

NARZĘDZIA INŻYNIERII JAKOŚCI W DOSKONALENIU PROCESU PRODUKCYJNEGO

HĄBEK Patrycja

Silesian University of Technology, Faculty of Organization and Management,
Institute of Production Engineering, Roosevelt Street 26-28, 41-800 Zabrze, PL
E-mail: patrycja.habek@polsl.pl

Streszczenie: W niniejszym artykule wskazano na istotną rolę narzędzi inżynierii jakości w doskonaleniu procesów. Jako przykład do analizy wybrano proces produkcji papieru. W celu usprawnienia zaistniałej sytuacji zaproponowano zastosować dwa narzędzia. W pierwszej kolejności wykorzystano metodę ABC aby zidentyfikować te wady, które generują najwyższe koszty w procesie wytwórczym. Następnie dla tych wad zastosowano diagram Ishikawy, który pozwolił na określenie przyczyn krytycznych wad występujących w analizowanym procesie wytwórczym.

Słowa kluczowe: jakość, narzędzia, inżynieria, analiza Pareto, diagram Ishikawy, ciągłe doskonalenie.

1 Wprowadzenie

Inżynieria jakości pozwala na analizowanie procesów wytwarzania w celu maksymalizowania jakości tych procesów oraz wyrobów będących wynikiem ich realizacji. W celu uzyskania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa stosują różne podejścia i koncepcje zarządzania. Część z nich skierowała swoją uwagę na ciągłe doskonalenie jako podstawową zasadę zarządzania jakością czy zarządzania przez jakość. Zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie nie może skutecznie funkcjonować bez stosowania w praktyce metod i narzędzi doskonalenia procesów i produktów [4]. Wybór tych instrumentów nie powinien być automatyczny a wynikać raczej z sytuacji z jaką mamy do czynienia. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości doskonalenia procesu produkcji papieru z wykorzystaniem wybranych narzędzi inżynierii jakości. Za odpowiednie dla usprawnienia zaistniałej sytuacji w wybranym procesie produkcyjnym wybrano metodę ABC oraz diagram przyczynowo-skutkowy.

2 Wykorzystanie narzędzi inżynierii jakości w procesie produkcji papieru

Poddana analizie firma X zajmuje się produkcją papieru bezpośrednio z drewna, w związku z czym system produkcji jest złożony i czasochłonny. Składa się z siedmiu procesów. Rozpoczyna się od odpowiedniej obróbki drewna, jego zmielenia i przekształcenia na masę papierniczą. Następnie mają miejsce procesy przekształcające otrzymaną uprzednio masę papierniczą na gotowe bele papieru biurowego. Produkcja kończy się na otrzymaniu z maszyny papierniczej beli papieru biurowego, która następnie przekazywana jest do dalszej obróbki (cięcia) lub do magazynu. W omawianym procesie zidentyfikowane zostały wady na kolejnych etapach procesu wytwórczego. Wady występujące na poziomie poszczególnych operacji przedstawione zostały w tabeli 1.

Tabela 1. Wady występujące na poziomie poszczególnych operacji procesu produkcji drewna

ETAPY PROCESU		NAZWA OPERACJI		WADA	
A	Proces sortowania drewna	A1	Ważenie drzewa	A1	Przekroczona dopuszczalna waga drzewa
		A2	Pomiar średnicy drzewa	A2	Zbyt mała średnica drzewa
B	Proces odkorowania wałków drewna	B1	Mechaniczne usuwanie kory z wałków drewna	B1	Niedokładnie oczyszczone wałki drewna
C	Proces cięcia wałków na zrębki	C1	Mechaniczne pocięcie pni drzewa na zrębki	C1	Zbyt duże zrębki
		C2	Sortowanie wielkości zrębków w sitach sortujących	C2	Niedokładnie posortowane zrębki
D	Proces roztwarzania na masę papierniczą	D1	Mechaniczne mielenie zrębków na masę papierniczą z użyciem wody	D1	Zbyt gęsta masa papiernicza
		D2	Podgrzewanie masy i roztwarzanie	D2	Zła konsystencja masy
E	Proces bielienia	E1	Bielenie masy z dodatkiem wybielaczy	E1	Niedostatecznie wybielona masa
F	Proces obróbki w maszynie papierniczej	F1	Formowanie	F1	Niedostatecznie wypełniona forma
		F2	Prasowanie wstęgi	F2	Zbyt gruba wstęga
		F3	Suszenie	F3	Mokra wstęga papieru
G	Proces formowania beli	G1	Cięcie i nawijanie wstęgi papieru na zwój	G1	Nieodpowiednie cięcie papieru

