

ANALIZA PROCESU PRODUKCJI NACZEPY DO PRZEWOZU PŁYNNYCH ŚRODKÓW SPOŻYWCZYCH Z ZASTOSOWANIEM METODY MAPOWANIA PROCESÓW

Marcin ROMANOWSKI, Krzysztof NADOLNY

Streszczenie: W artykule przedstawiono przykład zastosowania metody mapowania procesów do analizy procesu produkcji naczepy do przewozu płynnych środków spożywczych. Przedstawiono charakterystykę metody mapowania procesów oraz opisano szczegółowo konstrukcję, funkcje a także przebieg procesu produkcyjnego naczepy. Na podstawie analizy sporządzonej mapy procesu sformułowano wnioski dotyczące możliwości usprawnienia i obniżenia kosztów produkcji naczepy do przewozu płynnych środków spożywczych.

Słowa kluczowe: proces produkcji, naczepa do przewozu płynnych środków spożywczych, mapowanie procesu.

1. Wprowadzenie

Produkcja złożonych wyrobów przemysłowych składa się z ciągu operacji technologicznych. Czasochłonność produkcji zależy od złożoności produktu, liczby elementów, zaangażowania i liczby pracowników wykonujących daną operację oraz od liczby etapów produkcji. Aktualnie w dużych zakładach produkcyjnych nadal używa się prawie siedemdziesięcioletnich technik zarządzania produkcją, które przez ten czas bardzo mocno ewoluowały. Opracowano narzędzia wspomagające ich stosowanie, w tym również aplikacje komputerowe. *System produkcji Toyoty* oraz *lean manufacturing* Taiichi Ono, bo o nich mowa, to efektywne systemy, które używane są do organizacji produkcji wielkoseryjnej i masowej [5, 6]. Zakładają one eliminację trzech elementów: *muri* (nadwyżenie i trudności), *mura* (nieregularność) i *muda* (marnotrawstwo). Głównymi celami wspomnianych wyżej metod zarządzania są: skrócenie cyklu produkcyjnego, maksymalizacja produktywności, uzyskanie płynności systemu produkcyjnego poprzez jego dobre zaprojektowanie oraz eliminacja marnotrawstwa czasu i zasobów [8,10]. Jednakże ważnym elementem analizy procesu produkcji jest mapowanie tego procesu. Umożliwia ono przedstawienie, najczęściej w formie graficznej, wszystkich działań i powiązań w organizacji. Mapowanie procesów jest jednym z elementów umożliwiającym dalszy rozwój pod kątem wdrożenia systemu zarządzania, przeprowadzenia analiz FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) procesu, czy wprowadzenia do produkcji nowych wyrobów. Zawarte są w nim wszystkie etapy produkcji. Narzędzie to prezentuje graficznie funkcjonowanie procesu lub zespołu procesów/operacji oraz ich wzajemne powiązania. Do opisu poszczególnych elementów mapy procesu używa się specjalnych symboli graficznych. Mapowanie procesu jest często niezbędne do analizy oraz zaproponowania usprawnień danego procesu produkcyjnego [2].

2. Charakterystyka metody mapowania procesów

Mapowanie procesu odbywa się w dwóch zasadniczych etapach: identyfikacja procesów oraz ich grupowanie. Identyfikację można wykonać dwiema metodami: odgórną (*top-down*) i oddolną (*bottom-up*). W pierwszej określa się działalność organizacji wraz z jej celami, następnie uszczegóławia się wskazane elementy. Druga metoda jest bardziej czasochłonna i bardziej dokładna. Polega ona na analizie wykonywanych czynności i formułowaniu przebiegających procesów. Następnie grupuje się zidentyfikowane procesy. Najczęściej grupuje się procesy zarządzania związane z misją, strategią i pozycją na rynku oraz celami przedsiębiorstwa [3].

