

Mirosław MATUSEK  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Zarządzania i Administracji

## DOSKONALENIE PRZEPIYWU MATERIAŁÓW W U-KSZTAŁTNEJ LINII MONTAŻU

**Streszczenie.** W koncepcji Lean przepływ jednej sztuki jest realizowany m.in. przez zmianę liniowego rozmieszczenia stanowisk roboczych w U- lub S-kształtne gniazda produkcyjne. Dalszą formą doskonalenia przepływu materiału (półproduktów) jest wdrożenie systemu Nagara. Celem artykułu jest przedstawienie głównych założeń doskonalenia przepływu materiału przez stanowiska montażu z wykorzystaniem systemu Nagara.

## IMPROVING MATERIAL FLOW IN THE U-SHAPED ASSEMBLY LINE

**Summary.** The concept of one-piece flow is implemented such by changing the linear arrangement of workstations in a U- or S-shaped production cells. Another form of improving the flow of material is the implementation of the Nagara system. This article aims to present the main objectives of improving the flow of material through the assembly line with the use of Nagara system.

### 1. Wprowadzenie

Obecnie obserwowana, postępująca globalizacja rynków przejawia się między innymi w konieczności produkcji większej różnorodności wyrobów przy pamiętaniu o niskim koszcie produktu, wysokiej jakości i terminowości dostaw. Sprostanie tym wymogom często odbywa się np. przez konieczność produkowania w małych seriach, w warunkach produkcji wielkoseryjnej, częstymi i bliskim kontaktami z dostawcami i konsumentami.

Wymaga to ciągłego wdrażania zmian w przedsiębiorstwach. I tak zmianom podlegają struktury organizacyjne, wprowadza się zmiany w różnych komórkach funkcjonalnych

przedsiębiorstw, wdraża się systemy informacyjne i informatyczne wspomagające zarządzanie systemami produkcyjnymi.

Stawia to kierownictwo wobec wielu zagrożeń i wyzwań, przez co wymaga się zdolności do przewidywania przyszłości i zapewnienia środków zabezpieczających przed narastającymi zagrożeniami. Rozstrzygnięcia rzutują na wyniki i pozycję przedsiębiorstwa w krótszym, ale przede wszystkim w dłuższym czasie.

Głównym celem zmian jest harmonizacja przedsiębiorstwa z otoczeniem, tak by zmiany wewnątrz firmy były zsynchronizowane ze zmianami otoczenia. Stąd jest to proces ciągły, a nie wyrywkowy. Często innowacje, jako działania nieciągłe, nawet jeżeli są właściwie ukierunkowane, swoją nieregularnością znacznie ten proces zaburzają. Reakcja na bodźce musi być zatem nie tylko szybka, ale i ciągła. Potrzebny jest wobec tego układ, w którym przedsiębiorstwo będzie w stanie systematycznie reagować na zmiany otoczenia.

Jednym z rozwiązań wymienionych problemów, proponowanym współczesnym menedżerom, jest wdrożenie w przedsiębiorstwie Lean Manufacturing.

Przy realizowaniu koncepcji Lean podkreśla się konieczność zrozumienia potrzeb klienta i postrzeganej przez niego wartości. Aby przedsiębiorstwo mogło skupić się na zdefiniowanej wartości dla klienta, powinno się zdefiniować łańcuch wartości wewnątrz swojej firmy (wszystkie czynności i operacje, które konieczne są do realizacji danego wyrobu lub usługi). Taki łańcuch wartości następnie należy rozszerzyć na zewnątrz firmy, tj. na cały łańcuch dostaw i dystrybucji towarów.

W celu sprostania wymaganiom klientów należy eliminować lub ograniczać czynności niedodające wartości do wyrobu (eliminować tzw. straty), za które klient nie chce płacić.

Następnie należy określić kierunki zmian, określić ich cele i wdrażać je, obserwując, czy prace postępują w dobrym, czy w złym kierunku. Wdrożenie wymaganych zmian to konieczność zastosowania odpowiedniego zestawu metod i technik. Do rozwiązywania określonych problemów w koncepcji Lean wykorzystuje się następujący zestaw narzędzi i technik:<sup>1</sup>

- 5S (5 zasad zarządzania stanowiskiem pracy),
- JIT (Just in Time – dostawy na czas wg realnego zapotrzebowania),
- Kanban (system zarządzania zapasami, system informacyjny wykorzystywany w planowaniu produkcji),
- SMED (Single Minute Exchange of Die – skracanie czasów przebrojeń),
- TPM (Total Productive Maintenance – zarządzanie utrzymaniem ruchu),
- standaryzacja pracy,
- wykres Yamazumi,
- inne.

