

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POPRAWY FUNKCJONOWANIA PROCESU PRODUKCYJNEGO Z WYKORZYSTANIEM METOD LEAN

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę procesu wytwórczego na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. W rozpatrywanym zakładzie, w którym wdrożony został system Lean Management, realizowane są równolegle dwa procesy. Powstają więc dwa strumienie materiałów, które łączą się na jednym, ostatnim stanowisku. Analiza procesu pokazała, że krótszy i teoretycznie mniej skomplikowany proces powoduje zakłócenie całego przepływu materiałów. Zastosowanie prostych metod analizy pozwoliło na identyfikację problemów oraz określenie celów logistyki produkcji, zarówno nadrzędnych, jak i szczegółowych. Na tym etapie ujawniony został także problem dylematu planowania produkcji.

WSTĘP

Aby przedsiębiorstwo mogło w dzisiejszych czasach zaliczać się do nowoczesnych i konkurencyjnych, nie wystarczy dopracowany pod względem technologicznym proces wytwarzania. Podstawą do zachowania konkurencyjności jest obecnie zachowanie zasady 7W, czyli dostarczeniu właściwego towaru, we właściwej ilości, we właściwym stanie, we właściwe miejsce, we właściwym czasie, właściwemu klientowi, we właściwej cenie. Aby ten cel osiągnąć, konieczne jest zaangażowanie logistyki.

Wiele opracowań dotyczących logistyki skupia się na łańcuchach dostaw. Tymczasem to wytwarzanie angażuje największą część środków przedsiębiorstwa produkcyjnego, jednocześnie będąc procesem zapewniającym zyski. To proces wytwarzania wymusza przepływ materiałów pomiędzy kolejnymi komórkami systemu produkcyjnego. Popularnym obecnie systemem organizacji, który zajmuje się wytwarzaniem w kontekście logistyki, jest Lean Manufacturing, który może być uznany za część szerszego systemu zarządzania przedsiębiorstwem, czyli Lean Management.

Ogólnie rzecz ujmując, głównym celem logistyki produkcji jest eliminacja marnotrawstwa w procesie produkcyjnym, jednak pierwszym krokiem musi być identyfikacja jego typów oraz miejsc występowania. Wymusza to przeprowadzenie dokładnej analizy procesu. Koncepcja Lean oferuje wiele narzędzi, które mogą zostać efektywnie wykorzystane do tego celu, takie jak np. analiza 5S, Total Productive Management (TPM) i jego elementy, m.in. wyznaczenie wskaźnika OEE, itd..

Cele logistyki produkcji mogą być jednak różne, a od obrania jednego podejścia zależy również dobór metod analizy. Womack i Jones, proponują eliminację marnotrawstwa poprzez stosowanie tzw. Szczupłego myślenia (Lean thinking) [1], Rother i Harris za najważniejsze uznają zachowanie ciągłości przepływu materiałów i ciągłe doskonalenie [2]. Nyhuis i Wiendhal mówią natomiast o zwiększaniu pewności i niezawodności dostaw, przy zachowaniu jak najniższych kosztów związanych z produkcją i logistyką [3], podkreślając tym samym, że wytwarzanie nie ma sensu, jeżeli towar nie zostanie dostarczony do klienta.

Aby przeprowadzić skuteczną analizę procesu produkcyjnego, której wyniki miałyby później prowadzić do wdrożenia nowych, efektywnych rozwiązań i ciągłego doskonalenia procesu, należy najpierw określić jeden, nadrzędny cel logistyki produkcji, który miałby być realizowany w przedsiębiorstwie długoterminowo. Wybór

ten może zależeć od warunków w przedsiębiorstwie, priorytetów narzucanych np. stosowaną technologię, specyfikę działalności itd.

Omawiane przedsiębiorstwo wdrożyło Lean Management i jest na etapie doskonalenia przepływu materiałów w procesie produkcyjnym, stąd najbliższym obecnej filozofii podejściem będzie to proponowane przez Rothera i Harrisa. Skupienie się na strumieniu materiałów wymusza rozważenie wykorzystania takich metod i narzędzi jak VSM, system ssący kanban czy TPM. Opisany w artykule przykład pokazuje jednak, że również zastosowanie prostszych, mniej pracochłonnych metod, takich jak pomiar i analiza czasów cykli, czy wykorzystanie tylko niektórych elementów wspomnianych wcześniej metod (dokładna identyfikacja czynności, wyznaczenie wskaźnika OEE), może przynieść pożądane skutki, w szczególności na początkowym etapie analizy, proponowania rozwiązań i prób ich wdrażania.

1. IDENTYFIKACJA

1.1. Zakład produkcyjny

Przeprowadzona analiza dotyczyła zakładu produkującego stalowe skrzydła drzwiowe i ościeżnice. Produkcja prowadzona jest w dużych partiach, nie ma możliwości wytwarzania pojedynczych sztuk na indywidualne zamówienie klienta. Produkty są obecne na rynku polskim i europejskim od 20 lat, a ich głównym odbiorcą są duże sklepy budowlane. 12 lat temu w przedsiębiorstwie rozpoczął się proces wdrażania systemu organizacji Lean Manufacturing, a później systemu zarządzania Lean Management.

1.2. Proces produkcyjny

Proces produkcyjny można podzielić na dwie części - produkcję skrzydeł drzwiowych i produkcję ościeżnic. Wyroby różnią się od siebie względnie niewielkimi detalami w przypadku ościeżnic (np. ilość otworów) oraz rodzajem wykorzystywanej blachy i wypełnienia w przypadku skrzydeł. Pozwala to na wytwarzanie wszystkich produktów z wykorzystaniem tych samych urządzeń.

Proces produkcji ościeżnic

Ościeżnice wytwarzane są w trzech krokach:

- pobranie materiału z magazynu,
- cięcie blachy,
- gięcie blachy.