Zródło: [2].

Jako narzędzie przydatne do hierarchizacji wad w procesie produkcji papieru wybrano analizę Pareto, której wykorzystanie przedstawiono w kolejnym rozdziale.

2.1 Zastosowanie analizy Pareto

Analiza Pareto wykorzystuje empirycznie stwierdzoną prawidłowość, zgodnie z którą około 70%-80% skutków jest spowodowanych przez około 20%-30% przyczyn. Powyższa reguła, zwana regułą 20-80 lub regułą Pareto, została odkryta przez, żyjącego w latach 1848-1923, włoskiego ekonomistę i socjologa Vilfredo Pareto. W ramach prowadzonych badań analizował on rozkład wysokości dochodów w społeczeństwie włoskim [6]. Diagram Pareto przedstawia w porządku malejącym względny udział każdego czynnika (przyczyny) w całkowitym wyniku działania (w powstawaniu problemu). Pozwala skupić działania korygujące lub doskonalące na przyczynach najważniejszych. Diagram Pareto jest często uzupełniany wykresem Lorenza, który przedstawia zależności analizowanych na diagramie wielkości w postaci skumulowanej [1]. Zgodnie z

koncepcją Pareto wszystkie elementy badanego obszaru zostają podzielone na trzy grupy A, B, C [6]. W związku z tym analiza Pareto jest także nazywana analizą ABC. Charakterystyka poszczególnych grup jest następująca [5]:

1. Grupa A – należą do niej najistotniejsze elementy. Obejmując około 5%-20% ogólnej ilości elementów, przyczyniają się do powstawania około 75%-80% wartości analizowanego zjawiska. Na czynnikach należących do tej grupy powinno głównie skupiać się podejmowane działania. Działania takie przynoszą największe korzyści.

2. Grupa B – należą do niej elementy o średniej istotności. Obejmując około 20%-30% ogólnej ilości elementów, przyczyniają się do powstawania około 10%-20% wartości analizowanego zjawiska. Działania podejmowane w stosunku do elementów tej grupy pozwolą na uzyskanie znacznie słabszego efektu niż działania podejmowane w stosunku do elementów z grupy A.

3. Grupa C – należą do niej elementy o najmniejszej istotności. Obejmując około 50%-75% ogólnej ilości elementów, przyczyniają się do powstawania jedynie 5%-10% wartości analizowanego zjawiska. Podejmowanie działań w stosunku do elementów należących do tej grupy często może nie znajdować uzasadnienia ekonomicznego.

W analizowanym przykładzie postanowiono poznać wady generujące najwyższe koszty w procesie produkcji papieru. W tym celu wykorzystana została analiza ABC. W pierwszej kolejności zebrano dane dotyczące liczby wystąpień wad pojawiających się w poszczególnych operacjach procesu produkcyjnego oraz generowanych kosztów związanych z ich korektą. Na podstawie zebranych danych obliczono całkowity oraz skumulowany koszt korekty dla każdej wady. To pozwoliło na zakwalifikowanie poszczególnych wad do konkretnej grupy w celu określenia wad, których występowanie jest najbardziej kosztowne dla analizowanej firmy X. Aby przypisać wady do poszczególnych grup przyjęto, że:

- grupa A generuje 80% łącznego kosztu korekty, tzn. $1\,248\,470 \text{ zł} \times 80\% = 998\,776 \text{ zł}$,
- grupa B generuje łącznie z grupą A 95% kosztu korekty, tzn. $1\,248\,470 \text{ zł} \times 95\% = 1\,186\,046,5 \text{ zł}$,
- grupa C to pozostałe wady.

