

Krzysztof Knop¹, Sylwia Kowal²

ANALIZA I DOSKONALENIE PRZEBIEGU PROCESU WYTWARZANIA I JAKOŚCI WYROBU Z TWORZYWA SZTUCZENGÓ

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono wyniki z zakresu analizy poziomu jakości wyrobu z tworzywa sztucznego – rurki gładkiej – wykorzystywanego w przemyśle motoryzacyjnym. Dokonano także analizy przebiegu procesu wytwórczego wyrobu, jej graficznej prezentacji z wykorzystaniem ujęcia technologicznego wraz z analizą operacji tworzących i nie tworzących wartości dodanej. W oparciu o technikę Big Picture opracowano mapę stanu obecnego, mapę stanu obecnego z propozycjami doskonalenia oraz mapę stanu przyszłego. Przeprowadzona analiza Big Picture wskazała na źródła strat w procesie produkcyjnym a następnie umożliwiła podjęcie trafnych działań je ograniczających, co w efekcie udoskonaliło przebieg procesu i skróciło czas jego realizacji.

Słowa kluczowe: ujęcie technologiczne, niezgodności, diagram Pareto-Lorenza, analiza Big Picture

1. Charakterystyka przedmiotu badań

Badanym wyrobem z przedsiębiorstwa z branży motoryzacyjnej jest rurka gładka z tworzywa sztucznego - polipropylenu (rys. 1) wytwarzana na linii wytłaczania.



Rys. 1. Badany wyrób z tworzywa sztucznego - rurka gładka

Źródło: opracowanie własne

Rurka posiada wymiary: długość - 600 mm, średnica zewnętrzna - 6 mm oraz grubość ścianki - 1 mm. Jest ona półwyrobem, przeznaczonym do montażu z innymi

¹ dr inż., Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, e-mail: kknop@poczta.fm

² mgr inż., doktorant, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, e-mail: sylwia.kowal09@gmail.com








elementami. Jako wyrób gotowy trafia do klienta zewnętrznego, jako część przepływowa.

2. Proces wytwórczy wyrobu w ujęciu technologicznym

Dokonano przedstawienia procesu wytwórczego rurki gładkiej w ujęciu technologicznym mikroorganizacyjnym (DURLIK I. 2015) oraz podziału wszystkich operacji w procesie na operacje tworzące wartość dodaną, nietworzące wartości dodanej oraz nietworzące wartości dodanej, ale niezbędne (BORKOWSKI S., ULEWICZ R. 2008) (tablica 1).

Tablica 1. Proces technologiczny wytwarzania rurki gładkiej

Lp.	Nazwa operacji	Ujęcie technologiczne	Czas operacji	Niezbędne zasoby	Ilość ludzi	Podział operacji		
						Dodająca wartość +	Niedodająca wartość -	Konieczna niedodająca wartość
1.	Transport granulatu na halę produkcyjną		30 min	Wózek widłowy	1		-	
2.	Magazynowanie międzyoperacyjne granulatu		3h	Przestrzeń magazynowa			-	
3.	Transport granulatu		10 min	Wąż ssący	1			-
4.	Suszenie granulatu		4h	Zasobnik suszący		+		
5.	Transport do podajnika tworzywa		20s	Zasyp tworzywa				-
6.	Uplastycznianie		40s	Wytłaczarka		+		
7.	Formowanie tworzywa		15s	Wytłaczarka		+		
8.	Kalibracja kształtu		10s	Wytłaczarka		+		
9.	Chłodzenie		20s	Wanna chłodząca		+		
10.	Suszenie		5s	Osuszacz		+		
11.	Opalanie gazem		4s	Palnik		+		
12.	Nadruk informacji na rurce		2s	Drukarka		+		
13.	Chłodzenie rurki		20s	Wanna chłodząca		+		
14.	Kontrola międzyoperacyjna rurek		10s	Ultrasonograf		+		
15.	Suszenie		10s	Osuszacz		+		