Każda gotowa ościeżnica składa się z słupka zawiasowego, słupka ryglowego oraz proggu i nadproża.

Na stanowisku gięcia blachy może następować także kompletowanie ościeżnic oraz w zależności od tego, który produkt jest aktualnie wytwarzany, pakowanie kompletów w opakowania, w których produkt trafia do klienta. W przypadku innych produktów, elementy ościeżnic trafiają dalej na stanowisko pakowania, gdzie są łączone ze skrzydłami. Stanowiska, na których wykonywane są kolejne operacje zlokalizowane są w odległych od siebie punktach hali produkcyjnej.

Proces produkcji skrzydeł drzwiowych

Produkcja skrzydeł drzwiowych odbywa się na w pełni zautomatyzowanej linii produkcyjnej. Proces składa się z następujących operacji (w kolejności wykonywania):

- pobranie arkusza blachy z magazynu automatycznego,
- cięcie wzdłużne arkusza blachy,
- cięcie poprzeczne arkusza blachy,
- obrót arkusza,
- obrót arkusza,
- gięcie poprzeczne arkusza,
- gięcie wzdłużne arkusza,

Po operacji gięcia wzdłużnego, strumień materiału dzieli się na dwa strumienie osobno dla górnej i dolnej części skrzydła, które następnie łączą się znowu w na stanowisku łączenia. Skrzydło górne jest tam przekazywane w zasadzie bezpośrednio po operacji gięcia. Skrzydło dolne przechodzi natomiast przez kolejne etapy procesu:

- nakładanie kleju,
- montaż dolnej części skrzydła z wypełnieniem,
- nakładanie kleju,
- łączenie górnej i dolnej części skrzydła,
- spajanie w prasie oraz sezonowanie,
- wiercenie otworów pod zawiasy i kołki,
- paletyzacja gotowych skrzydeł.

Gotowe skrzydła trafiają następnie do magazynu, skąd, dla niektórych produktów, są pobierane na stanowisko łączenia z ościeżnicami.

Pełna automatyzacja procesu produkcji skrzydeł drzwiowych sprawia, że strumień materiału przepływa w nim płynnie, w zasadzie bez zakłóceń. Przedsiębiorstwo poświęciło wiele czasu oraz środków na jego doskonalenie. Jedynym problematycznym etapem jest spajanie górnej i dolnej części skrzydła. Ze względu na konieczność sezonowania półwyrobu, jest to najdłużej trwający proces, którego czas trwania dyktuje takt dla całej linii. Jego wpływ na całość procesu zostanie krótko omówiona w dalszej części artykułu.

Magazynowanie i transport

Na przebieg procesu produkcyjnego znaczący wpływ ma magazynowanie surowców i półwyrobów, szczególnie, jeżeli tak jak w tym przypadku, miejsca składowania są znacznie oddalone od stanowisk produkcyjnych i od siebie nawzajem.

W przypadku procesu produkcji ościeżnic, magazynowanie następuje na dwóch etapach, jeszcze przed procesem cięcia. Dostarczany materiał składowany jest w wyznaczonym miejscu na hali produkcyjnej. Następnie transportowany jest na regały znajdujące się bliżej stanowiska cięcia. Stamtąd przewożony jest w niewielkich partiach do magazynu zlokalizowanego bezpośrednio przy stanowisku, skąd jest pobierany przez robota obsługującego stanowisko gięcia. Pogięte elementy trafiają na wyznaczone miejsce w zasięgu pola roboczego robota, skąd transportowane są na stanowisko gięcia.

Magazyn zasilający stanowisko gięcia to regał zlokalizowany w zasięgu rąk operatora, który pobiera pojedyncze elementy i podaje

je do oddzielnego stanowiska obsługiwanego przez robota. Po odebraniu gotowego elementu następuje albo kompletowanie i pakowanie, albo przekazanie elementu na paletę przewożoną potem (po jej napełnieniu lub zakończeniu danego zlecenia) do magazynu ościeżnic.

Z magazynu ościeżnic palety przewożone są do magazynu zasilającego stanowisko łączenia ościeżnic i skrzydeł.

W przypadku procesu produkcji skrzydeł, magazynowanie następuje po dostarczeniu surowca, w wyznaczonym miejscu na hali produkcyjnej. Stamtąd blachy przekazywane są do magazynu automatycznego, obsługiwanego przez robota, zlokalizowanego bezpośrednio przy linii produkcyjnej. Kolejne miejsce składowania w tym procesie, to magazyn gotowych skrzydeł na końcu linii. Palety są stamtąd przewożone na pole wyznaczone na hali produkcyjnej, a następnie, dla niektórych produktów, do stanowiska łączenia drzwi i ościeżnic.

Komplety drzwi i ościeżnic składowane są najpierw na paletach bezpośrednio przy stanowisku, a następnie przewożone są do magazynu wyrobów gotowych. Kolejnym, ostatnim już etapem jest wysyłka do klienta.

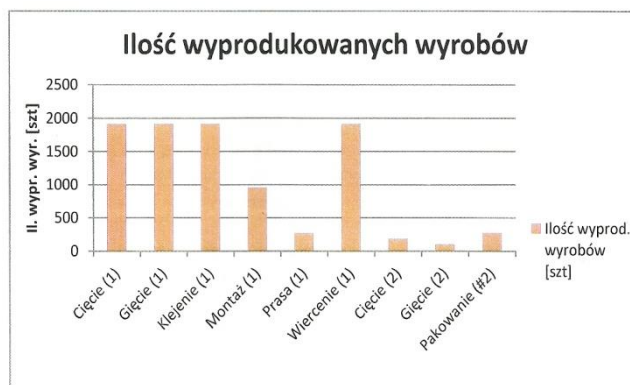
2. ANALIZA PROCESU PRODUKCYJNEGO

Na tym etapie podstawowym celem przeprowadzonej analizy było zidentyfikowanie najbardziej problematycznych etapów i aspektów procesu wytwarzania. Przeprowadzenie prostych czynności, tj.:

- określenie ilości wytwarzanych produktów w jednostce czasu,
 - analiza czasów cykli dla poszczególnych procesów,
 - analiza czasów dodających wartość,
- pozwoлиło na zdefiniowanie występujących marnotrawstw.