---

<sup>1</sup> Czerna J.: Doskonalenie strumienia wartości. Difin, Warszawa 2009.

Wymienione narzędzia w obszarze produkcji wykorzystywane są do wdrożenia i doskonalenia koncepcji ciągłego przepływu (z ang. *Continuous flow*), zwanego również przepływem jednej sztuki (z ang. *One Piece Flow*). W koncepcji Lean przepływ jednej sztuki jest realizowany m.in. przez zmianę liniowego rozmieszczenia stanowisk roboczych w U- lub S-kształtne gniazda produkcyjne. Dalszą formą doskonalenia przepływu materiału (półproduktów) jest wdrażanie systemu Nagara. Celem artykułu jest przedstawienie głównych założeń doskonalenia przepływu materiału przez stanowiska montażu z wykorzystaniem systemu Nagara.

## 2. Koncepcja Lean

W literaturze można spotkać różne sposoby definiowania, czym jest Lean:

- to pojemna koncepcja, mieszcząca w sobie zarówno podnoszenie jakości, jak i rozwój nowych wyrobów, spłaszczanie struktur oraz dobre stosunki firmy z otoczeniem, wzmacnianie konkurencyjności, a także lepsze wykorzystanie pracowników,<sup>2</sup>
- to koncepcja, której zasadniczym przesłaniem jest unikanie wszelkiego rodzaju marnotrawstwa drogą ciągłego [...] procesu racjonalizacji całego przedsiębiorstwa oraz jego relacji z otoczeniem,<sup>3</sup>
- jest przełomowym wynalazkiem w dziedzinie organizacji produkcji [...], pozwala na ograniczenie zużycia wszystkiego, co jest potrzebne w procesie produkcyjnym, dając w efekcie produkt, który odpowiada w większym stopniu oczekiwaniom klientów i wytworzony jest po dużo niższych kosztach niż produkt wytworzony w systemie tradycyjnej, masowej produkcji,<sup>4</sup>
- to koncepcja polegająca na redukowaniu zakresu wewnętrznych funkcji przedsiębiorstwa do działań absolutnie niezbędnych.<sup>5</sup>

J. Womack i D. Jones w książce *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*<sup>6</sup> spróbowali dokładniej scharakteryzować koncepcję Lean. Autorzy, przedstawiając wizję transformacji przedsiębiorstw o typie produkcji masowej w przedsiębiorstwa tzw. szczupłe, zwrócili uwagę na wiele źródeł strat pojawiających się w większości przedsiębiorstw. Wskazali, iż systematyczna ich eliminacja wewnątrz przedsiębiorstwa może

---

<sup>2</sup> Zimmiewicz K.: Współczesne koncepcje i metody zarządzania. PWE, Warszawa 1999.

<sup>3</sup> Lichtarski J.: Podstawy nauki o przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 2001.

<sup>4</sup> Sikorski Cz.: Profesjonalizm. PWN, Warszawa 1995.

<sup>5</sup> Czarnecki P.: Lean Management w japońskim przemyśle motoryzacyjnym. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, nr 3, 1996.

<sup>6</sup> Womack J.P., Jones D.T., Roos D.: *The Machine That Changed the World*. Rowson Associates, New York 1990.

przynieść duże korzyści zarówno w krótszym, jak i dłuższym czasie. Istotę koncepcji Lean oparli na pięciu podstawowych elementach:<sup>7</sup>

- precyzyjnym zdefiniowaniu wartości z punktu widzenia klienta,
- ustawieniu wszystkich działań tworzących wartość dodaną dla konkretnego produktu wzdłuż strumienia wartości,
- zapewnieniu czynnościom tworzącym wartość „gładkiego” przepływu wartości, tj. bez zbędnych przerw, nawrotów, oczekiwania, braków itp.,
- reagującym na ssanie z rynku przez klienta,
- dążenie do perfekcji przez ciągłe eliminowanie kolejno pojawiających się źródeł strat.

