

Ewa Staniewska¹

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyki

Doskonalenie procesu produkcyjnego przedsiębiorstwa hutniczego

1. WPROWADZENIE

Podstawą doskonalenia procesu produkcyjnego jest optymalne powiązanie i wykorzystanie czynników wytwórczych wynikające z konieczności sprostania wymaganiom klientów, adaptacji do zmieniających się warunków otoczenia, podnoszenia konkurencyjności, presji kosztów, wzrostu roli elastyczności wewnętrznej i zewnętrznej. Celem podejmowanych działań jest osiągnięcie wymiernych efektów ekonomicznych i produkcyjnych takich m. in. jak: sprawność procesu produkcyjnego, terminowość wykonywania zadań, identyfikacja czynników wpływających na jakość produktów, skracanie czasów międzyoperacyjnych, minimalizacja zapasów. Istotną rolę zarówno w doskonaleniu dotychczasowych systemów produkcyjnych lub ich przeprojektowaniu odgrywają nowoczesne metody organizacji i zarządzania procesami produkcyjnymi wynikające z dążenia do poprawy wydajności i redukcji kosztów.

Do popularnych rozwiązań, z uwagi na znacząco efektywność w zakresie usprawniania organizacji produkcji, pozwalających na poprawę gospodarowania zasobami, należą m. in. filozofie *Just-in-Time* i *Lean*. Głównymi ich założeniami są: skrócenie czasu (od złożenia zamówienia przez klienta do dostarczenia produktu) oraz ciągła eliminacja marnotrawstwa.

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości poprawy procesu produkcyjnego jako wybranego aspektu ogólnej koncepcji ciągłego doskonalenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa hutniczego. Zaprezentowano główne obszary i założenia szczupłego wytwarzania oraz efekty zastosowania wybranych narzędzi doskonalenia procesów.

2. ORGANIZACJA PROCESU PRODUKCJI

Organizacja procesu produkcyjnego powinna być oparta na prawidłowościach, współzależnościach występujących w rzeczywistych procesach produkcyjnych oraz doświadczeniach, pozwalających na określenie metod, sposobów sprawnego i ekonomicznego uzasadnionego przebiegu procesów produkcyjnych.

Podstawowy proces produkcyjny składa się zazwyczaj z pięciu rodzajów operacji – są to operacje: technologiczne, kontrolne, transportowe, magazynowania, składowania. Istotną rolę odgrywają komórki produkcyjne, które są zbiorem stanowisk pracy, maszyn i urządzeń niezbędnych do zrealizowania procesów produkcyjnych wyrobów przydzielonych do wykonywania w tej komórce. Każda komórka produkcyjna charakteryzuje się: liczbą wszystkich stanowisk, liczbą stanowisk danego typu, typem stanowisk, rodzajem maszyn i urządzeń, planem rozmieszczenia, przestrzennym rozmieszczeniem stanowisk. Organizowanie komórek produkcyjnych powinno wynikać z zasad organizacji procesu produkcyjnego, których przestrzeganie umożliwia opracowanie harmonogramu ich pracy [Pisz s I., Sęk T., Zielecki W., 2013, s. 103, 105].

Główne zasady racjonalnej organizacji procesu produkcyjnego są następujące [Brzeziński M., 2013, s. 48–52]:

¹staniew@wip.pcz.pl

1. Zasada proporcjonalności – zaleca właściwy podział zadań procesu produkcyjnego w taki sposób, aby wszystkie operacje, fazy produkcyjne, stanowiska robocze i komórki produkcyjne były do siebie dostosowane pod względem możliwości produkcyjnych i aby działalność przedsiębiorstwa w zakresie realizacji planu produkcji w dowolnych jednostkach czasu mogła przebiegać bez wewnętrznych zakłóceń.
2. Zasada liniowości – nakłada na realizację poszczególnych części procesu produkcyjnego warunek jednokierunkowości przebiegu, bez nawrotów i skrzyżowań. Oznacza to, iż drogi przemieszczania przedmiotów pracy między poszczególnymi obiektami produkcyjnymi powinny być jak najkrótsze.
3. Zasada ciągłości – nakazuje eliminowanie z procesu produkcyjnego wszelkich przerw wpływających niekorzystnie na kształtowanie się parametrów produkcyjno-organizacyjnych i ekonomicznych.
4. Zasada równoległości, zaleca wytwarzanie poszczególnych wyrobów w (częstkowych procesach produkcyjnych) w tym samym czasie, co powoduje skracanie cyklu produkcyjnego.
5. Zasada koncentracji – polega na skupieniu czynników produkcji w określonym obszarze produkcyjnym w celu uzyskania wyższego stopnia wykorzystania tych czynników. Zjawisko koncentracji występuje najczęściej w parze ze zjawiskiem zróżnicowania, dlatego wymaga dokonania racjonalnego wyboru stopnia koncentracji i zróżnicowania czynników produkcyjnych aby doprowadzić ich poziom i relacje do optymalnych rozmiarów z ekonomicznego punktu widzenia.
6. Zasada specjalizacji – zaleca się ograniczenie w procesie produkcyjnym różnorodności zadań produkcyjnych i asortymentu produkcji, co ułatwia organizację i planowanie oraz zwiększa efektywność produkcji. Jednak należy wskazać zarówno na korzyści uzyskanych ze specjalizacji (wzrost wydajności, obniżenie kosztów wytwarzania, postęp w zakresie techniki, technologii i organizacji produkcji) jak również na niekorzystne efekty wywołane skoncentrowaniem produkcji związane ze specjalizacją (wyższe koszty ponoszone przy zakupie wyspecjalizowanych maszyn i urządzeń, niższa elastyczność w dostosowaniu się do zmiennych warunków, wyższa niepewność w wytwarzaniu produkcji finalnej).
7. Zasada rytmiczności/równomierności – wskazuje na potrzebę planowania przebiegu produkcji w ustalonych rytmach, co daje regularne powtarzanie tych samych zjawisk w procesie produkcyjnym w odniesieniu do tego samego odcinka czasu (rytmu). Rytmiczność produkcji jest sprawdzianem działalności systemu produkcyjnego (komórki produkcyjnej), odzwierciedla wyniki prawidłowego planowania i organizacji produkcji w czasie.
8. Zasada elastyczności – mówi o konieczności szybkiego i łatwego przystosowania procesu produkcyjnego do nowych warunków, zmieniających się w zależności od konkretnych sytuacji. Rozumiana jest jako zdolność do: wytwarzania różnorodnych detali pod względem technicznym (związana z koniecznością szybkiego przezbrajania stanowisk), zmian w programach produkcyjnych, przewidywania i szybkiego reagowania na zaburzenia w realizacji produkcji.

Realizacja wymienionych zasad uwarunkowania jest jednak wieloma czynnikami takimi jak: wielkość przedsiębiorstwa, rodzaj produkcji i wytwarzanych wyrobów, realizowanych procesów oraz wykorzystywanej technologii. Struktura procesu produkcyjnego determinowana jest z kolei układem organizacyjno-funkcyjnym przedsiębiorstwa, który wpływa również na strukturę fizycznego przepływu dóbr i decyduje o efektywności funkcjonowania logistyki produkcji.

Logistyka produkcji dotyczy organizacji systemu produkcyjnego wraz z jego otoczeniem transportowo- magazynowym. Jej istotą jest planowanie, organizowanie i kontrolowanie przepływu (surowców, materiałów, części, półproduktów) podczas procesu produkcji oraz magazynowania wraz ze strumieniami informacyjnymi sterującymi tym przepływem. Celem zarządzania logistycznego w sferze produkcji są: zapewnienie ciągłości procesów produkcji i terminowości, skracanie cykli produkcyjnych, minimalizacja zapasów, utrzymanie jakości wyrobów [Ficoń K., 2001, s. 201, 207].

Ważnym aspektem wyboru procesu jest decyzja o przestrzennym rozmieszczeniu i logicznym pogrupowaniu zasobów. W zakładach wykorzystujących linie produkcyjne lub technologie grupowe

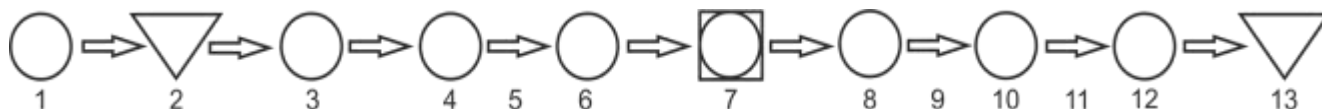
przy opracowaniu układów przedmiotowych można wykorzystać technikę równoważenia (balansowania) linii, która polega na alokacji określonego zbioru operacji do stanowisk pracy i oznacza równomierne rozłożenie pracy na poszczególne stanowiska. Jej celem jest skrócenie całkowitego czasu bezczynności na stanowiskach i minimalizacja liczby stanowisk. Istotnym elementem równoważenia linii jest określenie taktu linii, czyli dopuszczalnego przedziału czasu pomiędzy ukończeniem kolejnych jednostek wyrobu. Długość taktu ma jednaj ścisły związek z ilością stanowisk roboczych (im krótszy takt tym więcej stanowisk roboczych należy zorganizować) [Bozarth C., Handfield R.B., 2007, s. 252].