2.1. Analiza ilości wytworzonych sztuk w jednostce czasu

Rysunek 1 przedstawia ilość sztuk wytwarzanych na poszczególnych etapach procesu produkcyjnego w ciągu jednej zmiany. Procesy z oznaczeniem (1) są częścią procesu wytwarzania skrzydła, a z oznaczeniem (2) - ościeżnic.

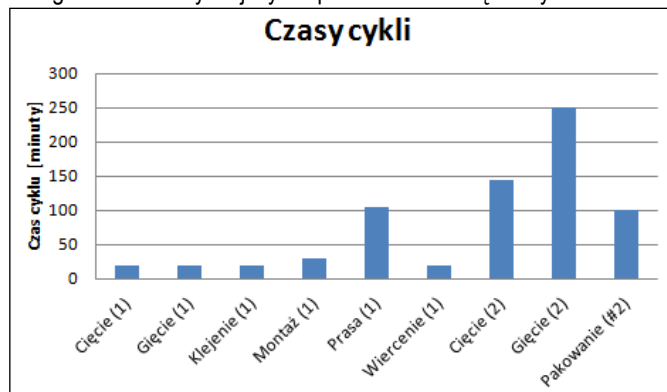


Rys. 1. Ilość wyrobów wytworzonych na poszczególnych stanowiskach w ciągu zmiany.

W procesie produkcji skrzydeł drzwiowych najmniej wyrobów wytwarzanych jest na stanowisku prasy, a w procesie produkcji ościeżnic na stanowisku gięcia. Na tych stanowiskach powinny zostać skoncentrowane działania mające na celu poprawę ciągłości przepływu, jednak w przypadku prasy taki stan rzeczy uzależniony jest od właściwości fizykochemicznych używanych materiałów i niemożliwe jest dokonanie zmian bez ingerencji w technologię. Stąd konieczność skupienia się na procesie wytwarzania ościeżnic, ze szczególnym uwzględnieniem procesu gięcia.

2.2. Analiza czasów cykli dla poszczególnych stanowisk

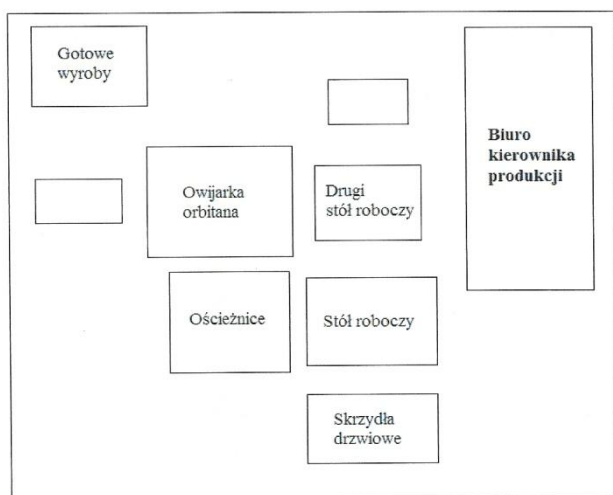
Analiza czasów cykli dla poszczególnych stanowisk, w zestawieniu z analizą ilości wytworzonych produktów, powinna potwierdzić wyciągnięte wcześniej wnioski oraz może wskazać przyczynę takiego stanu rzeczy. Jej wyniki przedstawione są na wykresie 2.



Rys. 2. Czasy cykli dla poszczególnych stanowisk..

W procesie produkcji skrzydeł najdłuższym czasem cyklu występuje na stanowisku: prasy, a w procesie produkcji ościeżnic stanowisku: gięcia. Wyniki te są zgodne z wynikami analizy opisywanej w poprzednim podpunkcie i potwierdzają wyciągnięte wnioski.

W tym kontekście warto zwrócić uwagę, na stanowisko łączenia skrzydeł i ościeżnic, opisane na wykresach jako stanowisko pakowania. Rysunek 3 prezentuje ustawienie wykorzystywanych urządzeń i wyrobów. Stopień automatyzacji tego stanowiska jest najmniejszy spośród wszystkich stanowisk na hali produkcyjnej. Stanowisko to zostało intuicyjnie wybrane, jako to, na którym należy skupić działania doskonalące. Z prezentowanych wykresów wynika jednak, że nie jest ono wąskim gardłem. Zmiana organizacji pracy na etapie pakowania może spowodować skrócenie czasu cyklu i zwiększenie wydajności, jednak nie wpłynie znacząco na działanie całej linii produkcyjnej i skrócenie taktu dla produktów przechodzących przez to stanowisko. Taki efekt można osiągnąć tylko wprowadzając zmiany w procesie produkcji ościeżnic, ze szczególnym uwzględnieniem stanowiska gięcia.



