

Niepewność metody FMEA

Wprowadzenie

Doskonalenie produkcji metodą kolejnych kroków odbywa się na drodze analizowania przyczyn niedociągnięć, znajdowania miejsc powstawania wad, oceny ich skutków, analizowania przyczyn oraz szukania sposobów zabezpieczenia przed ich powstawaniem. Droga faktycznie jest o wiele dłuższa obejmuje wiele etapów w tym definiowanie problemu ustalanie sposobów pomiaru itd. Metodą najczęściej stosowaną w takich przypadkach jest FMEA. Badania przy jej pomocy nie są adekwatne do rzeczywistości. Wiąże się to często z: znaczną subiektywnością oceny następstw czyli czynnika L_{pz} , priorytetowej liczby znaczenia wady, przyjmowaniem w niej nieliniowej skali z prawdopodobieństwem wystąpienia wady L_{pw} , czy prawdopodobieństwem wykrycia wady L_{po} . Bardzo duże znaczenie ma swobodny dobór L_{pz} , np. dla małego znaczenia wady wybór 3 zamiast 2 powoduje już ponad 2 krotny wzrost wariancji, podobnie jest dla pozostałych czynników iloczyn. Wynika to z propagacji wariancji, równanie 1. W takim przypadku wariancja końcowego wyniku L_{pr} , oznaczona w równaniu przez σ_y^2 , jest sumą iloczynów kwadratu pochodnych cząstkowych po każdym z czynników x_i i jego wariancji σ_{xi}^2 . Jak powyżej przedstawiono wzrost niepewności otrzymanych wyników jest wyjątkowo duży.

Równanie 1

$$\sigma_y^2 = \sum \left(\frac{dy}{dx_i} \right)^2 \sigma_{xi}^2$$

Równanie 2

$$L_{pr} = L_{pz} \times L_{pw} \times L_{po}$$

Równanie 3

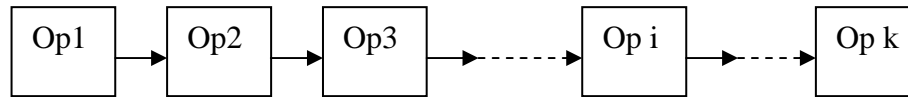
$$\sigma_{L_{pr}}^2 = (l_{pw} \times l_{po})^2 \times \sigma_{L_{pz}}^2 + (l_{L_{pz}} \times l_{po})^2 \times \sigma_{L_{pw}}^2 + (l_{pw} \times l_{L_{pz}})^2 \times \sigma_{L_{po}}^2$$

Przyjmując dla czynników L_{pz} , L_{pw} , L_{po} średnie wartości 5 oraz wariancje na poziomie $1,5^2$ otrzymamy wariancje końcowego wyniku równą 65^2 , czyli końcowy wynik z prawdopodobieństwem 0,95 będzie występował w przedziale o długości 260 jednostek. Przy zakresie możliwych wartości od 1 -1000 stanowi to bardzo duży zakres niepewności błędu oceny. Z tego powodu postanowiono wykonać oszacowanie w odmienny sposób, biorąc za podstawę nie subiektywną ocenę a dane dostępne z dotychczasowej działalności zakładu. Obliczenia takie pozwolą także porównać wyniki otrzymane wg metody FMEA i wyliczeń opartych na rzeczywistości poniesionych przez zakład kosztach.

Gdy doskonalenie istniejącej produkcji dokonamy w oparciu o poniesione koszty związane z wadami, dane niezbędne do ich oszacowania znajdziemy w dokumentach związanych z produkcją, reklamacjami czy marketingiem. Tak, że prawdopodobieństwo wykrycia wady nie będzie nieznaną, a konkretną wielkością zapisaną w dziale kontroli jakości dodatkowo z

informacją gdzie wada powstała i gdzie została wykryta, co dzięki dalszej analizie pozwoli ograniczyć przy doskonaleniu produkcji działania do najistotniejszych

