

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH NARZĘDZI SIX SIGMA W PROCESACH TECHNOLOGICZNYCH

Aneta WRONA, Maciej WRONA

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest wybranym narzędziom, stosowanym przy realizacji projektów Six Sigma. Są to znane narzędzia zarządzania jakością wykorzystywane w TQM. Six sigma ogranicza się do kilku z nich. Mają one służyć poprawie wyników finansowych firmy. To co różni metodę six sigma od TQM to przededefiniowanie celu, którym przestała być jakość sama w sobie, a istotą stało się zwiększenie dochodowości przedsiębiorstwa. Six Sigma to proces rozwiązywania problemów, system, który dąży do ciągłego usprawniania procesów w organizacji, a przy tym stawia zawsze na pierwszym miejscu klienta i jego potrzeby. Jest to sposób na zapewnienie satysfakcji klienta i jeszcze niższe koszty. O metodzie tej w skrócie można powiedzieć, iż jest to pełne zwrócenie się twarzą do klienta, a także stały wzrost zdolności procesów do zidentyfikowania, a następnie do spełnienia potrzeb i wymagań klientów - Zero Defektów. Ilustracją metody są zaprezentowane przykłady zastosowania analizy FMEA oraz wykresu Ishikawy.

Słowa kluczowe: Six Sigma, DPMO, VOC, FMEA, SPC.

1. Wprowadzenie

Metoda Six Sigma pozwala na dopasowanie właściwości jakościowych do wymagań klienta. Zapewnia przy tym najwyższy poziom zwrotu inwestycji. Ta opracowana na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku metoda zarządzania jakością jest preferowana przez firmy, które dążą do poprawy zyskowności, zwiększenia udziału w rynku, podniesienia poziomu zadowolenia klientów, wytwarzania lepszych wyrobów i usług szybciej i przy niższych kosztach. Cechą charakterystyczną tej metody jest dążenie do niezwykle niskiego poziomu wyrobów niezgodnych. Poziom 6 sigma oznacza co najwyżej 3,4 niezgodności na milion możliwości ich wystąpienia.

Tab. 1. Poziomy DPMO

Poziom Sigma	Liczba wad na milion możliwości DPMO
1 sigma	690 000
2 sigma	308 537 (firmy niekonkurencyjne)
3 sigma	66 807
4 sigma	6 210 (firmy przeciętne)
5 sigma	233
6 sigma	3.4 (firmy klasy światowej)

Tak wysoka jakość oferowanych wyrobów oraz usług przekłada się na znaczący wzrost konkurencyjności przedsiębiorstwa, a w konsekwencji na polepszenie jego rentowności. Podstawowym miernikiem jakości w Six Sigma jest liczba wad w produkcie końcowym

wyrażona przez liczbę wad na jednostkę produktu. Bazą wątplenia jednym z głównych czynników prowadzących do tak zdefiniowanej doskonałości jest stały kontakt z klientem i wypracowanie razem z nim poszczególnych działań przedsiębiorstwa. Twórcy Six Sigma zmodyfikowali pojęcie „wady”. Od tej poru uważano, że wadą jest jakikolwiek brak satysfakcji klienta, który ma być zadowolony nie tylko z tego, co kupił, ale także z kompetencji sprzedawcy, dostępności wyrobów, formy płatności itp.

Zmniejszenie wadliwości oraz związanie z tym działania miały prowadzić do „kompleksowej satysfakcji klienta”. Takie zdefiniowanie wady oraz klienta przez twórców Six Sigma przyczyniło się do powstania określonych metod oraz narzędzi analizy przypisanych poszczególnym fazom modelu DMAIC (Define- Measure- Analize – Improve - Control).

Tab. 2. Algorytm DMAIC oraz stosowane w nim narzędzia

Nazwa etapu	Opis postępowania	Stosowane narzędzia
Define	Zdefiniowanie cechy krytycznej dla jakości	Wykres Ischikawy, analiza Pareto, QFD
Measure	Zmierzenie procesu, ustanowienie procesu do pomiaru tego procesu, aby zebrać jak najwięcej danych liczbowych	Statystyki opisowe, analiza powtarzalności i odtwarzalności, tabele licznosci
Analize	Analizowanie danych przy wykorzystaniu metod statystycznych	Testy nieparametryczne, histogram, analiza regresji, korelacje, planowanie eksperymentu
Improve	Podjęcie działań mających na celu wyeliminowanie powstałych problemów	Planowanie eksperymentu, karty zdolności procesu, analiza Pareto
Control	Zapewnienie stałości przyjętych rozwiązań	Monitorowanie zmienności, karty przepływu procesu, statystyczne sterowanie procesem SPC, plany kontroli, instrukcje



Rys. 1. Główne metody i narzędzia Six Sigma.