Rys. 3. Rozmieszczenie urządzeń na stanowisku pakowania – stan obecny

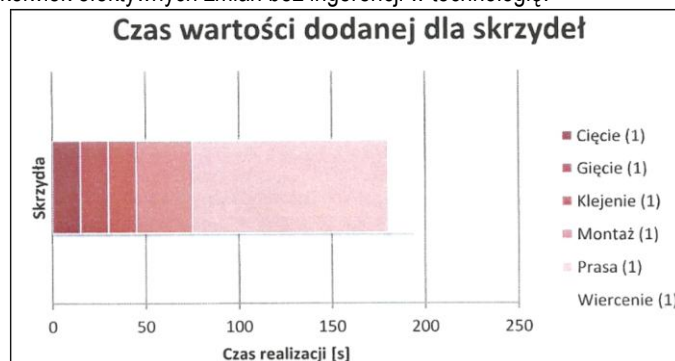
Wg jednego z dziewięciu praw logistyki [3] nie tylko skrócenie czasów cykli może przynieść korzyści dla całości procesu produkcyjnego, ale także ich ujednoclenie. Wiąże się to z ujednorodnieniem pracochłonności operacji, co z kolei daje możliwość obniżenia poziomu robót w toku koniecznego od utrzymania ciągłości produk-

cji, np. ze względu na zmiany na wejściu do procesu związane z dostępnością materiału.

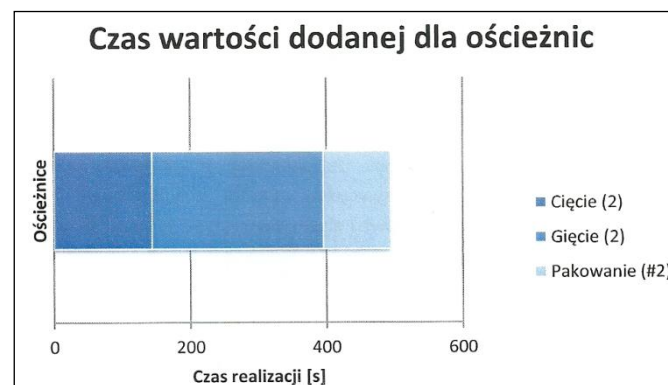
2.3. Czas wykorzystany na wytwarzanie wartości dodanej

Kolejny etap analizy zakłada dokładne określenie czasu przeznaczanego konkretnie na czynności związane z dodawaniem wartości wyrobu. Ilość ta zawsze będzie mniejsza niż czas całego cyklu dla stanowiska i powinna stanowić jak największą jego część. Taki stan oznacza brak, lub minimalną ilość marnotrawstwa czasu w procesie. Z drugiej strony, za cel można postawić skrócenie czasu cyklu, a co za tym idzie, także czasu przeznaczanego na wytworzenie wartości dodanej. Istotne jest więc, aby znać nie tylko sam ten czas, ale także stosunek tej wielkości do czasu cyklu.

Wykresy 4 i 5 prezentują ilości czasu przeznaczanego na dodawanie wartości wyrobu dla linii produkcji skrzydeł i linii produkcji ościeżnic. Pomimo tego, że proces produkcji skrzydeł składa się z większej ilości operacji, dobra organizacja pracy i automatyzacja procesu sprawiają, że czas ten jest znacznie krótszy niż dla linii produkcji ościeżnic. Ponownie najdłuższym czasem charakteryzuje się prasa. Wliczony został cały czas sezonowania, ze względu na wspomniany wcześniej fakt braku możliwości wprowadzenia jakichkolwiek efektywnych zmian bez ingerencji w technologię.



Rys. 4. Czas wartości dodanej dla procesu produkcji skrzydeł



Rys. 5. Czas wartości dodanej dla procesu produkcji ościeżnic

Wyniki uzyskane dla linii produkcji ościeżnic potwierdzają konieczność skupienia się na stanowisku gięcia, sugerują jednak również, że celowe może być skrócenie czasów dla wszystkich stanowisk. Pomimo tego, że proces składa się tylko z trzech etapów, to czas przeznaczony na dodawanie wartości wyrobu jest ponad dwa razy dłuższy, niż dla linii skrzydeł.

3. IDENTYFIKACJA PROBLEMÓW I PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ

Analiza uzyskanych wyników pozwala na ostateczne określenie, jakie działania mogą wpłynąć na poprawę funkcjonowania procesu produkcyjnego. Najważniejsza wydaje się reorganizacja

procesu produkcji ościeżnic, która powinna obejmować ujednoczenie czasów cykli, zmiana organizacji pracy na stanowisku gięcia a przede wszystkim skrócenie czasu przeznaczanego na transport i ograniczenie tras transportowych, z uwzględnieniem ograniczenia miejsca i czasu magazynowania.

Przedsiębiorstwo ma możliwość przeprowadzenia takiej reorganizacji, zdecydowano się więc na stworzenie propozycji nowego layoutu dla linii produkcji ościeżnic oraz reorganizacji stanowiska pakowania, która pozwoliłaby na zwiększenie stopnia jego automatyzacji. Prowadzona wcześniej obserwacja stanowiska wykazała, że charakteryzuje się ono dużą zmiennością czasów wykonywania poszczególnych czynności przez pracowników, stąd chęć skupienia się na tym właśnie etapie procesu.

W celu osiągnięcia zamierzonego efektu wykonane zostały dodatkowe czynności związane z dokładniejszą analizą procesu.

3.1. Analiza czynności – przepływ aktywności

Na potrzeby analizy procesu produkcji ościeżnic stworzony został schemat przepływu aktywności. Wymagało to dokładnego określenia wszystkich wykonywanych czynności i zakwalifikowanie ich do jednej z pięciu kategorii:

- operacja (dodawanie wartości),
- transport,
- kontrola jakości,
- oczekiwanie,
- magazynowanie.