Wyniki przeprowadzonej analizy ABC dla zidentyfikowanych wad w procesie produkcji papieru w firmie X zostały przedstawione w tabeli 2.

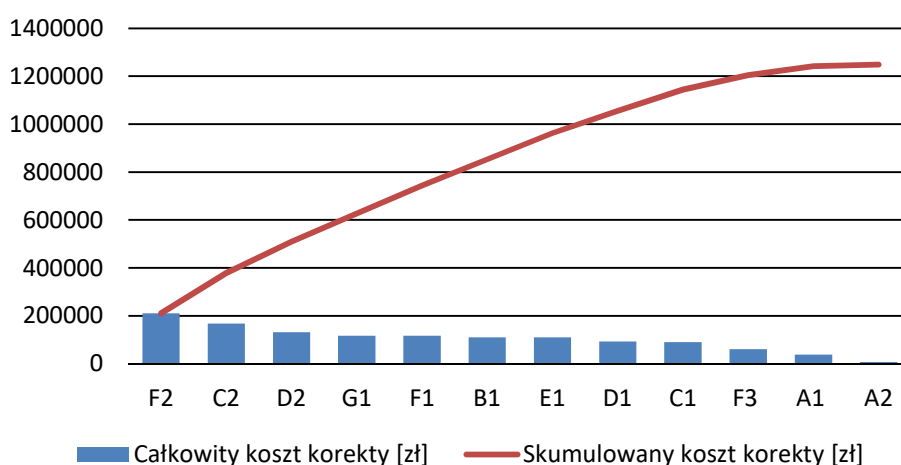
Tabela 2. Klasyfikacja wad z wykorzystaniem analizy ABC

	Wada	Liczba wystąpień	Jednostkowy koszt korekty [zł]	Całkowity koszt korekty [zł]	Skumulowany koszt korekty [zł]	Grupa
F2	Zbyt gruba wstęga	68	3100	210800	210800	A
C2	Niedokładnie posortowane zrębki	56	3000	168000	378800	A
D2	Zła konsystencja masy	27	4850	130950	509750	A
G1	Nieodpowiednie cięcie papieru	39	3000	117000	626750	A
F1	Niedostatecznie wypełniona forma	40	2900	116000	742750	A
B1	Niedokładnie oczyszczone wałki	50	2200	110000	852750	A
E1	Niedostatecznie wybielona masa	29	3780	109620	962370	A

D1	Zbyt gęsta masa papiernicza	20	4600	92000	1054370	B
C1	Zbyt duże zrębki	25	3600	90000	1144370	B
F3	Mokra wstęga papieru	12	5000	60000	1204370	C
A1	Przekroczona waga pnia	25	1500	37500	1241870	C
A2	Zbyt mała średnica pnia	33	200	6600	1248470	C

Zródło: [2].

Graficzna prezentacja analizy Pareto wraz z wykresem Lorenza dla skumulowanego kosztu korekty wad przedstawiona została na rysunku 1.



Rys. 1. Wykres Pareto-Lorenza dla zidentyfikowanych wad w procesie produkcji papieru

Źródło: opracowano na podstawie danych [2].

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wadami generującymi najwyższe koszty (80% całkowitych kosztów), czyli wadami wchodzącymi w skład grupy A w firmie X są:

- F2 – zbyt gruba wstęga,
- C2 – niedokładnie posortowane zrębki,
- D2 – zła konsystencja masy,
- G1 – nieodpowiednie cięcie papieru,
- F1 – niedostatecznie wypełniona forma,
- B1 – niedokładnie oczyszczone wałki drewna,
- E1 – niedostatecznie wybielona masa.