Sprawne i efektywne sterowanie przepływami materiałów i wyrobów wymaga nowoczesnego spojrzenia przez pryzmat nowych systemów organizacji i zarządzania oraz objęcia procesów innowacjami technicznymi, strukturalnymi i organizacyjnymi, które mogą dotyczyć doskonalenia organizacji pracy, produkcji i zarządzania, doskonalenia instrumentów zarządzania łańcuchem logistycznym [Szymonik A., 2012, s. 90, 91].

3. PROCES PRODUKCYJNY PRZEDSIĘBIORSTWA HUTNICZEGO

W badanym przedsiębiorstwie stal wytwarzana jest w procesie elektrostalowniczym w piecu elektryczno-łukowym, dla którego główny materiał wsad stanowi złom stalowy, najczęściej zbiórkowy lub poamortyzacyjny. Produkcja wynosi ok. 1,2 mln ton stali rocznie, która jest prawie w całości przerabiana w Hucie na wyroby gotowe w kolejnych etapach procesu walcowania.

Proces produkcji stali w odbywa się w etapach przedstawionych na rysunku 1.



1. rozładunek złomu,
2. magazynowanie i klasyfikacja złomu na hali złomowej,
3. załadunek złomu do kadzi zasypowej za pomocą suwnic złomowych,
4. przejazd stalowozu z kadzią z hali złomowej na halę pieców,
5. transport kadzi ze złomem na poziom pieca,
6. załadunek pieca złomem,
7. praca pieca (czas wytopu ok. 50 min.),
8. spust płynnej stali do kadzi,
9. transport kadzi suwnicą lejniczą do pieca kadziowego,
10. praca pieca kadziowego, dodawanie dodatków do wytopu, uszlachetnianie stali,
11. transport kadzi z płynną stalą na stanowisko ciągłego odlewania stali,
12. rozlewanie stali na kęsy,
13. składowanie kęsów w magazynie, transport za pomocą suwnic i transporterów rolkowych.

Rys. 1. Etapy procesu produkcji stali w badanym przedsiębiorstwie

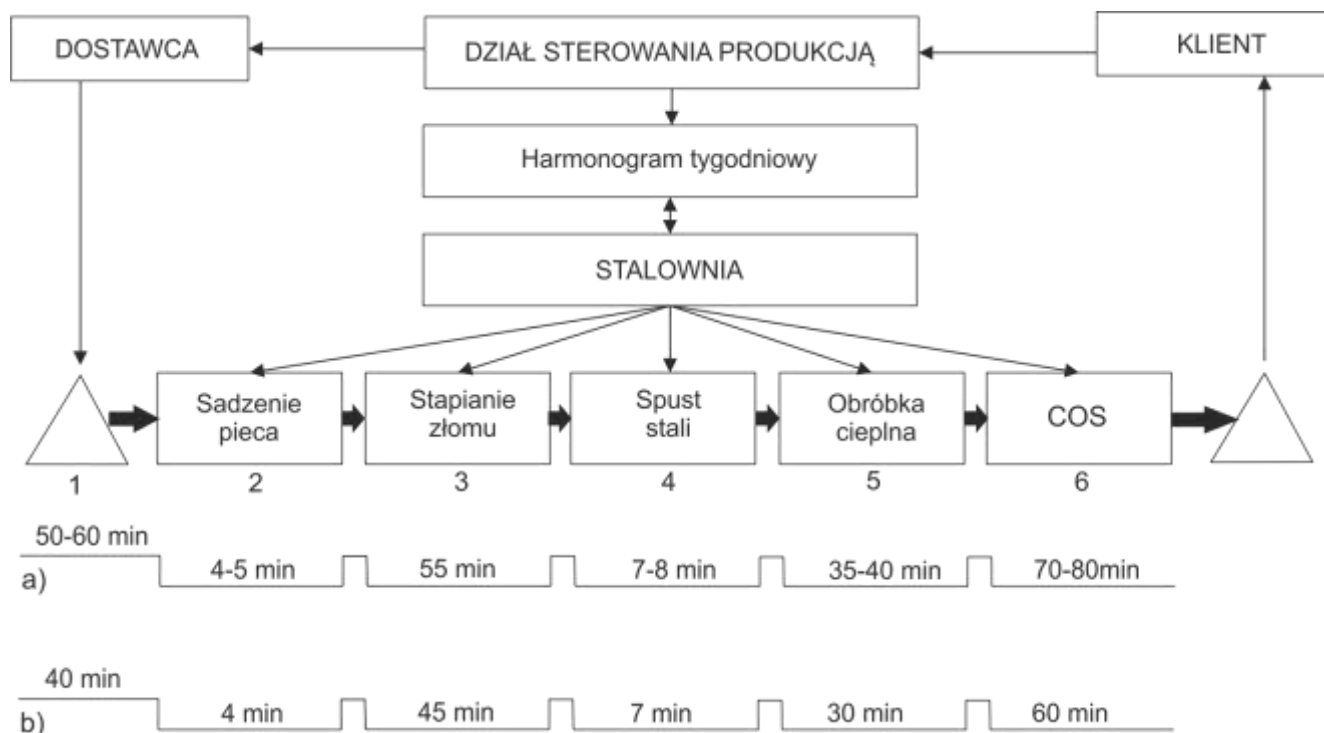
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów Huty