Istotne przy ocenie kosztów jest nie tyle miejsce powstania, ale często, bardziej miejsce wykrycia. Poniesione koszty wybraku k_{ji} są, zatem sumą kosztów poniesionych do momentu wykrycia, powiększone o koszty usunięcia tej wady w tym także koszty reklamacji czy utraty zysku z powodu niedostosowania jakości wyrobu do wymagań klienta. By odnieść to do produkcji pojedynczego wyrobu należy przemnożyć je przez prawdopodobieństwo wykrycia wady” j „w analizowanej operacji „ i ” lub u klienta, co oznaczono przez p_{ji}



Rysunek 1 Schemat operacji

Dla wad oznaczonych nr j , w_j całkowity koszt odniesiony do jednostki produktu k_{cj} jest sumą poniesionych kosztów i prawdopodobieństwa ich wykrycia w kolejnych po powstaniu wady operacjach łącznie z prawdopodobieństwem wykrycia i kosztami występującymi u klienta, jeżeli tam zostanie wykryta wada

$$k_{cj} = \sum_{i=1}^k p_{ji} k_{ji}$$

Wielkość ta może być podstawą do oceny rozkładu kosztów w zależności od rodzaju jak i miejsca wykrycia wady a tym samym określenia miejsc w procesie, w których poprawa jest najbardziej wymagana.

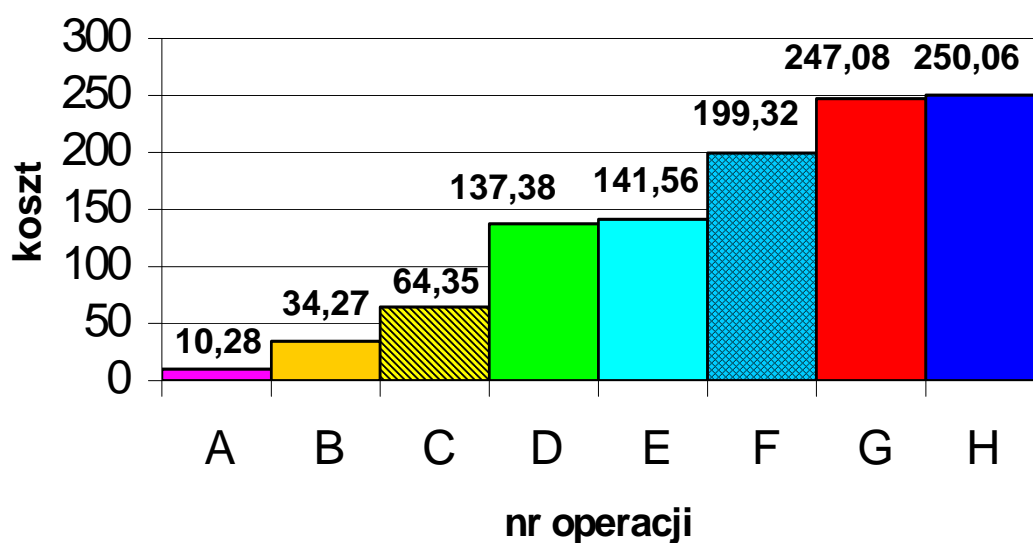
Otrzymanie tego typu wyników pozwala nie tylko na wyznaczenie miejsc powstawania największych kosztów, ale także właściwego rozmieszczenia punktów kontrolnych, a dodatkowo otrzymane wielkości pozwalają utworzyć wykres prezentujący rzeczywiste udziały kosztów poszczególnych wad.

Część praktyczna

Celem zaprezentowania tej metody i jej oceny wykonano porównania wyników z najczęściej w tych przypadkach stosowaną metodą FMEA. Badania przeprowadzono na podstawie danych z dużego zakładu produkcji wyrobów stalowych, w którym od wielu lat wdrożony jest system zarządzania jakością i stosowana jest w celu doskonalenia produkcji metoda FMEA.