Zmiany na rynku tworzą zagrożenia i szanse dla przedsiębiorstwa. Umiejętne ich wykorzystanie pozwoli firmie dostosować się do potrzeb rynku. Niekiedy wystarczy drobna modyfikacja, a nieraz trzeba dokonać złożonych, pracochłonnych i kosztownych restrukturyzacji. Jednak niezależnie od rodzaju i znaczenia zmian każda z nich tworzy przestrzeń pod kolejną zmianę.

Stąd motywacji do wdrożenia Lean Manufacturing wśród polskich przedsiębiorców jest wiele; wśród nich najczęściej wymieniane to:<sup>8</sup>

- struktura własności. Koncepcja Lean Manufacturing przychodzi z przedsiębiorstwami z kapitałem zagranicznym;
- sytuacja rynkowa, wewnętrzne problemy przedsiębiorstw:
  - duże zapasy,
  - długie cykle produkcyjne,
  - słaba płynność finansowa,
  - spadek sprzedaży, utrata klientów;
- wymagania klientów. Konieczność dostaw w systemie just-in-time, elastyczność dostaw, konieczność przechodzenia wdrożenia koncepcji Lean z dostawców na poddostawców.

W rzeczywistości podstawowym czynnikiem wprowadzania zmian w ramach koncepcji Lean jest podniesienie efektywności oraz produktywności procesu produkcji.

Wykonanie każdej czynności w trakcie realizacji procesu produkcyjnego pociąga za sobą koszty. Należy zatem ograniczyć liczbę realizowanych czynności do tych, które mają swój bezpośredni udział w tworzeniu zysku.

---

<sup>7</sup> Womack J.P.: *Odehdzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu*. Centrum Informacji Menedżera, Warszawa 2001.

<sup>8</sup> Koch T., Kornicki L., Sobczyk T., Oleksy S.: *Wdrażanie szczupłego podejścia w Polsce*. III Konferencja Lean Manufacturing. Materiały konferencyjne, WCTT Politechnika Wroclawska, Wrocław 2003.

### 3. Ciągły przepływ

Koncepcja ciągłego przepływu zmierza do takiego przepływu materiału w procesie produkcyjnym, który jest realizowany najkrótszą drogą (bez zbędnych czynności tzw. marnotrawstwa) stałą prędkością (tzw. rytm, takt) oraz zdefiniowaną, stabilną i utrzymywaną wydajnością przy stałych zasobach niezbędnych do przeniesienia materiału przez proces wytwórczy.<sup>9</sup> Dlatego ideą ciągłego przepływu jest rytmiczny przepływ, w którym występuje minimum zatrzymań materiału, półwyrobów i zapasów międzyoperacyjnych. Najczęściej jest on realizowany w liniach produkcyjnych, w których stanowiska rozmieszczone są w tzw. gniazdach, a ich rozmieszczenie przestrzenne to układ stanowisk w kształcie litery *U* lub *S*.

Stanowiska robocze są ustawione blisko siebie w kolejności odpowiadającej sekwencji operacji technologicznych dla danego wyrobu, a poszczególne detale często są przekazywane bezpośrednio z jednego stanowiska do drugiego. Pracownicy znajdują się wewnątrz powstałej komórki. Materiały dostarczane są z zewnątrz, co nie ogranicza ruchów pracowników.

Należy podkreślić, że czynnikiem warunkującym charakter struktury produkcyjnej jest typ produkcji, który jest wynikiem zapotrzebowania klientów na dany produkt. Dlatego też sens wdrożenia koncepcji ciągłego przepływu będzie miał miejsce przede wszystkim w produkcjach wielkoseryjnej, masowej oraz mało- i średnioseryjnej. W produkcjach mało- i średnioseryjnej, chociaż elastyczność asortymentowa odgrywa istotną rolę, często można wyznaczyć pewne grupy wyrobów o podobnych marszrutach technologicznych. Oznacza to możliwość specjalizacji przedmiotowej, co w praktyce przekłada się na możliwość budowy gniazd produkcyjnych.

Ponadto ciągły przepływ nadaje się do typu produkcji, w którym maszyny spełniają lub mogą spełniać (po dokonaniu wymaganych usprawnień) dwa warunki:<sup>10</sup>

1. warunek elastyczności – szybka zmiana asortymentu produkowanego przez stanowiska w gnieździe – możliwy w przypadku krótkich czasów przezbrojeń maszyn,
2. warunek specjalizacji – unikanie maszyn uniwersalnych, w zamian tego wykorzystywanie maszyn wykonujących niewiele detalooperacji w jednym cyklu.

