etap 3. Wprowadzenie przepływu ciągłego.
- Etap 4. Zastosowanie systemu ssącego typu supermarket.
- Etap 5. Wybór stymulatora procesu.
- Etap 6. Poziomowanie produkcji.

Przeprowadzenie procesu projektowania stanu przyszłego ma odzwierciedlenie na mapie zawierającej wszystkie przedstawione powyżej elementy w postaci charakterystycznych form graficznych.

W artykule przedstawiono wyniki realizacji projektu realizowanego w przedsiębiorstwie Fabryka Armatur „Swarzędz” sp. z o.o. (FAS). Projekt dotyczył opracowania i wdrożenia do nowego systemu organizacji przepływu produkcji dla rodziny wyrobów zawory butli gazowych. Celem projektu było wykreowanie warunków produkcyjnych umożliwiających wzrost efektywności produkcji, poprzez skrócenie czasów realizacji zleceń produkcyjnych. Proces produkcji analizowanej rodziny wyrobów obejmuje wykonanie korpusu i pokrętła zaworu oraz ich montażu.

2. Analiza przepływu produkcji przed doskonaleniem

Analiza została przeprowadzona zgodnie z zasadami opracowywania mapy stanu obecnego metodyki mapowania strumienia wartości i obejmowała analizę: wymagań klienta, dostaw surowców, operacji procesu wytwórczego, sposobu przepływu materiałów i informacji.

Zapotrzebowanie klientów na analizowane zawory wynosi średnio 44 tys. na miesiąc. Średnio na jedną sprzedaż przypadło 2200 wyrobów. Gotowe zawory są pakowane po 125 sztuk w kartony, które następnie układane są na paletach. Wielkość sprzedaży,

w większości przypadków, jest wielokrotnością właśnie 125 sztuk.

Terminy wysyłek wyrobów gotowych oraz ich wielkość ustalane są w oparciu o zapotrzebowanie zgłoszone przez klienta, który wcześniej złożył zamówienie. Pojedyncze wysyłki stanowią proces sukcesywnego dostarczania wyrobów klientowi. Zaopatrzenie materiałowe obejmuje przede wszystkim dostawy prętów mosiężnych, ale również grzybków, korków oraz uszczelek. Jednak ze względu na to, że najważniejszym surowcem są tutaj pręty, tylko ich dostawy zostały uwzględnione w analizie.

Proces produkcji obejmuje dwa podstrumienie przepływu materiału dla korpusu oraz pokrętła oraz ich montaż. Operacje technologiczne, wykonywane są na dedykowanych stanowiskach produkcyjnych. Dla każdej operacji procesu technologicznego elementów struktury wyrobu gotowego dokonano pomiarów czasów cykli (czas pomiędzy wykonaniem dwóch kolejnych wyrobów).

Na proces wytwarzania korpusu zaworu Z6 składają się:

1. Cięcie: operacja ta odbywa się tuż przy magazynie na pile tarczowej. Pręty pobierane są pojedynczo za pomocą podajnika i cięte na tak zwane „wstępniaki”. Piła pracuje w cyklu automatycznym. Po zmianie programu praca odbywa się bez nadzoru operatora. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 4 min. Liczba operatorów: 0; Dostępny czas: 28800 sek/zmiana.
2. Grzanie i kucie: operacja wykonywana jest na prasie korbowej o nacisku 250T. Prasa pracuje w cyklu automatycznym. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 1 godzina; Liczba operatorów: 0; Dostępny czas: 28800 sek/zmiana
3. Okrawanie: operacja wykonywana jest na prasie mimośrodowej o sile nacisku 25 ton. Prasę obsługuje jeden operator, który pobiera kolejno odkuwki, umieszcza w matrycy, załącza maszynę, a następnie usuwa gotowy element. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 30 minut; Liczba operatorów: 1; Dostępny czas: 27900 sek/zmiana
4. Śrutowanie: operacja wykonywana na oczyszczarce taśmowej OWT – 400. Odkuwka po okrojeniu wypływką trafia do oczyszczarki. Jednorazowy wsad do maszyny wynosi maksymalnie 900 sztuk, a czas operacji to około 50 minut. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 0 min.; Liczba operatorów: 1; Dostępny czas: 27900 sek./zmiana; W jednym ładowaniu śrutowane jest około 900 sztuk w czasie do 50 min.
5. Obróbka na gotowo: operacja ta wykonywana jest na obrabiarce wielozadaniowej WARKA, którą obsługuje jeden operator. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 8 godzin; Liczba operatorów: 1; Dostępny czas: 27900 sek/zmiana.

