

Analiza i poprawa jakości butelek PET

Analysis and improvement of quality of PET bottles

Krzysztof Knop², Dominika Pietraga¹

¹ Department of Production Engineering and Safety, Faculty of Management, Technical University of Czestochowa, Armii Krajowej 19B, 42-201 Czestochowa, Poland, kknop@poczta.fm

² student of Management and Production Engineering on Faculty of Management, member of the scientific club "Quality Promoter", Technical University of Czestochowa, Poland, domi24@poczta.onet.eu

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki analizy niezgodności jakie występują podczas produkcji butelek PET w wybranym przedsiębiorstwie oraz zaproponowano wprowadzenie określonych działań korygujących i doskonalących jakość w oparciu o uzyskane wyniki. Przedstawiono badany produkt – butelkę PET oraz jej proces wytwórczy podstawowy. Zaprezentowano schemat blokowy procesu wytwórczego. Wykorzystano klasyczne narzędzia zarządzania jakością, tj. diagram Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy w celu analizy ilościowej i jakościowej problemów jakościowych butelek PET. Bazując na kategoriach 5M z diagramu Ishikawy zaproponowano wprowadzenie działań korygujących w celu poprawy jakości badanych wyrobów. Zaproponowano wprowadzenie praktyk 5S w celu poprawy organizacji stanowisk pracy. Jako krytyczny element wymagający poprawy wskazano kompetencje pracowników oraz jakość dostarczanych półproduktów – preform PET.

Abstract: In the article was presented the results of analysis of the nonconformities which occur during the production of PET bottles in the selected company and were proposed the specific corrective and improvement actions related to quality based on the obtained results. It was showed the manufacturing process of analysed product - PET bottle. Classic tools of quality management, ie. Pareto-Lorenz diagram and Ishikawa diagram for quantitative and qualitative analysis of the PET bottles quality problems were used. Based on the 5M categories of Ishikawa diagram proposed the introduction of corrective actions to improve the quality of the analysed product. It also proposed the introduction of 5S practices in order to improve the organization of workstation. As a critical element in need of improvement indicated the competences of employees and the quality of delivered intermediates - PET preforms.

Słowa kluczowe: tworzywa sztuczne, analiza niezgodności, diagram Pareto-Lorenza, diagram Ishikawy, doskonalenie

Key words: plastic products, analysis of nonconformities, Pareto-Lorenz diagram, Ishikawa diagram, improvement

1. Wstęp

W artykule skupiono się na analizie i ocenie jakości produktu z tworzywa sztucznego – butelki PET. Wykorzystano klasyczne narzędzia zarządzania jakością w celu analizy ilościowej i jakościowej problemów występujących podczas produkcji tego wyrobu w badanym przedsiębiorstwie. Zaproponowano stosowne działania korygujące i doskonalące jakość badanego wyrobu.

Podmiotem badań jest przedsiębiorstwo zlokalizowane na terenie województwa łódzkiego zajmujące się projektowaniem i produkcją butelek oraz kanistrów PET o pojemnościach od 50 ml do 5l. Asortyment przedsiębiorstwa stanowią przede wszystkim butelki, słoiki i kanistry PET do przechowywania produktów: spożywczych – mleko, napoje; chemii gospodarczej – płyny do mycia szyb, naczyń; chemii motoryzacyjnej – płyny do spryskiwaczy. Przedsiębiorstwo jest czołowym producentem opakowań PET w Polsce. Przedsiębiorstwo reprezentuje tylko polski kapitał, posiada własny transport oraz dobrą lokalizację. Głównymi odbiorcami produktów firmy są przedsiębiorstwa krajowe, stopniowo jednak firma pojawia się na rynkach zagranicznych, o czym świadczy wzrastający eksport jej wyrobów do krajów Unii Europejskiej, Kanady, USA i krajów Europy Wschodniej. Firma posiada kilka oddziałów w kraju.

2. Butelka PET i opis jej procesu wytwórczego

PET to nazwa tworzywa sztucznego – politereftalan etylenu, termoplastycznego polimeru z grupy poliestrów [1]. PET stosowany jest najczęściej w produkcji butelek PET, ale także w produkcji włókien, naczyń, niewielkich kształtek (np. przezroczystych klawiszy), obudowań urządzeń elektronicznych. Z włókien wytworzonych z PET produkuje się dzianiny i tkaniny, m.in. polar, dakron i tergal (np. do produkcji płócien żaglowych), liny [2].

