

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POPRAWY FUNKCJONOWANIA PROCESU PRODUKCYJNEGO W ZAKŁADZIE METALOWYM

Streszczenie

W dzisiejszych czasach gospodarki wolnorynkowej, rosnącej z dnia na dzień konkurencji i coraz szybszego przepływu informacji konieczne staje się wprowadzanie w przedsiębiorstwach logistyki. Wydaje się to jedyną drogą do osiągnięcia przez zakłady produkcyjne określonych zysków na skutek skrócenia czasu produkcji oraz minimalizacji kosztów produkcji. W artykule przedstawiono wyniki analizy procesu produkcyjnego w Zakładzie Metalowym. Wykorzystując metodę FMED dokonano analizy dla wybranego asortymentu. Zaproponowano wdrożenie metody 5S i przedstawiono pierwsze uzyskane wyniki.

WSTĘP

W dzisiejszych czasach gospodarki wolnorynkowej, rosnącej z dnia na dzień konkurencji i coraz szybszego przepływu informacji konieczne staje się wprowadzanie w przedsiębiorstwach logistyki [1]. Wydaje się to jedyną drogą do osiągnięcia przez zakłady produkcyjne określonych zysków na skutek skrócenia czasu produkcji oraz minimalizacji kosztów produkcji.

Rozwój logistyki rozpoczął się w Japonii. To właśnie w zakładach produkcyjnych (głównie przemysłu motoryzacyjnego) na terenie tego kraju powstały takie metody oraz systemy, jak: Lean Management, Kanban, Kaizen czy 5S. Do dnia dzisiejszego to właśnie na Lean Management opiera się całkowity rozwój logistyki przemysłowej, poprzez jak największe „uszczerpienie” kosztów produkcji dzięki eliminacji wszystkich możliwych strat oraz poprawę przepływu materiału w myśl filozofii Kaizen. Wszystkie firmy, chcące zyskać przewagę rynkową nie tracąc jakości wyrobów, stosują ww metody i systemy.

W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonej w zakładzie analizy przepływu materiału w procesie produkcji jednego z głównych asortymentów oraz udoskonalenie tego procesu.

1. OBIEKT BADAŃ

Zakład jest firmą prywatną, zajmującą się produkcją wyrobów dla przemysłu lotniczego, obronnego, motoryzacyjnego i meblarskiego. Zakład rozpoczął swoją działalność w 1989 roku. Od początku największym priorytetem była jakość oferowanych wyrobów.

Zakład posiada odpowiednie zdolności techniczne, organizacyjne i produkcyjne niezbędne do realizacji wyrobu zgodnie z wymaganiami Klienta. Wszystko to jest możliwe dzięki temu, że przez cały okres działalności realizowane są liczne inwestycje związane z doskonaleniem parku maszynowego co zapewnia wysoką jakość oraz powtarzalność oferowanych wyrobów. Zakład stanowi obszar, w którym warunki pracy i otoczenia są we właściwy sposób nadzorowane pod względem: czystości, temperatury, wilgotności, oświetlenia, wentylacji, hałasu zanieczyszczeń powietrza co jest niezbędne do osiągnięcia zgodności wyrobów z wymaganiami oraz zagwarantowania bezpieczeństwa i higieny pracy podczas realizacji procesów.

Personel zakładu stanowią osoby, które przez długi okres czasu były związane z produkcją lotniczą WSK-PZL Mielec. Personel zakładu stanowi obecnie 46 osób, w tym kadra inżyniersko – techniczna oraz produkcyjna o wysokich kwalifikacjach zawodowych, związanych z przemysłem lotniczym.

Obecnie zakład specjalizuje się w zakresie:

- obróbki skrawaniem,
- frezowania na maszynach sterowanych numerycznie,
- frezowania na centrach obróbczych 5-osiowych,
- toczenia na maszynach sterowanych numerycznie,
- spawania metodą TIG (spawanie łukowe elektrodą wolframową w osłonie gazów obojętnych),
- spawania metodą MIG (spawanie łukowe elektrodą topliwą w osłonie gazów obojętnych).

W oparciu o powyższe procesy oraz powierzoną dokumentację klienta w spółce wykonywane są:

- różnego rodzaju detale dla przemysłu:
 - lotniczego,
 - wojskowego,
 - motoryzacyjnego,
 - meblarskiego.
- formy:
 - odlewów wysokociśnieniowych,
 - odlewów niskociśnieniowych,
 - odlewów grawitacyjnych,
 - odlewów precyzyjnych do modeli woskowych.
- wykrojniki, wytłoczniki, oraz wszelkiego rodzaju oprzyrządowanie dla potrzeb własnych i odbiorców krajowych oraz zagranicznych.