Podstawowym elementem doskonalenia procesów produkcyjnych jest identyfikacja i analiza strumienia wartości obejmującego przepływy fizyczne i informacyjne. Pomocnym w tym celu narzędziem jest technika mapowania strumienia wartości. Pozwala na identyfikację istniejącego procesu czy systemu a następnie, na tej podstawie, opracowanie stanu docelowego. Ten wstępny i jednocześnie bardzo istotny etap dostarcza m. in. informacji o rzeczywistym stanie i przebiegu procesów ale także o zakłóceniach i nieciągłości w przepływie dóbr i informacji. Jednocześnie stanowi punkt wyjścia wdrożenia metod i narzędzi optymalizacji procesów takich jak np. koncepcja *lean*.

Podstawowym celem sterowania produkcją i jej optymalizacji jest m.in. skrócenie czasu realizacji procesu i zwiększenie szybkości obrotu kapitału.

3.1 Analiza czasu realizacji procesów

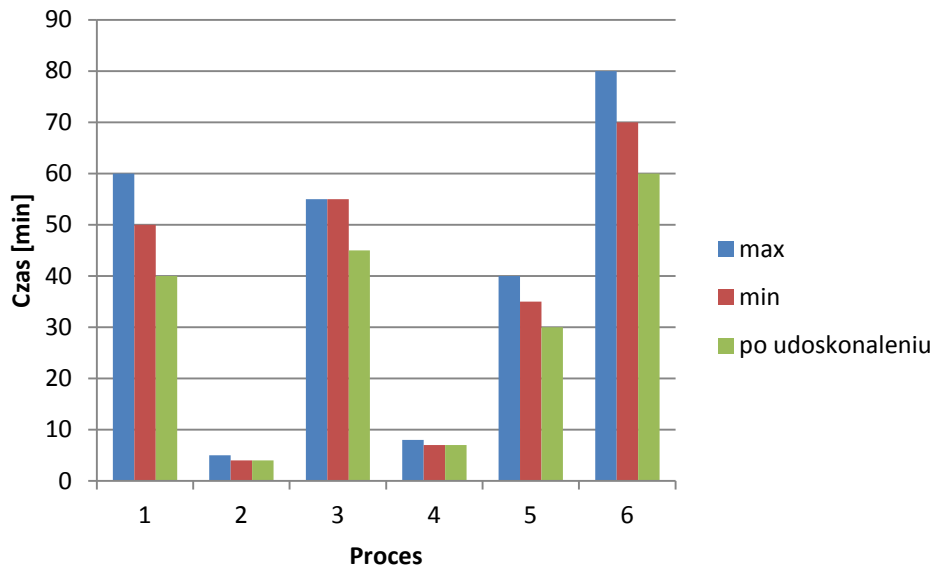
W badanym przedsiębiorstwie stal wytapiana jest na trzech zmianach, z przerwami technologicznymi (do 30 godzin tygodniowo) na remonty, przeglądy konserwacyjne, bieżące naprawy. Analiza możliwości skrócenia czasu realizacji procesu (wskazano tylko na wybrane elementy procesu) pozwala na porównanie istniejącego i możliwego do osiągnięcia czasu przebiegu procesu produkcyjnego (rys. 2).