W badaniach zidentyfikowano 26 wad, które mogą powstać w jednej z 8 operacji (stanowisk). W dalszych badaniach istotne znaczenie mają jedynie wady, których udział w sumie wad był większy od 0.01% a koszt na jednostkę wyrobu nie przekraczał 1 zł. Wad tych było jedynie 7, czym uwarunkowana została budowa tab. 1. Prezentowane dane pochodzą z okresu jednego roku i są zbliżone do wyników z lat poprzednich. W badanym roku nie wystąpiły żadne reklamacje, reklamacje w badanym zakładzie występują raz na kilka lat. W celu prezentacji wzrostu kosztów produkcji w kolejnych operacjach przedstawiono na rys.2 skumulowane koszty 8 operacji oznaczonych od A do H. Każdemu stanowisku przyporządkowana była pojedyncza operacja. Pokrywanie się stanowiska, na którym wykryto wadę z operacją wykonywaną na tym stanowisku częściowo wynika z nazewnictwa stosowanego w niniejszym zakładzie

Niezbędne do dalszych analiz prawdopodobieństwo wykrycia każdej z 7 wad na każdym z 8 stanowisk, od A do H przedstawiono w tab1.



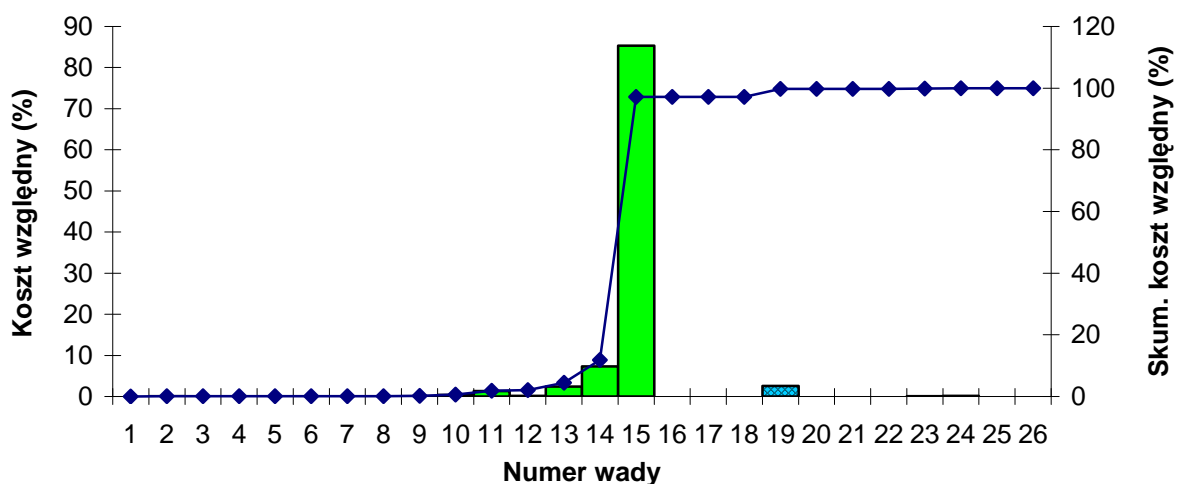
Rysunek 2. Skumulowane koszty kolejnych operacji, każda operacja ma odmienny kolor

