

Monika KOZYRA*
Marta LEŚNIEWSKA*
Agnieszka MISZTAL**

STEROWANIE JAKOŚCIĄ PROCESU OBRÓBKI ŚLUSARSKIEJ – STUDIUM PRZYPADKU

Aby sterowanie jakością mogło być skuteczne, powinno być realizowane na wszystkich etapach cyklu życia wyrobu i obejmować wszystkie działania. Projekt badawczy w omawianym przedsiębiorstwie dotyczył usprawnienia procesu produkcji słupa aluminiowych paneli akustycznych z nastawieniem na poprawę płynności przepływu materiałów. Do analizy bieżących niezgodności procesu produkcyjnego wykorzystano metodę FMEA i wyznaczanie strumienia wartości. W wyniku przeprowadzonej analizy zaproponowano działania doskonalące proces produkcji słupa.

Słowa kluczowe: sterowanie jakością, FMEA, analiza przyczyn i skutków wad

1. WPROWADZENIE

Sterowanie jakością jest ukierunkowane na działanie operatywne i obejmuje wszystkie techniki pracy mające na celu nadzorowanie procesów i sterowanie nimi w taki sposób, aby było możliwe spełnienie wymagań jakościowych.

Aby określić zasięg oddziaływania sterowania jakością, przyjęto pojęcie obwodów sterowania jakością wyrobu; wyróżnia się trzy ich rodzaje [2]:

– Małe (krótkie) obwody sterowania jakością (MOSJ) obejmują głównie obszar produkcji. Wykorzystuje się w nich bezpośrednio dane z przyrządów pomiarowych oraz informacje o niskim stopniu przetworzenia (występują przede wszystkim w obszarze produkcji i są skoncentrowane na konkretnym stanowisku).

* Absolwentka studiów I stopnia kierunku zarządzanie (Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej).

** Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

sku pracy lub grupie stanowisk oraz wykonywanych operacji technologicznych, np. karty kontrolne Shewharta). Zazwyczaj są bezpośrednio związane z procesami obróbki lub zintegrowane z maszyną. Idea ich działania polega na wykorzystaniu informacji uzyskiwanych z układu maszyna–przedmiot–narzędzie–proces do podejmowania odpowiednich działań korygujących w przypadku zagrożenia powstania w procesie niezgodności. Informacje te uzyskuje się przed rozpoczęciem, w trakcie lub po zakończeniu danej fazy procesu. Należy dążyć do tego, aby działania korygujące oddziaływały na czynniki najściślej związane z miejscem wystąpienia ewentualnego zakłócenia, oraz aby czas pomiędzy otrzymaniem informacji o zakłóceniu procesu a jego korektą był jak najkrótszy.

- Lokalne (średnie) obwody sterowania jakością (LOSJ) obejmują kilka połączonych ze sobą etapów cykli istnienia wyrobu [1]. W małym stopniu wykorzystuje się w nich bezpośrednio dane pomiarowe. Są zasilane przede wszystkim informacjami wstępnie przetworzonymi (wykraczają poza stanowiska pracy, czyli linie lub gniazda; funkcjonują w ramach jednego lub kilku powiązanych ze sobą etapów; są skoncentrowane na konkretnym wyrobie lub procesie technologicznym; decyzje są podejmowane np. na podstawie okresowych raportów wydziałowych, czy też wyników przeglądu projektów). Szczególne zastosowanie mają tutaj metody FMEA i DOE.
- Rozległe obwody sterowania jakością (ROSJ) obejmują cały cykl istnienia wyrobu. Charakteryzują się długim czasem gromadzenia oraz wysokim stopniem przetworzenia danych i informacji wykorzystanych do podejmowania decyzji sterowniczych (obejmują cały cykl istnienia wyrobu, celem analizy jest rozpoznawanie ogólnych prawidłowości występujących w poszczególnych obszarach funkcjonowania przedsiębiorstwa, a także na rynku konsumenta – w odniesieniu do jakości).

