

ZASTOSOWANIE SIX SIGMA W PROCESIE PRODUKCYJNYM – STUDIUM PRZYPADKU

Katarzyna MIDOR
Politechnika Śląska

WPROWADZENIE

Metody statystycznej kontroli jakości wykorzystywane są głównie w przedsiębiorstwach specjalizujących się w produkcji wielkoseryjnej i masowej. Wdrożenie takiej kontroli jest stosunkowo tanie, dlatego metody te są często stosowane. Statystyczna kontrola jest jedną ze skuteczniejszych metod zarządzania jakością. W wyniku rozwoju prac zapoczątkowanych przez Shewahart'a, Deminga, Ishikawy i Taguchiego powstało wiele narzędzi do kontroli procesu takich jak: TQM, Six Sigma, SPC i Shainin Tool. Każda z tych metod ma swoje własne założenia, co do podstawowych wartości i sposobu osiągnięcia celu, zależnie od metody angażowane są różne komórki w przedsiębiorstwie, wymagany jest różny poziom wiedzy i znajomości w celu zastosowania wybranego rozwiązania. Six Sigma jest to metoda zarządzania jakością zaimplementowana w firmie Motoroli w połowie lat 80 przez Boba Galvina oraz Billa Smitha. W matematyce Six Sigma oznacza odchylenie standardowe. Six Sigma oznacza odległość sześciu odchylen standardowych od wartości centralnej rozkładu normalnego w obu kierunkach. Obszar sześciu sigm od średniej arytmetycznej w lewo i prawo w rozkładzie normalnym wyznacza prawdopodobieństwo 3, 4 wystąpień poza tym przedziałem na 1 milion możliwości. W metodzie Six Sigma przyjmuje się, że defekty w procesach występują z pewnym prawdopodobieństwem, które można opisać rozkładami statystycznymi. Celem biznesowym na poziomie Six Sigma jest zatem zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia do 3,4 defektu na milion okazji. W ten sposób podejście Six Sigma może prowadzić do zwiększenia jakości i odtwarzalności procesów [6].

METODA SIX SIGMA

Metoda Six Sigma została opracowana z myślą o zapobieganiu problemom z punktu widzenia klienta. Stosując tę metodologię przedsiębiorstwo w oczach klienta chce być postrzegane jako proaktywne, szybkie i sprawne, będące ekspertem w swojej dziedzinie, przeprowadzające bezproblemowe uruchomienia nowych procesów.

Metoda Six Sigma jest procesem, który skupia się na procesach opartych na danych. Jest to filozofia skupiająca się na ciągłym doskonaleniu procesów. Pomaga zredukować źródła zmienności, definiować i rozwiązywać problemy, projektować nowe produkty z osiągnięciem „defect free quality levels” (wolnym od problemów na poziomie jakości). Pomaga wyznaczać kierunek, w którym powinno podążać przedsiębiorstwo, aby poprawiać swoje wyniki [1, 2, 6].

Celem metody Six Sigma jest redukcja zmienności – tak, aby założoną ilość σ zmieścić w limitach specyfikacji. Ilość sigma w limitach specyfikacji pokazuje ilość defektów (DPM – defects per million – ilość wybraków na milion sztuk).

Podstawą metody Six Sigma są dane i założenie, że każdy proces odpowiada równaniu $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ -> gdzie Y to zmienna zależna, wyjście, efekt, symptom, monitorowanie a X to niezależna, wejście do procesu, powód, problem, kontrola. Kluczem koncepcji Six Sigma jest koncentracja na problemach iksach. Ze względu na ograniczoną formę artykułu więcej na temat metodologii Six Sigma można znaleźć w [4, 5, 6, 7].

ZASTOSOWANIE SIX SIGMA W PRZEMYSŁE

W artykule zaprezentowano zastosowanie metody Six Sigma w przedsiębiorstwie produkującym elektryczne systemy wspomaganie do samochodów osobowych.