Na proces wytwarzania pokrętła zaworu Z6 składają się:

1. Cięcie: operacja ta odbywa się na tym samym stanowisku, jak w przypadku korpusu. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 4 min.; Liczba operatorów: 0; Dostępny czas: 28800 sek/zmiana
2. Grzanie i kucie: operacja odbywa się na prasie mimośrodowej o nacisku 160 ton. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 1 godzina, Liczba operatorów: 0; Dostępny czas: 27900 sek/zmiana.
3. Okrawanie: operacja ta ma identyczny przebieg, jak w przypadku okrawania dla korpusu, z tą jednak różnicą że wykonuje ją się na innej prasie - mimośrodowej o nacisku 40 ton. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 30 min., Liczba operatorów: 1; Dostępny czas: 27900 sek/zmiana
4. Śrutowanie: charakterystyka identyczna jak w przypadku śrutowania korpusu. Dane dodatkowe: Czas przebrojenia: 0 min., Liczba operatorów: 1; Dostępny czas:

27900 sek./zmiana. W jednym ładowaniu śrutowane jest około 900 sztuk w czasie do 50 min.

Proces montażu zaworu jest to etap w procesie wytwarzania, przed którym zbiegają się podstrumienie pokrętła i korpusu. Jego wynikiem jest gotowy wyrób. Proces ten odbywa się w specjalnie wydzielonym pomieszczeniu. Realizacja operacji jest realizowana przez różną liczbę operatorów.

Operacja próby szczelności jest realizowana na stanowisku umieszczonym w pomieszczeniu montażu zaworu. Operacja wykonywana jest jednocześnie dla 6 wyrobów na stacji prób do badania szczelności zaworów. Przeprowadza się ją w trzech różnych zamocowaniach zaworu.

Zadania planowania i sterowania produkcją są realizowane przez Dział Produkcyjny, który posiada znacznie szerszy zakres działań. Zamówienie przyjmowane jest przez Dział Handlu i Zaopatrzenia. Po jego zatwierdzeniu staje się zleceniem produkcyjnym i umieszczane jest w systemie komputerowym. Wgląd do niego ma każda osoba posiadająca dostęp do systemu. Są to między innymi pracownicy Działu Produkcyjnego, którzy na podstawie zamówień podejmują dalsze decyzje, między innymi opracowują plan produkcji.