Źródło: Opracowanie [P.S. Pande, R.R. Neuman, R. R. Cavanagh 2003]

2. Przykładowe narzędzia Six Sigma

2.1. GŁOS KLIENTA (Voice of the Customer)

Największym wyzwaniem, przed którym stoi każda firma jest dokładne zrozumienie tego czego pragnie klient. To jakie ma potrzeby i wymagania ciągle się zmieniają i dlatego od przedsiębiorstwa wymaga to ciągłego, uważnego i kreatywnego „słuchania” tego co dzieje się na rynku. W tym celu opracowano narzędzie o nazwie „Voice of the Customer” – VOC, , zajmujące się przyjmowaniem i rejestrowaniem głosu klienta oraz trendów występujących na rynku. Wiąże się to z nieustannym monitorowaniem oczekiwań klienta odnośnie projektów. Narzędzie to nie niesie za sobą wysokich nakładów finansowych; głównym czynnikiem jest tu zaangażowanie się obu stron, czego efektem jest obustronna korzyść. Wiele firm wydaje bardzo duże ilości pieniędzy na badania rynkowe, ale często okazuje się, że nie rozumieją one swoich klientów tak dobrze jakby się to mogło wydawać. VOC będzie przynosił efekty jeżeli w przedsiębiorstwie będzie traktowany jako zadanie pierwszoplanowe, na które ciągle będzie zwracana uwaga.

Jednym ze znanych sposobów pozyskiwania informacji od klienta jest wywiad. Informacje pobierane w tej formie, przeprowadzone w przyjętych odstępach czasu są niezwykle pożyteczne dla wykonawcy. Firma może w ten sposób dowiedzieć się o potrzebach klienta. Szczególnie ważne są informacje o tych potrzebach, które nie zostały uwzględnione w umowie. Ciągłe badania i analizy przeprowadzane przez organizację nie powinny skupiać się tylko na obecnym kliencie, ale również korzystne jest skupienie się na analizie rynku. W tym celu przedsiębiorstwa stosują telemarketing czy badanie ankietowe.

Tab. 3. Metody wykorzystywane przez VOC - głos klienta.

Tradycyjne	Nowej generacji
<ul style="list-style-type: none">- Badania- Grupy badawcze- Rozmowy- Sformalizowany system zgłaszania skarg- Badania rynkowe- Programy dla klientów	<ul style="list-style-type: none">- Ścisłe sprecyzowane i wielopoziomowe rozmowy i badania- Karty punktowe klientów- Bazy danych i kopalnie danych- Kontrole klientów i dostawców- QFD (Quality Function Deployment)

Źródło: Opracowanie [P.S. Pande, R.R. Neuman, R. R. Cavanagh 2003]

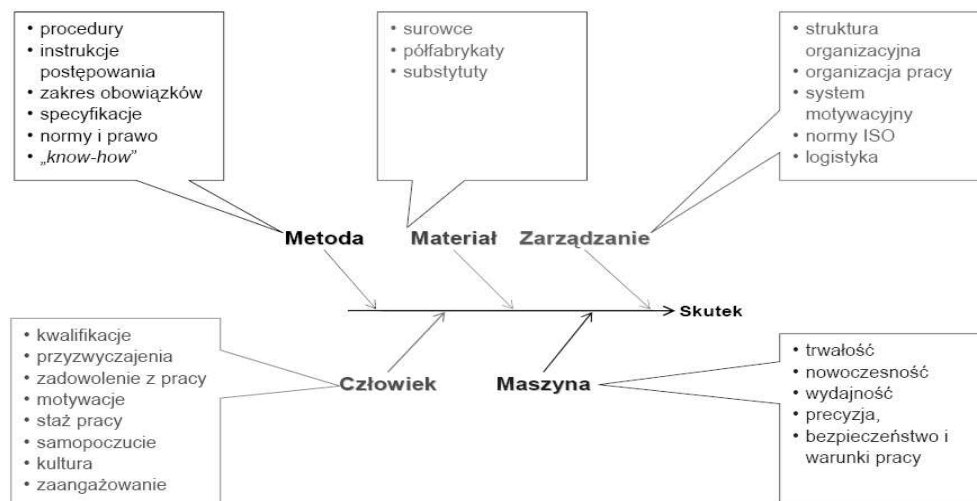
2.1. Diagram przyczynowo- skutkowy Ishikawy