16.	Pomiar grubości ścianki		5 s	Urządzenie pomiarowe		+		
17.	Odciąganie i cięcie		5 s	Odciąg i narzędzie tnące		+		
18.	Separacja rurek na zgodne i niezgodne		5 s	Separator			-	
19.	Transport 5 sztuk rurek do laboratorium		300 s	Operator	1			-
20.	Pakowanie gotowych rurek		2s	Dwa pojemniki, kartony, naklejka, taśma	1	+		
21.	Transport na magazyn wyrobów gotowych		360 s	Wózek paletowy	1		-	
22.	Składowanie gotowych rurek		8h	Przestrzeń magazynowa, paleta			-	
$\text{Współczynnik czasu tworzący wartość dodaną} = \frac{\sum \text{czasów tworzących wartość dodaną}}{\sum \text{czasów nietworzących wartości dodanej}}$								
$0,34 = \frac{14548 \text{ s}}{42685 \text{ s}}$								

Źródło: opracowanie własne

Przeanalizowano proces produkcji badanego wyrobu pod względem czasu trwania operacji, niezbędnych zasobów, ilości pracowników obsługujących proces. Wyniki analizy wykazały, że proces wytwórczy rurki gładkiej składa się z 22 operacji, których łączny czas wynosi 15 godzin, 53 minuty i 53 sekundy. Proces ten zaczyna się od pobrania surowca z magazynu i jego transportu do magazynu na hali produkcyjnej. Spośród wszystkich operacji tylko 14 to operacje „dodające wartość”. Suma czasów tych operacji wynosi 4 godziny, 2 minuty i 33 sekundy. Najdłuższą operacją technologiczną „dodającą wartość” jest suszenie granulatu do produkcji całej partii (4 godziny). Czas ten zależny jest od specyfikacji użytego granulatu - ile potrzebuje ono czasu, aby oddać wilgoć, a także od wydajności urządzenia suszącego oraz jego pojemności. Najkrótsze operacje wynoszą 2 sekundy, są to takie operacje jak: nadruk informacji na wyrobie oraz pakowanie gotowego wyrobu (1 sztuka).

Wśród operacji niedodających wartości, trzy z nich są konieczne. Są to operacje związane z dostarczeniem granulatu do zbiornika suszącego, z transportem do podajnika tworzywa po etapie suszenia wstępnego oraz przekazanie do laboratorium próbek. Pozostałe pięć operacji nie tworzą „wartości dodanej” do wyrobu. Najdłuższą operacją wśród nich jest magazynowanie gotowych wyrobów. Związana jest ona z czasem, po jakim zostanie odebrany przez klienta wewnętrznego lub zewnętrznego. Suma czasów trwania operacji nie tworzących „wartości dodanej” wynosi 11 godzin, 51 minut i 20 sekund.

3. Analiza problemów jakościowych podczas produkcji badanego wyrobu

Dokonano analizy problemów jakościowych występujących podczas produkcji badanego wyrobu za pomocą diagramu Pareto-Lorenza. Wskazano na niezgodności krytyczne badanego wyrobu opierając się na zasadzie 80-20. Stwierdzono następujące niezgodności (w oparciu o wyniki z 50 000 wyprodukowanych sztuk badanego wyrobu): *nieprawidłowy wymiar ścianki* (N_1), *nieprawidłowy wymiar średnicy* (N_2), *wypływka* (N_3), *błąd w nadruku* (N_4), *brak nadruku* (N_5), *uszkodzona powierzchnia* (N_6), *nieprawidłowa długość* (N_7), *nieprawidłowe cięcie* (N_8). Dokonano analizy struktury zidentyfikowanych niezgodności. Wyniki w tym zakresie przedstawiono w tablicy 2.