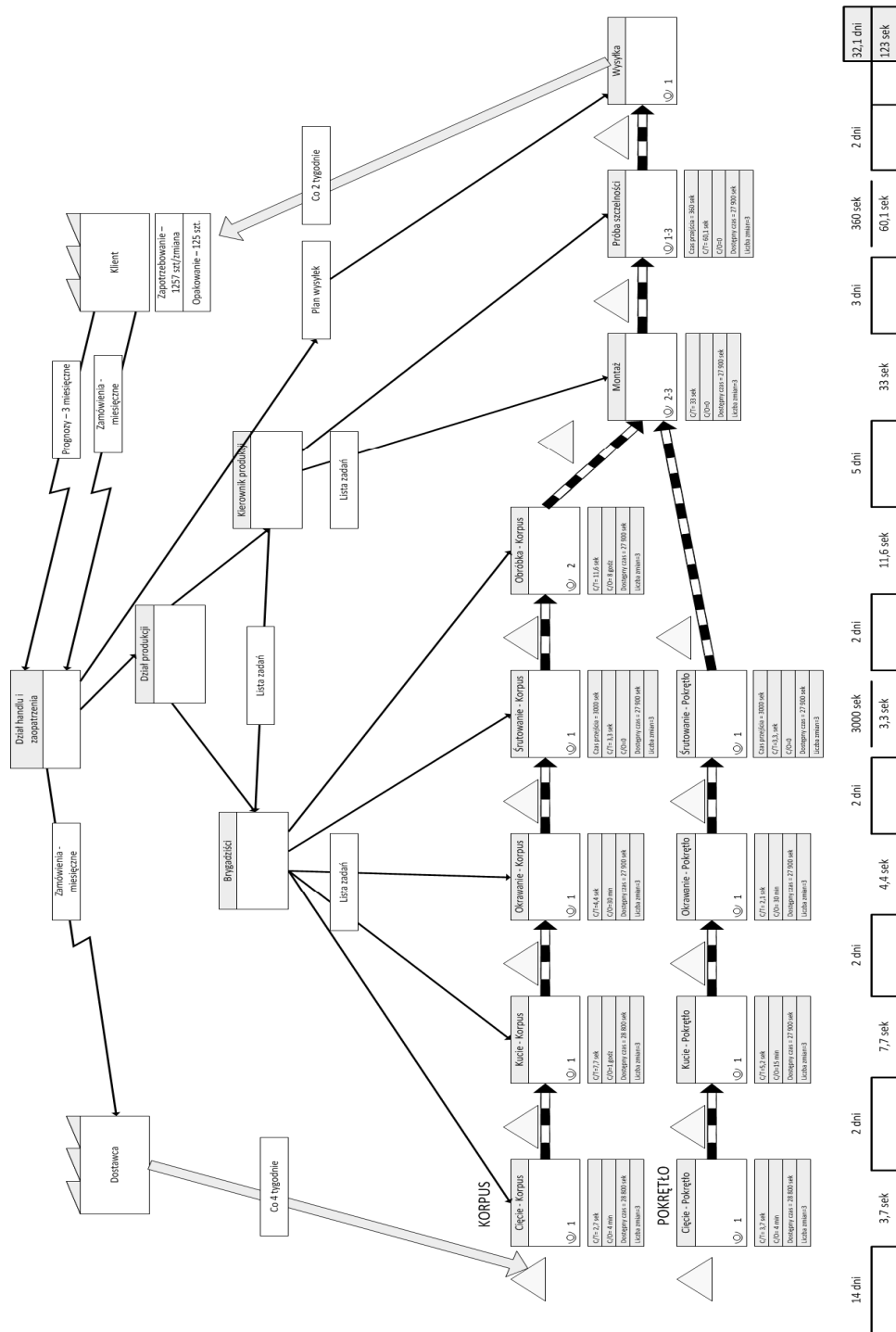
Plan produkcji tworzony jest pod koniec każdego miesiąca i obejmuje cały następny miesiąc. Plan ten można uznać za wersję zgrubną – ułatwiającą działanie, ponieważ jak pokazuje praktyka jest on w trakcie miesiąca wielokrotnie modyfikowany. Przyczyną zmian są nieplanowane przestoje, awarie, czy konieczność zrealizowania nagłego zlecenia, które ma krótszy termin realizacji, a pojawiło się później. W przedsiębiorstwie nie jest tworzony żaden klasyczny harmonogram produkcji. Na każde stanowisko produkcyjne przekazywane są listy zadań produkcyjnych na okres trzech do czterech najbliższych dni, przekazywane przez kierownika produkcji.

Efektom przeprowadzonej analizy było opracowanie mapy strumienia wartości stanu przed działaniami doskonalącymi (rys. 1).

Wnioski

Przeprowadzona analiza pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- produkcja odbywa się w systemie „push”; każde stanowisko realizuje zadania produkcyjne niezależnie od pozostałych, brakuje przepływu informacji między nimi, co powoduje powstawanie dużych zapasów międzyoperacyjnych,
- operatorzy realizujący operację montażu wykonują swoją pracę dość chaotycznie; brak wypracowanych standardów w przepływie materiałów; poszczególne operacje wykonywane są sprawnie jednak można zauważyć, że praca nie jest do końca uporządkowana,
- niesprawny system dostarczania materiałów; operatorzy często opuszczają swoje stanowiska pracy w celu pobrania niezbędnych materiałów; muszą szukać odpowiednich części, co wynika z niewłaściwego oznaczenia pojemników transportowych; opóźnia to produkcję, zakłóca przepływ ciągły oraz standaryzację pracy.



Rys. 1. Mapa strumienia wartości przed doskonaleniem

3. Doskonalenie przepływu produkcji

Głównym celem działań doskonalących było skrócenie czasu przejścia materiałów, redukcja zapasów międzyoperacyjnych oraz minimalizacja szeroko pojętego marnotrawstwa poprzez wprowadzenie synchronizacji przepływu materiałów w procesie produkcyjnym z zachowaniem produkcji na wysyłkę. Do realizacji zadania wykorzystano etapy postępowania ujęte w metodyce mapowania strumienia wartości.

Przed przystąpieniem do zmian w organizacji przepływu materiałów i informacji w procesie produkcyjnym przeprowadzono działania doskonalące w realizacji zadań realizowanych w ramach etapów produkcyjnych. Efektem tego było skrócenie czasów cykli dla poszczególnych operacji (ang. cycle time – C/T).