Działalność każdego przedsiębiorstwa narażona jest na różnego rodzaju problemy, które utrudniają osiągnięcie zamierzonego celu. Diagram Ishikawy (diagram rybiej ości) stosowany jest przede wszystkim do rozwiązywania problemów związanych z poprawą jakości w przedsiębiorstwie. Jest metodą prostą, ale bardzo przejrzystą szeregującą przyczyny powstawania problemu. To graficzne przedstawienie wzajemnych powiązań pomiędzy przyczynami powodującymi jego powstanie.

Przyczyny błędów podzielone są na 6 kategorii, 5M+E: (rys.2)

W zależności od dziedziny, w jakiej wykres będzie stosowany można stosować również inne kategorie np. wyposażenie, ludzie, informacje. Każda kategoria jest następnie rozbudowywana o kolejne przyczyny szczegółowe, a jeżeli istnieje taka potrzeba to także o

podprzyczyny, aż do momentu całkowitego zidentyfikowania przyczyny powstania wady.



Rys. 2. Analiza kategorii przyczyn wg 5M

2.2. FMEA

FMEA analiza przyczyn i skutków wad mogących wystąpić w fazie projektowania oraz w fazie wytwarzania wyrobu/konstrukcji. Metoda ta pozwala urzeczywistnić ideę zawartą w zasadzie „zera defektów”, przeznaczona dla przedsiębiorstw, które za cel uznały ciągłe doskonalenie. Stosowanie tej metody obejmuje te gałęzie przemysłu, od których wymaga się wyrobów szczególnie wysokiej niezawodności ze względu na bezpieczeństwo użytkowników (np. przemysł samochodowy).

Podstawą założeń tej metody było zaobserwowanie zjawiska że:

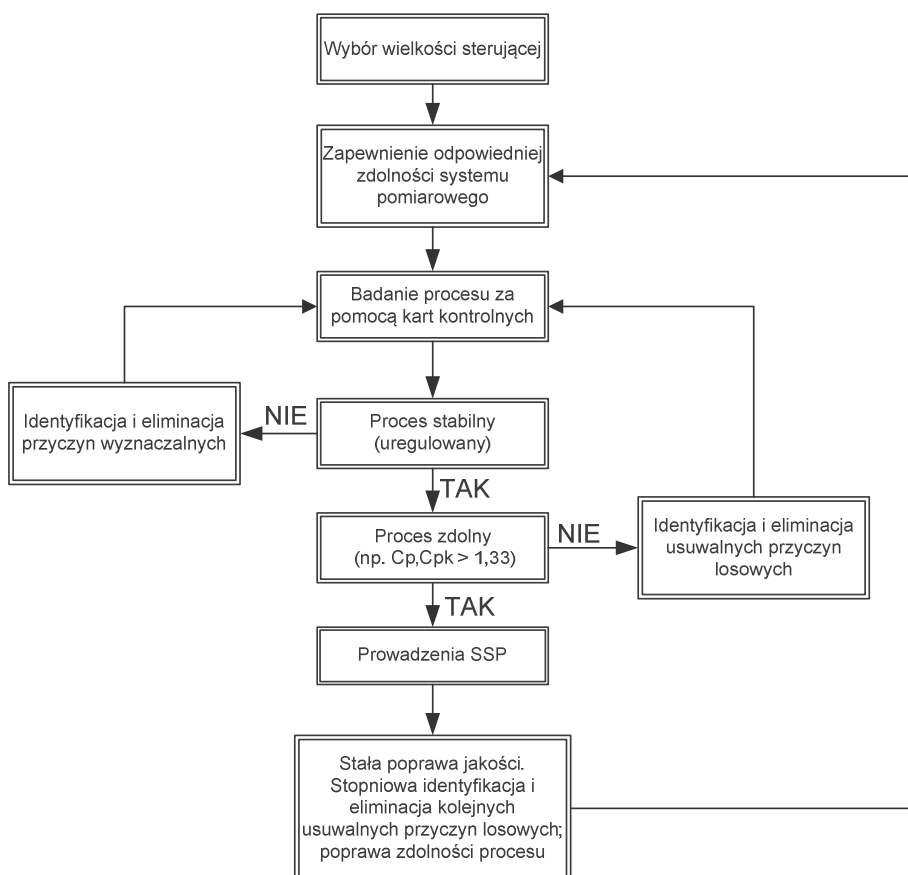
- Ok. 75% wszystkich błędów ma swoje korzenie w fazie przygotowania produkcji, ale wykrywanie wad w tej fazie jest stosunkowo niewielkie,
- Ok.80% błędów ujawnia się w fazie produkcji i jej kontroli oraz w czasie eksploatacji.