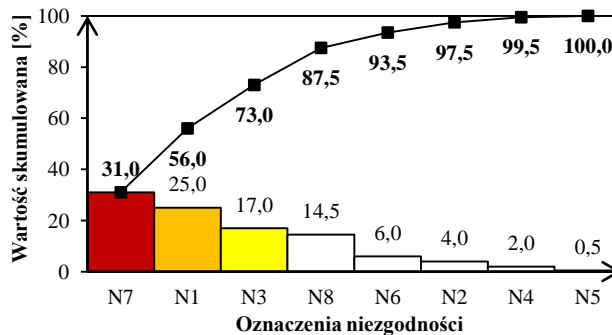
Tablica 2. Analiza struktury niezgodności badanego wyrobu

Symbol	Nazwa niezgodności	Udział procentowy [%]	Skumulowana wartość [%]
N_7	Nieprawidłowa długość	31,0	31,0
N_1	Nieprawidłowy wymiar ścianki	25,0	56,0
N_3	Wypływka	17,0	73,0
N_8	Nieprawidłowe cięcie	14,5	87,5
N_6	Uszkodzona powierzchnia	6,0	93,5
N_2	Nieprawidłowy wymiar średnicy	4,0	97,5
N_4	Błąd w nadruku	2,0	99,5
N_5	Brak nadruku	0,5	100
Razem		100	x

Źródło: opracowanie własne

W oparciu o wyniki z tablicy 1 opracowano diagram Pareto-Lorenza (rys. 9.2).

Z analizy diagramu wynika, że 3 rodzaje niezgodności z 8, tj. 37,5% spowodowały 73% problemów jakościowych w całej partii. Pozostałe 5 niezgodności z 8 (62,5%) odpowiadało jedynie za 27% problemów jakościowych. Niezgodności o największym udziale procentowym to *nieprawidłowa długość* (N_7), *nieprawidłowy wymiar ścianki* (N_1) oraz *wypływka* (N_3). To w odniesieniu do nich należy w pierwszej kolejności podjąć działania korygujące i zapobiegawcze. Aby wyeliminować niezgodność typu *nieprawidłowa długość* (N_7) można skorzystać z monitoringu podczas pracy, co pozwoli skutecznie identyfikować a następnie przeciwdziałać występowaniu nieprawidłowych cykli pracy narzędzia tnącego.



Rys. 2. Diagram Pareto-Lorenza dla niezgodności rurki gładkiej

Źródło: opracowanie własne

W przypadku nieprawidłowego wymiaru ścianki oraz wypływkę – niezgodności te występują podczas rozruchu procesu i związane są z nieodpowiednim ustawieniem linii wytłaczania. Kompetencje operatorów są w tym względzie bardzo istotne i należy je cały czas zwiększać. Tylko operator o wysokich kompetencjach zagwarantuje efektywną i zgodną z zasadami technologii oraz możliwościami technicznymi eksploatację maszyny. Opracowanie matrycy kompetencji da przedsiębiorstwu odpowiedź, które kwalifikacje i na jakim poziomie operatorzy posiadają oraz w których obszarach należy je zwiększać. Należy prowadzić szkolenia doskonalące umiejętności pracowników w zakresie przebrojenia maszyny. Okresowe kontrole wykonywane przez przełożonych powinny także dać odpowiedź czy pracownicy dobrze wykonują powierzone im czynności. Jednym z narzędzi, które można wykorzystać celem usprawnienia czynności przygotowawczo-zakończeniowych na linii wytłaczania może być wykorzystanie w tym celu tzw. tablic kamashibai. Kamishibai to zespół prostych audytów, mających na celu kontrolę wykonywanej pracy, stosowania narzędzi Lean, w celu nauczenia osoby przeprowadzającej audyt obserwacji i znajdowania możliwych usprawnień procesu (FIRLIK K. 2016). Audytorem w takim przypadku może być każda osoba pracująca w zakładzie. Takie audyty w firmie nieplanowanej mogą wychwycić wiele nieprawidłowości związanych z przygotowaniem linii do pracy, co pozwoli usprawnić ten proces.