Wyznaczenie czasu taktu klienta

W FAS praca odbywa się w standardowych zmianach trwających 8 h ($t_z=28800$ s). W ich trakcie pracownikom przysługuje jedna przerwa trwająca 15 minut, czyli $t_p=900$ s. W związku z tym czas pracy dostępny t_d w trakcie jednej zmiany wynosi 27900 s (równ. 1).

$$t_d = t_z - t_p \quad (1)$$

Roczny produkcji zaworów wynosi 954 tys. Przyjmując 759 zmian w roku zapotrzebowanie klientów na wyroby gotowe, przypadające na jedną zmianę Z wyniosło 1257 szt.

Uwzględniając dostępny czas pracy t_d wnoszący 27900 s oraz zapotrzebowanie 1257 szt./zmianę czas taktu T_T wynosi 22,2 s (równ. 2).

$$T_T = t_d / Z \quad (2)$$

Czas taktu oznacza docelowe tempo w jakim należy produkować jeden gotowy zawór aby sprostać zapotrzebowaniu klientów.

Wprowadzenie przepływu ciągłego

Kolejnym krokiem było zbadanie możliwości zorganizowania przepływu ciągłego w procesie. W tym celu dokonano porównania czasów cykli kolejnych operacji oraz dokonano zależności kooperacji między kolejnymi operacjami procesu. W tabeli 1 przedstawiono następujące po sobie operacje w układzie dostawca wewnętrzny – klient wewnętrzny. Rozpatrzono możliwość wprowadzenia pomiędzy nimi przepływu ciągłego oraz wskazano przyczyny podjętych decyzji.

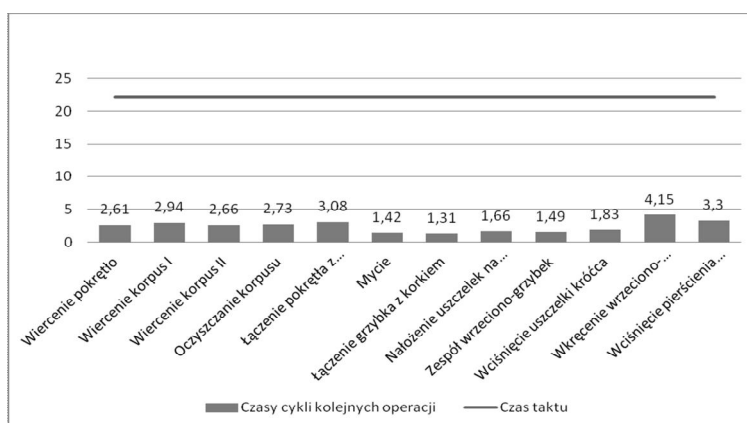
W wyniku analizy zdecydowano się na wdrożenie przepływu ciągłego w procesie montażu zaworów. Działania projektowe dotyczyły określenia liczby operatorów koniecznych do realizacji procesu oraz zmian w zagospodarowaniu przestrzennym gniazda.

Określenie liczby potrzebnych operatorów

Na wykresie rys. 2. przedstawiono porównanie czasów cykli poszczególnych operacji montażu oraz czasu taktu. Uwzględniając pracochłonność wykonania jednej sztuki wyroby wyznaczono konieczną liczbę operatorów.

Tabela 1. Możliwości wprowadzenia przepływu ciągłego.

Dostawca	Klient	Przepływ ciągły	Uwagi
Korpus			
Cięcie	Kucie	NIE	Brak możliwości umieszczenia piły tuż przy prasie; znacznie krótszy czas przebrojenia piły w stosunku do prasy; zarówno piła jak i prasa obsługują również inne rodziny wyrobów.
Pokrętło			
Cięcie	Kucie	NIE	Brak możliwości umieszczenia piły tuż przy prasie; znacznie krótszy czas przebrojenia piły w stosunku do prasy; piła obsługuje również inne rodziny wyrobów.
Korpus			
Kucie	Okrawanie	NIE	Duże prasy bez możliwości przemieszczenia; kucie odbywa się na gorąco – niemożliwy przepływ sztuka po sztuce.
Pokrętło			
Kucie	Okrawanie	NIE	Duże prasy bez możliwości przemieszczenia; kucie odbywa się na gorąco – niemożliwy przepływ sztuka po sztuce.
Korpus			
Okrawanie	Śrutowanie	NIE	Operacja śrutowania musi być wykonywana w partiach.
Pokrętło			
Okrawanie	Śrutowanie	NIE	Operacja śrutowania musi być wykonywana w partiach.
Korpus			
Śrutowanie	Obróbka	NIE	Śrutowanie zorientowane na produkcję w partiach; bardzo długi czas przebrojenia obrabiarki, oddalenie maszyn bez możliwości ich przemieszczenia.
Korpus			
Obróbka	Montaż	NIE	Długi czas przebrojenia WARKI.
Pokrętło			
Śrutowanie	Montaż	NIE	Śrutowanie zorientowane na produkcję w partiach, brak możliwości ustawienia montażu przy maszynie do śrutowania
Korpus i pokrętło			
Montaż	Próba szczelności	TAK	Różnice w czasach cykli, ale do rozwiązania przy odpowiedniej organizacji pracy.