Płynny (ciągły) przepływ wymaga równoważenia linii produkcyjnej. Równoważenie linii rozumiane jest jako przydzielanie pracownikom operacji do wykonania w taki sposób, aby byli oni obciążeni pracą w sposób równomierny. Równoważenie linii produkcyjnej rozpoczyna się od wyznaczenia podstawowych parametrów gniazd produkcyjnych. Podstawowymi charakterystykami gniazda są:

<sup>9</sup> Czernska J.: Pozwól płynąć swojemu produktowi tworzenie ciągłego przepływu. Placet, Warszawa 2011.

<sup>10</sup> Ibidem.

- takt pracy gniazda,
- liczba operatorów w gnieździe,
- liczba stanowisk w gnieździe.

Pierwszym krokiem w równoważeniu linii jest wyznaczenie taktu produkcji (taktu klienta). Takt klienta to rytm, w jakim powinna przepływać produkcja jednego wyrobu pomiędzy stanowiskami w procesie produkcyjnym przy zapewnieniu realizacji zdefiniowanego zapotrzebowania w założonym dostępnym czasie. Wyznaczenie taktu pozwala na:

- odniesienie czasów cykli stanowisk produkcyjnych do zapotrzebowania definiowanego przez klienta,
- wyznaczenie niezbędnej liczby maszyn oraz pracowników w analizowanym procesie wytwórczym,
- wyrównanie rytmu przepływu wyrobów przez proces oraz redukcję zapasów.

Takt klienta wyznacza się ze wzoru(1):

$$T = \frac{F_E}{Q_w}, \quad (1)$$

gdzie:

$T$  – takt klienta,

$F_E$  – dostępny fundusz czasu na realizację wymaganej wielkości produkcji wyrobu  $w$  w okresie planistycznym,

$Q_w$  – zapotrzebowanie (wymagana wielkość produkcji wyrobu  $w$ , wynikająca z zapotrzebowania rynku w okresie planistycznym).

Dostępny fundusz czasu pracy to czas, który jest przeznaczony na efektywną produkcję (2):

$$F_E = F_N - F_P - F_S, \quad (2)$$

gdzie:

$F_E$  – dostępny fundusz czasu pracy,

$F_N$  – nominalny dostępny czas,

$F_P$  – planowane przerwy,

$F_S$  – czas poświęcony na obsługę strat na efektywności (awaryjność maszyn, niska jakość itp.).

Każda detalooperacja  $j$  powinna być wykonana w czasie nie dłuższym niż takt klienta, dlatego musi być spełniony warunek (3):

$$t_j \leq T, \quad (3)$$

gdzie  $t_j$  – czas trwania  $j$ -tej detalooperacji.

Brak spełnienia tego warunku oznacza, że możliwości produkcyjne danego stanowiska są niewystarczające. Oznacza to konieczność zmiany zakresu operacji wykonywanych na tym stanowisku lub dołożenie kolejnego stanowiska wykonującego daną operację.

Minimalna liczba stanowisk  $s$ , jaką należy zastosować, powinna spełniać warunek (4):

$$\frac{t_j}{s_j} \leq T, \quad (4)$$

gdzie  $s_j$  – liczba stanowisk dla  $j$ -tej operacji.

Równoważenie linii produkcyjnej to przede wszystkim przydzielenie odpowiednich detalooperacji poszczególnym pracownikom, tak aby stopień ich obciążenia był podobny, a jednocześnie jak największy (w granicach 90-95%).

Liczba pracowników (operatorów) pracujących w gnieździe może być wyznaczona na podstawie (5):

$$L_p = \frac{P_w}{T \times \varphi_P}, \quad (5)$$

gdzie:

$L_p$  – liczba pracowników,

$P_w$  – pracochłonność wszystkich operacji niezbędnych do wykonania wyrobu,

$\varphi_P$  – współczynnik obciążenia pracownika (przyjmowany od 90 do 95%).