Butelka PET wytwarzana jest przy wykorzystaniu półproduktu – preformy [3]. Preforma PET to nie tylko półprodukt w procesie wytwarzania gotowych opakowań, ale także końcowy produkt dla klientów, którzy posiadają możliwości technologiczne wydmuchu butelek [4]. Preformy PET produkowane są w różnych wariantach, kolorach i rodzajach. Parametry, takie jak rodzaj gwintu, masa, grubość ścianek oraz długość określają preformę PET. To dzięki nim można określić na jaką pojemność butelki preforma może zostać rozdmuchana. Widok przykładowej preformy PET oraz adekwatne dla niej charakterystyki wymiarowe przedstawiono na rys. 1. Na uwagę zasługuje mnogość charakterystyk wymiarowych preformy PET.

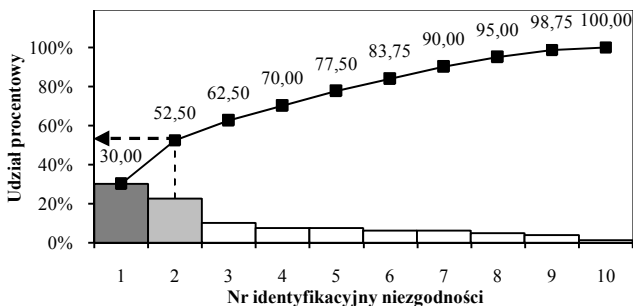
przedsiębiorstwie. Dzięki temu narzędziu zlokalizowano najważniejsze przyczyny, które w największym stopniu wpłynęły na niezgodności tych wyrobów. Diagram Ishikawy posłużył z kolei do zidentyfikowania potencjalnych przyczyn problemu najczęściej występującego [7,8] oraz pogrupowania ich do kategorii 5M.

Analizy niezgodności wyrobów dokonano w okresie 1 miesiąca. Stwierdzono 10 najczęściej pojawiających się niezgodności preform i butelek PET. Łącznie odnotowano 80 przypadków takich niezgodności. Wyniki analizy przedstawiono w postaci tabeli 1. Tabela ta była tabelą wyjściową do opracowania diagramu Pareto-Lorenza.

Tabela 1. Zestawienie niezgodności preform i butelek PET w okresie 1 miesiąca wg częstości występowania

Nr id.	Rodzaje niezgodności	Liczba niezgodności	Udział procentowy [%]	Skumulowany udział procentowy [%]
1	Niewłaściwy kształt butelek	24	30,00	30,00
2	Chropowatość powierzchni butelek	18	22,50	52,50
3	Wgniecenie butelek	8	10,00	62,50
4	Pęcherze na powierzchni butelek	6	7,50	70,00
5	Pęknięcie butelek	6	7,50	77,50
6	Nierównomierna barwa preform	5	6,25	83,75
7	Uszkodzony gwint w preformach	5	6,25	90,00
8	Odklejanie etykiet na butelkach	4	5,00	95,00
9	Nieprawidłowa długość preform	3	3,75	98,75
10	Brak etykiety/nieczytelna etykieta na butelkach	1	1,25	100,00
SUMA		80	100,00	X

Opracowany diagram Pareto-Lorenza na podstawie danych z tabeli 1 przedstawia rys. 4.

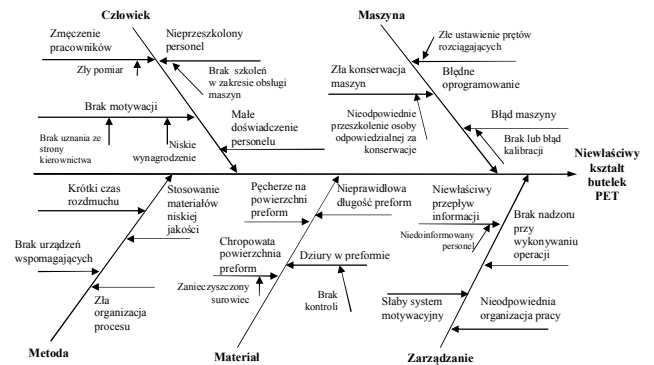


Rys.4. Diagram Pareto-Lorenza dla identyfikacji niezgodności krytycznych butelek PET