Rys. 2. Czasy cykli operacji procesu montażu.

Uwzględniając całkowitą zawartość pracy operatorów w gnieździe montażowym T_{zp} wynoszącą 29,18 s oraz taktu T_T 22,20 s wymagana liczba operatorów L_{op} wynosi 1,3 (równ. 3).

$$L_{op} = T_{zp} / T_T \quad (3)$$

Obliczona wartość wskazała, że koniecznych jest dwóch operatorów, przy czym jeden z operatorów będzie realizował także, oprócz zadań produkcyjnych, zadania transportowa związane z dostarczeniem materiałów do gniazda montażowego.

Za główne cele organizacji przestrzeni gniazda przyjęto:

- minimalizację odległości między stanowiskami,
- brak przeszkód w miejscach, gdzie poruszają się pracownicy montażu,
- eliminację miejsc gdzie mogą być gromadzone zapasy produkcji w toku,
- bezpieczeństwo i ergonomia pracy,
- rozmieszczenie stanowisk, tak aby jeden pracownik mógł realizować cały proces montażu.

Zaproponowano rozmieszczenie stanowisk w kształcie litery U. Wprowadzono szereg rozwiązań mających pozwalający uzyskać przepływ ciągły:

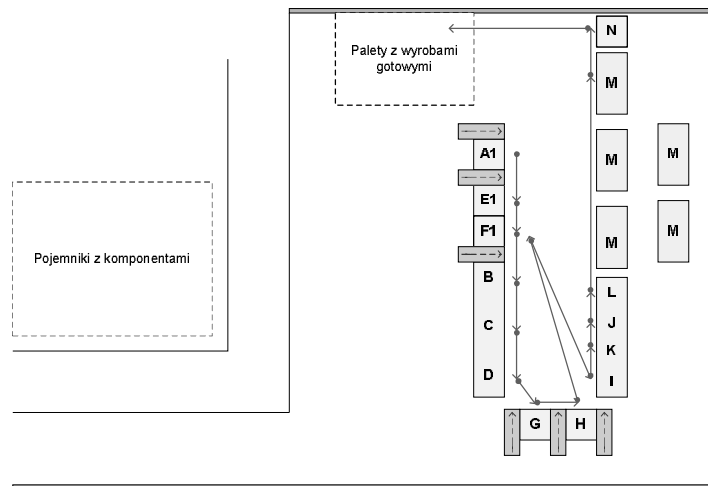
- rozmieszczono stanowiska wzdłuż pomieszczenia, a nie jak poprzednio w poprzek,
- przeniesiono oddalone stanowiska do gniazda montażowego,
- przemieszczono stacje do próby szczelności,
- zagwarantowano aby wszystkie stanowiska miały jednakową wysokość,
- wyposażono stanowisko do znakowania wyrobów po próbie szczelności w drugą prasę, co umożliwi pracę dwóch operatorów w przypadku dużych zamówień,
- zastosowano regały z pochyłymi półkami, tam gdzie potrzebne są komponenty z zewnątrz gniazda,
- wszystkie prasy ręczne zastąpiono pneumatycznymi.

Przebieg pracy operatorów

Osiągnięcie przepływu ciągłego wymagało, aby operacje montażowe i próba szczelności były realizowane równocześnie. Pozwoliło to na zmniejszenie zapasów międzyoperacyjnych. Przebieg pracy dwóch operatorów (dla średniego zapotrzebowania na wyroby) w tak zorganizowanym gnieździe zaplanowano następująco (rys. 3):

- 1) powtórzenie operacji A i E po trzy razy, aż do zapełnienia kolejki FIFO (maks. 3 półwyroby);
- 2) umieszczenie 3 zespołów pokrętko-wrzeciono w myjce i przejście do kolejnych operacji;
- 3) w trakcie mycia powtórzenie trzy razy sekwencji operacji: B, C, D, G, H, do zapełnienia kolejki FIFO (maks. 3 sztuki) przed operacją I;
- 4) wyciągnięcie z myjki zespołów i osuszenie;
- 5) wykonanie pozostałych operacji;
- 6) powtórzenie cyklu do zapełnienia FIFO (maks. 6 sztuk) przed próbą szczelności.