4. Analiza Big Picture

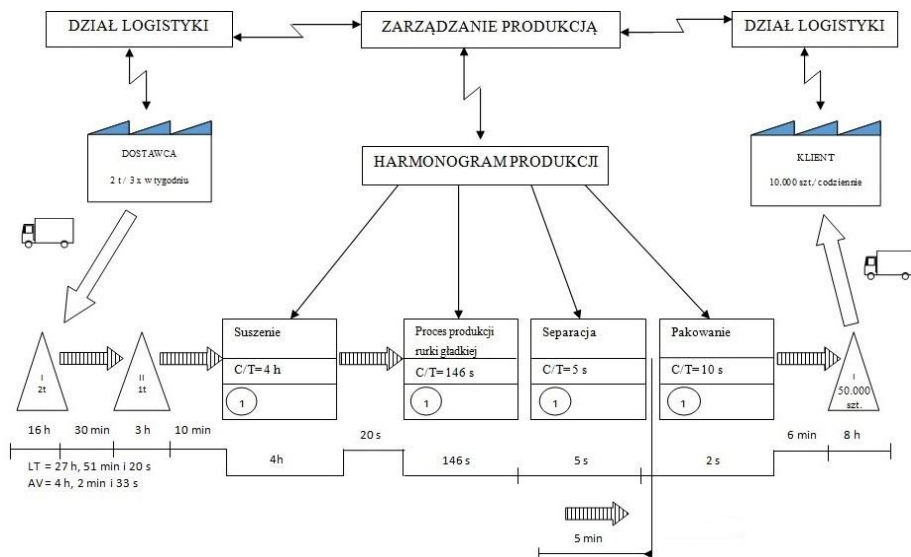
4.1. Analiza stanu obecnego

Analizie Big Picture (HENKE P. 2010; CZERSKA J. 2002; DOHN K. 2004; DOHN K., KWIOTKOWSKA A. 2008) poddano proces wytwórczy rurki gładkiej z tworzywa

sztucznego. Dokonano analizy w formie graficznej procesów odbywających się podczas wytwarzania badanego wyrobu oraz przedstawiono występujące między tymi procesami zależności (CZERSKA J. 2009, www.zie.pg.gda.pl/~jcz/big_picture.pdf).

Przebiegi informacyjne w firmie odbywają się drogą elektroniczną. Dział logistyczny odpowiada za kontakt z dostawcami i z klientami. W celu uruchomienia produkcji badanego wyrobu, dział logistyczny przekazuje informacje do zarządzających produkcją, którzy zlecają następnie harmonogram produkcji detalu.

Ze względu na mnogość operacji technologicznych w procesie wytwarzania rurki gładkiej operacje od numeru 6 do 17, przedstawione w tablicy 1, określono za pomocą wspólnej nazwy „proces produkcji rurki gładkiej”. Wszystkie te operacje wnoszą wartość dodaną do procesu (przebiegają one na automatycznej linii wytłaczania). Graficzną analizę przebiegu procesu przedstawiono na rys. 3.