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż dwie niezgodności z 10 (tj. 20%) generują 52,50% stwierdzonych problemów jakościowych. Zmniejszeniem liczby wystąpień niezgodności oznaczonych symbolem „1” i „2”, czyli takich jak „niewłaściwy kształt butelek” oraz „chropowatość powierzchni butelek” firma powinna zająć się w pierwszej kolejności. Aby trafnie podjąć działania korygujące i doskonalące należy określić przyczyny niezgodności. Postanowiono wykorzystać diagram Ishikawy (diagram przyczynowo-skutkowy) w celu identyfikacji przyczyn najczęściej występującego problemu jakościowego podczas produkcji butelek PE, tj. niewłaściwego kształtu. Diagram Ishikawy jest prostym narzędziem pozwalającym na zgromadzenie i usystematyzowanie posia-

danej wiedzy, która daje możliwość analizowania ewentualnych przyczyn występowania problemów. Przyczyny problemu grupuje się najczęściej lub wyodrębnia bazując na kategoriach 4M (materiał, maszyna, człowiek, metoda) lub 5M (materiał, maszyna, człowiek, metoda, zarządzanie) [7,8].

Wyniki zastosowania diagramu Ishikawy w celu identyfikacji przyczyn niezgodności [9] – niewłaściwy kształt butelek PET w oparciu o kategorie 5M przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Diagram Ishikawy dla analizy przyczyn niewłaściwego kształtu butelek PET

4. Analiza przyczyn problemu krytycznego i propozycje poprawy w oparciu o kategorie 5M

W ramach poszczególnych kategorii 5M, tj. człowiek, maszyna, metoda, materiał, zarządzanie, zidentyfikowane następujące czynniki mające wpływ na analizowany problem oraz określono dla nich odpowiednie działania korygujące:

- **Człowiek.** Pracownicy o niskich kwalifikacjach do wykonywanej pracy popełniają więcej błędów, co odbija się na jakości oferowanych wyrobów. Ponadto pracownicy o większym stażu pracy często nie przestrzegają obowiązujących w zakładzie standardów dotyczących jakości. Powodem tego jest mała liczba przeprowadzanych szkoleń, ale także niewystarczająca ich jakość. Aby wyeliminować lub ograniczyć błędy popełniane przez pracowników należy organizować szkolenia, dostosowane do aktualnych potrzeb i stwierdzonych „luk” w kompetencjach pracowników. Konieczne wydaje się w tym celu opracowanie matrycy kompetencji pracowników [10]. Ważne, aby organizować szkolenia jak najbliżej „gembu”, tzn. miejsca gdzie tworzy się jakość, np. w formie szkoleń stanowiskowych, co pozwoli zwiększyć kompetencje pracowników (operatorów), np. w tak istotnej kwestii jak obsługa maszyn. Ważna jest także weryfikacja skuteczności takich szkoleń w celu oceny zdobytej przez pracowników wiedzy i umiejętności. Dodatkowym czynnikiem „gorszego” wykonywania operacji jest brak motywacji do pracy. Należy stworzyć pracownikom lepsze warunki pracy, w lepszy sposób doceniać ich aktywność w obszarze działań doskonalących, motywować ich do „wykraczania” poza granicę komfortu i codziennych obowiązków. Motywacja w tym zakresie może przybierać charakter finansowy (premia) i pozafinansowy (pochwała, wyróżnienie).
- **Maszyna.** Niewłaściwy kształt butelki PET może być spowodowany błędnym ustawieniem oprogramowania maszyny bądź nieprawidłowym jej wykalibrowaniem. Aby zmniejszyć ilość niezgodności z tym związanych należy zwrócić większą uwagę na ustawienia parametrów rozdmuchiwarki przed rozpoczęciem pracy. Dodatkowo na błędy maszyny ma wpływ jej konserwacja. Powinna być ona wykonywana jedynie przez osoby do tego uprawnione. Zła konserwacja może trwale uszkodzić