Ze względu na wysokie wymagania klientów w przedsiębiorstwie wprowadzono System Zarządzania Jakością. Budowa Systemu Zarządzania Jakością, jak i wszelkie zmiany w nim dokonywane, poprzedzone są:

- identyfikacją procesów, które zapewniają zarządzanie jakością zgodnie z normą ISO 9001,
- określeniem następstw tych procesów i wzajemnych oddziaływań,
- określeniem metod zapewniających efektywny i skuteczny przebieg procesów oraz ich nadzorowanie,
- zapewnieniem zasobów ludzkich i technicznych oraz dostępności do informacji niezbędnych do wspomaganie procesów i monitorowania ich przebiegu,
- zapewnieniem, że w wyniku analiz z monitoringu procesów oraz auditów wewnętrznych wdrażane będą niezbędne działania, zmierzające do osiągnięcia planowanych wyników oraz ich poprawiania.

2. ANALIZA WYBRANEGO PROCESU PRODUKCYJNEGO

Analizę procesu produkcyjnego przeprowadzono dla wybranego asortymentu, jakim była tuleja do siłownika hydraulicznego. Asortyment wybrano ze względu na duże zapotrzebowanie na ten wyrób oraz długi czas jego produkcji. Dodatkowym kryterium była duża liczba braków generująca wysokie koszty produkcji.

Proces produkcyjny tulei składa się z kilku etapów. Materiał na tuleje, którym są pręty o średnicy 95 mm wykonane ze stali 40 HM, sprawdzany jest przez Kontrolę Jakości, a następnie przewożony jest na stanowisko cięcia. Czas operacji to 395 sek. Następnie pręt jest planowany do wymiaru $L=296\pm 0,5$ mm. Powierzchnia zewnętrzna toczona jest na wymiar $\phi 90\pm 0,1$ mm na długości $L=286,5$ mm. Dodatkowo wykonywana jest faza $2\times 45^\circ$. Całość procesu wykonywana jest zgodnie z programem CNC, napisanym przez technologa dla tokarki numerycznej.

Średni czas cyklu maszyny dla jednej sztuki wynosi $C/T = 200$ s, podczas tej operacji nie występują przezbrojenia ($C/O = 0$ s).

Proces wiercenia otworu wewnętrznego polega na zamocowaniu detalu w uchwycie tokarskim przy użyciu szczęk miękkich. Pręt ma długość $L=172$ mm.

Średni czas cyklu maszyny dla jednej sztuki wynosi $C/T = 430$ s, podczas tej operacji nie występują przezbrojenia ($C/O = 0$ s). Operacja odbywa się na jednym stanowisku, przez dwie zmiany.

Proces obróbki zgrubnej powierzchni zewnętrznej polega na zamocowaniu detalu w uchwycie tokarskim przy użyciu szczęk miękkich za stronę pręta bez wykonanego nakielka i fazy, o średnicy $\phi 90\pm 0,1$ mm, a następnie toczona jest średnica zewnętrzna. Całość procesu wykonywana jest zgodnie z programem CNC.

Średni czas cyklu maszyny dla jednej sztuki wynosi $C/T = 625$ s, podczas tej operacji nie występują przezbrojenia ($C/O = 0$ s).

Proces hartowania wykonywany jest przez dostawcę zewnętrznego współpracującego z przedsiębiorstwem. Każdy dostawca współpracujący z firmą przechodzi szereg kontroli i auditów gwarantujących, że jakość oferowanych przez niego usług jest na najwyższym poziomie. Po każdym procesie hartowania detale sprawdzane są przez kontrolera jakości za pomocą specjalnych maszyn pomiarowych.

Proces obróbki wykańczającej polega na zamocowaniu detalu w uchwycie tokarskim przy użyciu szczęk miękkich i wytoczeniu na zadane w zamówieniu wymiary końcowe tulei zgodnie z programem CNC napisanym przez technologa. Wymagane jest zachowanie parametru chropowatości $Ra = 3,2 \mu\text{m}$ oraz współosiowość wszystkich średnic w tolerancji równej $0,2$ mm.