Można wyróżnić następujące aspekty tej analizy [3]:

- analiza danych zewnętrznych dotyczy wszystkich danych o jakości wyrobu uzyskiwanych po wysłaniu go z przedsiębiorstwa; jej celem jest zmniejszenie ryzyka reklamacji, lepsze rozpoznanie życzeń użytkowników oraz zredukowanie wynikających stąd zewnętrznych kosztów jakości;
- analiza kosztów jakości lub innymi słowy analiza nakładów i efektów związanych z funkcjonowaniem w przedsiębiorstwie SZJ;
- analiza wad i błędów powstających wewnątrz przedsiębiorstwa polegająca na systematycznym śledzeniu pojawiania się wad i historii ich usuwania na danym etapie cyklu istnienia wyrobu; daje to podstawę do zidentyfikowania i docelowo do usunięcia słabych punktów w poszczególnych działach przedsiębiorstwa, np. przez wymianę parku maszynowego, unowocześnienie konstrukcji wyrobu czy zmianę struktury SZJ.

Analizę FMEA wykonuje się w dwóch celach: prewencyjnym i korygującym (sterującym). Prewencja polega na szacowaniu ryzyka wystąpienia potencjalnej niezgodności i podejmowaniu działań zapobiegawczych. Z kolei działania korygu-

jące są podejmowane w przypadku wystąpienia zdarzeń niepożądanych i polegają na poszukiwaniu ich przyczyn i sposobów naprawy.

Analiza FMEA umożliwia wdrożenie jakościowej zasady „zero defektów”, a także ciągle doskonalenie. Metoda ta jest najlepszym rozwiązaniem w sytuacji, gdy 75% przyczyn błędów występuje na etapie projektowania, lecz są one ujawniane dopiero w trakcie produkcji, kontroli końcowej bądź u klienta [2].

Metoda ta polega na:

- ocenie ryzyka popełnienia błędu (identyfikacja, analiza, ustalanie priorytetów),
- ocenie konsekwencji popełnienia błędów,
- opracowaniu sposobu reagowania na ryzyko (planowanie, wykonanie, ocena, udokumentowanie).

Analizę FMEA można przeprowadzić nie tylko w odniesieniu do wyrobów, ale także do procesów. W tym artykule uwagę skupiono na procesach.

FMEA procesu pozwala sprawdzić metodę produkcji, dyspozycje montażowe lub proces wytwarzania przed zastosowaniem ich w praktyce. Nie wnika się w tym przypadku w problemy koncepcji i projektu, lecz bada się, czy proces będzie zgodny z ustalonymi specyfikacjami.

Identyfikacja przyczyn niezgodności polega na sekwencyjnym sprawdzaniu wszystkich operacji występujących w procesie produkcji. Każda operacja wnosi wartość dodaną do wyrobu w przeciwieństwie do czynności międzyoperacyjnych [7].

Po zdefiniowaniu relacji: przyczyna → wada → skutek należy dokonać oceny każdej wady w skali (1–10) ze względu na trzy kryteria:

- R – ryzyko, prawdopodobieństwo wystąpienia niezgodności lub przyczyny,
- W – możliwość wykrycia przyczyny, zanim spowoduje ona wystąpienie niezgodności,
- Z – znaczenie niezgodności dla użytkownika wyrobu (wyniku procesu produkcyjnego).