FMEA wyrobu przeprowadzana jest już podczas wstępnych prac projektowych w celu uzyskania informacji o silnych i słabych punktach wyrobu tak, aby jeszcze przed podjęciem właściwych prac konstrukcyjnych, istniała możliwość wprowadzenia zmian koncepcyjnych. Do wskazania słabych punktów wyrobu, mogących być w czasie jego eksploatacji przyczyną powstawania wad, są przydatne ustalenia uzyskiwane na etapie projektowania, dzięki wiedzy i doświadczeniu zespołu zaangażowanego w przeprowadzenie FMEA, a także z pomocą informacji uzyskiwanych podczas eksploatacji podobnych wyrobów własnych lub innych producentów.

FMEA wymaga pracy w zespołach 4-8 osobowych. Na czele takiej grupy osób powinien stać lider, którego zadaniem jest dobór członków, oraz organizacja możliwie najbardziej efektywnej pracy. Metoda ta umożliwia przedsiębiorstwu zapewnienie jakości podczas całego procesu wytwarzania jak również na etapie planowania i projektowania.

2.3. Statystyczne Sterowanie Procesem (SPC)

Głównym celem stosowania SPC (z ang. Statistical Process Control) jest monitorowanie jak największej ilości aspektów związanych z procesem produkcyjnym. Za pomocą narzędzi statystycznych (np. wykresów kontrolnych), obserwuje się, jak pod wpływem określonych czynników zachowa się badany proces. SPC to podstawa właściwego zorganizowania procesu produkcji, której głównym zadaniem jest wykrycie zaistniałej przyczyny, powodującej rozregulowanie się tego procesu. Analizując uzyskane wyniki jesteśmy w stanie stwierdzić czy proces jest statycznie stabilny, czy też nie. Strategia sterowania jakością wymaga od pracowników systematyczności oraz gorliwości przy realizowaniu projektów. Właśnie dlatego ważnym aspektem SPC jest odpowiednia motywacja i podejście do wykonywanych czynności. Współpraca z kierownictwem, oraz ciągła praca nad działaniami doskonalącymi służy całemu przedsiębiorstwu. SPC jest strategią podnoszenia jakości prowadzącą, dzięki posiadanemu doświadczeniu, do pracy inteligentniejszej, a nie cięższej.



Rys. 3. Schemat procesu wdrażania SPC
Źródło: Opracowanie J. Rewilak

SPC spełnia jednak swoją rolę tylko wówczas gdy sytuacje alarmowe jesteśmy w stanie wykryć w jak najszybszym czasie. Przeciwdziałanie im w procesie produkcyjnym pozwala na utrzymanie jakości na poziomie wynikającym z aktualnych wymagań rynku. Należy pamiętać, że narzędzie to służy tylko do pomocy w wykrywaniu niezgodności i nieprawidłowości. Istniejący problem można rozwiązać między innymi podejmując odpowiednie działania korygujące wykorzystując przy tym metody doskonalenia Six Sigma.