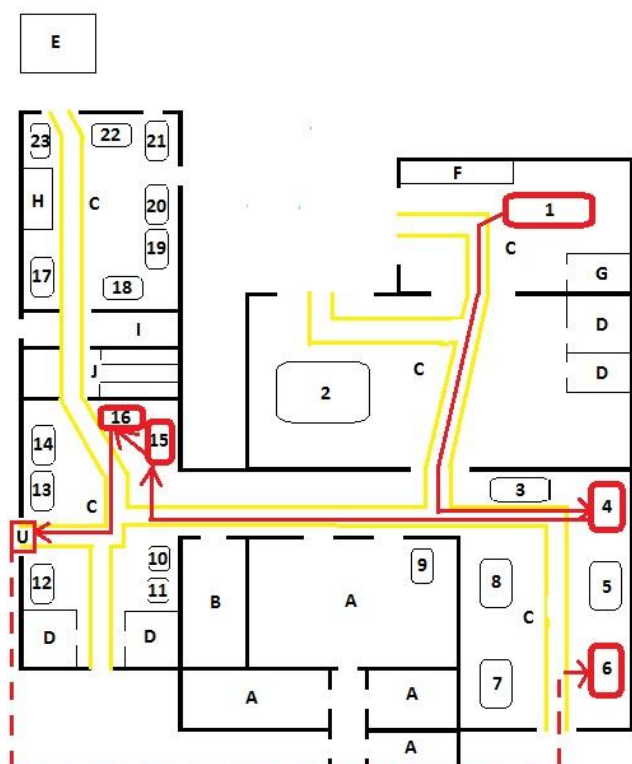
Średni czas cyklu maszyny dla jednej sztuki wynosi $C/T = 500$ s, podczas tej operacji nie występują przezbrojenia ($C/O = 0$ s). Operacja odbywa się na jednym stanowisku, przez jednego operatora, przez dwie zmiany.

Na rysunku 1 przedstawiono tuleje po procesie obróbki wykańczającej.



Rys. 1. Tuleja po procesie obróbki wykańczającej

Po zakończeniu obróbki wykańczającej każdy detal sprawdzany jest przez kontrolę jakości pod kątem zgodności wymiarowej oraz zgodności z technologią i wymaganiami klienta. Pomiary odbywają się za pomocą współrzędnościowej maszyny pomiarowej jeżeli element odpowiada wymaganiom transportowany jest do magazynu wyrobów gotowych. Ze stanowiska jednej tokarki numerycznej (oznaczonej na schemacie numerem 4) element trafia na stanowisko kolejnej tokarki numerycznej (oznaczonej na schemacie numerem 15). Transport ten również odbywa się przy pomocy ręcznego wózka widłowego i trwa około 1 minuty. Na stanowisku numer 15 odbywa się wiercenie otworu. Dalej produkt trafia na kolejne stanowisko tokarki numerycznej (oznaczonej na schemacie numerem 16). Tam podlega on procesowi obróbki zgrubnej powierzchni zewnętrznej. Maszyny numer 15 oraz 16 obsługiwane są przez jednego operatora a element przenoszony jest przy użyciu siły jego ciężkości i dlatego pomiędzy tymi maszynami nie występuje proces transportowy. Po zakończeniu obróbki zgrubnej powierzchni produkt zgodnie z wcześniejszym opisem i schematem (rysunek 2) przewożony jest do firmy zewnętrznej, gdzie jest hartowany. Ładowany jest w tym celu na samochód zaopatrzenia. Proces ten trwa około 3 min. Po hartowaniu produkt przywożony jest samochodem i dostarczany na stanowisko tokarki numerycznej (oznaczonej na schemacie numerem 6). Z samochodu jest on rozładowywany przy pomocy wózka widłowego i proces ten trwa około 3 minut. Za pomocą maszyny oznaczonej numerem 6 odbywa się ostatni proces produkcyjny tj. obróbka wykańczająca. Po jej zakończeniu losowo wybrane produkty podlegają kontroli jakości. Wszystkie wykonane produkty trafiają do magazynu wyrobów gotowych lub są pakowane i bezpośrednio wysyłane do klienta.



