

## Monitorowanie i doskonalenie procesu technologicznego w oparciu o metodę QFD i wybrane narzędzia jakości

D. Gołuch <sup>a</sup>, M. Dudek- Burlikowska <sup>b</sup>, M. Roszak <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Student/ka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

<sup>b</sup>Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Przetwórstwa Materiałów Metalowych i Polimerowych.

email: marta.dudek-burlikowska@polsl.pl

<sup>c</sup>Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Materiałów Nanokrystalicznych i Funkcjonalnych oraz Zrównoważonych Technologii Proekologicznych.

email: marek.roszak@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono monitorowanie i doskonalenie procesu technologicznego nawęglania kół zębatych w oparciu o metodę QFD oraz wybrane narzędzia jakości.

**Abstract:** The article presents the monitoring and improvement of the technological process of carburizing of gears based on the Quality Function Deployment (QFD) method and selected quality tools has been presented.

**Słowa kluczowe:** proces technologiczny, metoda QFD, narzędzia jakości

## 1. WSTĘP

Proces technologiczny stanowi ciąg czynności uporządkowanych w sposób logiczny, które ukierunkowane są na wytworzenie wyrobów gotowych. Kolejność wykonywania poszczególnych operacji jest charakterystyczna dla danego procesu jednak wartość nadrzędną wyznacza zawsze klient poprzez swoje wymagania i oczekiwania względem produkowanego wyrobu gotowego.

W każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym istnieje zależność przekształcania pewnego zasobu danych wejściowych na dane wyjściowe. Wszystkie te elementy w dużym stopniu wpływają na wyniki gospodarcze organizacji oraz określają posiadane możliwości technologiczne wyrażane w formie jakościowej strony procesu wytwórczego uwarunkowanej posiadaniem parkiem maszynowym, ilościowej określającej zdolność produkcyjną, jak również finansowej uzyskiwanej poprzez przychody ze sprzedaży oraz osiągnięte dochody. Rozwój przedsiębiorstwa wyznaczany jest przez doskonalenie procesów w nim zachodzących i wytwarzanych wyrobów finalnych [1,2].

Współcześnie można zauważyć znaczny wzrost zainteresowania działaniami mającymi na celu zwiększenie poziomu jakości wykonywanych procesów technologicznych czego efektem jest końcowe udoskonalenie produktów wyrażane w postaci poprawy parametrów technicznych produktów, jak również zmniejszenie występowania niezgodności w wyrobach gotowych. Prowadzone postępowania doskonalące wykonuje się korzystając z dostępnych środków pomocniczych w postaci metod, zasad oraz narzędzi jakości, pomiędzy którymi występują sprzężenia zwrotne umożliwiające skuteczny przepływ informacji. Dane powinny zostać wstępnie przetworzone za pośrednictwem odpowiednich narzędzi, aby mogły stanowić cenne informacje dla metod, natomiast zasady pozwalają wykorzystać informacje dla konkretnych celów [3,4].

Tradycyjne narzędzia jakości nazywane również starymi używane są w celu gromadzenia i analizowania danych operacyjnych dotyczących elementów jakości, a także procesów realizowanych w przedsiębiorstwie. Skuteczność tradycyjnych instrumentów jakości ukazuje przede wszystkim sposób rozwiązywania trudności pojawiających się w czasie procesu produkcyjnego. Do klasycznych narzędzi wykorzystywanych do rozwiązywania problemów jakościowych zaliczono między innymi diagram K. Ishikawy oraz schemat blokowy. Diagram przyczynowo-skutkowy graficznie przedstawia relacje występujące między czynnikami oddziałującymi na realizację danego procesu, a także skutkami powodującymi wystąpienie niezgodności. Stanowi narzędzie umożliwiające rozwiązanie problemu poprzez kompleksowe ujęcie wszystkich potencjalnych czynników mogących powodować niezgodności. Schemat blokowy natomiast w sposób graficzny obrazuje ustalone procedury postępowania pozwalając uwidocznić słabe oraz mocne strony procesu produkcyjnego [5,6].

Powszechnie stosowana metoda QFD umożliwia ustalenie technicznych parametrów wyrobu oraz procesu technologicznego. Pozwala efektywnie przełożyć wymagania rynku na warunki jakie powinna zrealizować organizacja we wszystkich etapach powstawania produktu finalnego. Charakterystyczne dla tej metody jest uwzględnienie wszystkich czynników mogących wpływać na poziom jakości analizowanego wyrobu i procesu. Uzyskane efekty jakościowe mierzy się poziomem zaspokojenia potrzeb oraz oczekiwań klientów przez właściwe zdefiniowane relacje z przedsiębiorstwem [5,7].