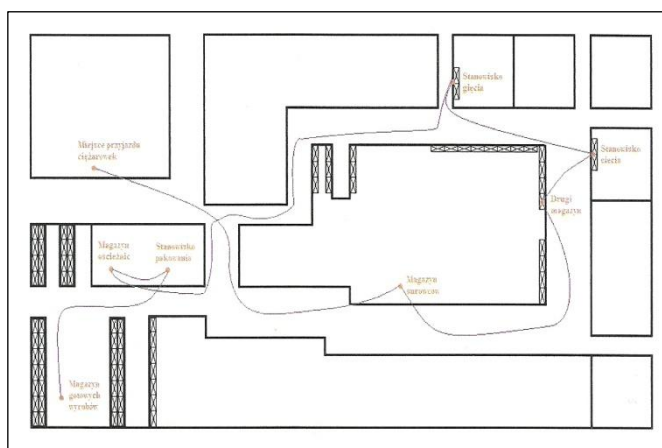
Pozwala to na szybkie określenie miejsc i rodzajów występowania marnotrawstwa w procesie, tak jak i tych, w których przepływ materiałów jest płynny. Stworzony schemat oraz legendę przedstawia tabela 1.

Z prezentowanego schematu wynika, że wykonanie 12 operacji wymaga w obecnym stanie 9 operacji transportu, 4 operacji magazynowania, a surowce i półwyroby aż 6 razy muszą oczekiwać na wykorzystanie w kolejnym etapie produkcji. Oczywiście jest więc, że kolejnym krokiem powinna być eliminacja zbędnego transportu.

3.2. Transport w procesie

Rysunek 6 przedstawia aktualny layout zakładu z oznaczonymi trasami transportu i lokalizacją magazynów dla procesu produkcji ościeżnic. Stanowiska robocze, tak jak miejsca składowania, rozmieszczone są na hali produkcyjnej, co wymusza stosunkowo dużą ilość transportu, szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę fakt, że proces składa się z trzech operacji.

Dokonano także dokładnych pomiarów długości tras i czasu poświęcanego na transport. Wyniki zostały zaprezentowane w tabeli 2.



Rys. 6. Aktualny layout zakładu z zaznaczonymi trasami transportu w procesie produkcji ościeżnic.

Tab.1. Schemat czynności wykonywanych w procesie

Rodzaje aktywności	Ilość
Operacja	12
Transport	9
Kontrola jakości	0
Oczekiwanie	6
Magazyn	4
SUMA	31

Lp.	Aktywność	Operacja	Transport	Kontrola jakości	Oczekiwanie	Magazyn
1.	Przyjęcie i załadunek surowca	1	0	0	0	0
2.	Transport surowca na magazyn	0	1	0	0	0
3.	Magazyn surowców	0	0	0	0	1
4.	Transport części surowca na drugi magazyn	0	1	0	0	0
5.	Oczekiwanie na drugim magazynie	0	0	0	1	0
6.	Transport surowca z drugiego magazynu na stanowisko cięcia	0	1	0	0	0
7.	Oczekiwanie na proces cięcia	0	0	0	1	0
9.	Pobieranie przez robota arkusza blachy	1	0	0	0	0
10.	Operacja cięcia	1	0	0	0	0
11.	Oczekiwanie na stanowisku cięcia na transport na stanowisko gięcia	0	0	0	1	0
12.	Transport na stanowisko gięcia	0	1	0	0	0
13.	Oczekiwanie na proces gięcia	0	0	0	1	0
14.	Wygięcie i oderwanie części blachy z całego arkusza oraz zasilenie maszyny w materiał	1	0	0	0	0
15.	Operacja gięcia	1	0	0	0	0
16.	Oczekiwanie na transport na magazyn ościeżnic	0	0	0	1	0
18.	Magazyn ościeżnic	0	0	0	0	1
19.	Transport na stanowisko pakowania	0	1	0	0	0
20.	Oczekiwanie na operację pakowania	0	0	0	1	0
21.	Składanie ościeżnicy	1	0	0	0	0
22.	Połączenie skrzydła drzwiowego z ościeżnicą	1	0	0	0	0
23.	Montaż zawiasów	1	0	0	0	0
24.	Przeniesienie drzwi na stanowisko dołączania akcesoriów	1	0	0	0	0
25.	Kompletowanie akcesoriów (dołączenie narzędzi potrzebnych klientowi do montażu drzwi)	1	0	0	0	0
26.	Pakowanie drzwi	1	0	0	0	0
27.	Etykietowanie drzwi	1	0	0	0	0
28.	Przeniesienie drzwi na paletę wyrobów gotowych	1	0	0	0	0
29.	Oczekiwanie gotowych drzwi na transport	0	0	0	1	0
30.	Transport na magazyn drzwi	0	1	0	0	0
31.	Magazyn drzwi	0	0	0	0	1
33.	Transport do klienta	0	1	0	0	0

Tab.2. Transport w procesie produkcji ościeżnic.

Lp.	Od	Do	Prędkość: 1,7 m/s	
			Odległość [m]	Czas trwania [s]
1.	Miejsce przyjazdu ciężarówek dostarczających surowce	Magazyn surowców	61,15	36,62
2.	Magazyn surowców	Drugi magazyn	52,62	31,51
3.	Drugi magazyn	Stanowisko cięcia	12,59	7,54
4.	Stanowisko cięcia	Stanowisko gięcia	28,46	17,04
5.	Stanowisko gięcia	Magazyn ościeżnic	91,00	54,49
6.	Magazyn ościeżnic	Stanowisko pakowania	16,39	9,81
7.	Stanowisko pakowania	Magazyn gotowych wyrobów	30,54	18,29
SUMA			292,75	175,30

Dane zbierane były pod kątem wykonania nowego planu rozmieszczenia urządzeń i reorganizacji procesu. Przyjęto założenie, że nie zmieni się trasa transportu z magazynu wyrobów gotowych do miejsca odbioru produktu przez klienta, nie uznano więc tego etapu za zbędny transport, pomimo tego, że patrząc obiektywnie, każdy transport jest marnotrawstwem. Wzięto jednak pod uwagę czas pobierania i załadunku palet, który wynosi 24s. Ostatecznie daje to 199,30 s tracone na transport w ciągu każdej zmiany. Podczas tworzenia nowego layoutu, powinno się dążyć do zredukowa-

nia tego czasu do 0. Jednak nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie transportu z procesu, dlatego realnie, za cel można uznać minimalizację wyznaczonej wartości.