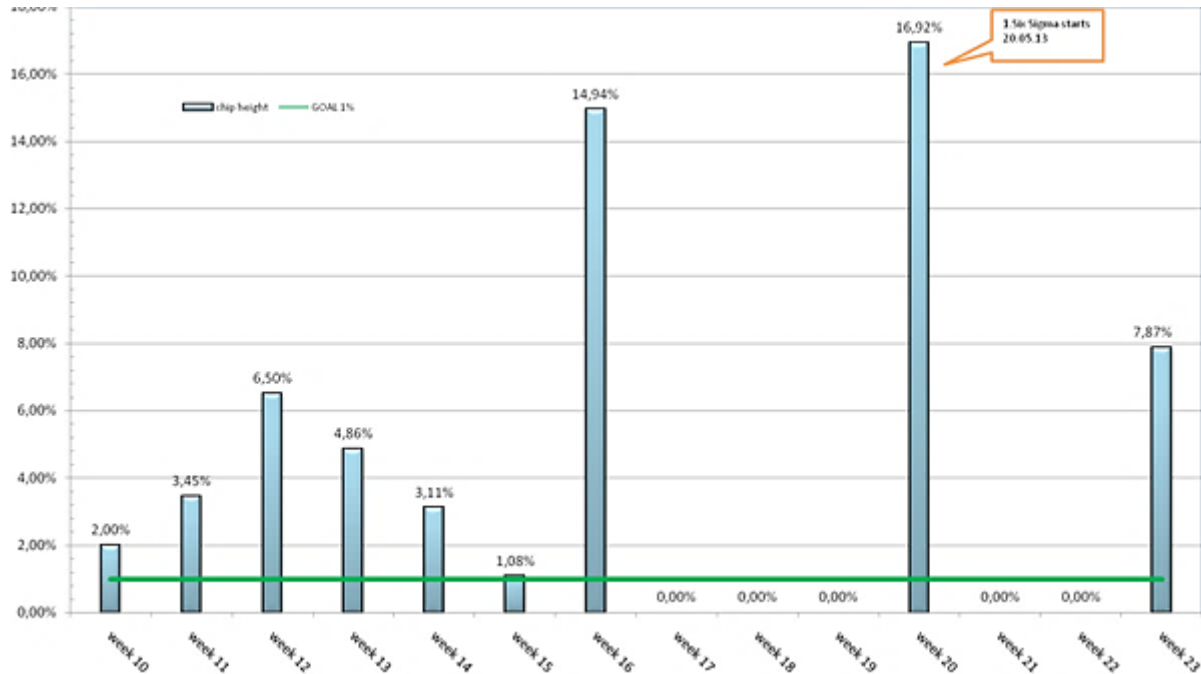
Rozpatrywany w artykule problem to jedna z operacji na pół automatycznej linii produkcyjnej. Stacja ta dokonuje pomiaru wysokości chipa w celu dobrania parametrów kalibracyjnych dla czujnika Halla. W przypadku, kiedy pomiar wysokości chipa nie mieści się w ustalonej specyfikacji, kontroler (jeden z najdroższych komponentów w całym systemie) zostaje zezłomowany. Pomiar dokonywany jest automatycznie poprzez stację testowo pomiarową w oparciu o technologie CMM (ang: Coordinate Measuring Machine). Na wynik pomiaru składa się wiele czynników takich jak ugięcie płytki podczas pomiaru, grubości powłoki zabezpieczającej na chipie oraz wysokości samego chipa. Dodatkowym zakłóceniem dla pomiaru mogą być zanieczyszczenia na chipie kontrolera [3].

Problem z pomiarem wysokości chipa na płycie kontrolera występował od początku istnienia produkcji w przedsiębiorstwie, ilość odrzutu rejestrowana przez komórkę odpowiedzialną za analizę stanu procesu była na tyle istotna a związane z nim koszty były na tyle wysokie dla przedsiębiorstwa, że zdecydowano się na zastosowanie Six Sigma w celu usunięcia bądź zminimalizowania przyczyny wystąpienia defektu w procesie. Odrzut na przekroczenie wysokości chipa dochodził do 6%, dlatego też celem było zredukowanie odrzutu części ze względu na wysokość chipa poza specyfikacją na operacji pomiaru wysokości chipa (prasowanie magnesu) na linii montażu motokontrolera. Skutkiem tego miało być zmniejszenie kosztów złomu, poprawa FTQ (ang: First Time Quality) oraz zwiększenie wydajności linii.