Stopień obciążenia pracownika  $\varphi_P$  to (6):

$$\varphi_P = \frac{t_P}{T}, \quad (6)$$

gdzie:

$\varphi_P$  – stopień obciążenia pracownika,

$t_P$  – jednostkowy czas pracy wykonywanej przez pracownika na danym stanowisku z doliczonym czasem potrzebnym na przemieszczanie się pracowników między stanowiskami.

Czas jednostkowy pracy wykonywanej przez pracownika na danym stanowisku nie zawsze jest równy czasowi jednostkowemu zajęcia danego stanowiska. Ma to miejsce, gdy na stanowisku wykonuje się operację, która nie wymaga obecności pracownika przez cały czas (np. automatyczny czas pracy maszyny). W takich przypadkach czas ten nie może być wliczony w czas obciążenia pracownika.

Przy rozmieszczaniu stanowisk i przydzielaniu detalooperacji poszczególnym pracownikom należy również wziąć pod uwagę kolejność, w jakiej powinny one być

wykonane, oraz możliwe warianty tej sekwencji. Ma to przede wszystkim zastosowanie przy montażu, gdzie często istnieje dowolność w kolejności wykonywania niektórych operacji.

Podział pracy pracowników w gnieździe nie zawsze musi oznaczać, że przydzielone danemu pracownikowi detalooperacje muszą po sobie następować. Podstawowym kryterium jest tutaj maksymalizacja stopnia obciążenia pracownika przy minimalnym czasie potrzebnym na przemieszczanie się. Do wyznaczania liczby pracowników i maszyn w gnieździe często wykorzystywane są tzw. wykresy Yamazumi.<sup>11</sup>

#### 4. Podstawowe założenia systemu Nagara

System Nagara to równoważenie pracy, ale dotyczące jednego operatora, a nie zespołu. Najczęściej spotykane rozwiązanie to równoległe wykonywanie niepowiązanych zadań przez jednego operatora. Przekształcenie konwencjonalnej linii montażowej do postaci pozwalającej na równoważenie pracy operatora wymaga kilku podstawowych działań (rys. 1 i rys. 2):

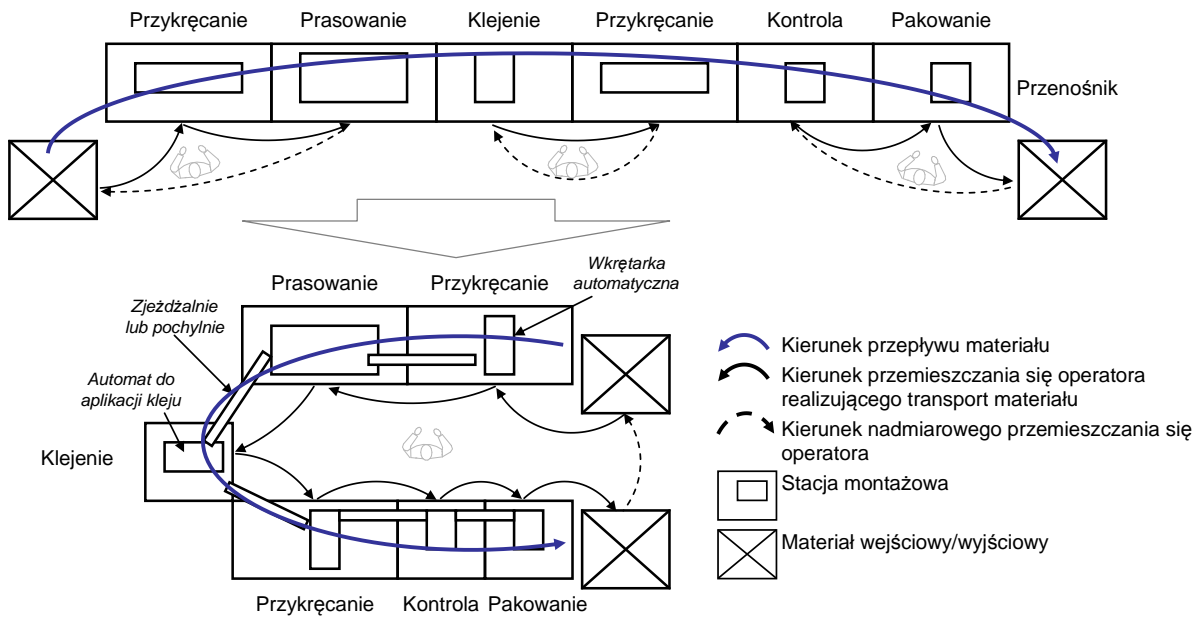
- zmiany linii kształtu z prostego w kształt U,
- usunięcia (jeśli istnieją) przenośników automatycznych,
- ustawienia stacji jak najbliżej siebie,
- zastosowania prostej automatyki opartej na napędach śrubowych lub pneumatyce,
- zastosowania automatycznego rozładunku po zakończeniu cyklu montażu,
- zastosowania zjeżdżalni pomiędzy stanowiskami,
- zastosowania starterów „as-you-go” („włącz jak tylko pójdziesz” do następnej stacji),
- wdrożenie One Piece Flow.

