

Praca nr 6

Zastosowanie FMEA (Failure Mode Effect Analysis) produktu w projektach inżynierskich

W pracy przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem nowoczesnych metod i narzędzi z instrumentarium zarządzania jakością w produkcji stoczniowej. Praca ma charakter empiryczny. Produkt, jaki został poddany analizie to przestrzenna sekcja kadłubowa, będąca elementem projektu modyfikacji jednostki ro-ro. Modyfikacja ta była spowodowana koniecznością instalacji płuczek spalin, których zastosowanie umożliwiło dostosowanie jednostki do wymagań stawianych przez nowe przepisy przy dalszym stosowaniu paliwa ciężkiego. Budowa i instalacja nowej sekcji przestrzennej powiększyła przestrzeń w kominie, zapewniając dodatkową przestrzeń do instalacji nowych urządzeń. Głównym powodem wyboru takiego tematu pracy i takiego produktu poddawanego analizie jest brak w dostępnych źródłach przykładów zastosowania metod i narzędzi zarządzania jakością w odniesieniu do jednostkowej produkcji okrętowej. Tym bardziej celowe wydaje się przeanalizowanie takiego przypadku w odniesieniu do sytuacji polskiego przemysłu okrętowego, gdzie praktycznie niespotykana jest już produkcja seryjna lub nawet małoseryjna jednostek pływających. Budowane są głównie jednostki prototypowe i niewielkie serie dwóch lub trzech jednostek tego samego typu. Podobna sytuacja dotyczy budowy konstrukcji stalowych na statki i konstrukcje offshore remontowane i przebudowywane. W takich przypadkach powstająca konstrukcja musi być każdorazowo wytwarzana na potrzeby konkretnej jednostki i konkretnego zadania, które jednostka po przebudowie lub remoncie ma wypełniać. Nie zmienia to jednak faktu, że mimo produkcji jednostkowej dalej są to produkty bardzo złożone, składające się z setek elementów, o bardzo dużej wartości, przy których produkcji występuje wiele zagrożeń, w takich obszarach jak jakość produkcji, bezpieczeństwo czy wynik finansowy. Zastosowanie metod i narzędzi zarządzania jakością pozwoliło w wielu innych produktach i projektach inżynierskich ograniczyć ilość wad lub zmniejszyć znaczenie skutków ich wystąpienia, więc tym bardziej celowym wydaje się zastosowanie tego instrumentarium do tak złożonych i wartościowych konstrukcji.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości zastosowanie analizy FMEA (Failure Mode Effect Analysis) produktu do nowobudowanej sekcji przestrzennej będącej

elementem przebudowy jednostki ro-ro, mającej dostosowanie jej do wymogów zaktualizowanych przepisów.

W pierwszej, teoretycznej części pracy, przedstawiono pokrótce historię zarządzania jakością. Przedstawiono jak sposób myślenia o jakości i wydajności produkcji zmieniał się w trakcie rozwoju przemysłu. Od początkowych etapów polegających głównie na końcowej kontroli jakości produkowanych wytworów do obecnie stosowanego podejścia mającego na celu kompleksowe zarządzanie jakością na każdym etapie powstawania produktów. Jednym z ciekawszych zagadnień w historii zarządzania jakością jest to, na jak wczesnym etapie pojawiły się pierwsze formalne zapisy dotyczą odpowiedzialności wytwórcy przed swoim klientem. Późniejszy rozwój zarządzania jakością ewoluował w stronę mniej radykalnych, za to bardziej kompleksowych i optymalnych finansowo sposobach zapewnienia odpowiedniej jakości produktu. Kolejnym zagadnieniem poruszonym w pierwszej części pracy było instrumentarium zarządzania jakością oraz zagadnienia związane z historią i możliwymi zastosowaniami metody FMEA, która jest jego częścią. Przedstawiono bardzo szeroki obecnie wachlarz zasad, metod i narzędzi pomagających w porządkowaniu, systematyzowaniu i archiwizowaniu wiedzy, która wcześniej była stosowana jedynie na podstawie intuicji i doświadczeń pracowników. Zaprezentowano również przykłady i zasady działań niektórych metod i instrumentów jak:

- diagram Ishikawy,
- diagram Pareto,
- arkusze kontrolne,
- metoda FMEA produktu i procesu.

Druga część pracy to opis przebiegu analizy FMEA oraz przedstawienie założeń przebudowy i analizowanego produktu, czyli sekcji kadłubowej obudowy komina oraz miejsca jej powstawania, czyli Gdańskiej Stoczni Remontowej. Zaprezentowana została technologia produkcji, poszczególne stanowiska robocze wraz z wykonywanymi na nich etapami produkcji oraz możliwości techniczne zakładu, w której produkcja się odbywa. Przedstawiono też obiekt samej przebudowy, czyli jednostkę typu ro-ro, noszącą imię „Petunia Seaways”. W tym rozdziale została także opisana grupa robocza FMEA, jej skład oraz kompetencje i zakresy odpowiedzialności jej członków. Przedstawione są fragmenty dokumentacji oraz docelowe zastosowanie powstającej sekcji obudowy nowego komina. Taka konstrukcja wydaje się być stosunkowo mało skomplikowana w porównaniu do produktu, jakim jest na przykład silnik okrętowy, jednak z składa się z kilkuset elementów i jej wytworzenie pochłania tysiące

roboczogodzin. Przedstawiono także propozycje podziału konstrukcji na elementy i podzespoły, w sposób analogiczny do tego, w jaki opisuje się złożone urządzenia. Umożliwiło to zaadoptowanie metody FMEA do analizowanego produktu jakim jest przestrzenna sekcja kadłubowa. Na potrzeby analizy przyjęto następujący podział:

a) elementy

- blachy: płaskie elementy wypalane na wymiar, zgodnie z dokumentacją, na numerycznych maszynach plazmowych. Wykorzystywane są jako poszycie konstrukcji, a także jako elementy usztywnień ramowych, węzłówki, nakładki przeciwskrętne oraz uszczelki,
- kształtowniki: profile hutnicze. W okrętownictwie najczęściej stosowane są płaskowniki, łebkowniki i kątowniki, rzadziej profile okrągłe oraz HEB. Wykorzystywane są jako usztywnienia pierwszego rzędu, nadające lokalną wytrzymałość poszyciu, pilersy lub jako elementy usztywnień ramowych.