Bazą do podjęcia prac było określenie stanu obecnego. Określono obecny stan dzięki wybranemu sposobowi pomiaru (danym FTQ). Na rysunku 1 pokazano 13 kolejnych tygodni produkcyjnych, gdzie odpowiednio w 10 tygodniu kalendarzowym roku został odnotowany odrzut z procesu na poziomie 2% całości produkcji, w tygodniu 11 – 3,45%, 12 tygodniu – 6,5%, wysoką wartość odnotowana w tygodniu 16 – 15 % natomiast największą wartość odnotowano w tygodniu 20 i wynosił on prawie 17% całości produkcji. Zieloną kreską został zaznaczony cel do jakiego należy zredukować odrzut części – wynosi on 1%.

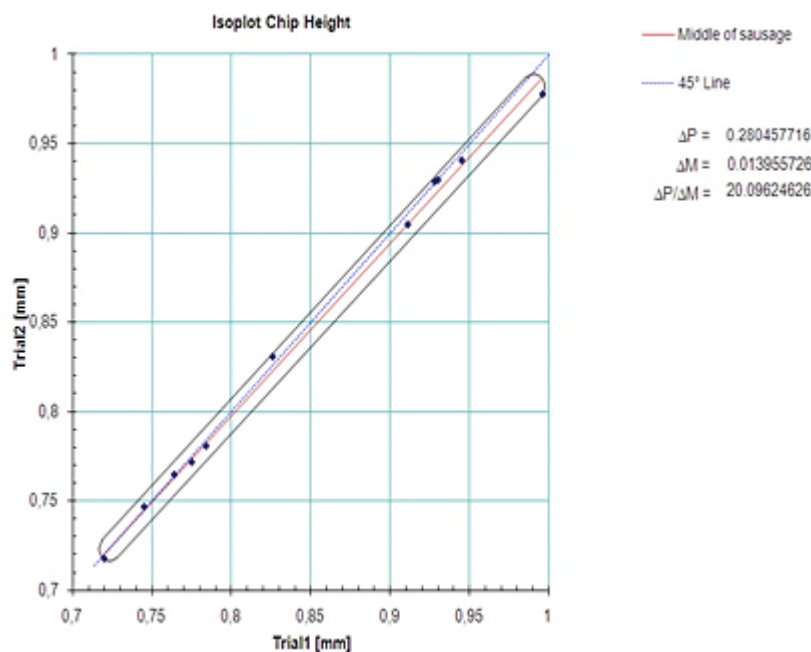
Po zdefiniowaniu podstaw projektu wykonano analizę stanu obecnego. Analiza została przeprowadzona zgodnie z założeniami metody Six Sigma, a więc zdefiniowano wymagania i ograniczenia wykonywanej operacji oraz wymagania klienta. Następnie opracowano mapę procesu, co pozwoliło na identyfikację punktu krytycznego procesu,

którym okazał się system pomiarowy. System pomiarowy zastosowany w analizowanym procesie to automatyczna stacja wyposażona w narzędzia pomiarowe CMM.



Rys. 1 Wykres FQT odrzutu na przekroczenie wysokości chipa

Przeprowadzono badania wprowadzając dwa razy po dziesięć komponentów, przy czym każdą partię wprowadzał do procesu inny operator. Następnie dokonano pomiarów i przeprowadzono analizę powtarzalności. Rysunek 2 pokazuje korelację wyników. Jak można zaobserwować na wykresie uzyskano wysoką liniową korelację.