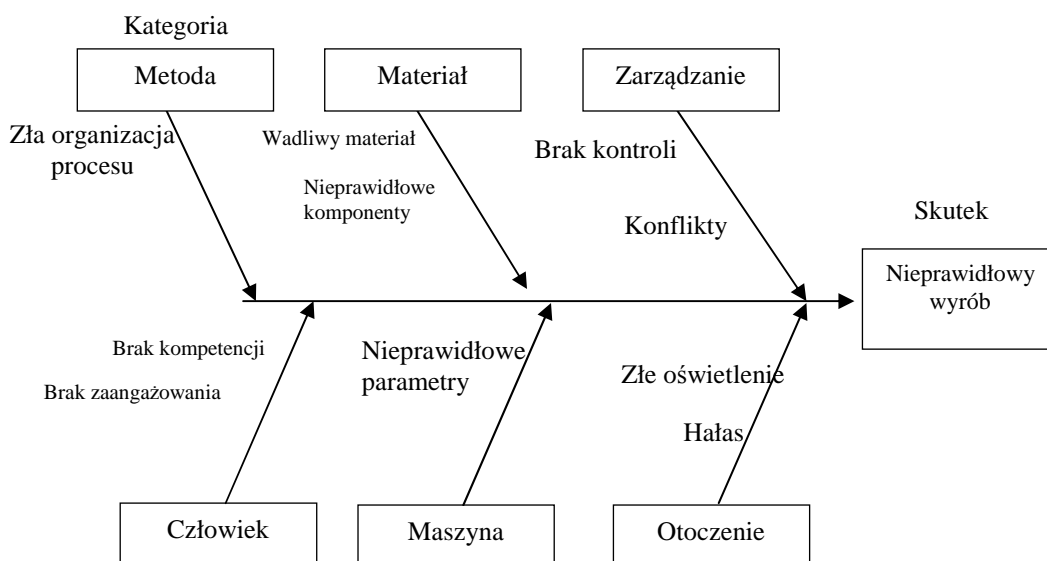
Wdrażając SPC należy:

- Określić właściwość wyrobu, dzięki której będzie można sterować procesem,
- Ustalić czy proces jest w stanie stabilnym czy nie,
- Z badać zdolności procesu.

3. Przykład zastosowania diagramu Ishikawy w procesie montażu

Aby przedstawić sposób tworzenia diagramu Ishikawy (Analiza kategorii przyczyn wg 5M) posłużymy się przykładem. Analiza będzie dotyczyła zapewnienia jakości w procesie montażu. Zakładamy że montaż będzie odbywał się poprzez łączenie, dostarczonych na linię produkcyjną, komponentów znormalizowanymi śrubami przy użyciu wkrętarek pneumatycznych.

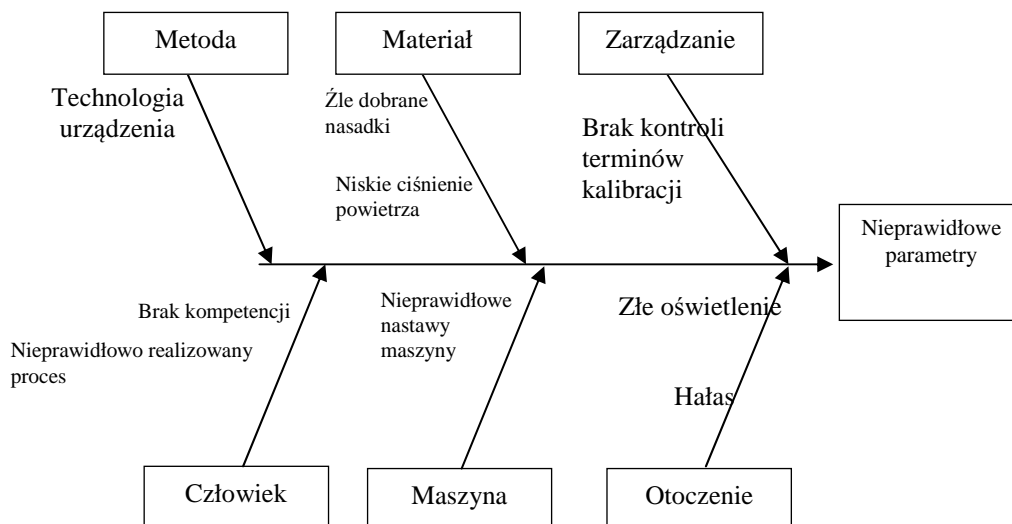
Budowę diagramu należy rozpocząć od zdefiniowania problemu. Niech naszym problemem będą nieprawidłowe (niezgodne ze specyfikacją) wyroby. Rozpiszmy zatem możliwe przyczyny źródłowe zgodnie z podziałem 5M + E:



Tak przedstawiony problem należy podać następnemu etapowi analizy i w analogiczny sposób rozpisać przedstawione problemy. Dla przykładu spróbujemy przeanalizować przyczynę z kategorii maszyna: nieprawidłowe parametry. Naszym problemem będzie jakość połączenia śrubowego. Jakość rozumianą jako zachowanie w procesie nominalnej wartości momentu dokręcenia. Zakładamy, że w dokumentacji technicznej posiadamy

specyfikację połączenia i powinniśmy osiągnąć określony moment dokręcenia.

Drugi wykres 5M + E:



Po drugim etapie, przyczyny źródłowe stają się coraz bardziej sprecyzowane. Nie są to już ogólne wskazówki, lecz konkretne parametry procesu, możliwe przyczyny błędów. Oczywiście można dalej prowadzić analizę i szukać głębszych przyczyn, wszystko zależy od złożoności procesu i naszej wiedzy o nim. Podział na kategorie przyczyn problemów zależy od rodzaju analizowanego problemu. Jeżeli nasz proces wymaga innych grup błędów, możemy ich użyć. Podział na 5M+E jest jednak bardzo uniwersalny i elastyczny. Przedstawiona metoda posiada dużą zaletę - wizualizuje problem. Odpowiednio przygotowany diagram pozwala na zapoznanie się z problemem w bardzo krótkim czasie. Dodatkowo można uwypuklić znaczenie poszczególnych przyczyn poprzez zastosowanie innych grubości kresek, kolorów lub umieszczając przy każdym wagę punktową.

4. Przykład zastosowania analizy FMEA

Analizie FMEA procesu zostanie przedstawiona na przykładzie procesu produkcji elementu systemu kominowego. Element ten jest to cienkościenna rura wykonana poprzez zespawanie arkusza blachy nierdzewnej. Kolejne etapy procesu przedstawiają się następująco:

- Przycięcie na odpowiednią długości arkusza blachy na gilotynie.
- Uzyskaniu kształtu rury na giętarcie do blachy.
- Zespawanie blachy spawarką półautomatyczną.
- Wykonanie przetłoczenia (mufy) na końcu rury (elementy są łączone na wcisk, mufa stanowi gniazdo dla następnego elementu).

Analizę należy rozpocząć od przeglądu zastanego procesu i przydzieleniu poszczególnym potencjalnym błędom trzech wskaźników:

- Z - znaczenie wady dla klienta 10-bardzo ważne 1- nieistotne,
- C - częstotliwość występowanie 10- 100% wyrobów wadliwych 1- rzadko występuje wyrób wadliwy,

- W - wykrywalność 1-100% wad wykrytych 1- wada niewykrywalna w procesie
- WPR - iloczyn poprzednich wskaźników, im wyższy tym wyższy priorytet wyeliminowania wady.

Tab. 4. Analiza FMEA procesu

Proces	Rodzaj wady	Skutek wady	Przyczyna wady	Stan obecny				
				Obecne środki kontrolne	Z	C	W	WPR
Cięcie	Zła długość arkusza	Nieprawidłowa średnica gotowego wyrobu	Źle ustawiona maszyna	Pomiar suwmiarką specjalistyczna, 5szt.co 1godzinę	6	6	2	72
			Nierównoległe podawanie arkusza	Pomiar suwmiarką specjalistyczna, 5szt.co 1godzinę	6	4	4	96
Gięcie	Brak okrągłego przekroju	Produkt podlega naprawie lub złomowaniu	Błędnie podany arkusz	Osadzenie na wzorniku	7	5	6	210
	Brak równoległości krawędzi		Błąd operatora	Kontrola wzrokowa	7	5	7	
Spawanie	Wadliwy spaw	Produkt ulega złomowaniu	Nieprawidłowy posuw	Kontrola wzrokowa	10	3	8	240
			Nieprawidłowa temperatura spawania	Kontrola wzrokowa	10	3	8	240
			Źle dobrana atmosfera spawania	Kontrola wzrokowa	10	4	8	320
Mufowanie	Wadliwa mufa	Produkt ulega złomowaniu	Zużyte elementy maszyny	Pomiar geometrii mufy suwmiarką 5szt co 8h	10	2	5	100