Rys. 2. Schemat transportu międzyoperacyjnego dla tulei

Tab.1. Czasy trwania poszczególnych operacji

| Nr sztuki | Cięcie [s] | Plano- wanie [s] | Wierce- nie [s] | Zgrubna po zewnątrz [s] | Harto- wanie [s] | Wykańcza- jąca [s] |
|-----------|------------|---------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 395 | 201 | 432 | 630 | - | 502 |
| 2 | 395 | 205 | 429 | 632 | - | 505 |
| 3 | 395 | 199 | 428 | 633 | - | 499 |
| 4 | 395 | 200 | 440 | 625 | - | 497 |
| 5 | 395 | 196 | 435 | 628 | - | 500 |
| 6 | 395 | 192 | 431 | 627 | - | 508 |
| 7 | 395 | 201 | 425 | 625 | - | 503 |
| 8 | 395 | 202 | 438 | 626 | - | 505 |
| 9 | 395 | 195 | 430 | 625 | - | 500 |
| 10 | 395 | 198 | 435 | 627 | - | 495 |
| 11 | 395 | 200 | 431 | 620 | - | 492 |
| 12 | 395 | 200 | 426 | 625 | - | 497 |
| 13 | 395 | 208 | 432 | 626 | - | 500 |
| 14 | 395 | 198 | 420 | 624 | - | 502 |
| 15 | 395 | 199 | 422 | 618 | - | 501 |
| 16 | 395 | 200 | 428 | 622 | - | 498 |
| 17 | 395 | 204 | 430 | 624 | - | 500 |
| 18 | 395 | 202 | 430 | 623 | - | 501 |
| 19 | 395 | 202 | 428 | 625 | - | 503 |
| 20 | 395 | 201 | 429 | 617 | - | 495 |

Czasy poszczególnych operacji dla 20 sztuk wyrobu zamieszczono w tabeli 1.

3. WYNIKI ANALIZY FMEA DLA PRZEDSTAWIONEGO PROCESU PRODUKCYJNEGO.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) – jest to analiza przyczyn i skutków wad, która powinna minimalizować straty spowodowane niską jakością produktów. Jej celem jest znalezienie potencjalnych przyczyn i skutków dla błędów popełnionych podczas etapu projektowania i wyeliminowanie ich przed wyprodukowaniem nowego wyrobu. Analiza FMEA może dotyczyć zarówno całego produktu, jak i pojedynczej jego części[4].

Na podstawie przeprowadzonej analizy FMEA zauważono, że największe znaczenie mają i ewentualne większe koszty powodują błędy w procesie obróbki wykańczającej, ze względu na większą dokładność wymiarów oraz brak możliwości korygowania błędów w tak późnym etapie produkcji.

W obróbce zarówno zgrubnej jak i wykańczającej najbardziej kosztownymi błędami są błędy w korekcie programów CNC oraz zużycie narzędzi obrabiarek. Ich popełnienie najczęściej powoduje całkowity brak możliwości dalszego wykorzystania części. Dlatego, aby ich uniknąć technolog powinien uważnie sprawdzać napisany przez siebie program, a operator maszyny przed rozpoczęciem pracy powinien dokładnie sprawdzić stan techniczny narzędzi i ewentualnie dokonać ich wymiany. Istotny jest również prawidłowy dobór punktu bazowego.

W procesie obróbki wykańczającej kosztowne błędy występują również podczas procesu hartowania. Jest to jednak proces zleczany zewnętrznym dostawcom, dlatego kluczowy jest wybór sprawdzonego i posiadającego wysokie kwalifikacje zakładu zajmującego się hartowaniem. Polegając na wysokiej renomie i częstym audicie możemy założyć, że wybór dobrego dostawcy zapewni nam stabilność tego procesu. Pozostałe występujące błędy wynikają najczęściej z pomyłek lub niedopatrzeń ludzi, dlatego jedynym rozwiązaniem pozostaje przeprowadzanie cyklicznych szkoleń kadry.

4. WPROWADZENIE METODY 5S W PRODUKCJI.

W wyniku przeprowadzonej analizy zdecydowano się na podjęcie kroków zmierzających do wprowadzenia metody 5 S dla systemu produkcyjnego.

5S to metoda organizacji miejsca pracy, polegająca na utrzymywaniu czystości i porządku według ogólnie przyjętych zasad i standardów dla przedsiębiorstwa. Jest ona dostosowana do zarządzania i produkcji w ramach systemu Lean [2]. Wymaga ona zaangażowania w proces usprawniania całej załogi przedsiębiorstwa.