Metoda mapowania procesu jest przyjazna dla użytkownika, umożliwiając lepsze zrozumienie kolejnych etapów produkcji. Znana w wielu krajach symbolika pozwala na lepszą komunikację pomiędzy różnorodnymi organizacjami. Łatwiejsza identyfikacja operacji oraz wskazanie ich kolejności to tylko niektóre zalety mapowania. Do innych należą: ujednolicona symbolika w wielu krajach na świecie oraz identyfikacja operacji nieprzynoszących wartości dodanej. Często zanim wprowadzi się zmianę procesu produkcyjnego dla danego wyrobu, sporządza się szczegółową mapę tego procesu [12].

Definicja procesu mapowania powinna składać się z następujących elementów: początek i koniec, struktura, wejścia i wyjścia, dostawcy i klienci, właściciel procesu, kryteria oceniania, mierniki, narzędzia pomiaru, oceny, sprzężenia zwrotne, zasoby, odstępstwa oraz przebieg procesu i jego dokumentacja [4].

Lepszy wynik osiąga się gdy działania zmierzające do poprawy sprawności produkcji są zarządzane jako proces. Powyższe podejście ma na celu tworzenie procesów występujących w przedsiębiorstwie oraz takie ich kształtowanie, aby osiągnąć najwyższą skuteczność. Proces ten składa się z powiązań między klientami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Wejścia i wyjścia mogą być materialne i niematerialne. Najczęstsze powiązania między procesami stanowią surowce, półprodukty oraz wyroby końcowe. Można wyróżnić trzy rodzaje procesów wykorzystywanych w przedsiębiorstwie: zarządcze (planowanie, zarządzanie personelem, audyty); główne (zakupy, projektowanie, produkcja, sprzedaż) i pomocnicze (utrzymanie ruchu, transport wewnętrzny, nadzór nad sprzętem pomiarowym i kontrolą jakości) [1].

Aby stworzyć dobrą mapę procesu należy określić w pierwszej kolejności granice procesu (jego początek i koniec). W kolejnym etapie należy przeanalizować kolejność wykonywanych czynności przez określone jednostki z pominięciem transportu wewnętrznego między etapami. Często pomija się również magazynowanie półproduktów oczekujących na zastosowanie, postępowanie z elementami wadliwymi z zaznaczeniem miejsca, w które wraca element do poprawy [9]. Powinno się stosować zasadę „jednej strzałki”, która nakazuje żeby z każdego elementu wychodziła tylko jedna strzałka. Sprawia to, że mapa staje się jednoznaczna. Niekiedy jednak jest to niemożliwe z uwagi na złożoność procesu. Tworzy się dwa rodzaje map: dokładną (skierowaną do pracowników zajmujących się mapowanym procesem) oraz uproszczoną – dla klientów i kierownictwa. Uproszczenie mapy ma na celu pokazanie ogólnego zarysu przebiegu procesu [11].

3. Naczepa trzykomorowa do przewozu płynnych środków spożywczych

Naczepą nazywany jest pojazd drogowy służący do przewozu ładunku. Jest zaprojektowany bez przedniej osi, dzięki czemu większość ciężaru ładunku spoczywa na ciągniku samochodowym. Istnieją różne rodzaje naczep: skrzyniowe, podkontenerowe,

wywrotki, niskopodwoziowe, cysterny czy specjalistyczne [8]. Naczepę-cysternę, na której się skupiono w niniejszym artykule, przedstawiono na rysunku 1. Naczepy mogą być wyposażone w aparaturę umożliwiającą bardzo szybkie przepompowanie transportowanego ładunku oraz szereg czujników wskazujących ciśnienie i temperaturę w jej komorach.