Przewidziano, aby każdy z operatorów przemieszczał się w gnieździe zgodnie z zasadą okrężenia, czyli wykonywał wszystkie operacje po kolei od pierwszej do ostatniej. Dzięki temu zwiększyła się odpowiedzialność pracownika za produkowany wyrób.



Rys. 3. Projekt rozmieszczenia przestrzennego stanowisk w gnieździe montażowym oraz droga przemieszczeń operatorów

Wdrożenie metody przepływu ssącego

Przepływ materiału pomiędzy operacjami procesu wytwórczego, które nie zostały połączone w przepływ ciągły został zorganizowany z założeniami metody ssącej. Dla wszystkich kooperacji między operacjami przedstawionymi w tabeli 1, w których niemożliwe było wprowadzenie przepływu ciągłego, zaproponowano wprowadzenie zapasów w postaci supermarketów. Jedynym wyjątkiem jest połączenie okrawania ze śrutowaniem. Oczyszczanie odkuwek po okrawaniu jest operacją zorientowaną na produkcję w partiach. Wynika to ze specyfiki zastosowanej maszyny, dlatego wprowadzenie na tym etapie procesu metodę kolejki FIFO.

Do transportu półwyrobów między kolejnymi operacjami zastosowano pojemniki transportowe, których pojemność wynosiła 900 sztuk. Każdy pojemnik jest oznakowany kartą kanban. W momencie, kiedy operator procesu będącego klientem zacznie pobierać części z pojemnika, transportowy kanban zostanie przekazany pracownikowi transportu. Będzie to dla niego sygnał, że musi udać się do supermarketu dostawcy i pobrać nowy pojemnik, a następnie przetransportować go do klientowi. Z kolei pobranie pojemnika ze supermarketu spowoduje, że kanban produkcyjny zostanie przekazany na stanowisko, do którego supermarket należy. Będzie to sygnał dla operatora, że musi uzupełnić zapas.

W ten sposób realizowany jest przepływ informacji i materiałów pomiędzy wszystkimi stanowiskami. Wyjątkiem jest obszar przed śrutowaniem, gdzie przepływ będzie sterowany kolejką FIFO. Dzięki informacjom przekazywanym za pomocą kart kanban każdy operator wie co i w jakim czasie ma realizować. W ten sposób Dział Produkcyjny przekazuje informacje tylko do stymulatora, a dalej bez problemu dochodzą do stanowiska piły tarczowej.

Przed montażem zastosowano pojemniki o pojemności 125 sztuk. Z powodu długich czasów przebrożeń konieczna jest produkcja w większych partiach. Poniżej przedstawiono kolejne stanowiska wraz z ustaleniem wielkości partii produkcyjnych wytwarzanych do supermarketów.

Obróbka korpusu - czas przebrożenia obrabiarki wielozadaniowej wynosi 8 godzin. Przy

przyjętym założeniu o poziomowaniu produkcji, obrabiarka powinna wytwarzać półwyroby w ilości wystarczającej na 1,5 dnia pracy gniazda montażu, z czego półdniowy zapas stanowi rezerwę w przypadku problemów. Jednak ze względu na to, że obrabiarka wykorzystuje partie o licznosci 900 sztuk (patrz śrutowanie korpusu) podjęto decyzję, że wielkość partii wyniesie 3600 sztuk.

Śrutowanie korpusu - odbywa się w partiach po 900 sztuk w ciągu 50 minut. Obrabiarka wielozadaniowa obrabia 900 sztuk w czasie: $900 \text{ sztuk} * 11,26 \text{ sek.} = 170 \text{ min.}$ Kiedy obrabiarka rozpocznie realizację pojemnika, który został pobrany z supermarketu, operacja śrutowania ma do wykonania kolejny pojemnik do supermarketu. Wystarczy zatem 50 minut aby uzupełnić zapas, ponieważ w przypadku oczyszczarki nie występują zasadniczo przezbrojenia, a cała partia wytwarzana jest właśnie w ciągu 50 min. Operator zdąży zatem uzupełnić braki w supermarketcie. Wielkość partii ustalono 900 sztuk.