Skutkiem wspomnianych działań, oprócz oszczędności czasu i energii, będzie ograniczenie ryzyka związanego z uszkodzeniem przewożonych surowców, półproduktów i wyrobów gotowych. Transport jest również czynnikiem, który w analizowanym przedsiębiorstwie powodował znaczące opóźnienia w procesie produkcyjnym. Wszystkie wspomniane rodzaje ryzyka i strat przyczyniają się ostatecznie do zwiększenia kosztów produkcji.

3.3. Funkcjonowanie stanowisk linii produkcyjnej ościeżnic

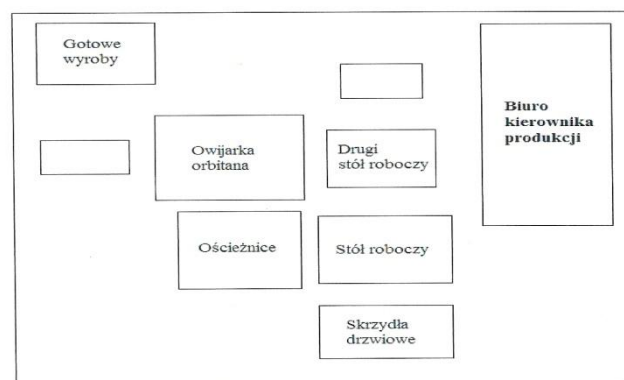
Aby planowana reorganizacja przyniosła zamierzony skutek, a jednocześnie nie pochłonęła większej ilości środków niż jest to konieczne dla osiągnięcia założonego celu, należy przeanalizować funkcjonowanie poszczególnych stanowisk należących do linii produkcyjnej. Częścią tej analizy było wyznaczenie wskaźników OEE dla każdego z trzech stanowisk. Ponadto opisano obsługujące je urządzenia, ze szczególnym uwzględnieniem pola roboczego wykorzystywanych robotów oraz rozważono możliwość ewentualnej reorganizacji każdego ze stanowisk. W artykule opisana została tylko część tej analizy.

Najniższym wskaźnikiem OEE charakteryzuje się stanowisko pakowania. Jak wspomniano wcześniej, jest ono najmniej zautomatyzowane w całym zakładzie, między innymi dlatego, że jest to stanowisko stosunkowo nowe, stworzone po zakupie owijarki orbitalnej, czyli maszyny owijającej folią komplety ościeżnic i drzwi. Stan obecny to rozwiązanie „robocze”. Stanowisko przygotowane jest do szybkiej reorganizacji bez ponoszenia dodatkowych kosztów. Inwestycje mają zostać poczynione dopiero po przetestowaniu i zaakceptowaniu rozwiązania pozwalającego na osiągnięcie założonego celu, m.in. ujednoczenie i skrócenie czasu cyklu.

Ze względu na niską wartość wskaźnika OEE stanowiska pakowania, przeprowadzono dla niego dokładniejszą analizę. W tabeli 3 przedstawiono wszystkie wykonywane na stanowisku czynności wraz z czasami ich trwania. Rysunek 7 przedstawia natomiast rozmieszczenie urządzeń na stanowisku w obecnym stanie.

Tab.3. Czasy trwania czynności wykonywanych na stanowisku pakowania – stan obecny.

Lp.	Opis etapu	Średni czas [s] człowieka	Średni czas [s] maszyny
1.	Pobieranie słupka zawiasowego oraz progu	16,00	-
2.	Pobieranie słupka ryglowego oraz nadproża	10,40	-
3.	Składanie ościeżnicy stalowej	23,70	-
4.	Pobieranie skrzydła drzwiowego z palety	5,60	-
5.	Połączenie skrzydła drzwiowego z ościeżnicą	6,50	-
6.	Przeniesienie drzwi na stanowisko dołączania akcesoriów	4,00	-
7.	Kompletowanie akcesoriów (dołączenie narzędzi potrzebnych klientowi do montażu drzwi)	14,60	-
8.	(Pakowanie gotowego produktu za pomocą owijarki orbitalnej. W tym czasie operatorzy zaczynają pracę nad kolejnym kompletem ościeżnicy przeznaczonym do zapakowania)	-	44,00
9.	Etykietowanie i przeniesienie drzwi na paletę wyrobów gotowych	18,00	-
SUMA		98,80	44,00



Rys. 7. Rozmieszczenie urządzeń na stanowisku pakowania – stan aktualny.

Stanowisko jest obsługiwane przez dwóch operatorów, którzy ręcznie pobierają potrzebne elementy oraz przemieszczają skrzydło i ościeżnicę pomiędzy kolejnymi stołami roboczymi i owijarką. Pierwszym krokiem prowadzącym do zmian na tym stanowisku powinno być przeprowadzenie analizy 5S, której wyniki mogą zasugerować rozwiązania poprawiające ergonomię stanowiska oraz zmiany w organizacji pracy pozwalające na skrócenie i ujednoczenie czasu cyklu. Wiązać się to może ze zmianą ustawienia urządzeń na stanowisku i ewentualnie wymianę części z nich na automaty. Analiza ta jest zaplanowana w kolejnych etapach pracy w opisywanym zakładzie.

3.4. Propozycja nowego layout'u.

Jak już wspomniano, głównym działaniem, na którym należy się skupić, jest reorganizacja procesu produkcji ościeżnic, która ma pozwolić m.in. na minimalizację ilości transportu i skrócenie czasów cykli na wybranych stanowiskach a ostatecznie lead time dla całego procesu. Cel ten można osiągnąć tworząc nowy layout. Jednym z uwzględnianych założeń jest niezmienność położenia magazynu wyrobów gotowych i miejsca ich odbioru przez klientów, drugim umiejscowienie jak najbliżej siebie stanowiska pakowania i gięcia.