Rys. 2 Wykres korelacji powtarzalności pomiaru

Po zweryfikowaniu systemu pomiarowego wyeliminowano maszynę i metodę jako przyczynę problemu. Badając system pomiarowy oraz wnikliwie analizując instrukcje stanowiskowe stwierdzono także, że człowiek nie jest czynnikiem wpływającym na proces. W rezultacie udało się wyznaczyć główną przyczynę zwiększonego odrzutu z operacji pomiaru wysokości chipa. Przeprowadzono doświadczenia mające na celu ustalenie, jak na pomiar wysokości chipa wpływa powłoka ochronna, która nakładana jest przez dostawcę komponentu. W celu przeprowadzenia doświadczenia usunięta została powłoka na częściach, które mierzono wcześniej w celu weryfikacji systemu pomiarowego. Poddano części ponownemu pomiarowi w maszynie. Uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1 Wyniki pomiaru w maszynie

Część	1	2	3	4	5
Z powłoką ochronną	0,986mm	0,747mm	0,774mm	0,720mm	0,786mm
Bez powłoki ochronnej	1,025mm	0,775mm	0,803mm	0,742mm	0,823mm
Różnica	0,039	0,028mm	0,029mm	0,022mm	0,037mm

Wyniki potwierdziły, że powłoka ochronna ma wpływ na wynik pomiaru, jednak jak łatwo zauważyć, usunięcie powłoki ochronnej nie zmniejsza wysokości chipa. Postanowiono zatem w dalszej analizie skupić się na mierzonych częściach. Dokonano dodatkowych pomiarów w laboratorium wysokości chipa w odniesieniu do wyznaczonej bazy i pomiaru płytki PCB. Zauważono, że podczas wykonywania pomiaru następuje ugięcie płytki PCB w odniesieniu do bazy. Wyniki pomiarów wysokości były bardzo stabilne i mieściły się w przedziale 0,89 mm a 0,05 mm.– tabela 2.

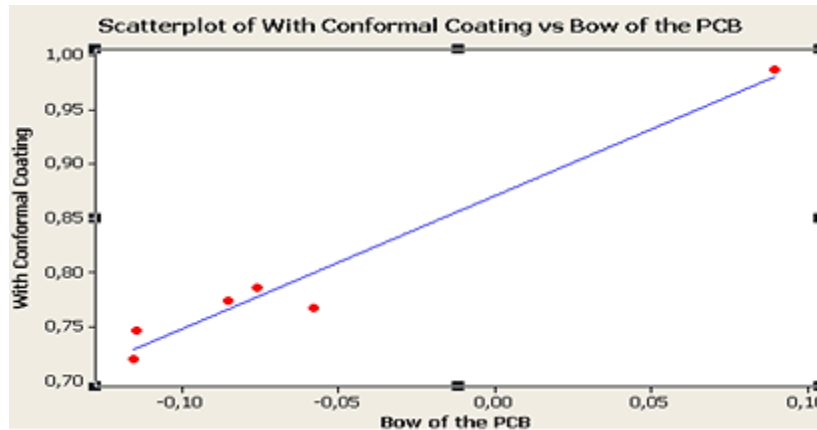
Tabela 2 Wyniki pomiarów w laboratorium

Część	1	2	3	4	5
Pomiar wysokości chipa do bazy	0,945mm	0,928mm	0,936mm	0,895mm	0,925mm
Ugięcie płytki PCB	0,089mm	-0,114mm	-0,085mm	-0,058mm	-0,076mm
Suma	1,034mm	0,814mm	0,851mm	0,837mm	0,849mm
Z powłoką ochronną	0,986mm	0,747mm	0,774mm	0,720mm	0,786mm
Bez powłoki ochronnej	1,025mm	0,775mm	0,803mm	0,742mm	0,823mm

Na podstawie wyników uzyskanych w laboratorium, wysunięto wniosek, że głównym czynnikiem wpływającym na zmienność jest ugięcie płytki PCB podczas wykonywania pomiaru. Wykres punktowy pokazujący zależność między ugięciem płytki a pomiarem części z powłoką ochronną przedstawia rysunek 3.

Znając przyczynę odrzutu zaczęto analizować możliwe rozwiązania problemu ugięcia płytki podczas pomiaru. Rozważono zmianę sposobu mocowania płytki podczas pomiaru w celu wyeliminowania możliwości jej ugięcia. Rozważono także zmianę dostawcy płytki. Postanowiono przeanalizować również rysunek techniczny złożenia motokontrolera, co pozwoliło stwierdzić, że ugięcie płytki podczas pomiaru nie jest uwzględnione na rysunku. Zdecydowano zatem, że optymalnym rozwiązaniem, który

zminimalizuje koszty odrzutu i nie będzie wiązał się z kosztami przekraczającymi oszczędności uzyskane dzięki wyeliminowaniu problemu na linii, będzie uwzględnienie ugięcia płytki na rysunku technicznym.