Stacja robocza wyposażona w układ automatycznego wyładunku opróżnia gniazdo montażowe i przygotowuje je do przyjęcia materiału z poprzedniej stacji. Jednocześnie pobranie materiału z obszaru rozładunku jest informacją dla operatora o bezpiecznym zakończeniu operacji załadunku materiału i możliwości uruchomienia cyklu. Stacja robocza wyposażona w układ automatycznego wyładunku opróżnia gniazdo montażowe i przygotowuje je do przyjęcia materiału z poprzedniej stacji. Jednocześnie pobranie materiału z obszaru rozładunku jest informacją dla operatora o bezpiecznym zakończeniu operacji załadunku materiału i możliwości uruchomienia cyklu. Tam, gdzie wymagane są znaczne siły i precyzyjny pomiar siły względem drogi, stosuje się przekładnię ze śrubą pociągową i nakrętką łożyskową napędzaną przez serwomotor.

---

<sup>11</sup> Ibidem.

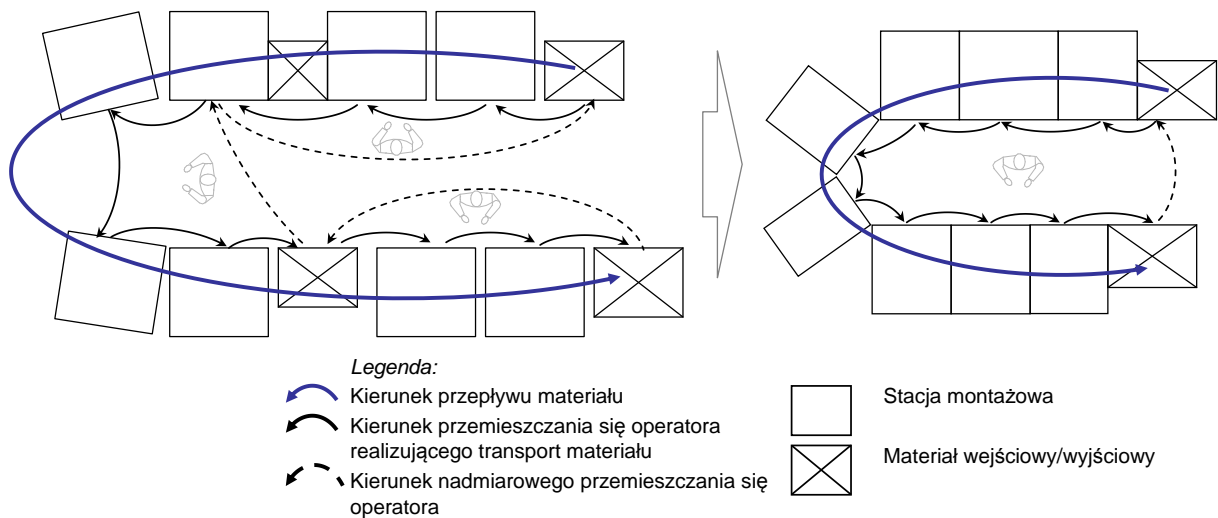




Rys. 1. Transformacja kształtu linii z prostego w U-kształtny

Fig. 1. The transformation from a simple line shape in the U-shaped

Źródło: Mroczkowski R.: Analiza organizacji montażu w przedsiębiorstwie branży samochodowej z uwzględnieniem metody Nagara. Praca magisterska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, Zabrze 2011.



Rys. 2. Transformacja organizacji produkcji zgodnie z koncepcją Nagara

Fig. 2. The transformation of the production organization in accordance with the concept of Nagara

Źródło: Mroczkowski R.: Analiza organizacji montażu w przedsiębiorstwie branży samochodowej z uwzględnieniem metody Nagara. Praca magisterska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, Zabrze 2011.