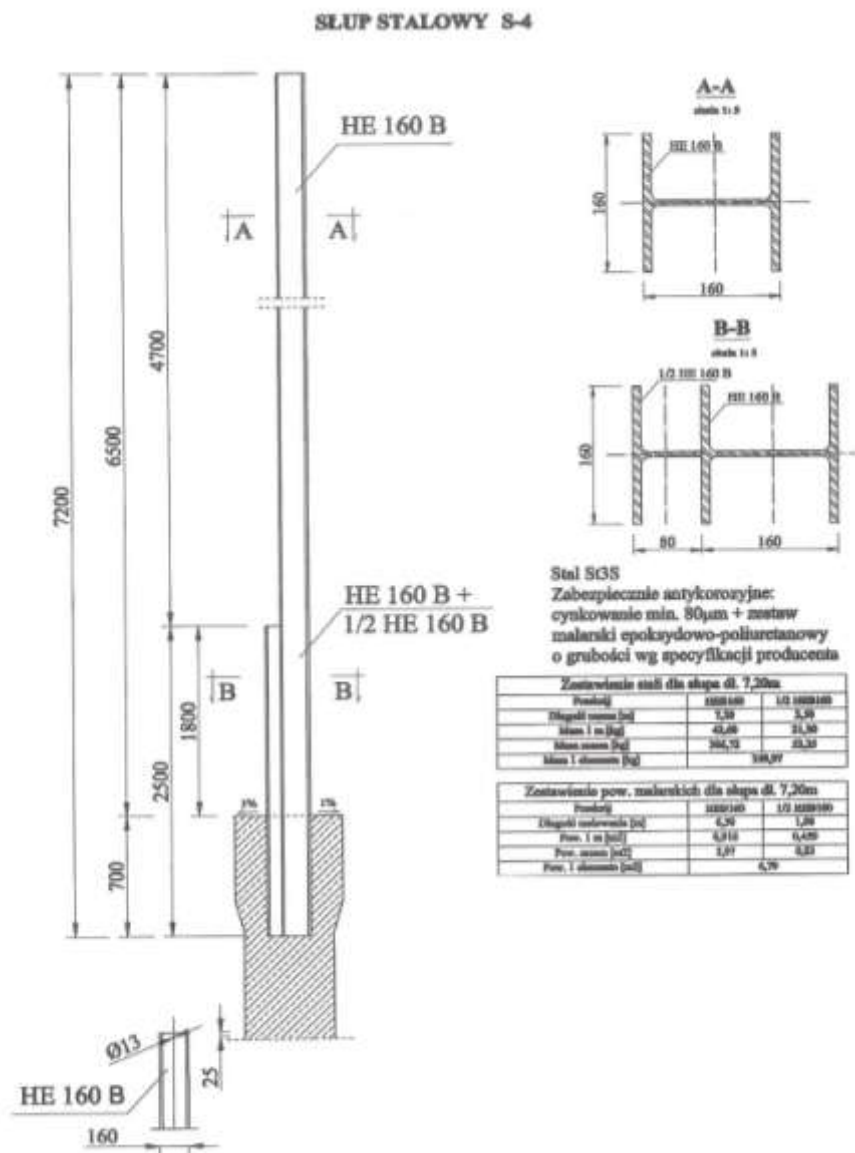
Kryteria te są podstawą do obliczenia liczby priorytetu ryzyka, która jest iloczynem powyższych wartości: $P = R \times W \times Z$. Obrazuje ona poziom prawdopodobieństwa ryzyka związanego z wystąpieniem wady. Umożliwia także hierarchizację przyczyn niezgodności i ich przedstawienie graficzne w postaci histogramu obrazującego jakość przedmiotu badań [7].

2. ANALIZA PROCESU PRODUKCJI SŁUPA

2.1. Przedmiot badań

Badane przedsiębiorstwo jest jedną z najstarszych fabryk obrabiarkowych na świecie. Z początkiem czerwca 2006 roku firma rozpoczęła nowy etap w swojej 90-letniej historii, tj. produkcję aluminiowych paneli akustycznych.

Projekt badawczy w omawianym przedsiębiorstwie dotyczył usprawnienia procesu produkcji słupa o przekroju teownika z nastawieniem na poprawę płynności przepływu materiałów. Przedmiotem badań jest słup stalowy o oznaczeniu HEB 160 o długości 5900 mm ze wzmocnieniem 1700 mm (rys. 1).