Rys. 2. Proces sterowania produkcją a) podstawowy, b) udoskonalony

Źródło: jak na rys. 1

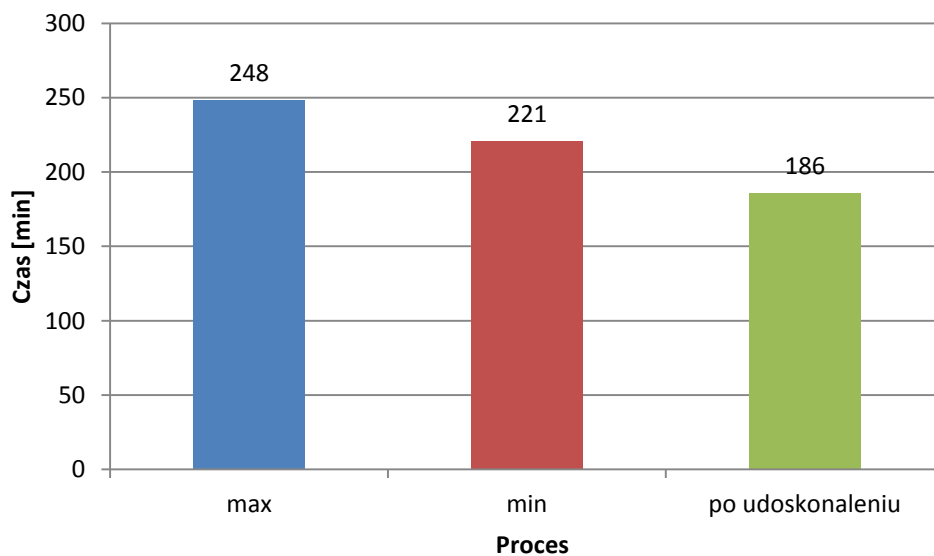
W stalowniczym procesie można wskazać na najdłuższy czas poszczególnych operacji (proces przed udoskonaleniem - max) oraz najkrótszy (możliwy do osiągnięcia - min). Doskonalenie procesu stalowniczego może wpłynąć na skrócenie czasu realizacji większości operacji. Wynik dla poszczególnych procesów przedstawia rysunek 3. Numery poszczególne procesów odpowiadają oznaczeniom przyjętym na rysunku 2.



Rys. 3. Czas poszczególnych procesów

Źródło: jak na rys. 1

Minimalizacja czasu realizacji poszczególnych procesów pozwala na znaczną redukcję czasu jednego wytopu (rys. 4).