rozdmuchiwarkę, co będzie skutkowało jej wymianą i opóźnieniem produkcji. Należy przeprowadzić dogłębną analizę, określającą jak dobrze pracownicy (operatorzy oraz z działu utrzymania ruchu) wykonują powierzone im zadania, w celu określenia ich mocnych stron oraz tych, które wymagają doskonalenia. Informacje te będą przydatne do rekrutacji i doboru najlepszych ludzi do konkretnych działań. Należy także wypracować odpowiedni stosunek do szkoleń tj. szkolenia na stanowisku pracy, szkolenia w salach wykładowych, które jest niezbędne do uzyskania niezbędnego poziomu wiedzy zawodowej i doskonalenia umiejętności pracowników. Nowoczesna technologia wymaga od pracowników umiejętności jej prawidłowego wykorzystania (obsługiwanie, eksploatacji) [11].

- **Metoda.** Za niewłaściwy kształt butelki odpowiedzialny jest głównie jeden czynnik – stosowanie materiałów niskiej jakości, a tym samym o obniżonej odporności na zużycie. Materiały o niskiej odporności szybko się zużywają, przez co szybko się odkształcają i powodują nieestetyczny wygląd wyrobu. Należy усkutecznić kontrolę wstępną półproduktów, aby uniknąć dużej ilości wyrobów niezgodnych lub w przypadku powtarzającej się problemów wspomóc dostawcę w rozwiązaniu jego problemów. Zaleca się przeprowadzenie dodatkowych szkoleń dla pracowników obsługujących stanowiska kontrolne, stworzenie lepszych standardów oceny jakości. W celu zapewnienia właściwych warunków pracy należy odpowiednio przygotować stanowisko kontroli, zwracając uwagę na niezbędną dokumentację, jej jakość, otoczenie samego stanowiska, na takie aspekty jak poprawne oświetlenie, hałas, itp.
- **Material.** Za niewłaściwy kształt butelki odpowiadają uszkodzenia materiału, czyli preformy. Do najczęstszych niezgodności zalicza się pęcherze, dziury, chropowatości na powierzchni preformy oraz nieprawidłową jej długość. Te niezgodności powinny być skuteczniej wykrywane na początku procesu produkcyjnego – należy przeprowadzić ocenę skuteczności kontroli jakości wstępnej.
- **Zarządzanie.** W przypadku kadry zarządzającej błędy związane z niewłaściwym kształtem butelki mogą wynikać z kilku czynników. Niezgodności te mogą wynikać z nieodpowiedniej organizacji pracy. Pośpiech czy chaos na stanowisku pracy są powodem niedokładnego wykonania operacji rozdmuchiwania. Dodatkowo brak odpowiedniego przepływu informacji przekłada się na niedoinformowanie pracowników o ich obowiązkach. Nie bez znaczenia pozostaje również kwestia słabego nadzoru przełożonych nad podwładnymi, co wiąże się bezpośrednio z poczuciem mniejszej kontroli, a co za tym idzie nieprzestrzeganiem przez nich obowiązujących standardów. Pion zarządzający powinien tak zarządzać na hali produkcyjnej, aby wspierać pracowników w rozwiązywaniu ich problemów, co jest czynnikiem warunkującym rozwój firmy [12].

W celu udoskonalenia procesu produkcyjnego butelek PET zaproponowano także wprowadzenie praktyk 5S, co pomoże uporządkować organizację począwszy od stanowisk roboczych, a skończywszy na całym przedsiębiorstwie. We wdrażanie praktyk 5S zaangażowane powinno być całe kierownictwo i wszyscy pracownicy [11]. Wprowadzenie praktyk 5S nie wymaga dużych nakładów. Jest to system prosty, zrozumiały, przez szybko jest akceptowany przez pracowników. Wprowadzony porządek w krótkim czasie pozwoli uzyskać wymierne korzyści.

5. Podsumowanie i wnioski

Obiektem badawczym było przedsiębiorstwo zlokalizowane na terenie województwa łódzkiego. Działalność firmy opierała się na produkcji opakowań z tworzyw sztucznych dla wielu gałęzi

przemysłu. Z całego asortymentu produktów analizie jakościowej poddano butelkę PET, do wytwarzania której wykorzystywany jest półprodukt - preforma PET.