Rys. 1. Rysunek techniczny słupa typu HEB 7200 ze wzmocnieniem 2500 [9]

Stal do produkcji słupów kupuje się bezpośrednio w hucie. W zależności od zamówienia słupy są docinane do odpowiednich wymiarów, by później mogły zostać poddane dalszej obróbce. Po odebraniu dostawy następuje składowanie materiału pomiędzy dwiema maszynami do cięcia, aby uzyskać jak najkrótszą drogę przedmiotu pracy z miejsca składowania na stanowisko robocze. Następnie przedmiot jest transportowany suwnicą do maszyny tnącej i następuje przygotowanie poszczególnych elementów zgodnie z dokumentacją konstrukcyjną. Proces wytwarzania słupa składa się z następujących operacji:

- cięcie na elementy,
- przepalenie elementu wzdłuż na pół,
- kompletowanie (słupy, zbrojenia – w zależności od zamówienia),
- spawanie słupa ze wzmocnieniem na stanowisku spawalniczym,
- czyszczenie w śrutowni przelotowej lub kabinie śrutowniczej do przyjętej klasy czystości,
- cynkowanie metodą natryskową (łukową) do uzyskania wymaganej chropowatości powierzchni,
- lakierowanie natryskowe (trzy warstwy),
- transport gotowych słupów wraz z panelami na miejsce budowy oraz montaż.

Każdy rodzaj słupa jest poddawany podczas procesu produkcyjnego tym samym operacjom bez względu na wymiary poszczególnych komponentów składowych.

2.2. Analiza problemów

Przedsiębiorstwo zasygnalizowało problemy, z jakimi obecnie się zmaga. W celu ich zidentyfikowania przeprowadzono analizę FMEA. Przeanalizowano wszystkie operacje technologiczne wykonywane podczas wytwarzania słupa pod kątem występowania błędów, ich przyczyn i potencjalnych skutków. W tabeli 1 przedstawiono fragment analizy procesu wytwarzania słupa typu HEB 160.

Dzięki przeprowadzonej analizie kierownictwo przedsiębiorstwa uzyskało informacje o operacjach, których wskaźnik poziomu ryzyka znacznie przekroczył granicę krytyczną. Aby zapewnić skupienie uwagi na problemach najważniejszych i najpilniejszych, sporządzono zestawienie błędów o przyjętej wartości liczby ryzyka przekraczającej 190 (tabela 2). Pozostałe zostaną poddane analizie w dalszej przyszłości, po wyeliminowaniu niezgodności krytycznych.

Tabela 1. Fragment analizy FMEA (oprac. M. Kozyra na podst. [5])

Operacja	Błąd	Efekt błędu	Przyczyna błędu	Obecnie				Zalecane środki	Osoba odpowiedzialna za wdrożenie zalecanych środków	
				Kontrole bieżące	R	Z	W			Liczba ryzyka
Cięcie wzmocnienia	za długie wzmocnienie	konieczność ponownego przycięcia	nieuwaga pracownika	pomiar długości słupa przed i po spawaniu, ocena wzrokowa	4	5	10	200	upomnienie	kierownik
			niekompetencja pracownika		3	5	10	150	nagana, zmniejszenie premii uznaniowej	
			brak miary		3	5	10	150	zorganizowanie miary	
	za krótkie wzmocnienie	odłożenie / złomowanie	nieuwaga pracownika	pomiar długości słupa przed i po spawaniu, ocena wzrokowa	4	6	10	240	upomnienie	kierownik
			niekompetencja pracownika		3	6	10	180	nagana, zmniejszenie premii uznaniowej	
			brak miary		2	6	10	120	zakupienie miary	
	brak kąta prostego	konieczność zeszlifowania	zużyta taśma	pomiar kąta za pomocą kątomierza	5	2	1	10	regularna wymiana taśmy	kierownik
			nieuwaga pracownika		5	2	1	10	upomnienie	
	zbyt szybkie zużycie się taśmy na pile	zmniejszenie posuwu - wydłużenie czasu cięcia	skorodowany detal	ocena wzrokowa	7	4	3	84	słupy nie leżą zbyt długo na polu odkładczym, zastosowanie FIFO, regularna wymiana taśmy	kierownik
	źle ogradowany detal	nieestetyczny wygląd	nieuwaga pracownika	ocena wzrokowa, dotykowa	4	3	4	48	upomnienie	kierownik
awaria gumówki				4	3	4	48	-		
nieвозмоść przecięcia słupa	nieoczekiwany postój	awaria maszyny	ocena wzrokowa	3	10	1	30	regularne przeglądy maszyny	kierownik	
wolny przepływ materiału	opóźnienie realizowania zlecenia	opóźniona dostawa materiału	-	8	3	8	192	negocjacje z dostawcą, zmiana warunków współpracy		
		długi czas transportu detalu suwnicą	-	7	3	8	168	regularna konserwacja, modernizacja suwnic	mechanik, dyrektor	