Nazwa 5S pochodzi od pierwszych liter niżej wymienionych japońskich słów nawiązujących do organizacji pracy [3]:

- seiri – selekcja,
 - seiton – systematyka,
 - seiso – sprzątnięcie,
 - seiketsu – standaryzacja,
 - shitsuke – samodyscyplina.
1. **Seiri** (selekcja) – etap w którym dokonujemy inwentaryzacji, a więc oddzielamy przedmioty potrzebne od niepotrzebnych. W dalszej części eliminujemy wszystkie przedmioty uznane za zbędne.
 2. **Seiton** (systematyka) – jest to etap, w którym porządkujemy miejsce pracy, sporządzamy jednolity system rozmieszczenia przedmiotów (np. narzędzi, materiałów) i standardów ich przechowywania. Należy pamiętać, aby każda potrzebna rzecz była łatwo dostępna i w ilości niezbędnej dla danej chwili.

3. **Seiso** (sprzążanie) – jest to etap, w którym usuwamy wszystkie zanieczyszczenia (kurz, brud, wióry i inne). Należy sprawić, aby narzędzia pracy były czyste, a stanowisko uporządkowane. Musimy uświadomić pracowników, że czystość w miejscu pracy może pozytywnie wpłynąć na jakość wytwarzanych produktów.
4. **Seiketsu** (standaryzacja) – w etapie tym należy określić warunki, w których będzie możliwe podtrzymywanie wcześniej wdrożonych zachowań organizacyjnych.
5. **Shitsuke** (samodyscyplina) – automatyczna kontrola wszystkich czterech wcześniejszych zasad, kontrola, obmyślanie oraz wprowadzanie nowych standardów mających na celu poprawę organizacji pracy.

Dla obrabiarek wprowadzono karty kontroli. Przed podjęciem pracy operator musi dokonać przeglądu punktów krytycznych maszyny zaznaczonych w karcie kontrolnej. Punkty te zostały zaznaczone na schemacie urządzenia. Po dokonaniu inspekcji pracownik podpisuje kartę. W wypadku zauważenia nieprawidłowości podejmuje działania celem ich eliminacji (np. uzupełnienie oleju), lub też informuje przełożonego o usterce.

W celu ułatwienia procesu selekcji w zakładzie wprowadzone zostały tzw. czerwone etykiety (Rys. 3). Służą one do oznaczenia tych przedmiotów co do których istnieją wątpliwości czy nie są one zbędne na danym stanowisku. Proces czerwonej etykiety obowiązywał przez 1 miesiąc. W tym czasie przedmioty, które nie zostały użyte ani razu otrzymywały tę etykietę. Po miesiącu następował audit dla tych przedmiotów, podczas którego wyznaczona przez zarząd osoba określała czy dany przedmiot ma pozostać na danym stanowisku, czy powinien zostać całkowicie usunięty z produkcji i trafić do magazynu przedmiotów rzadko używanych. Pozwoliło to w znaczącym stopniu zaprowadzić porządek na stanowiskach pracy i ograniczyć na nich liczbę zbędnych przedmiotów.

Przed rozpoczęciem wprowadzania metody 5S na stanowiskach operacyjnych nie był utrzymywany należyty porządek przez co wydłużał się czas wymiany detalu podlegającego obróbce. Wygląd takiego stanowiska przedstawiony jest na Rys. 4. Duża liczba wyciągniętych narzędzi (często zupełnie zbędnych dla danego procesu) znacząco obniżała wydajność procesu.

Wprowadzenie porządku na stanowisku pracy znacznie poprawiło pracę operatora obrabiarki, zwiększyło wydajność jego pracy i ograniczyło czas każdej wymiany obrabianego detalu.

Przed wprowadzeniem metody 5S w zakładzie nie było dobrej komunikacji pomiędzy operatorami obrabiarek, a osobami odpowiedzialnymi za utrzymanie ruchu w kwestii zgłaszania wszelkich awarii. Były one zgłaszane przez operatorów tylko w formie ustnej, wobec czego zdarzało się, że w momencie gdy dana maszyna nie była aktualnie użytkowana osoba odpowiedzialna za utrzymanie ruchu po prostu zapomniała o zgłoszonej awarii. Dopiero w momencie, gdy maszyna była potrzebna do pracy okazywało się, że zgłaszana wcześniej awaria nie jest usunięta. Powodowało to często zastoje w produkcji i utrudniało znalezienie osób odpowiedzialnych za taki stan.