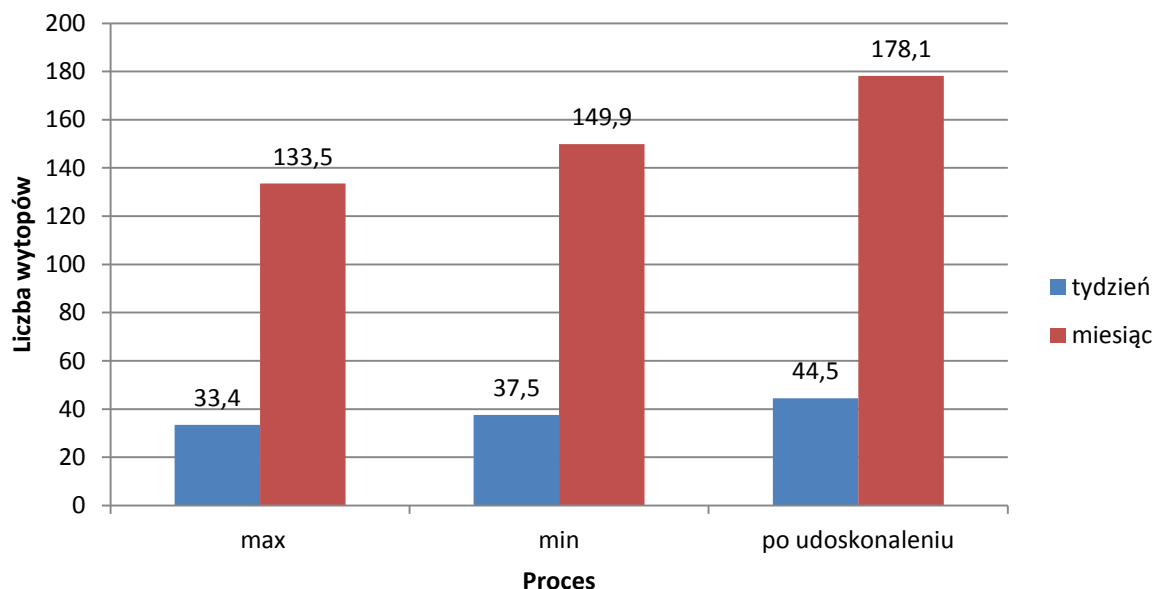


Rys. 4. Łączny czas procesu

Źródło: jak na rys. 1

Czas jednego wytopu dla procesu udoskonalonego może wynosić 186 minut czyli 35 minut mniej od minimalnego czasu dla procesu przed udoskonaleniem (dla maksymalnego czasu to ok. 1h).

Biorąc pod uwagę fakt, że w Hucie stal wytapiana jest w systemie 3-zmianowym, przez 7 dni w tygodniu (z przerwami ok. 30 godzin tygodniowo) czas pracy stalowni to: 138 godzin (8280 minut) w tygodniu i około 552 godzin (33120 minut) w miesiącu. Liczbę wytopów realizowanych w procesie produkcji przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Liczba wytopów

Źródło: jak na rys. 1

Otrzymane w ten sposób znaczne możliwości zwiększenia liczby wytopów realizowanych w procesie produkcyjnym stanowi istotą determinantę podjęcia działań optymalizacyjnych.

3.2 Eliminacja marnotrawstwa

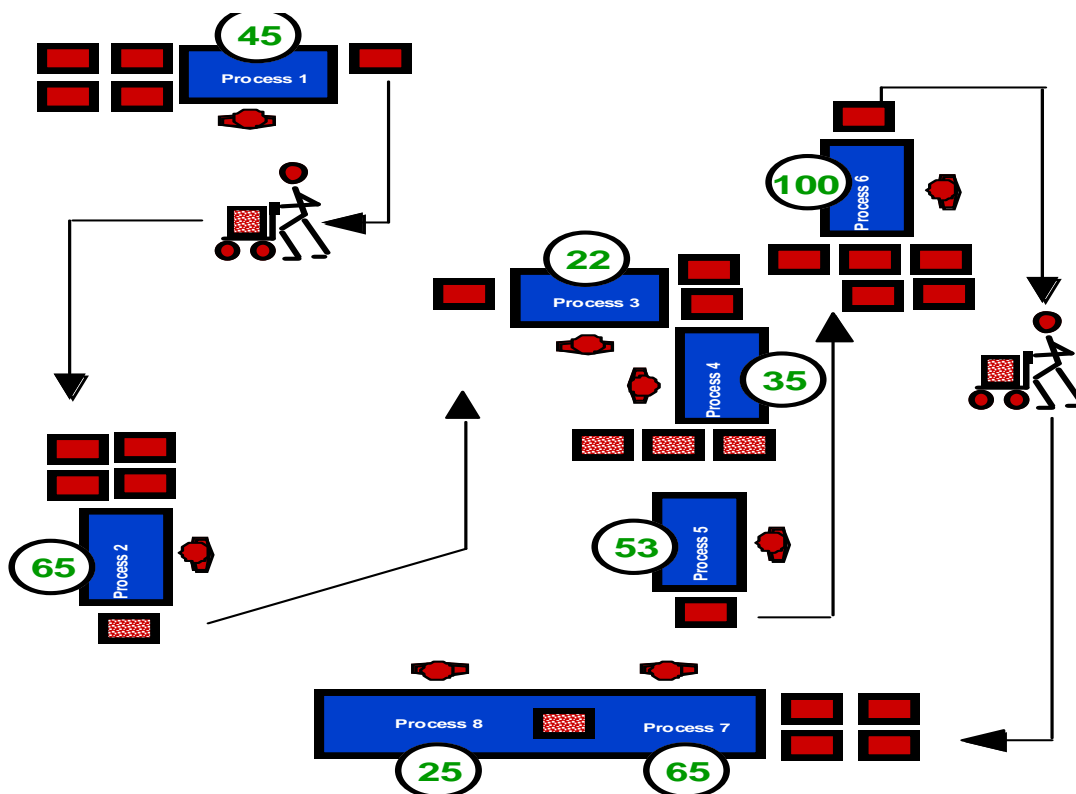
Głównym zadaniem zarządzania innowacyjnego w przedsiębiorstwie jest stworzenie warunków do stopniowego i stałego doskonalenia procesów. Koncepcja „odchudzonej produkcji” obejmuje zestaw niezbędnych w tym celu narzędzi pozwalających na eliminację marnotrawstwa.