Rys. 1. Naczepa do przewozu płynnych środków spożywczych

Często pojawia się zapotrzebowanie na naczepę uniwersalną, do przewozu różnych substancji płynnych, co stanowi duże wyzwanie konstrukcyjne. Przeważnie spotyka się naczepy trzykomorowe o pojemności do 34000 litrów. Aby wyprodukować właściwą naczepę, przede wszystkim trzeba ustalić ciśnienie przewożonego produktu, które głównie zależy od jego temperatury. Ważny jest również sposób rozładunku. W zależności od agresywności substancji przewożonej, dobiera się uszczelnienia złącz, włączów oraz zaworów. Kolejnym kluczowym aspektem, nad którym warto się zastanowić jest falowanie ładunku. Podczas transportu ładunek płynny przemieszcza się. Jest to niepożądane i niebezpieczne zjawisko szczególnie podczas hamowania. Rozwiązaniem konstrukcyjnym eliminującym falowanie jest oddzielanie komór naczepy falistymi falochronami, które są wykonane z blachy. Często jednak komory oddzielane są elipsoidalnymi lub toroidalnymi dennicami. Są to elementy wyoblane lub tłoczone na specjalnych prasach. Innym ważnym elementem są wszelkiego rodzaju czujniki informujące kierowcę o ciśnieniu, temperaturze a ostatnio coraz częściej o PH przewożonego ładunku. Za utrzymywanie temperatury odpowiada również izolacja wykonana metodą natryskową PUR (poliuretan) lub z łupków styropianu. Wspomagana jest przez płaszcz grzewczy zasilany z agregatu grzewczego lub instalacji chłodzenia silnika ciągnika siodłowego. Niezmiernie istotny jest również wygląd naczepy. Poszycie zewnętrzne w większości wykonane jest z blachy nierdzewnej OH18N9

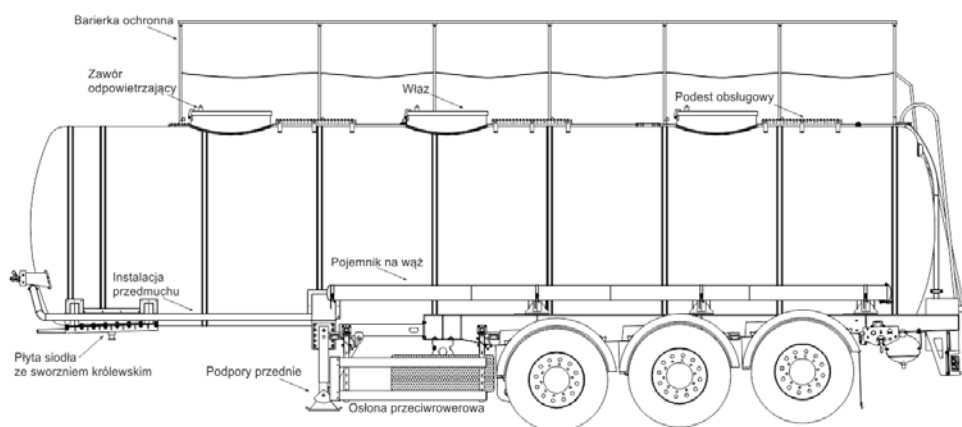
wybłyszczanej o wykończeniu powierzchni BA lub też z płaszczą GFK (laminat poliestrowy wzmocniony włóknem szklanym) [7]. Z tego samego materiału wykonane też są dennice zewnętrzne. Na zewnętrzną warstwę laminatu nakładany jest żelkot. Jest to barwiony roztwór styrenowy nienasyconego poliestru. Nadaje on estetyczny wygląd, kolor według palety RAL, zapewnia trwałość i odporność na działanie czynników atmosferycznych (woda, promieniowanie UV). Korzystne jest również to, że można go dowolnie malować na przykład kolorami metalicznymi, których nie można uzyskać stosując żelkot, lub też odświeżyć kolor za jakiś czas. Często również zdarza się, że klient życzy sobie aby oprócz świateł zespolonych na górze tylnej dennicy, dołączyć również logo lub okleić całą naczepę foliami reklamującymi przedsiębiorstwo (rys. 2).