| | |
|---|--|
| Data: | Stanowisko: |
| Kategoria: | <ol style="list-style-type: none"> 1. Surowiec 2. Zapasy w produkcji 3. Półprodukty 4. Produkty 5. Maszyny i sprzęt 6. Matryce i przyrządy 7. Narzędzia 8. Inne..... |
| Nazwa przedmiotu: | Ilość: |
| Przyczyna eliminacji: | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Niepotrzebne 2. Uszkodzone/nienaprawialne 3. Przeszarżałe 4. Nadwyżka 5. Przeznaczenie 6. Inne..... | |
| Podpis pracownika: | |
| Decyzja przełożonego: | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Akceptacja 2. Pozostawić na stanowisku 3. Przenieść do magazynu 4. Inne..... | |
| Podpis przełożonego: | |
| Data: | |

Rys. 3. Czerwona etykieta



Rys. 4. Stanowisko obróbki wykańczającej przed procesem porządkowania

Wprowadzając metodę 5S zaproponowano umieszczenie w halach produkcyjnych (w hali tokarek numerycznych, w hali frezarek numerycznych oraz w spawalni) tablic, na których operatorzy mają obowiązek notować wszystkie występujące aktualnie usterki i awarie. Notatki te zbierane są przez osobę odpowiedzialną za utrzymanie ruchu podczas obchodu na początku każdej zmiany. Następnie przekazuje je ona do części biurowej zakładu, gdzie na specjalnie przygotowanej tablicy są one notowane. Osoba odpowiedzialna za zaopatrzenie zakładu w przypadku konieczności wymiany jakiegś części zamawia nową część, lub gdy występuje taka potrzeba wywa do danej maszyny wykwalifikowany serwis.

Taki system pozwala na szybkie usuwanie awarii, ustala osoby za to odpowiedzialne oraz gwarantuje usunięcie każdej zgłoszonej awarii.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzenie analizy procesu produkcyjnego w Zakładzie Metalowym pozwoliło skrócić czas wykonania elementu oraz w znacznej mierze zmniejszyć liczbę braków.

Wykonanie analizy FMEA pozwoliło zauważyć potencjalne przyczyny powstawania wad produktu. W celu ich eliminacji dokonano zmian na etapie projektowania procesu. Zwrócono uwagę na konieczność przeprowadzania cyklicznych szkoleń operatorów maszyn.

Wprowadzenie metody 5S pozwoliło uporządkować stanowiska pracy operatorów obrabiarek. Poprzez zastosowanie czerwonych kartek wyeliminowano zbędne narzędzia. Wprowadzenie kart kontroli pozwoliło na sprawniejsze przeprowadzanie codziennego serwisu maszyn. Wprowadzenie nowego systemu informowania o awariach poprzez wprowadzenie tablic zarówno na halach produkcyjnych, gdzie pracują operatorzy maszyn oraz osoby odpowiedzialne za utrzymanie ruchu, jak i w części biurowej, gdzie pracują osoby odpowiedzialne za zaopatrzenie zakładu oraz za planowanie i przebieg produkcji pozwoliło skrócić czas usuwania awarii oraz w jasny sposób sprecyzowało odpowiedzialność za ich usuwanie.

BIBLIOGRAFIA

1. Brzeziński M.: *Organizacja i sterowanie produkcją*. A.W. PLACET, Warszawa 2002.
2. Kisiel P.: *Analiza możliwości wdrożenia wybranych technik Lean Management w przedsiębiorstwie produkcyjnym*. Logistyka 2014, nr 6.
3. Michłowicz E.: *Zarys logistyki przemysłowej*. Wydawnictwa AGH, Kraków 2012.
4. Szymonik A.: *Logistyka produkcji. Procesy, Systemy, Organizacja*. Difin SA, Warszawa 2012.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT IN ZAKŁAD METALOWY PLANT

Abstract

Today, in the times of free-market economy, constantly growing competition and increasingly fast exchange of information, it becomes necessary to introduce logistics to businesses. It seems the only way for production plants to achieve set income levels thanks to decreasing production time and minimizing production costs. The article presents the results of an analysis of the production process at Zakład Metalowy plant. By using the FMED method, an analysis of selected assortment was carried out. Introduction of the 5S method was suggested and subsequently, the first results obtained were described.

Autorzy:

dr inż. **Piotr Kisiel** – AGH w Krakowie

mgr inż. **Katarzyna Smolińska** – AGH w Krakowie