Tabela 2. Zestawienie niezgodności o największej liczbie ryzyka (oprac. M. Kozyra na podst. [5])

Operacja	Niezgodność	Efekt	Przyczyna	Liczba ryzyka
Cięcie wzmocnienia	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	opóźnienie dostawy materiału	192
			opóźnienie dostarczenia materiału do rozpoczęcia operacji	224
Wypalanie	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas transportu detalu między działem słupów a halą P4	288
Cięcie słupa	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas transportu detalu z poprzedniej operacji	224
Spawanie	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas transportu detalu z poprzedniej operacji	240
Śrutowanie	zbyt mała wartość R_A (poniżej 2,5)	nie przyleganie powłoki cynku do podłoża (metalizacja)	brak urządzenia pomiarowego	288
	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas transportu detalu z poprzedniej operacji	240
Metalizacja	za cienka warstwa cynku	słabsze zabezpieczenie antykorozyjne	brak urządzenia pomiarowego	360
	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas transportu detalu z poprzedniej operacji	200
Lakierowanie	za cienka warstwa lakieru	słabsze zabezpieczenie antykorozyjne	brak urządzenia pomiarowego do określenia grubości warstwy mokrej (grzebieni)	630
			brak urządzenia pomiarowego do określenia grubości warstwy suchej	630
			nieodpowiednie oświetlenie	300
			nieuwaga pracownika	300
	wolny przepływ materiału	opóźnienie wykonania zlecenia	długi czas wysychania lakieru	576
			długi czas transportu detalu z poprzedniej operacji	432

Jak wynika z tabeli 2, głównymi problemami były:

- wolny przepływ materiału, występujący przy każdej operacji,
- zbyt mała wartość R_A uzyskiwana podczas śrutowania, na skutek czego grubość warstwy cynku jest niezgodna z założeniami i oznacza osłabienie ochrony antykorozyjnej,
- nieodpowiednia grubość warstwy cynku,
- nieodpowiednie grubości warstw lakieru.

Najpilniejszym problemem, który wymagał rozwiązania w pierwszej kolejności, było usprawnienie przepływu materiałów i półwyrobów podczas produkcji słupa.

W celu pełnego zbadania problemu wolnego przepływu materiałów zmierzono czasy wykonywania poszczególnych operacji. Dzięki temu uzyskano pewien punkt odniesienia: ustalono, jak długo trwa cały proces, a jak długo mógłby trwać, gdyby wszystkie operacje były wykonywane znacznie sprawniej. Aby ustalić czas trwania poszczególnych operacji, wykonano ich dokładne pomiary, a następnie na podstawie uzyskanych wartości obliczono średni czas ich wykonania. Gdy było to możliwe, wykonano po trzy pomiary, w pozostałych przypadkach – po dwa (rys. 2).