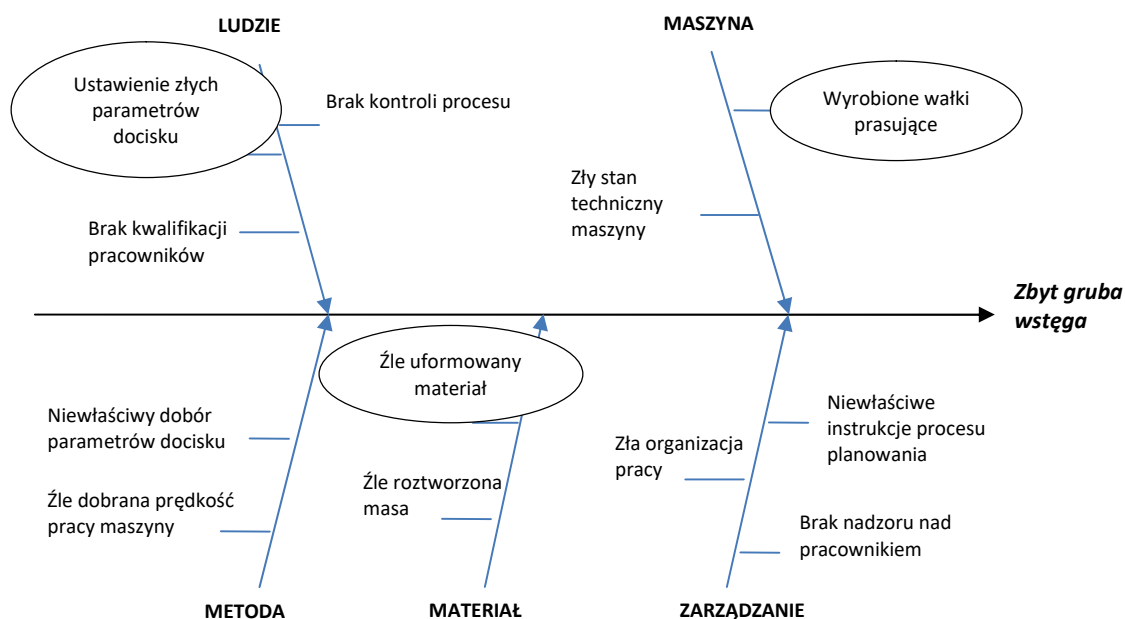
Uzyskane wyniki pozwalają również zauważyć, że dwie ze zidentyfikowanych wad z grupy A związane są z tym samym etapem procesu produkcyjnego - obróbki w maszynie papierniczej. Są to wady F1 (niedostatecznie wypełniona forma) i F2 (zbyt gruba wstęga).

Po ustaleniu wad generujących najwyższe koszty w procesie produkcji postanowiono zidentyfikować główne przyczyny ich występowania. W tym celu posłużono się diagramem przyczynowo-skutkowym, zwanym również diagramem Ishikawy.