Okrawanie korpusu - śrutowanie jest realizowane w partiach wsadowych, dlatego należy przed nim zastosować kolejkę FIFO. Ze względu na dłuższy czas cyklu okrawania i dodatkową konieczność przezbrajania podjęto decyzję o zastosowaniu FIFO o pojemności 1800 sztuk.

Kucie korpusu - ze względu na dłuższy czas cyklu kucia niż okrawania oraz dłuższe przezbrojenie zdecydowano o przyjęciu wielkości partii jak w przypadku „obróbka korpusu”, czyli 3600 sztuk.

Cięcie korpusu - ze względu stosunkowo bardzo krótki czas przezbrojenia i krótszy niż w przypadku kucia czas cyklu podjęto decyzji o zastosowaniu partii w wysokości 900 sztuk.

Śrutowanie pokręta - partie liczące 900 sztuk, co wynika z konieczności prowadzenia oczyszczania w partiach.

Okrawanie pokręta - podobnie jak w przypadku korpusu. Jednak tutaj okrawanie ma krótszy czas cyklu i realne jest wprowadzenie FIFO na 900 sztuk. Trzeba tylko skrócić przezbrojenie chociaż do ok. 15min.

Kucie pokręta - tak jak w przypadku kucia korpusu.

Cięcie pokręta - tak, jak w przypadku Cięcia korpusu.

Wybór stymulatora procesu

Podstawową zasadą organizacji przepływu produkcji, zgodnie z zasadami lean manufacturing, jest to aby przepływ materiałów od stymulatora w dół strumienia miał charakter przepływu ciągłego lub kolejek FIFO. Z tego powodu, jako proces stymulujący, wybrane zostało gniazdo montażu wraz z próbą szczelności. Praca tego gniazda będzie sterowana na podstawie zamówień klientów.

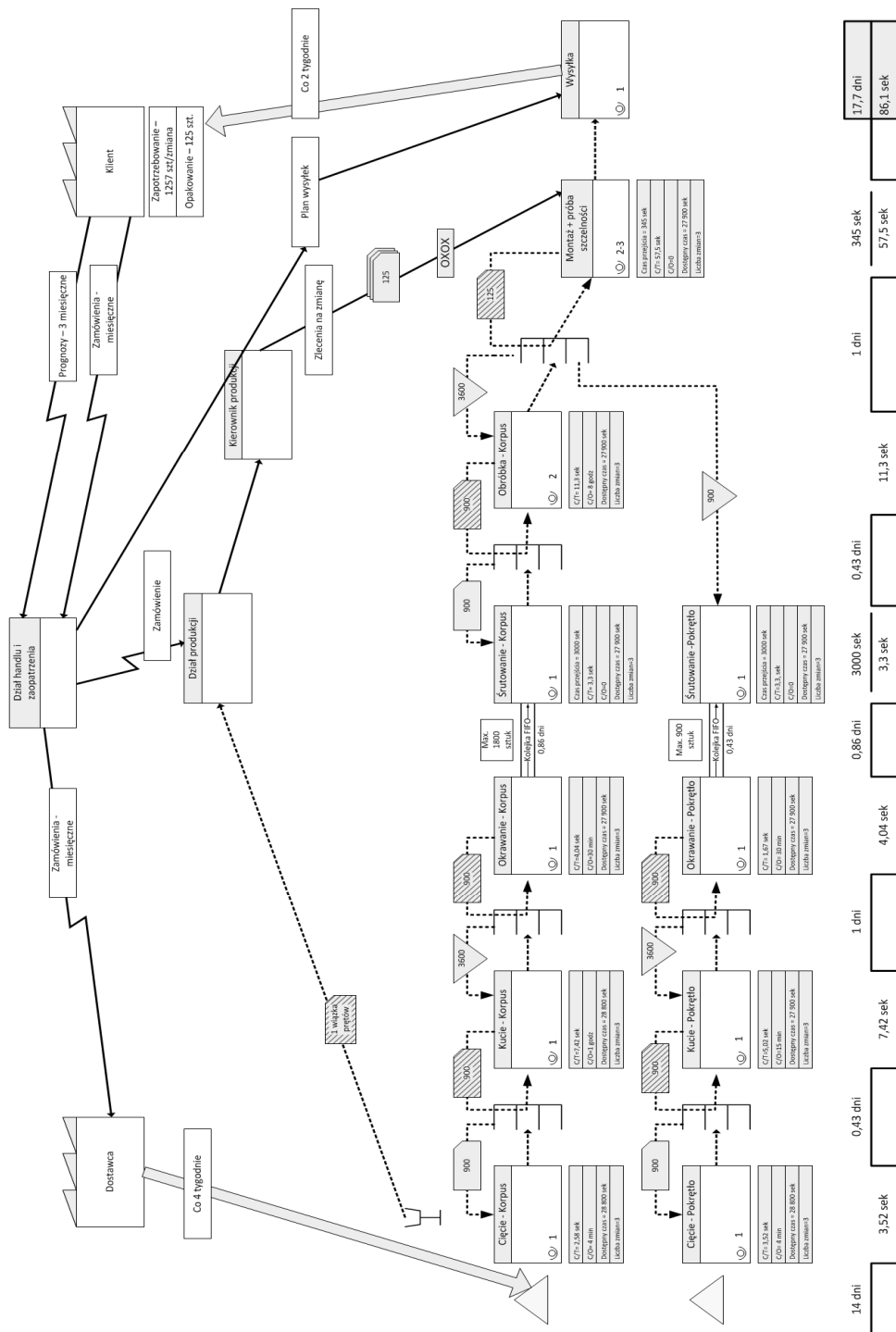
Zarówno w przypadku, gdy w danym dniu zlecenie produkcyjne dotyczy wytwarzania wielu wyrobów i stosuje się poziomowanie produkcji, czy też tylko jednego wyrobu, wprowadzono zasadę wytwarzania w małych partiach. Dzięki temu umożliwiono bieżące kontrolowanie przebiegu produkcji.