operacja	średnia	operacja	średnia
cięcie zbrojenia	--:36:35	metalizacja	--:19:41
transport z pola odkładczego	--:02:20	transport z pola odkładczego	--:01:58
ustawienie maszyny	--:03:30	oczyszczenie	--:00:26
cięcie	--:15:00	ustawienie maszyny	--:00:27
szlifowanie miejsca przecięcia	--:03:15	metalizacja	--:13:58
transport na pole odkładcze	--:02:30	transport do lakierni	--:02:52
transport partii na P4	--:10:00	lakierowanie	1d 10:59:33
wypalanie	--:19:07	transport z pola odkładczego	--:01:54
transport z pola odkładczego	--:02:27	przygotowanie 1szt	--:03:49
ustawienie maszyny	--:02:30	zmieszanie farby podkładowej	--:02:53
wypalanie	--:01:40	przygotowanie sprzętu	--:02:53
transport na pole odkładcze	--:02:30	warstwa podkładowa (1str)	--:01:05
transport partii na DPS	--:10:00	obrócenie	--:00:14
cięcie słupa	--:29:37	warstwa podkładowa (2str)	--:01:37
transport z pola odkładczego	--:02:30	wysychanie	03:00:00
ustawienie maszyny	--:03:20	transport na miejsce lakierowania 2 warstwy	--:01:40
cięcie	--:15:00	powrót suwnicy (bez słupa)	--:00:16
szlifowanie miejsca przecięcia	--:03:00	zmieszanie farby 2 podkładowej	--:03:15
wiercenie otworu	--:02:10	oczyszczenie pistoletu	--:08:00
pogłębienie otworu	--:00:38	przygotowanie sprzętu	--:02:05
transport na pole odkładcze	--:03:00	warstwa 2 podkładowa (1str)	--:01:11
spawanie	--:26:52	wysychanie przed obróceniem	--:05:00
transport z pola odkładczego	--:01:42	obrócenie	--:00:14
szlifowanie brzegu zbrojenia	--:02:23	szlifowanie nierówności	--:00:59
szlifowanie słupa (tam, gdzie będzie	--:02:20	warstwa 2 podkładowa (2str)	--:02:00
ustawienie zbrojenia + spaw pkt.	--:06:25	wysychanie	16:00:00
spawanie	--:09:40	zmieszanie farby nawierzchniowej	--:03:00
dłutowanie	--:01:25	oczyszczenie pistoletu	--:07:18
transport na pole odkładcze	--:02:57	przygotowanie sprzętu	--:02:20
śrutowanie	--:16:15	warstwa nawierzchniowa (1 str)	--:00:46
transport z pola odkładczego	--:02:07	wysychanie przed obróceniem	--:05:00
ustawienie maszyny	--:00:56	obrócenie	--:00:15
śrutowanie	--:11:30	szlifowanie nierówności	--:00:24
oczyszczanie końcowe	--:00:27	warstwa nawierzchniowa (2 str)	--:01:25
transport na pole odkładcze	--:01:15	wysychanie	12:00:00
		suma	1d 17:27:41

Rys. 2. Chronometraż operacji produkcji słupa typu HEB [5]

Po określeniu czasów trwania poszczególnych czynności możliwe było wyznaczenie strumienia wartości, tj. wszystkich działań w odniesieniu do trzech krytycznych zadań w zarządzaniu każdym biznesem: rozwiązanie problemów pojawiających się w momencie powstania koncepcji aż do powstania końcowego

produktu czy usługi, zarządzanie informacjami i przetworzenie surowców w gotowy produkt [8].

Na podstawie analizy tego strumienia wykazano, że występują trzy rodzaje działań:

- operacje/czynności tworzące wartość dodaną,
- czynności nietworzące wartości, ale nieuniknione przy zastosowaniu danej technologii i środków produkcji, tzw. muda pierwszego typu,
- czynności nietworzące wartości, które można wyeliminować, tzw. muda drugiego typu.