## **2. BADANIA WŁASNE**

Nawęglanie jest procesem obróbki powierzchniowej umożliwiającym uzyskanie zadowalających własności mechanicznych. Koła zębate są elementami maszyn, które powinny być precyzyjnie wykonane ze względu na geometrie kształtu i położenie zębów, jak również wymaganą dużą twardość oraz właściwą wytrzymałość rdzenia.

Proces technologiczny nawęglania przeprowadzono na wybranym kole zębatym wykonanym ze stali stopowej do nawęglania 28CrS4. Na jakość wyrobu gotowego wpływ mają wszystkie etapy oraz czynności, którym poddawane jest koło zębate, dlatego przeprowadzanie procesu nawęglania podzielono na następujące operacje:

- oczyszczenie koła zębatego z różnych zanieczyszczeń,
- przygotowanie pieca do nawęglania i atmosfery nawęglającej,
- właściwy proces nawęglania w tym dobór parametrów procesu oraz chłodzenie wsadu,
- przeprowadzenie obróbki cieplnej stosowanej po nawęglaniu (hartowanie podwójne).

Postanowiono sprawdzić przebieg poprawności procesu technologicznego nawęglania i wybrano do tego zadania narzędzia jakości W celu obserwacji procesu nawęglania kół zębatych opracowano schemat blokowy, na którym wyznaczono punkty kontroli jakości w trakcie przebiegu procesu. Kontrolę ukierunkowano na sprawdzenie określonych własności koła zębatego oraz parametrów występujących w procesie nawęglania. Realizację czynności sprawdzających rozpoczęto w momencie dostarczenia materiałów do przedsiębiorstwa przez dostawców współpracujących z organizacją, gdyż uznano, że właściwa dalsza realizacja

procesu wymaga sprawdzenia materiałów wykorzystywanych w procesie nawęglania. Natomiast kolejne weryfikacje przeprowadzono przy wykonywaniu określonych etapów procesu czyli w trakcie trwania odpuszczania, nawęglania oraz po hartowaniu i odpuszczaniu jako kontroli ostatecznej. Podjęte czynności sprawdzające powinny zapewnić eliminację niezgodności, zmniejszyć koszty wynikające z popełnionych błędów, jak również zapewnić większą wydajność realizacji procesu technologicznego.

Wyznaczone punkty kontrolne uzyskane za pomocą schematu blokowego pozwoliły ustalić miejsca, w których okazjonalnie występują niezgodności. W procesie nawęglania kół zębatych zaproponowano zastosowanie diagramu Ishikawy dla wyznaczenia przyczyn ich powstania, starego narzędzia jakości szczególnie pomocnego przy rozwiązywaniu problemów. Wykonanie diagramów umożliwiło zidentyfikowanie czynników obniżających końcową jakość koła zębatego. Opracowując diagramy Ishikawy zastosowano współcześnie wykorzystywane podejście 6M+E, według którego najważniejszymi kategoriami czynników powodujących przyczyny są: człowiek, zarządzanie, otoczenie, maszyna, metoda, materiał, pomiar. Na podstawie analizy występujących problemów postanowiono wykonać trzy diagramy Ishikawy: pierwszy dla źle odtłuszczonego koła, drugi dla źle nawęglonego koła zębatego oraz trzeci dla uzyskanego niewłaściwego wyrobu po kontroli ostatecznej. Stwierdzono, że problemy tworzone są najczęściej przez niewłaściwe dobranie parametrów poszczególnych etapów nawęglania, nieodpowiednie przygotowanie używanych piecy i maszyn, a także duże znaczenie odgrywa częstotliwość występujących awarii wykorzystywanego do procesu sprzętu. Zwrócono również uwagę na błędy popełniane przez ludzi odpowiedzialnych za przeprowadzenie danych czynności. Wypełnienie diagramu pozwoliło uszeregować czynniki wpływające na powstałe niezgodności oraz kierunek podjęcia działań doskonalących proces technologiczny.