Do klasycznych typów marnotrawstwa należą: nadprodukcja, nadmierne zapasy, zbędne ruchy, zbędny transport, braki, nadmierne przetwarzanie, oczekiwane. W przypadku badanego przedsiębiorstwa również można zidentyfikować poszczególne typy marnotrawstwa oraz określić ich przyczyny:

- nadprodukcja i nadmierne zapasy wynikające z: automatyzacji w niewłaściwych miejscach, braku komunikacji, długiego czasu przezbrajania, lokalnej optymalizacji procesów, złego planowania, złej współpracy z dostawcami, błędnego planowania zapotrzebowania materiałów, braku zbalansowania procesów,
- oczekiwanie, którego przyczynami są: niespójne metody pracy, długie czasy przezbrajania, niska wydajność ludzi / maszyn, zła konserwacja sprzętu, monopol na umiejętności,
- zbędny ruch spowodowany: źle zaplanowanym rozkładem stanowisk, brakiem kontroli wizualnej, słabą dokumentacją procesów, złą organizacją miejsca pracy,
- zbędna obróbka, wynikająca z: nieefektywnych procedur, braku specyfikacji od klienta, błędnych normy jakościowych, podejmowania decyzji na nieodpowiednich poziomach.

Marnotrawstwo odnoszące się do systemów produkcyjnych najczęściej wynika z ich niewłaściwej konstrukcji: nierównomierności lub nieregularności w działaniu, które mogą być wyeliminowane poprzez równoważenie (balansowanie) np. zleceń produkcyjnych czy pracy na stanowiskach.

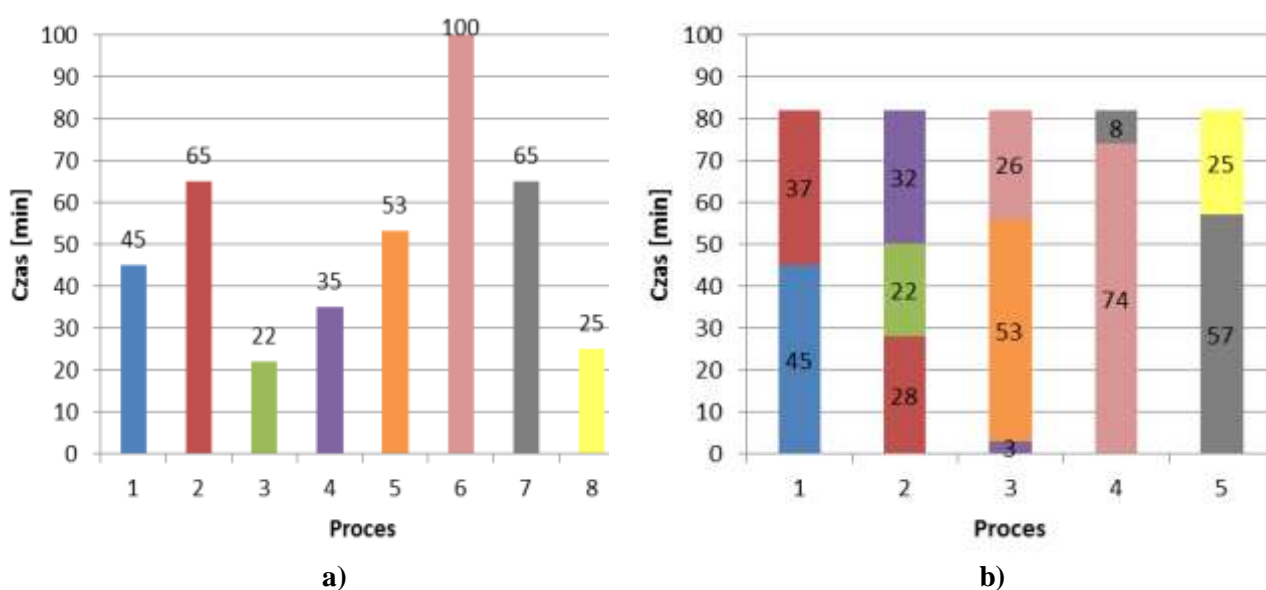
W przypadku badanego przedsiębiorstwa zgodnie z koncepcją „odchudzonej produkcji” można również wskazać na korzyści szczupłego wytwarzania przy zastosowaniu wyważania linii. Rozmieszczenie procesów w całym zakładzie produkcyjnym, gdzie każda operacja działa w innym czasie cyklu, w zależności od procesu pracy operatora i czasu cyklu maszyn (czas [min] oznaczony w kółkach), przedstawione zostały na rysunku 6.