Czas teoretycznie niezbędny do wykonania poszczególnych operacji produkcji słupa wyniósł niewiele ponad dwie godziny. W rzeczywistości proces produkcji trwał prawie sześć ośmiogodzinnych dni roboczych. Wywnioskowano, że wykonywanie czynności nieproduktywnych trwało około 40 godzin.

3. ZALECENIA MODERNIZACYJNE

Na podstawie wszystkich zgromadzonych danych sporządzono mapę stanu bieżącego, na której uwzględniono uśrednione czasy wykonywania poszczególnych operacji podczas produkcji trzech słupów: czas prac przygotowawczo-zakończeniowych (tpz), jednostkowe czasy trwania operacji (tj) oraz czas transportu. Dzięki takiemu przedstawieniu procesu produkcji słupa można łatwo wywnioskować, że najczęstszą i najbardziej czasochłonną operacją jest transport międzyoperacyjny.

Zaproponowanym rozwiązaniem była zmiana rozmieszczenia stanowisk, tak aby wyeliminować część pól odkładczych. Kabina śrutownicza, usytuowana na drogich fundamentach, nie mogła zostać przestawiona. Pozostałe stanowiska można było usytuować w taki sposób, by transport z jednego stanowiska odbywał się bezpośrednio na stanowisko kolejne z pominięciem pola odkładczego. Dotychczas pola odkładcze znajdowały się przy pilarkach, w spawalni, w śrutowni i w lakierni. Dzięki wprowadzonym zmianom pozostały tylko dwa pola odkładcze: w pobliżu stanowisk spawalniczych i pilarek, gdzie składowane były elementy niepoddane obróbce, oraz przy śrutowni, gdzie znajdowałyby się słupy przeznaczone do lakierowania.

4. PODSUMOWANIE

Dzięki wykorzystaniu metody FMEA zaproponowano rozwiązania umożliwiające wyeliminowanie trudności występujących podczas produkcji słupa. Po ich

analizie kierownictwo przedsiębiorstwa zadeklarowało chęć wdrożenia wybranych rozwiązań.

Umiejętnie przeprowadzona analiza danych świadczy o tym, że umożliwia podejmowanie świadomych decyzji na podstawie faktów.

LITERATURA

- [1] Adamska M. (red.), Leksykon zarządzania, wyd 1, Difin, Warszawa 2004.
- [2] Hamrol A., Zarządzanie jakością z przykładami, wyd 1, PWN, Warszawa 2005.
- [3] Hamrol A., Mantura W., Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka, wyd. 1, PWN, Warszawa–Poznań 2002
- [4] Jedliński M., Jakość w nowoczesnym zarządzaniu, wyd. 1, Wyd. Zachodniopomorskiej Szkoły Biznesu, Szczecin 2000.
- [5] Kamińska K., Kozyra M., Leśniewska M., Sterowanie jakością na przykładzie wybranych przedsiębiorstw produkcyjnych różnej wielkości, praca dyplomowa inżynierska pod kierunkiem A. Misztal, Politechnika Poznańska, Poznań 2012.
- [6] Łunarski J., Zarządzanie jakością, wyd. 1, WNT, Warszawa 2008.
- [7] Tabor A., Rączka M. (red.), Nowoczesne zarządzanie jakością, t. 2, Metody i narzędzia jakości, normalizacja, akredytacja, certyfikacja, wyd. 1, Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki, Kraków 2004.
- [8] Womack J.P., Jones D.T., Odchudzenie firm. Eliminacja marnotrawstwa kluczem do sukcesu, wyd. 1, Centrum Informacji Menedżera, Warszawa 2001.
- [9] Dokumentacja produkcyjna przedsiębiorstwa.

LOCKSMITHERY WORKING PROCESS QUALITY CONTROL – A CASE STUDY

S u m m a r y

This research project concerns the improvement of the production process of aluminum column acoustic panels. It is aimed at improving the fluidity of movement of materials. For the analysis of the current nonconformities of the manufacturing process FMEA method and the determination of the value stream was used. The analysis suggested improvement actions manufacturing process column.