W dalszej części badań własnych zdecydowano się przeprowadzić analizę rozumianą jako Rozwinięcie Funkcji Jakości czyli metodę QFD. Opracowanie tej metody pozwoliło lepiej dostosować proces technologiczny nawęglania do potrzeb klientów, a przez to uzyskać wyższy poziom finalnej jakości kół zębatych, zapewniający spełnienie oczekiwań konsumentów. Postanowioną ją przeprowadzić, gdyż umożliwia udoskonalenie istniejącego produktu we właściwy sposób, ponieważ uwzględniający punkt widzenia klienta. Za pomocą analizy QFD zdefiniowano wymagania klientów, a także parametry techniczne dla przeprowadzanego procesu. Opracowano diagram macierzowy tzw. „Dom jakości”, w którym wyszczególniono charakterystyczne pola. Z uzyskanych informacji dotyczących wymagań klientów w stosunku do kół zębatych wyróżniono następujące wymagania: wygląd estetyczny, niezawodność działania, spełnienie parametrów technicznych, termin dostawy oraz koszt zakupu. Określono również najważniejsze parametry techniczne dla procesu, do których zaliczono: chropowatość powierzchni, grubość warstwy nawęglonej, wytrzymałość na ścieranie, twardość powłoki i dokładność wymiaru. Z przeprowadzonej analizy otrzymano informacje dotyczące oceny ważności poszczególnych parametrów dla klientów przedsiębiorstwa. Dodatkowo wykonano porównanie koła zębatego przedsiębiorstwa z firmami mającymi w swojej ofercie również ten sam asortyment. Uzyskane informacje przekazano do działu konstrukcyjnego w celu przeanalizowania wyprodukowania koła zębatego o optymalnych parametrach technicznych pozwalających na spełnienie wymagań klientów. Z analizy wywnioskowano, że istnieje możliwość udoskonalenia wszystkich etapów procesu nawęglania kół zębatych, natomiast przede wszystkim powinno się poprawić wygląd estetyczny oraz chropowatość powierzchni koła zębatego.

## **PODSUMOWANIE**

Zaprezentowane w artykule wykorzystanie wybranych narzędzi jakości oraz metody QFD w procesie technologicznym nawęglania wspomaga sterowanie jakością w przedsiębiorstwie

produkcyjnym. Na podstawie przedstawionej analizy stwierdzono, że doskonalenie jakości procesu powinno być kontrolowane i przeprowadzane w każdym etapie procesu

Schemat blokowy pozwala skutecznie uwidocznić punkty w procesie, w których należy przeprowadzać kontrole, natomiast diagram Ishikawy pozwala wyznaczyć potencjalne przyczyny pojawiających się niezgodności. Wytypowane czynniki powodujące określony skutek w postaci danego problemu wskazały w przedsiębiorstwie miejsca konieczne do doskonalenia.

Preferencje i wymagania klientów mogą być zmienne, dlatego też ważne jest systematyczne ich monitorowanie. Metoda QFD skutecznie umożliwia uzyskanie potrzebnych do doskonalenia informacji dotyczących zarówno procesu jak i produkowanego wyrobu. Zastosowanie metody QFD w procesie technologicznym nawęglania pozwala sprawdzić konkurencyjność produkowanego koła zębatego oraz stwierdzić na jakie aspekty trzeba zwrócić szczególną uwagę przeprowadzając działania poprawiające jakość produkowanych przez przedsiębiorstwo produktów.

Właściwe wykorzystanie narzędzi jakości oraz metod jest kluczem do zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości przedsiębiorstw produkcyjnych i stanowi gwarancję osiągnięcia sukcesu przedsiębiorstw produkcyjnych. Ponadto zastosowanie w procesie technologicznym nawęglania kół zębatych schematu blokowego, diagramu Ishikawy oraz Metody QFD potwierdza skuteczność ich działania.

## LITERATURA

1. A. Łukaszek–Sołek, J. Sińczak, *Inżynieria Jakości w przetwórstwie*. AGH, Kraków 2006.
2. I. Durlik, *Inżynieria zarządzania część I. Strategie organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania*. Placet, Warszawa 2007.
3. Dudek-Burlikowska M., *Quality estimation methods used in product life cycle*, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 2 (2007), s. 203-206.
4. A. Hamrol., *Zarządzanie jakością z przykładami*. Wydawnictwo naukowe PWN SA, Warszawa 2007.
5. J. Gawlik, A. Kielbus, *Metody i narzędzia w analizie jakości wyrobów*. Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
6. M. Roszak, *Zarządzanie jakością w praktyce inżynierskiej*. Open Access Library, Volume 1 (31), 2014.
7. B. Skotnicka, R. Wolniak, *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*. Politechnika Śląska 2007.