Rys. 2. Przykład możliwości umieszczenia reklam na płaszczu zewnętrznym naczepy do przewozu mleka

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy efekt końcowy niestandardowego wykończenia kolorystycznego naczepy trzykomorowej do przewozu mleka wykonanej w przedsiębiorstwie PRO-WAM Sp. z o.o. Przedstawia on jak pomysłowi mogą być końcowi odbiorcy w porozumieniu z producentem. Najważniejsze jest jednak bezpieczeństwo poruszania się naczepy po drogach. Nad nim czuwa specjalnie zaprojektowane podwozie z układem hamulcowym szybko reagującym na warunki na drodze. System zamontowany w takim układzie to ABS (z ang. *Anti-Lock Braking System*). Jest uruchamiany automatycznie poprzez czujniki zamontowane w skrajnych kołach po obydwu stronach naczepy, gdy koła te tracą przyczepność z asfaltem na mokrej nawierzchni lub też suchej przy nagłym hamowaniu. Poza układem jezdny istotny jest również układ utrzymujący odpowiednie projektowane ciśnienie komór. Elementem odpowiadającym za zapewnienie właściwego podciśnienia i nadciśnienia w komorach jest zawór bezpieczeństwa zamontowany w pokrywie każdego wjazdu. Zawory te mają

możliwość regulacji wymaganego ciśnienia w komorze, którą zamykają. Jak przedstawiono na rysunku 3 wejście do każdej z komór umożliwia podest obsługowy z barierką ochronną podnoszony dźwignią drabiny. Kolejnym ważnym układem w naczepie jest centralny układ mycia naczepy CIP (z ang. *Cleaning-In-Place*). Jest on zbudowany z rurociągu z głowicą myjącą w każdej komorze. Nieodzownym elementem każdej głowicy jest jej zawór odcinający, umożliwiającą mycie każdej komory osobno. Na boku naczepy zamocowano pojemniki na węże służące do rozładunku komór.



Rys. 3. Budowa naczepy trzykomorowej do przewozu płynnych środków spożywczych

Naczepa wyposażona jest również w podpora przednie oraz tzw. osłonę przeciwrowerową (rys. 3). To specjalna bariera powodująca zablokowanie ewentualnego cyklisty przy manewrach przed wпадnięciem pod naczepę. Na przodzie naczepy znajduje się płyta siódła wraz ze sworzniem królewskim umożliwiającym podłączenie jej do ciągnika siodłowego. Z przodu naczepy znajduje się również element instalacji przedmuchiowej, wykonany z rury o małej średnicy. Instalacja ta służy do rozładunku przewożonego produktu powietrzem lub do wydmuchiwania resztek produktu z układu przeładunkowego. To jednak cecha naczepy przedstawionej na rysunku 3. Do rozładunku najczęściej jednak używa się pomp membranowych, wirnikowych, krzywkowych lub z napędem hydraulicznym, pneumatycznym czy elektrycznym, zamontowanych w szafie wleczonej na tyle naczepy.