Przemieszczanie części pomiędzy stanowiskami jest realizowane przez operatora lub za pomocą zjeżdżalni i zapewnia się w ten sposób przepływ jednoczęściowy (*One Piece Flow*). Gniazda są tak projektowane, by ułatwić załadunek części do gniazda oraz zagwarantować przeciwdziałanie powstawaniu błędów załadunku niewłaściwej części (konieczność zastosowania Poka-Yoke).

Automatyczny załadunek części do gniazda montażowego jest trudniejszy w realizacji aniżeli wyładunek podmontowanych części, dlatego też w koncepcji tej łączy się automatyczny rozładunek z ręcznym. Ręczne operacje załadunku są głównym elementem wymagającym doskonalenia, tak by operator mógł w łatwy sposób umieścić części w gnieździe montażowym.<sup>12</sup> Głównymi przeszkodami w operacjach załadunkowych są:<sup>13</sup>

- umieszczenie części blisko innych elementów wyposażenia stacji, prowadzące do ich uszkodzenia i powstawania kosztów złomowania lub problemów jakościowych,
- czystość elementów wyposażenia stacji (drobne zanieczyszczenia mogą wpływać na poprawność funkcjonowania produktu),
- umiejscowienie części gotowej do załadunku,
- sposób załadunku części do gniazda,
- sposób zamocowania części,
- weryfikacja ułożenia części w gnieździe.

Nieprawidłowe ułożenie części powoduje mikroprzestoje w procesie montażu przez przekazanie sygnału od czujnika o braku komponentu, co zmusza operatora do poprawienia ułożenia części w gnieździe.

Eliminację występowania przedstawionych problemów można osiągnąć przez dokonywanie usprawnień operacji załadunku w zakresie:

- usprawnień położenia i orientacji wyposażenia stacji,
- dodania elementów ułatwiających załadunek części do gniazda montażowego,
- usunięcia zbędnych powierzchni kontaktu,
- dodania pneumatycznych zacisków i innych przyrządów pomocniczych blokujących części,
- zastosowania czujników detekcji prawidłowej pozycji części.

Cykl maszynowy jest uruchamiany za pomocą starterów, tzw. as-you-go, które zapewniają bezpieczeństwo pracy i umożliwiają start cyklu w momencie przejścia do następnej stacji. Włączniki umożliwiają uruchomienie cyklu, w momencie gdy operator przemieszcza się do następnej stacji. Rozwiązanie to łączy przemieszczanie się operatora

---

<sup>12</sup> Baudin M.: Working with machines. The nuts and bolts of lean operations with Jidoka. Productivity Press, New York, USA 2007.

<sup>13</sup> Ibidem.

zgodnie z procesem i przepływem materiału oraz uruchamianie poszczególnych etapów montażowych na kolejno mijanych stacjach. Wymogiem jest to, że uruchomienie cyklu musi być jak najprostsze, niepowodujące komplikacji i jak najbezpieczniejsze dla operatora.

Zapobieganie powstawaniu wad w procesie i jednocześnie minimalizacja przerw w procesie przepływu materiału realizowane są:

- na etapie konstrukcji wyrobu przez zaangażowanie inżynierów procesu, technologów, kierowników produkcji, inżynierów jakości i operatorów,
- przez eliminację kontroli wykonywanej przez operatora,
- przez wdrożenie Poka-Yoke.

W obszarze gniazda produkcyjnego dąży się do tego, aby operator nie wykonywał żadnych pomiarów części zarówno przed montażem jak i po nim, nawet jeśli jest to tylko odnotowanie wyników z instrumentów automatycznego pomiaru. Wszelkie czynności pomiarowe zakłócają rytm pracy operatora. Jeśli wymagane jest dokonywanie pomiarów, operacje te powinny być wykonane automatycznie podczas montażu. Drugi stopień prewencji opiera się na przestrzeganiu zasad. Jest stosowany, gdy fizyczna prewencja jest niepraktyczna lub nieosiągalna, a od operatorów oczekuje się realizacji zadań prewencyjnych na bazie list kontrolnych i prostych sprawdzianów. Zapobieganie błędom redukuje potrzebę kontroli, lecz rzadko ją eliminuje. Dlatego każda wymagana czynność kontrolna musi być wykonana w czasie cyklu operatora bez jego spowolnienia i raczej skoncentrowana na szybkim wykryciu problemów aniżeli na szczegółowej analizie.