Realizacja drugiego założenia ma pozwolić na przydzielenie jednego z pracowników obsługujących obecnie stanowisko pakowania do obsługi stanowiska gięcia, gdzie czas wykonywania czynności przez operatora jest stosunkowo długi. Po dokonaniu prób okazało się, że przydzielenie do obsługi tego procesu drugiego pracownika, który wspierałby głównego operatora tylko przez część trwania czasu cyklu, pozwala skrócić czas trwania gięcia nawet o 50%. Działanie to pokazało jednocześnie, że obecność dwóch operatorów nie jest konieczna podczas wykonywania czynności przez robota. W tym czasie pracownik może wykonywać część czynności na stanowisku pakowania, gdzie z kolei obecność dwóch pracowników wymuszana jest przez niemożność przenoszenia skrzydeł i całych kompletów przez jedną osobę. Problem ten może zostać częściowo rozwiązany przez zakup automatycznej linii podającej skompletowane zestawy do owijarki. Przedsiębiorstwo jest gotowe na dokonanie takiej inwestycji.

Skierowanie jednego z pracowników obsługujących stanowisko pakowania do wykonywania części czynności na stanowisku gięcia przyniesie korzyść w postaci skrócenia czasu cyklu gięcia, jednocześnie jednak oznaczać będzie, że część czynności wykonywanych dotychczas przez dwie osoby na stanowisku pakowania (np. naklejanie etykiet, dodawanie akcesoriów niezbędnych przy montażu drzwi u klienta) będzie wykonywana przez jednego pracownika. Spowoduje to wydłużenia czasu ich trwania. Orientacyjne czasy możliwe do osiągnięcia po wprowadzeniu zmian (wyniki uzyskane

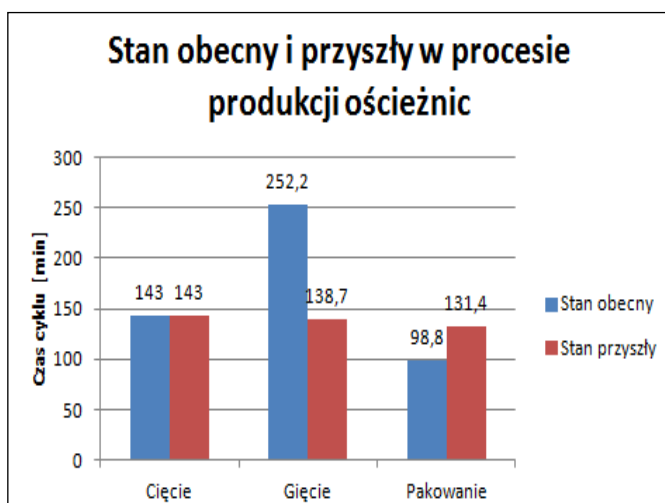
częściowo po przeprowadzeniu prób z jednym pracownikiem) przedstawione są w tabeli 4.

Tab.4. Czasy trwania czynności wykonywanych na stanowisku pakowania – przewidywany stan przyszły.

Lp.	Opis etapu	Średni czas [s] człowieka	Średni czas [s] maszyny
1.	Pobieranie słupka zawiasowego oraz progu	16,00	-
2.	Pobieranie słupka ryglowego oraz nadproża	10,40	-
3.	Składanie ościeżnicy stalowej	23,70	-
4.	Pobieranie skrzydła drzewiowego z palety	5,60	-
5.	Połączenie skrzydła drzewiowego z ościeżnicą	6,50	-
6.	Przeniesienie drzwi na stanowisko dołączania akcesoriów	4,00	-
7.	Kompletowanie akcesoriów (dołączenie narzędzi potrzebnych klientowi do montażu drzwi)	29,20	-
8.	(Pakowanie gotowego produktu za pomocą owijarki orbitalnej. W tym czasie operatorzy zaczynają pracę nad kolejnym kompletem ościeżnicy przeznaczonym do zapakowania)	-	44,00
9.	Etykietowanie i przeniesienie drzwi na paletę wyrobów gotowych	36,00	-
SUMA		131,4	44,00

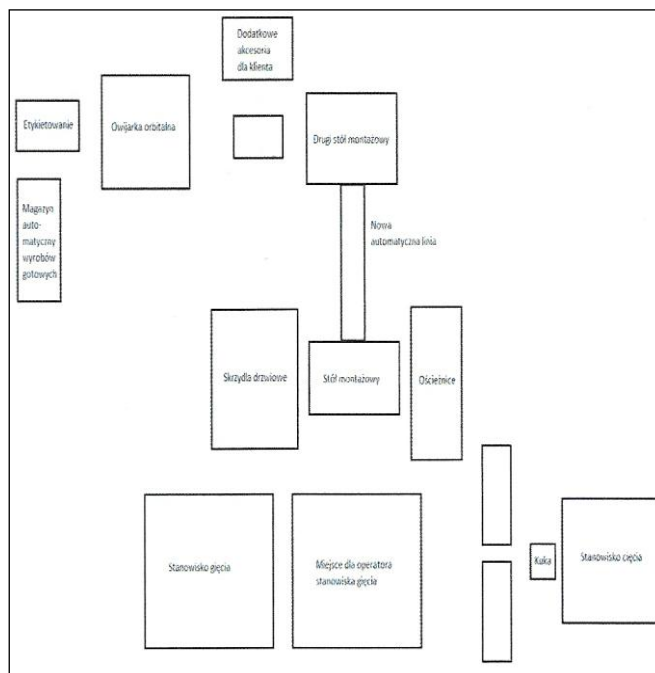
W porównaniu ze stanem obecnym, czas cyklu na stanowisku pakowania po wprowadzeniu proponowanych zmian wydłuży się o około 32 sekundy. Cel związany ze zmniejszeniem tej wartości nie zostanie więc osiągnięty. Nadrzędnym celem jest jednak skrócenie lead time całego procesu produkcji ościeżnic. Wykres na rysunku 8 przedstawia potencjalne wyniki reorganizacji na wszystkich stanowiskach.