b) podzespoły

- wręgi, pokładniki, wzdłużniki ramowe: usztywnienia drugiego rzędu, składające się najczęściej ze środnika z blachy oraz z mocnika, z któregoś z kształtowników. Usztywnienia ramowe bywają także dodatkowo dosztywnione węzłówkami,
- węzłówki ramowane: podobnie jak usztywnienia ramowe, składają się z wypalanej z blachy węzłówki z mocnikiem wykonanym z któregoś z profili (zdecydowanie najczęściej z płaskownika),
- sekcje płaskie: bardziej złożony podzespół. Typowa sekcja płaska składa się z blachy stanowiącej poszycie, z usztywnień pierwszego rzędu oraz usztywnień ramowych (zwanych też usztywnieniami drugiego rzędu),
- sekcje przestrzenne: połączenie wcześniejszych elementów i podzespołów. Może to być ostateczny produkt lub jego najbardziej złożony podzespół. Przykładowo, w skład bloku kadłubowego wchodzi kilkadziesiąt sekcji przestrzennych.

Ostatni rozdział przedstawia formularz FMEA. Zostały zaprezentowane kolejne etapy jego powstawania: identyfikowanie potencjalnych wad, określanie ich potencjalnych skutków oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia i detekcji. Zaprezentowano także możliwość wykorzystania narzędzi zarządzania jakością, takich jak diagram Ishikawy i metoda 5Why w praktyce, w celu identyfikacji przyczyn powstających wad. W dalszej części rozdziału przedstawiono analizę możliwych działań zapobiegających i korygujących, jakie zostały podjęte w celu zmniejszenia wartości wskaźnika RPN.

Podsumowanie

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie analizy produktu inżynierskiego, czyli w omawianym przypadku okrętowej sekcji przestrzennej wytwarzanej jednostkowo. Cel zrealizowano, jednocześnie przedstawiając, że zastosowanie instrumentarium zarządzania jakością jest możliwe i zasadne w przypadku prototypowego produktu o dużej wartości. W trakcie analizy zidentyfikowano wiele potencjalnych wad oraz możliwych skutków ich wystąpienia. Przeprowadzenie analizy FMEA produktu nie generuje niemal żadnych kosztów. Wymaga jedynie poświęcenia części czasu pracy na jej wykonanie przez grupę roboczą, przy wykorzystaniu wiedzy, którą grupa robocza już posiada. Jej efektem natomiast jest możliwość uniknięcia wielu kosztownych wad, które mogą generować znaczne koszty nawet przy produkcji jednostkowej. Analiza FMEA pozwoliła na zidentyfikowanie najważniejszych problemów oraz w dużej mierze ich rozwiązanie za pomocą prostych i niedrogich rozwiązań. Czas poświęcony na analizę finalnie pozwolił na ograniczenie kosztów oraz na możliwość dotrzymania harmonogramu wykonania sekcji, co przekłada się wprost na zysk stoczni, podwykonawcy oraz zadowolenie armatora. Dodatkowo zapis w postaci arkusza FMEA może być wykorzystany także, w procesie szkolenia pracowników oraz w trakcie przygotowań do ewentualnego kolejnego zadania podobnego typu. W przypadku najczęściej pojawiających niezgodności oraz wad spawalniczych pogłębiono analizę przyczyn ich powstawania przy pomocy innych narzędzi z bogatego instrumentarium zarządzania jakością. Zastosowano diagram Ishikawy oraz metodę 5 Why. Ich zastosowanie pomogło w zidentyfikowaniu wielu, często stosunkowo łatwych do usunięcia przyczyn, najczęściej pojawiających się usterek. Porównanie środków przeznaczonych na analizę FMEA oraz korzyści uzyskanych dzięki niej, wskazuje na celowość jej wykorzystania do każdego produktu. Nawet, jeżeli jest to produkcja małoseryjna lub jednostkowa. Tym bardziej w tak specyficznej branży, gdzie jednostkowa produkcja służy do wytworzenia produktów skomplikowanych, o wysokiej wartości. Należy wziąć jednak pod uwagę, że analiza jest jedynie narzędziem, do którego wykorzystania potrzebna jest grupa robocza o odpowiednich kompetencjach, wiedzy technicznej, znajomości procesów technologicznych, doświadczeniu, a także wyobraźni. Powstały w wyniku pracy arkusz należy aktualizować i uzupełnić o wnioski wyciągnięte w czasie procesu produkcyjnego, co pozwoli grupie roboczej lepiej wykonać pełniejszą analizę przy kolejnym tego typu zadaniu. Podsumowując, przeprowadzanie analizy FMEA do jednostkowej produkcji okrętowej jest możliwe i zasadne. Przy kosztach będących drobnym ułamkiem końcowej wartości produktu można osiągnąć znaczną oszczędność pracochłonności, co skutkuje ograniczeniem czasu i kosztu produkcji.