Tab. 5. Porównanie wskaźników WPR

Proces	Przyczyna wady	WPR- Było	WPR - Jest
Cięcie	Źle ustawiona maszyna	72	36
	Nierównoległe podawanie arkusza	96	12
	Tępy nóż	210	90
	Przekłamanie podczas przekazywania zlecenia	90	48
Gięcie	Błędnie podany arkusz	210	63
	Błąd operatora	245	63
Spawanie	Nieprawidłowy posuw	240	90
	Nieprawidłowa temperatura spawania	240	90
	Źle dobrana atmosfera spawania	320	90
Mufowanie	Zużyte elementy maszyny	84	56

Po pierwszym etapie widzimy, które miejsca w procesie wiążą się z największym ryzykiem. Wyraźnie widać że wskaźnik WPR jest największy dla procesu spawania i to ten proces powinniśmy usprawnić w pierwszej kolejności. Posiadając tą wiedzę, oraz wiedzę z

zakresu technologii procesu możemy przystąpić do opracowania nowego planu kontroli oraz powtórnej analizy FMEA. Z uwagi na objętość publikacji, od razu przedstawiamy wyniki analizy po wprowadzeniu poprawek procesu.

5. Podsumowanie

Osiągnięcie poziomu six sigma wymaga od przedsiębiorców zrozumienia przyczyn zmienności procesów, przeprowadzenia analizy przyczyn niezgodności, oraz ocenę ich kosztów. Stosowanie wymienionych powyżej narzędzi w dużym stopniu zmniejsza prawdopodobieństwo powstania błędów już na etapie projektowania procesu (np. zastosowanie analizy FMEA). Nie wystarczy samo stosowanie tych narzędzi, ale umiejętne korzystanie ich wyników i odpowiednie reagowanie na powstały problem. Zarówno VOC nie przyniesie oczekiwanych efektów gdy nie uda się nakłonić klienta do dzielenia się informacjami, jak i wykresy kontrolne nie dostarczą żadnych korzyści, gdy nie potrafi się odczytać z nich informacji. Współcześnie metoda Six Sigma zdobywa coraz większe uznanie wśród wielu organizacji. Prawdopodobnie sukces tej metody w dużej mierze uzależniony jest od wymiernych korzyści wynikających z jej wdrożenia. W przeciwieństwie do TQM, gdzie zaangażowanie pracowników w poprawę jakości było jedną z wielu zasad, nie przekształcających się w korzyści dla pracowników. Six Sigma skupia się przede wszystkim na poprawie rentowności przedsiębiorstwa, a wyniki finansowe wpływają na wysokość premii pracowników odpowiedzialnych za dany projekt.

Literatura

1. Harry M., Schroeder R.: Six Sigma – wykorzystanie programu jakości do poprawy wyników finansowych. Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2005.
2. Pande P.S., Neuman R.R., Cavanagh R.R.: Six Sigma - Sposób poprawy warunków nie tylko dla firm takich, jak GE czy Motorola. Wydawnictwo Liber, Warszawa, 2003.
3. Thompson J. R., Koronacki J., Nieckuła J.: Techniki zarządzania jakością od Shewharta do Six Sigma. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa, 2005.
4. Urbaniak M.: Zarządzanie jakością. Difin, Warszawa, 2004.
5. Wawak S.: Zarządzanie jakością teoria i praktyka. Wyd. 2, Helion, Gliwice, 2006.
6. Materiały szkoleniowe Six Sigma Yellow Belt Session.
7. Domańska A.: Od ISO 9000 do Sześć Sigma. Problemy jakości, Nr 6/2005, str. 14-18.
8. Greber T.: Od Jurana do Six Sigma. Zarządzanie jakością, Nr 3/2007, str.6-9.
9. Kraszewski R.: Lean Six Sigma. Problemy jakości, Nr 8/2006, str.4- 9.
10. Wolniak R.: Modele ciągłego doskonalenia w Sześć Sigma. Problemy jakości, Nr 5/2005, str.15-20.

Mgr inż. Aneta WRONA
Mgr inż. Maciej WRONA
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Wydział Mechaniczny
Politechnika Krakowska
31-864 Kraków, ul. Jana Pawła II 37
tel: (012) 374-32-60