4. Analiza procesu produkcji naczepy trzykomorowej do przewozu mleka

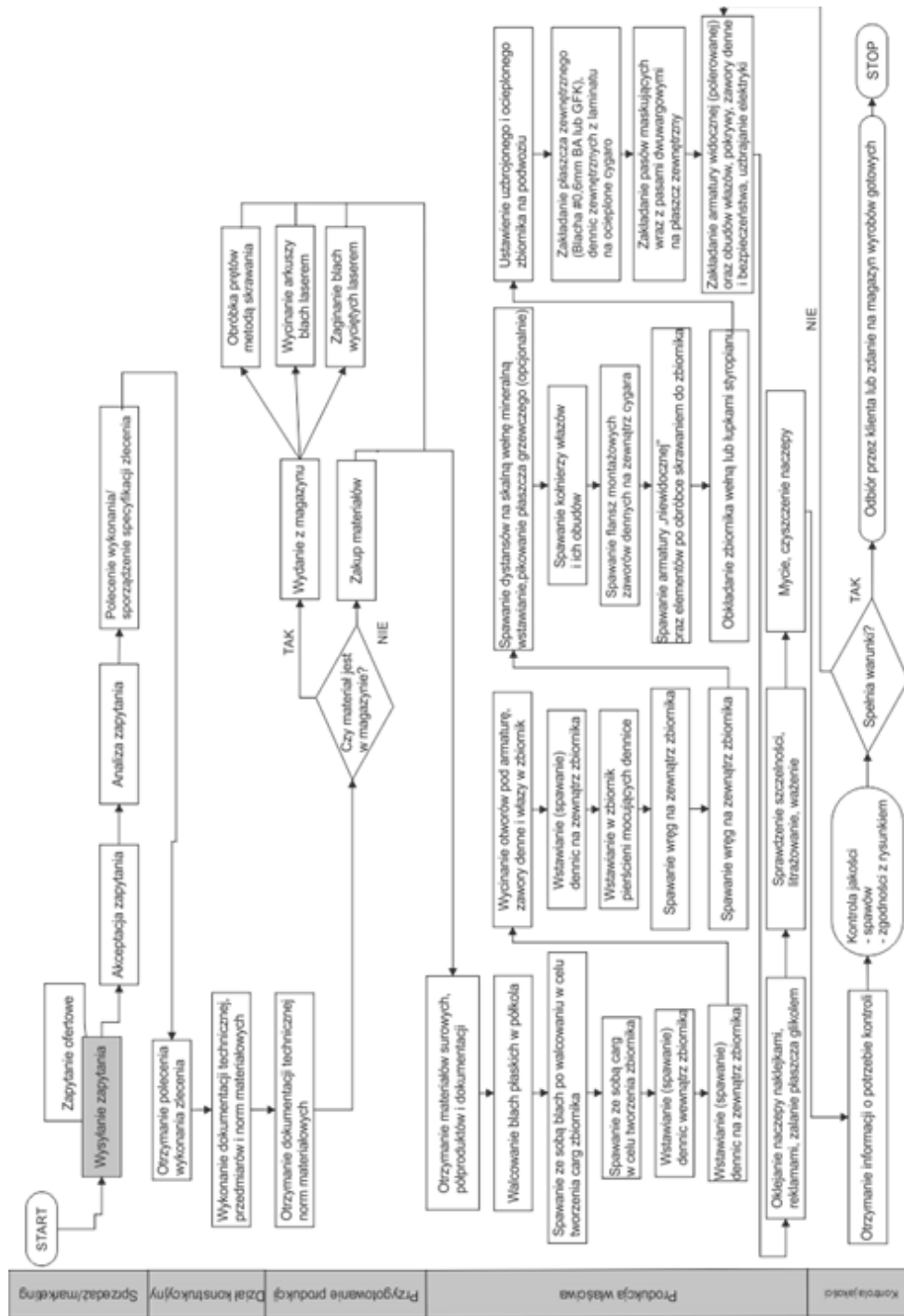
Niezmiernie istotną kwestią przy wprowadzaniu produkcji danej naczepy jest dokładna analiza zamówienia klienta. Zależy ona głównie od zapotrzebowania na sprzęt do przewozu ładunku. Naczepa do przewozu płynnych środków spożywczych służy do ich przewozu w dużej ilości za jednym razem od miejsca gdzie ładunek jest skupiany do producenta półproduktów. Przykładem miejsca skupienia ładunku (mleka) może być mleczarnia, a producentem półproduktów wytwórnia sera czy jogurtu. Przewóz ilości 34000 litrów ładunku (średnia ładowność naczepy) za jednym razem to oszczędność czasu oraz zapewnienie świeżości przewożonego ładunku. Budowa naczepy sprawia, że ładunek jest bezpiecznie przewożony i szybko przeładowywany. Naczepa przeważnie składa się z trzech komór. To optymalny podział dla wspomnianego wyżej litrażu.

Przed przystąpieniem do produkcji naczeпа jest projektowana w biurze projektowym. Tworzona jest dokumentacja produkcyjna dla każdego działu wykonawczego produkcji przedsiębiorstwa. Opracowywane są również normy materiałowe dla działu przygotowania produkcji oraz zaopatrzenia. Każdy z tych działów po dokładnych analizach, przekazuje odpowiednim działom wykonawczym dalsze instrukcje. Jednym z nich jest magazyn, który wydaje elementy handlowe oraz półprodukty. Po uzupełnieniu braków przez dział zaopatrzenia, rozpoczyna się proces produkcji. Komplet materiałów do produkcji przekazywany jest do odpowiednich jednostek w przedsiębiorstwie (rys. 4).