Wyznaczono interwały czasowe, w których będą przekazywane zlecenia produkcyjne. W tym celu obliczono podziałkę p uwzględniając liczbę sztuk w pojemniku l_p oraz czas taktu T_T , która wyniosła 46 min. 15 s. (równ. 4).

$$p = l_p \times T_T \quad (4)$$

Oznacza to, że co ok. 45 min:

- stymulator powinien otrzymywać „małe” zlecenie produkcyjne,
- pracownik montażu powinien pobierać z regału jeden pojemnik z półwyrobami,



Rys. 4. Mapa stanu przyszłego

- pracownik transportu, powinien dostarczyć jeden pojemnik z półwyrobami,
- pracownik transportu powinien odebrać zapakowany karton z wyrobami gotowymi i ułożyć go na palecie.

W rozwiązaniu tym stymulator procesu będzie harmonogramowany przez Dział Produkcyjny. Po otrzymaniu zaakceptowanego zamówienia z Działu Handlowego zostanie utworzone zlecenie produkcyjne poprzez przekazanie harmonogramu produkcji do stymulatora procesu. Stąd będą zasysane wyroby w niezbędnej ilości z supermarketu. Dalej produkcja będzie się odbywać w przyjętej metodzie sterowania przepływem. Po zgromadzeniu niezbędnej ilości wyrobów zostaną one przekazane do wysyłki.

Na rysunku 4 przedstawiono mapę stanu przyszłego będącą zobrazowaniem wszystkich opisanych powyżej założeń dotyczących doskonalenia przepływu produkcji

4. Wnioski

W efekcie proponowanych zmian planowany czas przejścia wyrobu w procesie wytwarzania wyniósł 17,7 dni, a przed zmianami czas ten wynosił 32,1 dni. Zaproponowane zmiany przyczyniły się przede wszystkim do zapewnienia niezakłóconego przepływu materiałów i informacji w strumieniu wartości a tym samym do zwiększenia elastyczności reakcji na zmiany popytu.

Nowe rozwiązania organizacji przepływu produkcji oparte zostały głównie na metodzie ssącej, jednak została dostosowana do charakterystyki procesu produkcyjnego. Przepływ materiałów jest realizowany poprzez wprowadzenie supermarketów, kolejek FIFO oraz przepływu ciągłego w gnieździe montażu.

Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr 02/23/DSPB/7640 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

1. Hamrol A.: Strategie i praktyki sprawnego działania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2015.
2. Haris R., Harris C. Wilson E.: Doskonalenie przepływu materiałów. Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2003.
3. Rother M., Shook J.: Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości, Wydawnictwo Wrocławskiego Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003r.
4. Rother M., Harris R.: Tworzenie ciągłego przepływu, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2004.

Dr inż. Krzysztof ŻYWICKI
 Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji
 Politechnika Poznańska
 61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3
 tel./fax: (0-61) 647 59 90
 e-mail: krzysztof.zywicki@put.poznan.pl