Kluczowym elementem systemu Nagara jest transport części z zachowaniem zasady One Piece Flow. Jeśli część jest lekka, wystarczy, że będzie przeniesiona przez operatora. W przypadku znacznej wagi wymagane jest zastosowanie dodatkowego wyposażenia. Zjeżdżalnie lub pochylnie mogą służyć jako zapasy w toku czy małe bufory, powodując złamanie zasady przepływu jednej sztuki. W wielu przypadkach podstawową zasadą jest wykorzystanie kumulacji energii potencjalnej lub grawitacji do realizacji ruchów powrotnych tych elementów, które służą przemieszczaniu je do następnej stacji. Zgromadzona energia pozwala na powrót tych elementów do pozycji początkowej.

## 5. Podsumowanie

Istotnym elementem linii produkcyjnych zorganizowanych według systemu Nagara jest wykorzystanie układów do samoczynnego rozładowania gniazda montażowego. Pozwala to na ograniczenie pracy operatora do pobrania podmontowanej części ze stacji, poddania jej kontroli wzrokowej i/lub kontroli za pomocą prostych środków kontrolnych oraz

umieszczenia w gnieździe montażowym następnej stacji lub stanowiska. Gniazda montażowe są tak projektowane, by ułatwić załadunek części do gniazda oraz zagwarantować przeciwdziałanie powstawaniu błędów załadunku niewłaściwej części.

Wśród korzyści związanych z stosowania systemu Nagara można wymienić: wzrost stopnia wykorzystania środków trwałych, zmniejszenie kosztów robocizny bezpośredniej, zmniejszenie zapasów robót w toku, wzrost jakości produkowanych wyrobów oraz wzrost wydajności.

Podczas projektowania linii nie należy zapomnieć o istotnych aspektach, jakimi są komfort i bezpieczeństwo pracy pracownika (ergonomia prac wykonywanych na stanowiskach). Ma to kluczowe znaczenie dla bezpiecznego, prawidłowego i sprawnego działania doskonalonego procesu.

## **Bibliografia**

1. Baudin M.: Working with machines. The nuts and bolts of lean operations with Jidoka. Productivity Press, New York, USA 2007.
2. Czarnecki P.: Lean Management w japońskim przemyśle motoryzacyjnym. „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, nr 3, 1996.
3. Czerska J.: Doskonalenie strumienia wartości. Difin, Warszawa 2009.
4. Czerska J.: Pozwól płynąć swojemu produktowi tworzenie ciągłego przepływu. Placet, Warszawa 2011.
5. Koch T., Kornicki L., Sobczyk T., Oleksy S.: Wdrażanie szczupłego podejścia w Polsce. III Konferencja Lean Manufacturing. Materiały konferencyjne. WCTT Politechnika Wroclawska, Wrocław 2003.
6. Lichtarski J.: Podstawy nauki o przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 2001.
7. Mroczkowski R.: Analiza organizacji montażu w przedsiębiorstwie branży samochodowej z uwzględnieniem metody Nagare. Praca magisterska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, Zabrze 2011.
8. Sikorski Cz.: Profesjonalizm. PWN, Warszawa 1995.
9. Womack J.P.: Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu. Centrum Informacji Menedżera, Warszawa 2001.
10. Womack J.P., Jones D.T., Roos D.: The Machine That Changed the World. Rowson Associates, New York 1990.
11. Zimniewicz K.: Współczesne koncepcje i metody zarządzania. PWE, Warszawa 1999.

**Abstract**

The concept of one-piece flow is implemented such by changing the linear arrangement of workstations in a U- or S-shaped production cells. Another form of improving the flow of material is the implementation of the Nagara system. This article aims to present the main objectives of improving the flow of material through the assembly line with the use of Nagara system. Among the benefits of the application of the Nagara system it is possible to mention: increased utilization of assets, decrease of direct labor costs, reduce inventories of work in progress, increase quality of products, increase productivity. When designing the line, do not forget an important aspect which is the comfort and safety of a worker. It is crucial for the safe, proper and efficient operation of the process perfected.