W pierwszym etapie budowy naczeпа wykonywany jest korpus zbiornika. Komory w zbiorniku wykonane są z blachy nierdzewnej OH18N9 walcowanej na zimno o powierzchni 2B. Aby blacha osiągnęła pożądaną kształt walca obrabia się ją poprzez obróbkę na prasach walcowych o określonym rozstawie. Z odpowiednio przystosowanych arkuszy blachy buduje się pierścienie, łączy się je metodą spawania TIG (z ang. *Tungsten Inert Gas* – metoda spawania nietopliwą elektrodą wolframową w osłonie gazów obojętnych takich jak argon lub hel lub ich mieszanki) tworząc cąrgi. Następnie łączy się je, tą samą metodą spawania, tworząc pusty w środku walec, kształtowany za pomocą odpowiednich rozpór. W kolejnym etapie wstawia się do walca dennice tłoczone wewnętrzne oraz zewnętrzne. Następnie wycinane są otwory na włazy, zawory denne oraz armaturę. Pierścienie mocujące dennice są wstawiane po zakończeniu poprzednich prac. Na zewnątrz zbiornika mogą jednocześnie trwać prace polegające na przygotowaniu i umocowaniu wręg oraz płaszczy grzewczych. Następnie odbywa się wyprowadzanie króćców armatury poprzez wcześniej ukształtowane otwory metodą spawania TIG.

W drugim etapie naczeпа jest przygotowywana do ułożenia izolacji termicznej. Aby izolacja utrzymała się w odpowiednim miejscu, montuje się dystanse metodą spawania TIG. Wtedy montaż dystansów jest zbędny. W przypadku gdy specyfikacja naczeпа przewiduje wyposażenie jej w system podgrzewania ładunku, w kolejnym etapie pikuje się płaszczy grzewczy. Następnie odbywa się spawanie kołnierzy włazów oraz zaworów dennych metodą TIG. Po dospawaniu armatury niewidocznej (armatura ukryta pod płaszczem zewnętrznym oraz izolacją), można obkładać naczeপę wełną lub wcześniej wyciętymi na ploterze łupkami styropianu w celu zapewnienia wymaganej izolacji termicznej. Najczęściej na tym etapie produkcji jest dostarczane podwozie, na którym montowany jest zbiornik.

Płaszcz zewnętrzny, o którym wspomniano w punkcie 3, jest nieodzownym elementem wyglądu naczeпа. montowany jest na tzw. felc. (rowek wykonany metodą obróbki pod naciskiem prasy). Jak przedstawiono na rysunku 4, kolejny etap to tzw. litrażowanie, naklejanie reklam i czyszczenie. Litrażowanie polega na sprawdzeniu ile faktycznie cieczy, najczęściej wody, może być umieszczone w naczepie oraz instalacji przeładunkowej. Jeżeli naczeпа spełnia wszystkie kryteria jakościowe, jest gotowa do przekazania odbiorcy. Jeżeli natomiast nie spełnia wymogów kontroli jakości następuje etap usuwania usterek powstałych w procesie produkcyjnym.



Rys. 4. Mapa procesu produkcyjnego naczezy do przewozu płynnych środków spożywczych