Tabela 1. Procentowy udział wykrywanych na każdym z badanych stanowisk wad

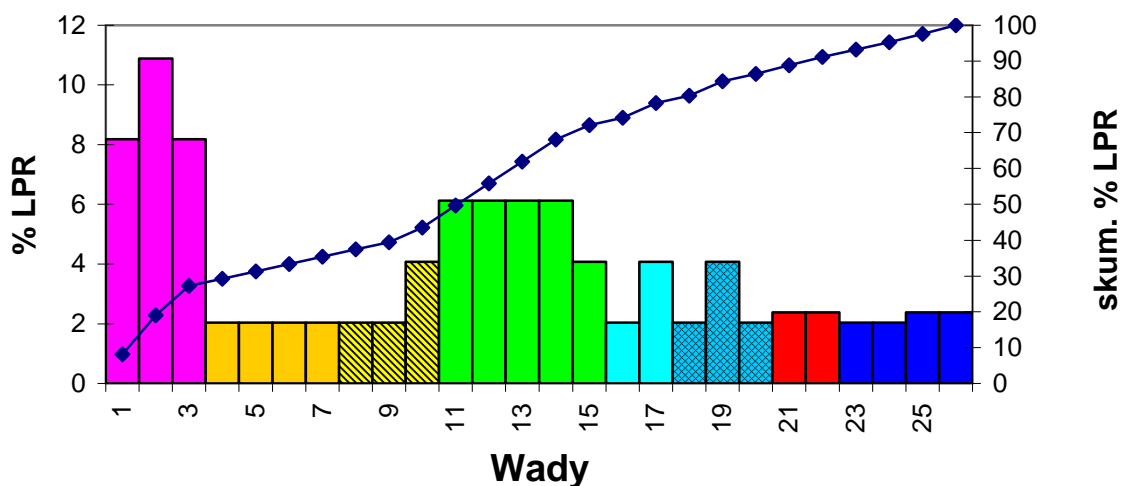
Rodzaj wady Stanowiska	Niewypań- nienie profilu	Wady kształtu	Nieprawi- dłowy wymiar	Niezgodność cechowania	Zawalco- wania	Wady wewnętrzne	Pęknięcia
A) Przyjęcie i kontrola wsadu	-	-	-	-	-	3,92	0,88
B) Cięcie wsadu	0,01	0,00	0,02	0,02	-	-	-
C) Piec obrotowy	-	-	0,02	-	0,15	-	0,88
D) Prasowalczarka	1,29	0,13	2,38	-	7,20	-	83,34
E) Kontrola międzyoperacyjna	-	-	-	0,69	-	-	0,88
F) Obróbka ciepła	-	-	0,02	-	-	-	1,76
G) Kontrola i badania	-	-	-	-	-	0,01	-
H) Odbiór końcowy	-	-	0,02	0,08	-	0,01	-

Dla metody opartej na rzeczywistych kosztach otrzymano wyniki, które w celu możliwości porównań zaprezentowano jako względne, czyli odniesione do całości kosztów, co przedstawiono na rys 2. Dane do powyższego opracowania zostały otrzymane z działu zarządzania jakością

Dla tego samego procesu skorzystano z wyznaczonych w badanym zakładzie, przez grupę specjalistów od zarządzania jakością, czyli osób najlepiej znających się na badanym procesie, liczby priorytetowe Lpr jako iloczyny liczb priorytetowych wystąpienia wad Lpw, znaczenia wad Lpz i wykrywalności wad Lpo. Otrzymano wartości od 12 do 64, by możliwe stało się porównanie otrzymanych z obu metod wyników przedstawiono je w postaci udziałów procentowych w zależności od wady. Wyniki dla udziału procentowego liczby priorytetowej Lpr w zależności od rodzaju wady przedstawiono na rysunku nr3.



Rysunek 3 Względne koszty wad (numeracja wad zgodna z możliwą kolejnością ich powstawania)



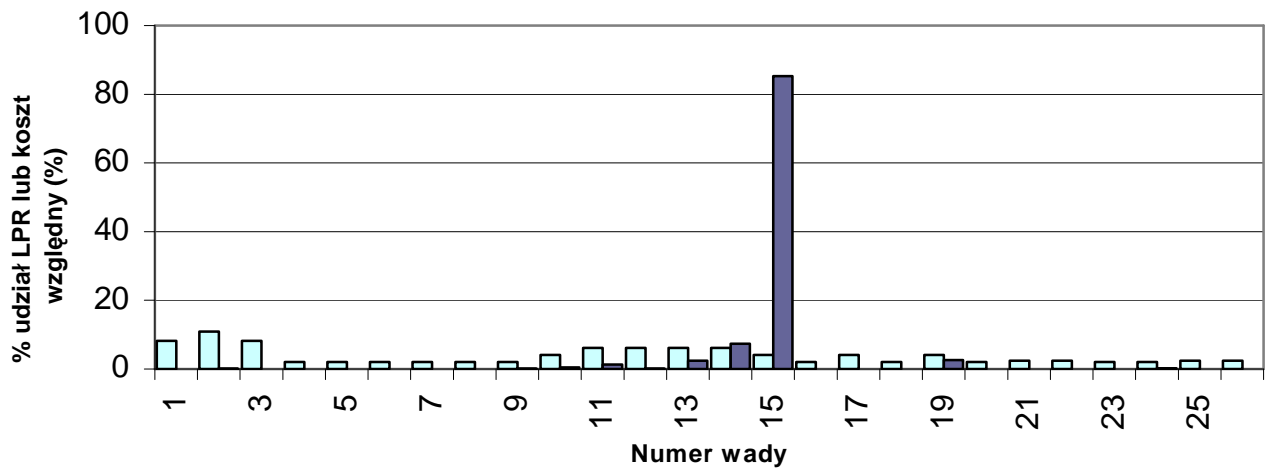
Rysunek 4 Względne liczby priorytetowe wad (numeracja wad zgodna z możliwą kolejnością ich powstawania, Jednakowe kolory odpowiadają jednakowym stanowiskom