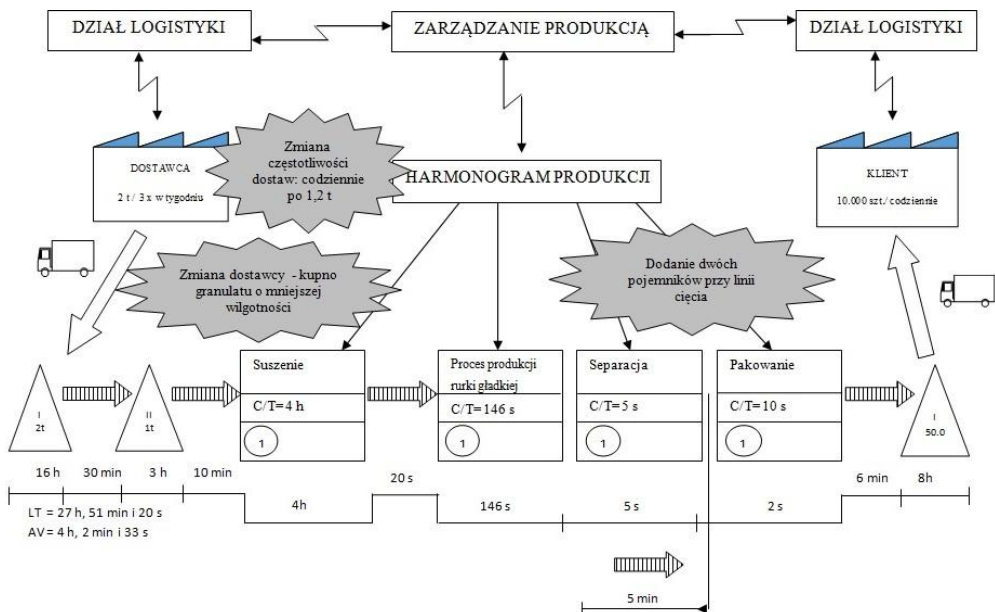


Rys. 3. Analiza przepływu strumienia wartości - mapa stanu obecnego

Źródło: opracowanie własne

4.2. Analiza stanu obecnego z propozycjami doskonalenia

Na mapie stanu obecnego w postaci „*chmurek kaizen*” wskazano na propozycje doskonalenia procesu produkcyjnego detalu (rys. 4).

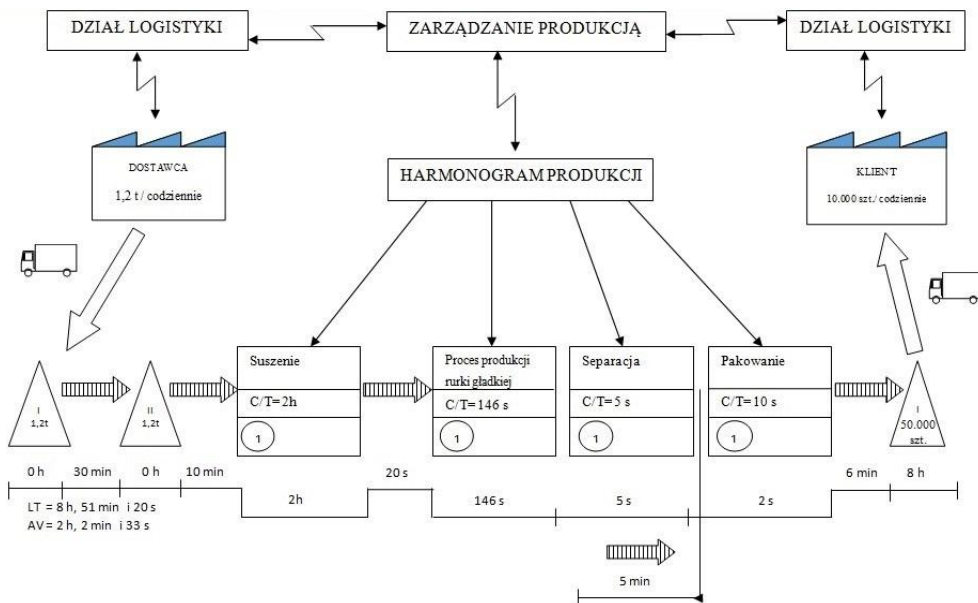


Rys. 9.4. Analiza przepływu strumienia wartości - mapa stanu obecnego z propozycjami doskonalenia

Źródło: opracowanie własne

4.3. Analiza stanu przyszłego

Po dokonanej analizie stanu obecnego opracowano mapę stanu przyszłego (rys. 5). Mapa stanu przyszłego przedstawia wyniki zastosowanych usprawnień, co ułatwia porównanie stanów przed i po udoskonaleniu przebiegu procesu.



Rys. 5. Analiza przepływu strumienia wartości - mapa stanu przyszłego

Źródło: opracowanie własne

5. Analiza i podsumowanie

Opracowanie mapy stanu obecnego pozwoliło dostrzec marnotrawstwo czasu związane z dostawami granulatu tworzywa sztucznego. W celu zredukowania czasu magazynowania surowca zaproponowano zmianę ilości dostaw z 2 ton przywożonych 3 razy w tygodniu do 1 tony 200 kilogramów dostarczanej codziennie. Nowy, częstszy sposób dostaw pozwolił wyeliminować czasy składowania w magazynie surowców i magazynie międzyoperacyjnym. Materiał odbierany od dostawcy trafia od razu na halę produkcyjną. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskano oszczędności miejsca magazynowego i zredukowano drogę transportową, jaką wykonywał pracownik magazynu.