2.1 Zastosowanie diagramu Ishikawy

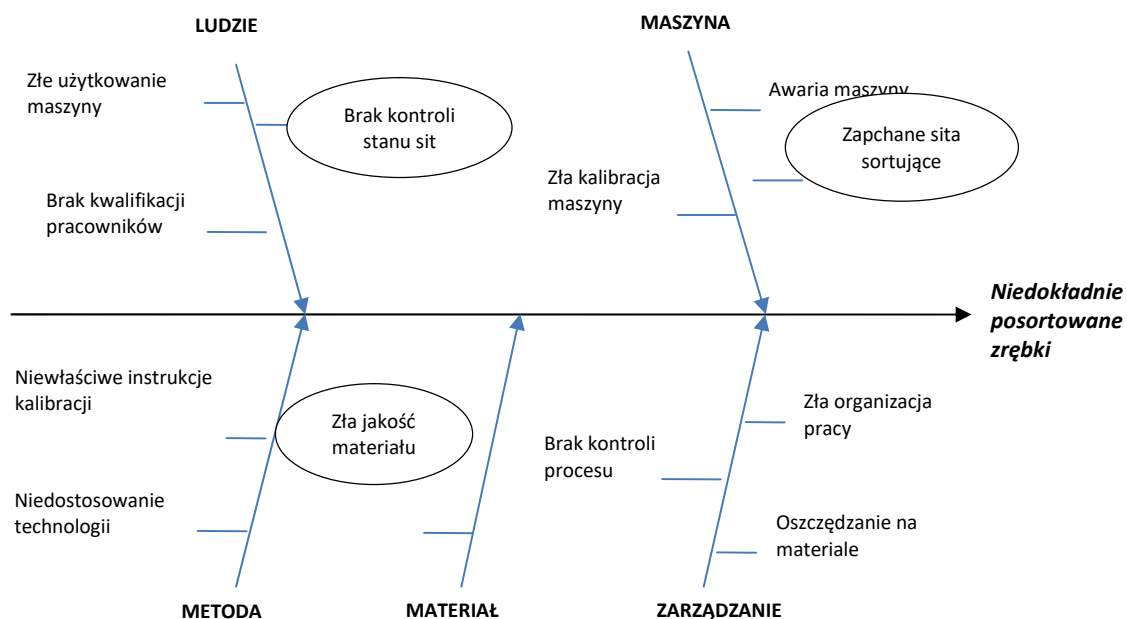
Diagram Ishikawy pozwala przedstawić w uporządkowany sposób, w postaci graficznej, zbiór czynników mających wpływ na wynik procesu, zbiór przyczyn generujących jakiś problem itp. [1]. Stosując diagram przyczynowo-skutkowy wykorzystuje się wiedzę ekspertów, operatorów, zatrudnionych pracowników dla sporządzenia diagramu, który porządkuje wiedzę o specyficznym, ściśle sprecyzowanym problemie i nadaje jej przejrzystą strukturę. Diagram przyczynowo-skutkowy znany jest jako diagram Ishikawy lub diagram rybiej ości. Głowa rybiej ości oznacza cel (skutek) jaki mamy osiągnąć, a przyczyny, które przeszkadzają bądź pomagają go osiągnąć są pogrupowane w grupy wzajemnie powiązanych zagadnień, przedstawionych na osiach głównych [3]. Zazwyczaj porządkowanie problemów przeprowadza się zgodnie z koncepcją „5M” (Method, Material, Man, Machine, Management), która pozwala pogrupować przyczyny według ustalonych kategorii. Tak więc, diagram Ishikawy pozwala na identyfikację przyczyn problemu, pozwala na dokonanie hierarchizacji ich ważności (ocenę ich wpływu na pojawienie się niezgodności) oraz ułatwia określanie odpowiednich działań korygujących dla analizowanego problemu.

W przedstawionym przykładzie analizie z wykorzystaniem diagramu Ishikawy poddano wszystkie wady z grupy A. Na potrzeby niniejszego artykułu przedstawiono diagramy dla wady F2 i C2. W przedsiębiorstwie X przeprowadzona została burza mózgów, w której wzięli udział pracownicy bezpośrednio związani z procesem produkcji w celu określenia możliwych przyczyn występowania wad w procesie produkcji papieru. Zidentyfikowane przyczyny pogrupowano w kategorie zgodnie z koncepcją 5M. Kompletne wykresy przyczynowo-skutkowe dla dwóch wybranych wad z grupy A przedstawiono na rysunku 2 i 3.



Rys. 2. Diagram Ishikawy dla wady F2 - zbyt gruba wstęga

Źródło: [2].



Rys. 3. Diagram Ishikawy dla wady C2 – niedokładnie posortowane zrębki

Źródło: [2].