Podsumowanie

Metoda FMEA ma wiele zalet jest bardzo popularna, intuicyjnie poprawna, łatwa w wykonaniu nie wymaga znajomości rzeczywiście poniesionych kosztów Dostępne tabele doboru wskaźników w niej stosowanych czynią ją wygodną w użyciu, nie mniej jednak wyniki wg niej otrzymane w tak dużym stopniu są subiektywne tak, że nawet wykonywana przez fachowców dają znacząco różne wyniki. Są zależne od osób ją wykonujących wymagają, zatem olbrzymiego doświadczenia i znacznej dyscypliny w jej stosowaniu. Jej zalety są zarazem jej wadami. Tak, więc jej użyteczność jest, z czego należy sobie zdać sprawę, złudna. Wykonane badania na rzeczywistym obiekcie, dużym zakładzie produkcyjnym przez pracowników pracujących w tym zakładzie i zajmujących się, na co dzień sprawami jakości, spełniają wymagania poprawnego przeprowadzenia analizy FMEA. Analizy te wykonywane są w celu zapewnienia wymaganej jakości wyrobom a powodowane jest to ogólnym celem zakładu bycia zakładem dochodowym w możliwie najdłuższym okresie czasu i produkowania coraz lepszych wyrobów. W tych warunkach porównano wyniki otrzymane z analizy FMEA z kosztami ponoszonymi przez zakład z powodu wadliwych wyrobów w trakcie i po produkcji..

By porównanie wyników obu metod było czytelniejsze oba wykresy połączono i zaprezentowano na wspólnym stosując te same skale dla obu porównywanych wielkości. Otrzymane wyniki różnią się bez wątpienia w zasadniczy sposób pomiędzy sobą, jeżeli przyjmiemy za decydujący wynik wielkość kosztów, metoda FMEA daje całkowicie nieprawdziwe wyniki nie tylko, co do bezwzględnych, co nie jest tu najważniejsze, ale głównie, co do względnych wartości. Stąd stosowanie jej do oceny kosztów wad i wynikających z tego kierunków badań czy doskonalen procesy jest nie tylko nierzetelne, ale i błędne. Wynika to głównie z subiektywności oceny wady, i nieliniowości przyjętej skali do przeliczania prawdopodobieństwa wystąpienia jak i wykrycia wady, co w efekcie powoduje kumulację błędów, tak dużą, że dla najważniejszej wady różnice sięgają $(85,29 - 4,08) / 4,08 * 100\% = 1990\%$. Jeżeli chodzi o ranking wad, co wiąże się z kolejnością podejmowanych badań, usprawnień to wada nr 15 będąca najkosztowniejsza, wg FMEA plasuje się dopiero na

8 miejscu. Tak więc podjęte działania, mogą dać jedynie drugorzędne o ile nie trzeciorzędne efekty. Mniej drastycznie wyglądają porównania dla drugiej czy trzeciej w kolejności wady.



Rysunek 5 Porównanie wyników obu metod oceny wad kosztów

wg FMEA wg

Prezentowana metoda nazwana C-FMEA zwana też kosztową daje podstawy do rzetelnej oceny występujących wad w zależności od miejsca powstania wady, kosztów związanych z kolejnymi operacjami, sprawności i miejsca kontroli a także po uzupełnieniu kosztami przewidywanych zmian będzie służyć do ustalenia kierunków działań w celu doskonalenia produkcji czy produkowanych wyrobów.