Kolejnym zaproponowanym działaniem doskonalącym przebieg badanego procesu była zmiana dostawcy granulatu, w celu zmniejszenia czasu podczas jego suszenia. Operacja suszenia jest operacją tworzącą wartość dodaną do procesu, lecz obecny czas 4 godzin był wynikiem wysokiej wilgotności nabywanego surowca. Kupno granulatu o mniejszej wilgotności pozwoli skrócić czas jego suszenia o ok. 50%, co wpłynie na zmniejszenie długości cyklu procesu wytwórczego.

Wprowadzono kolejne udoskonalenia. Przed zmianą gotowe rurki trafiały do jednego pojemnika. Z ostatnią wpadającą do niego sztuką detalu, operator musiał szybko wymienić wypełniony pojemnik na następny pusty. Rozwiązanie powodowało wydłużenie czasu trwania czynności. Zaproponowano, aby gotowe wyroby wpadały do trzech pojemników zamiast do jednego. W ten sposób usprawniony został proces pakowania. Zmiana ta wpłynęła na poprawę ergonomii podczas pracy operatora na stanowiska. Dzięki tej zmianie zwiększono bezpieczeństwo podczas wykonania czynności przy pakowaniu wyrobów, operator jest także w stanie wykonać dodatkowy pomiar kontrolny, co zmniejsza szansę na przedostanie się do kolejnego etapu wyrobu niezgodnego.

Obliczony czas trwania całego cyklu produkcyjnego, tzw. Lead Time - L/T, przed wprowadzeniem udoskonaleń, tj. na mapie stanu obecnego czas wyniósł 27 godzin, 51 minut i 20 sekund. Po wprowadzeniu zmian doskonalących czas ten skrócił się do 8 godzin, 51 minut i 20 sekund. Czas operacji tworzących wartość dodaną, tzw. A/V, także się skrócił - z 4 godzin, 2 minut i 33 sekund do 2 godzin.

Proces wytwórczy rurek zorganizowano tak, aby marnotrawstwo było jak najmniejsze. Przedstawione udoskonalenia pozwoliły zaoszczędzić przestrzeń magazynową, zmniejszyć koszty składowania oraz tym samym podniosły konkurencyjność technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych w badanym przedsiębiorstwie.

Przeprowadzona analiza Big Picture pozwoliła zapoznać się z aktualnym przepływem materiałów i informacji w procesie, zrozumieć źródła strat oraz podjąć działania je eliminujące. Pozwoliło to w efekcie udoskonalić przebieg procesu i skrócić czas jego realizacji.

Bibliografia

1. BORKOWSKI S., ULEWICZ R. 2008. *Zarządzanie produkcją. Systemy Produkcyjne. Wydanie II*. Oficyna Wydawnicza Humanitas. Sosnowiec.
2. CZERSKA J. 2002. *Analiza Big Picture. Mapa systemu. Jak uzyskać informacje o procesie i możliwościach jego doskonalenia?*, Inżynieria systemów produkcji, pod red. A. Zawadzkiej, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002.
3. CZERSKA J. 2009. *Doskonalenie strumienia wartości*. Difin. Warszawa.
4. DOHN K. 2004. *Wykorzystanie analizy „big picture” do identyfikacji „wąskich gardeł” procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie. Z. 27, nr kol. 1681, s. 75-83.
5. DOHN K., KWIOTKOWSKA A. 2008. *Analiza Big Picture jako narzędzie wizualizacji przepływów w przedsiębiorstwie przemysłowym - studium przypadku*. Logistyka, nr 4.
6. DURLIK I. 2015. *Inżynieria zarządzania część I. Strategie organizacji produkcji. Nowe koncepcje zarządzania*. Placet. Warszawa.

7. HENKE P. 2010. *Analiza Big Picture*. Pobrano 14.03.2017 z:
<http://artelis.pl/artykuly/16004/Analiza-BIG-PICTURE>
8. FIRLIK K. 2016. Pobrano 14.03.2017 z: <http://leanmanufacturing.pl/artykuly/lean-w-teorii/kamishibai.html>
9. Pobrano 14.03.2017 z www.zie.pg.gda.pl/~jcz/big_picture.pdf