Analiza diagramu pozwoliła na zidentyfikowanie przyczyn krytycznych, czyli tych mających największy wpływ na powstawanie wad. Dla przyczyn krytycznych zaproponowano działania korygujące mające na celu zapobieżenie ponownemu wystąpieniu wad występujących w procesie produkcji papieru i generujących najwyższe koszty. Zastosowanie diagramu Ishikawy dla wady F2 (zbyt gruba wstęga) pozwoliło na określenie następujących przyczyn krytycznych: kategoria ludzie - ustawienie złych parametrów docisku, kategoria maszyna - wyrobione wałki prasujące oraz kategoria materiał - źle uformowany materiał. Przyczynami krytycznymi dla wady C2 (niedokładnie posortowane zrębki) zostały uznane: w kategorii ludzie – brak kontroli sit, w kategorii maszyna – zapchane sita sortujące, a w kategorii materiał – niska jakość materiału. Po pewnym czasie od zastosowania działań korygujących dla zidentyfikowanych przyczyn krytycznych dla wad z grupy A należałoby powtórzyć analizę Pareto oraz wykres Ishikawy aby uchwycić nowe kwestie problematyczne lub te których wcześniej niewychwycono.

Wnioski

Dla przedsiębiorstw, które stawiają sobie za cel produkowanie wyrobów wysokiej jakości nieodzownym elementem prowadzenia działalności powinna być ciągłe doskonalenie procesów i produktów będących ich wynikiem. W procesie doskonalenia wykorzystywane są różnorodne metody i narzędzia ukierunkowane na poszczególne etapy cyklu życia produktu. Inżynieria jakości wychodzi naprzeciw z zestawem narzędzi pomocnych w doskonaleniu przede wszystkim technicznych aspektów jakości procesów i produktów. W niniejszym artykule przedstawiono przykład zastosowania dwóch wybranych narzędzi w doskonaleniu procesu produkcji papieru. W pierwszej kolejności wykorzystując analizę Pareto dokonano klasyfikacji wad pod względem ich istotności dla przedsiębiorstwa biorąc pod uwagę generowane przez nie koszty. W drugim kroku za pomocą diagramu przyczynowo-skutkowego zidentyfikowano przyczyny tych wad, oraz ustalono przyczyny krytyczne wad pojawiających się w procesie produkcji papieru. Właściwie dobrane

działania korygujące pozwolą na poprawę zaistniałej sytuacji a powtórne zastosowanie zaproponowanych narzędzi pozwoli na ciągłe doskonalenie procesu produkcji.

Literatura

- [1] A. Hamrol. *Zarządzanie i inżynieria jakości*. PWN, Warszawa 2017.
- [2] Dane pozyskane z projektu pt. „Quality management in industrial enterprise”, przygotowanego przez J. Kwaśniewska, M. Stańczyk, pod kierunkiem P. Hąbek, materiał niepublikowany, 2017.
- [3] A. Maleszka and R. Zalewski. *Quality - Zarządzanie jakością*. Wyd. Centrum Kreowania Liderów, Skierniewice 2005.
- [4] K. Midor. “Quality control tools functioning in integrated management system in the automotive branch company. Case study”, *Zesz. Nauk. AM Szczecin*, nr 27, z. 1, pp. 92-97, 2011.
- [5] B. Szczęśniak, M. Zasadzień and Ł. Wapienik. „Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej- Organizacja i Zarządzanie*, z. 63a, pp. 125-147, 2012.
- [6] R. Wolniak and B. Skotnicka. *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.

NARZĘDZIA INŻYNIERII JAKOŚCI W DOSKONALENIU PROCESU PRODUKCYJNEGO

Abstract: This article highlights the important role of quality engineering tools in process improvement. As an example, paper production has been selected for analysis. In order to improve the situation, two tools were proposed. In the first place, the ABC method was used to identify the defects that generate the highest costs in the manufacturing process. The Ishikawa Diagram was used for these defects, which allowed to determine the causes of critical defects occurring in the analyzed manufacturing process.

Keywords: quality, tools, engineering, Pareto analysis, Ishikawa diagram, continuous improvement.