Rys. 3 Wykres korelacji zależności między ugięciem płytki a wysokością chipa z powłoką

PODSUMOWANIE

Six Sigma jest metodą, która wykorzystuje narzędzia takie jak: burza mózgów, diagram Rybiej Ości, FMEA czy analiza Patero i spaja je w przejrzystą i rzetelną całość popartą dowodami. Głównym zadaniem metody jest wyeliminowanie problemu poprzez zrozumienie przyczyny zmienności w procesie. Aby można było wykonać to we właściwy sposób przedsiębiorstwo musi przygotować swoje procesy tak, aby zbierać jak najwięcej danych. Często zdarza się, że pewne dane są marginalizowane aż do momentu wystąpienia problemu, wtedy często jest już za późno na znalezienie rozwiązania. W rezultacie przeprowadzonych opisanych w artykule działań w zdecydowany sposób obniżyły się odrzuty z procesu do poziomu poniżej 1% wielkości produkcji. Dało to ponad milion trzysta tysięcy złotych oszczędności. Dodatkowo przedsiębiorstwo wzbogaciło się o wiedzę o pomiarach płytek PCB, dzięki czemu może uniknąć podobnych problemów w przyszłości.

LITERATURA

1. A. Aczel, *Statystyka w zarządzaniu*. Warszawa: PWN, 2000.
2. E.L. Grant, *Statystyczna kontrola jakości*, Warszawa: PWE, 1972.
3. M. Grzegórski, „Zastosowanie metodologii SixSigma do doskonalenia procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie branży Automotive,” praca dyplomowa, Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, Zabrze, 2016.
4. S.G. Shina, *Six Sigma for electronics design and manufacturing*, New York: McGraw-Hill, 2002.
5. J.R. Thompson, J. Koronacki, *Statystyczne sterowanie procesem. Metoda Deminga etapowej optymalizacji jakości*, Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, 1994.
6. J.R. Thompson, J. Kornacki and J. Nieckuła, *Techniki zarządzania jakością od Shewharta do metody „Six Sigma”*, Warszawa: Exit, 2005.

7. K. Yang, B. El-Habik, *Design for six sigma. A roadmap for product development*, New York: McGraw-Hill, 2003.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 04.2017

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 05.2017

dr inż. Katarzyna Midor

Politechnika Śląska

Wydział Organizacji i Zarządzania

Instytut Inżynierii Produkcji

ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze, Polska

tel.: +4832 277 73 50, e-mail: katarzyna.midor@polsl.pl

ZASTOSOWANIE SIX SIGMA W PROCESIE PRODUKCYJNYM – STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie: Zagadnienia związane z jakością produktu finalnego i poszczególnych komponentów składających się na produkt końcowy są ważne w każdej branży. Szczególnie w branży motoryzacyjnej, gdzie konsekwencje błędów jakościowych są bardzo dotkliwe i kosztowne. Celem artykułu jest zaprezentowanie zastosowania metody Six Sigma do doskonalenia procesu pomiaru wysokości chipa na płycie kontrolera na strumieniu produkcyjnym dla klienta klasy Premium. Zastosowana metoda, którą można zdefiniować w sposób matematyczny, pozwoliła zminimalizować przyczyny zbyt wysokiego odrzutu wybranego elementu, co zostanie zaprezentowane w artykule.

Słowa kluczowe: Six Sigma, proces produkcyjny, jakość, doskonalenie procesu

USE OF SIX SIGMA IN THE PRODUCTION PROCESS – CASE STUDY

Abstract: Issues related to the quality of the final product and the individual components that comprise it are important in every branch of the industry. This is especially true for the automotive branch, where the consequences of quality errors are very severe and costly. The article presents the use of the Six Sigma method for the improvement of the process of height measurement of a controller board chip in a production stream for a premium-class client. The method used, which can be defined mathematically, allowed for minimising the causes for excessive rejection rates of the element in question, which was presented in the article.

Key words: six sigma, production process, quality, process improvement