W stanie obecnym najdłuższym czasem cyklu charakteryzuje się stanowisko gięcia. Wprowadzenie zmian spowoduje jego skrócenie o 45%. Najdłuższy cykl będzie wtedy występował na stanowisku cięcia, którego funkcjonowanie nie będzie zmieniane. Czas cyklu dla stanowiska pakowania potencjalnie wydłuży się o około 32%, jednak i tak pozostanie krótszy, niż najdłuższy cykl na stanowisku cięcia. Oznacza to, że ostatecznie lead time całego procesu zostanie skrócony. Jego wartość będzie zależała również czasu poświęcanego na transport składowanie międzyoperacyjne, stąd nie określono na ten moment jego przybliżonej wartości.



Rys. 8. Porównanie stanu obecnego i przewidywanego stanu przyszłego.

Przeprowadzone analizy pozwoliły potwierdzić słuszność przyjętych założeń. Z ich uwzględnieniem powstała propozycja nowego rozmieszczenia urządzeń dla procesu produkcji ościeżnic (prezentowana na rysunku 9).



Rys. 9. Propozycja nowego layout'u.

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie prostych sposobów analizy procesu produkcyjnego pozwoliło w omawianym przypadku na zidentyfikowanie głównych problemów w procesie produkcyjnym. Wyniki zasugerowały konieczność skupienia się przede wszystkim na skróceniu czasu trwania procesu produkcji ościeżnic, tak, aby był on zbliżony do czasu trwania procesu skrzydeł. Te dwa strumienie łączą się na stanowisku pakowania. Reorganizacja procesu produkcji ościeżnic łącznie ze stanowiskiem pakowania pozwoli na upłynnienie przepływu strumienia materiałów w przedsiębiorstwie, co prowadzi do realizacji założeń koncepcji Lean, realizowanych w przedsiębiorstwie.

Określenie wąskiego gardła (proces gięcia) i stwierdzenie konieczności reorganizacji transportu w procesie to wyniki prostej analizy opartej głównie na określeniu czasów cykli, dokładnym opisem wszystkich wykonywanych czynności oraz określeniem czasów ich trwania a także oznaczeniu czasu związanego tylko z wytwarzaniem wartości dodanej. Wykonanie tych czynności pozwala na określenie ogólnych celów i kierunków działań. W tym przypadku rozwiązaniem ma być zaproponowanie nowego layout'u, przy czym reorganizacja ma dotyczyć tylko procesu produkcji ościeżnic.

Po określeniu celów nadrzędnych konieczne jest przeprowadzenie kolejnych, bardziej szczegółowych analiz, tak, aby możliwe stało się określenie celów pośrednich. Skupiono się na funkcjonowaniu stanowisk produkcyjnych. I stwierdzono między innymi, że konieczne jest skrócenie czasu cykli na stanowiskach gięcia i pakowania. Częścią rozwiązania okazało się oddelegowanie jednego z pracowników obsługującego stanowisko pakowania, aby przez część czasu wspomagał operatora stanowiska gięcia. Warto zwrócić uwagę, na powstający w tym przypadku konflikt w planowaniu logistycznym. Określenie, a potem przeanalizowanie potencjalnych wyników osiągniętych po zmianach pokazuje, że nie jest możliwe osiągnięcie wszystkich celów częściowych i celu głównego. Wprowadzenie sugerowanych zmian spowoduje znaczne wydłużenie czasu cyklu dla stanowiska pakowania. Z perspektywy całego procesu nie wpłynie to jednak negatywnie na skrócenie lead time.

Taki stan rzeczy nie oznacza, że skrócenie cyklu dla pakowania nie jest możliwe. Praca w analizowanym zakładzie nie została

zakończona. Takie czynności, jak przeprowadzenie analizy 5S dla wspomnianego stanowiska, może w późniejszym czasie pozwolić na ponowne rozważenie możliwości realizacji założonego wcześniej celu.

W kolejnym kroku należy skupić się także na ujednoczeniu zarówno czasów cykli na różnych stanowiskach, jak i czasów wykonywania poszczególnych czynności na pojedynczych stanowiskach, przede wszystkim tych mniej zautomatyzowanych, jak pakowanie. Celowe może okazać się także wykorzystanie innych metod analizy, nie wywodzących się z filozofii Lean, jak np. wykorzystanie dziewięciu praw logistyki produkcji.

BIBLIOGRAFIA

1. Womack J.P., Jones D.T., *Lean Thinking - szczupłe myślenie*. ProdPress.com, Wrocław 2008.
2. Rother M., Harris J.: *Tworzenie ciągłego przepływu*. Lean Enterprise Institut Poland, Wrocław 2007.
3. Nyhuis P., Windhal H.P., *Fundamentals of Production Logistics. Theory, Tools and Applications*. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg 2009.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF FUNCTIONING OF THE PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT USING METHODS OF LEAN

Abstract

The article describes the analysis of the production process in a manufacturing enterprise in which the lean manufacturing system was implemented. There are two parallel processes conducted in the company. This raises the two streams of materials, which combine at the last production station. Analysis of the process showed that shorter and theoretically less complicated process causes disruption of the entire flow of materials. The use of simple methods of analysis allowed to identify problems and determine the objectives of production logistics, both overarching and specific. At this stage the dilemma of production planning was revealed.

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. **Edward Michłowicz** – AGH w Krakowie
mgr inż. **Katarzyna Smolińska** – AGH w Krakowie
dr inż. **Bożena Zwolińska** – AGH w Krakowie