W celu analizy problemów jakościowych badanych wyrobów (preformy i butelki PET) wykorzystano dwa narzędzia zarządzania jakością, tj. diagram Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy. W wyniku zastosowania tych narzędzi określono najważniejsze problemy jakościowe oraz w odniesieniu do jednego, najczęściej występującego zaproponowano podjęcie odpowiednich działań korygujących i doskonalących.

Działania korygujące w celu poprawy jakości butelek PET powinny dotyczyć przede wszystkim, w pierwszej kolejności, identyfikacji „słabych” i „mocnych” stron pracowników (operatorów i pracowników działu utrzymania ruchu) w celu wskazania na „luki” szkoleniowe i zorganizowania odpowiednich szkoleń. W tym celu zaproponowano przeprowadzenie dogłębnej analizy, określającej jak dobrze pracownicy wykonują powierzone im zadania, w celu określenia tych stron, które wymagają doskonalenia. Aby firma mogła osiągnąć sukces w dziedzinie wydajności pracy, musi stosować planowane i długoterminowe strategie. Do oceny stopnia posiadanych umiejętności pracowników zaproponowano wykorzystanie matrycy kompetencji, z kolei do przebiegu szkoleń rozwojowych zaproponowano opracowanie stosownej procedury. Należy także zwrócić większą uwagę na kontrolę jakości dostarczanych do produkcji półproduktów – preform PET, gdyż dotychczas stosowana jest mało skuteczna – przepuszcza za dużo wyrobów niezgodnych. Firma powinna wspólnie z dostawcą rozwiązać problem niskiej jakości dostarczanych preform.

Literatura

- [1] Jude O. Iroh: Poly(ethylene terephthalate). W: James E. Mark: *Polymer Data Handbook*. Oxford University Press, 1999, s. 558-560.
- [2] <http://www.plastem.pl/oferta/tworzywa-sztuczne/pet/>
- [3] http://www.plastpet.pl/wszystko_o_pet.html
- [4] <http://petring.com.pl/preformy/>
- [5] Czy tylko rozdmuch? Przegląd możliwości technologicznych przy produkcji butelki PET [przeładowany 15.05.2015]. Dostępný w: <http://e-bmp.pl/Image/56-57.pdf>.
- [6] <http://smfpoland.pl/maszyny-wydmuchowe/>
- [7] Borkowski S., Mierzenie poziomu jakości. Wyższa Szkoła Zarządzania i Marketingu w Sosnowcu. Sosnowiec (2004).
- [8] Hamrol A., Zarządzanie jakością z przykładami. PWN. Warszawa (2007).
- [9] Jacak P., Jagusiak M., Ulewicz R., Identyfikacja przyczyn niezgodności preform PET. Aktualne problemy zarządzania jakością i personelem. Gąsiorowska A., Minta S. (red.). Stowarzyszenie Aktywnego Wspierania Gospodarki. Wrocław (2010) s. 68-74.
- [10] Zygoń O., Ulewicz R., Wykorzystanie matrycy kompetencji w przedsiębiorstwie w branży budowlanej. Behaviorizm w teorii i praktyce zarządzania. Społeczny wymiar zarządzania zasobami ludzkimi. Jędrzejczyk W., Kobis P., Kucęba R. (red.). Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa (2016) s. 79-94.
- [11] Stasiak-Betlejewska R., Knop K., Znaczenie technologii i jej rozwoju w procesie produkcji preform PET. W: Toyotaryzm. Miejsce technologii w metodzie BOST. Borkowski S., Stasiak-Betlejewska R. (red.). Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji. Częstochowa (2014) s. 56-67.
- [12] Mielczarek K., Knop K., Factors Deciding on the Enterprise Concept Development in the Production of Plastics. W: Quality Improvement Practice in Different Branches. Borkowski S., Rosak-Szyrocka J. (red.). Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji. Częstochowa (2015) s. 142-153.
- [13] Selejda K., Klimecka-Tatar D., Knop K., Metoda 5S. Zastosowanie, wdrażanie i narzędzia wspomagające. Budzynowska M. (red.). Verlag Dashofer. Warszawa (2012).