5. Podsumowanie i wnioski

Mapowanie procesu to jedna z metod wspomagających działania związane z analizą procesu produkcyjnego. Równocześnie to zagadnienie cechujące się pewnym nieuporządkowaniem w zakresie definicji metody, jak również wytycznych co do metodyki postępowania w ramach jej wykorzystania. Należy również zauważyć, że przedstawiona analiza może być użyta do zlikwidowania pustych przebiegów, poprawy jakości produkcji niektórych etapów procesu technologicznego oraz wyeliminowania błędów organizacyjnych. Mapa procesu stanowi jedynie punkt wyjścia do dalszej analizy usprawniającej. Poszukiwanie optymalnego rozwiązania pojawiających się problemów uwarunkowane jest jednak wieloma czynnikami, takimi jak: wyniki analizy kosztów, wyniki analizy zdolności produkcyjnych (pracownicy, urządzenia technologiczne), rodzaj i stopień skomplikowania wyrobu, dostępne procesy technologiczne i inne. Korzystanie z metody mapowania procesów jest niezmiernie przydatne przy planowaniu produkcji oraz analizie już funkcjonujących procesów z uwagi na czytelność przekazywanych informacji.

Na podstawie przeprowadzonej analizy procesu produkcji naczepy do przewozu płynnych środków spożywczych z zastosowaniem metody mapowania procesów sformułowano następujące wnioski:

- opracowując mapę procesu należy uwzględnić istniejącą dokumentacją techniczną procesu (charakterystyka stanowisk pracy, zakresy zadań i uprawnień, procedury, regulaminy, instrukcje) aby wprowadzić zmiany, które mogłyby przyspieszyć produkcję wyrobu;
- wdrożenie usprawnień procesu produkcyjnego wynikających z analizy mapy procesu ma na celu ograniczenie jego kosztów;
- ponadto możliwe jest uzyskanie dodatkowych korzyści, takich jak: wyeliminowanie działań nie tworzących wartości dodanej dla produktu, uproszczenie procesu produkcyjnego oraz skrócenie czasu trwania procesu;
- na mapie procesu przedstawionej rysunku 4 można zauważyć, że pewne etapy produkcyjne mogą być wykonywane jednocześnie, co może przyczynić się do skrócenia czasu realizacji zlecenia produkcyjnego;
- dokumentacja techniczna podstawowych układów naczepy może być sporządzana przed wpływieniem zamówienia i następnie modyfikowana dla potrzeb danego projektu.

Literatura

1. Bitkowska A., Kolterman K., Wójcik G., Wójcik K.: Zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie, Aspekty teoretyczno-praktyczne. Diffin, Warszawa, 2011.
2. Borkowski S., Szklarzyk P.: Ocena funkcjonowania procesu wytwórczego w przemyśle metalowym z wykorzystaniem zasad zarządzania Toyoty. Współczesne uwarunkowania rozwoju społeczno – gospodarczego Świat - Polska - Region świętokrzyski. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2014, s. 437 – 449.
3. Gudanowska A.: Mapowanie technologii jako jedna z metod analizy technologii w świetle wybranych zagranicznych doświadczeń. Politechnika Białostocka, Białystok, 2014.
4. Ignacik I., Sitech: Mapowanie procesów, które ma sens. „Avantage”, www.bcc.com.pl, czerwiec, 2007.

5. Liker J.K.: Droga Toyoty 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata. MT Biznes, Warszawa, 2006.
6. Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S.: Metody i narzędzia Lean Manufacturing. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
7. Sarnacka M., Solecka P.: Transport materiałów wymagających specjalnych warunków podczas przewozu. Translogistics, Wrocław, 2014.
8. Ścierański J.M.: Mapowanie Procesów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
9. Woamc J.P. i inni: Lean thinking – szczupłe myślenie. ProdPress.com, Wrocław 2008.
10. <http://leanmanufacturing.pl/artykuly/lean-w-teorii/model-3m-toyoty-muda-muramuri.html>
11. https://www.governica.com/Mapowanie_proces%C3%B3w
12. <http://dokumentacjafirmowa.toblog.pl/2015/02/23/tworzenie-map-procesow/>

Mgr inż. Marcin ROMANOWSKI
Dr hab. inż. Krzysztof NADOLNY
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Mechaniczny
Politechnika Koszalińska
75-620 Koszalin, ul. Raławicka 15-17
tel./fax: (0-94) 3478412
e-mail: marcinro@wp.pl
krzysztof.nadolny@tu.koszalin.pl