Rys. 6. Procesy grupowe w przedsiębiorstwie

Źródło: materiały szkoleniowe Huty

Różny czas przebiegu poszczególnych procesów (22–100 minut) wiąże się z brakiem ciągłości całego procesu (niektóre stanowiska oczekują na materiał). Problem ten może być rozwiązany przez zebranie procesów w zespole produkcyjnym a następnie zrównoważenie ich do czasu taktu zespołu produkcyjnego. Należy uwzględnić łączny czas pracy linii (410 minut) a następnie dzieląc przez liczbę operacji określić czas taktu (czas taktu został określony na 82 minuty). Na rysunku 7 przedstawiono czas poszczególnych operacji przed (a) i po zrównoważeniu (b) linii produkcyjnej do czasu taktu zespołu.



Rys. 5. Czas operacji na linii produkcyjnej: a) przed zrównoważeniem, b) po zrównoważeniu

Źródło: jak na rys. 1

Zrównoważenie linii produkcyjnej pozwala na ułatwienie, uproszczenie i skrócenie czasu pracy przez eliminację czasu oczekiwania, który występuje w sytuacji, gdy czas przebiegu poszczególnych procesów jest różny.

4. PODSUMOWANIE

Doskonalenie procesu produkcyjnego oparte na założeniach „szcuplej produkcji” pozwala na analizę strumienia wartości, usprawnienie procesów realizowanych w systemie produkcyjnym i eliminację marnotrawstwa. Głównym zadaniem koncepcji *lean* jest stworzenie warunków ciągłego doskonalenia procesów poprzez zastosowanie różnych narzędzi.

Analizowane obszary procesów produkcji przedsiębiorstwa hutniczego oraz efekty zastosowania wybranych narzędzi optymalizacji procesów to tylko wybrane aspekty wielokierunkowej koncepcji ciągłego doskonalenia.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wybrane elementy koncepcji ciągłego doskonalenia dotyczące możliwości optymalizacji procesu produkcyjnego na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa hutniczego. Uwzględniono główne obszary i założenia szcuplego wytwarzania oraz efekty zastosowania wybranych narzędzi doskonalenia procesów.

Słowa kluczowe: doskonalenie, proces produkcyjny, marnotrawstwo, hutnictwo

Improvement of the production process in the metallurgical company

Abstract

The article presents selected elements of concept of continuous improvement about the possibilities of optimizing the manufacturing process on the example of the metallurgical company. The main areas and assumptions of lean manufacturing as well as the effects of application of the selected process improvement tools were included.

Keywords: improvement, manufacturing process, waste, metallurgy

LITERATURA

- [1] Bozarth C., Handfield R.B.: *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*. Onepress, 2007
- [2] Brzeziński M.: *Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie*. Difin, Warszawa, 2013
- [3] Ficoń K.: *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*. Impuls Plus Consulting, Gdynia, 2001
- [4] Pisz s I., Sęk T., Zielecki W.: *Logistyka w przedsiębiorstwie*. PWE, Warszawa, 2013
- [5] Szymonik A. (red.): *Logistyka produkcji. Procesy. Systemy. Organizacja*. Difin, Warszawa, 2012
- [6] Michłowicz E., *Zarys logistyki przedsiębiorstwa*. Wyd. AGH, Kraków, 2012
- [7] Bąbik D. *Doskonalenie procesów technologiczno-logistycznych na przykładzie wybranego produktu*, praca dyplomowa inżynierska pod kierunkiem naukowym dr inż. E. Staniewskiej, Częstochowa 2014, materiały niepublikowane