

PROCES KONTROLI JAKOŚCI WYROBÓW W PRZEMYSŁE SZKLARSKIM

Wioletta M. BAJDUR, Patrycja GAJDA, Adam IDZIKOWSKI

Streszczenie: Głównym założeniem artykułu jest weryfikacja jakości wyrobów szklanych dla przemysłu spożywczego i zachodzących procesów odpowiedzialnych za ich wytworzenie. Ponadto na podstawie przeprowadzonej analizy wskazano instrumenty badawcze, doskonalące i wykrywające problemy jakościowe. W wyniku badań przeprowadzonych przy użyciu diagramu Pareto-Lorenza zidentyfikowano kluczowe dla produktu wady, wskazując przy tym sposoby ich zapobiegania i eliminacji.

Słowa kluczowe: jakość wyrobu, kontrola organoleptyczna, opakowania szklane – niezgodność parametrów, przemysł szklarski – huta szkła, diagram Pareto-Lorenza

1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach, gdzie mają miejsce burzliwe i gwałtowne zmiany podążające za ciągłą poprawą warunków życia i wszystkich obiektów nas otaczających, bardzo ważne miejsce zajmuje kategoria zarządzania jakością w działalności gospodarczej. Od dawna człowiek przywiązuje ogromną uwagę do jakości i jest z nią związany od początku jego istnienia. Zainteresowanie jakością jest uwarunkowane potrzebami praktyki występującymi głównie w obszarach: wymiany oraz eksploatacji wyrobów. Tak znaczne zainteresowanie przez przedsiębiorstwa zagadnieniami związanymi z jakością jest niewątpliwie skutkiem powstania gospodarki rynkowej. Natomiast burzliwy rozwój zarządzania jakością jest przejawem, a zarazem dowodem na przechodzenie wytwórczości na wyższy poziom efektywności. Coraz doskonalsza praca i jej efekty zapewniają postęp cywilizacyjny oraz nieustanny wzrost poziomu życia społeczeństwa, co wpływa na wzrost wymagań i oczekiwań klientów [10].

Zapewnienie jakości jest jednym z podstawowych etapów w rozwijaniu systemu jakości w przedsiębiorstwie i oznacza zastosowanie określonych działań, zadaniem których jest zapewnienie odpowiedniego, poprawnego wykonywania wyrobów i jednocześnie wytworzenie u nabywców przekonania o tym, że przedsiębiorstwo dba o sprawy związane z jakością i wytwarzane przez nich produkty występują bez wad [6, 12].

Myślą przewodnią ówczesnych organizacji w dążeniu do profesjonalizmu są trzy kluczowe pojęcia: zaufanie, kompetencja i jakość. Są one niebywale istotne z punktu widzenia np. oceny działalności przemysłu szklarskiego.

Huty szkła kładą również duży nacisk na spełnienie oczekiwań nabywców, jednocześnie zachowując terminową dostawę wysokiej jakości produktów oraz ponosząc niskie koszty. Wszelkie działania na rzecz poprawy jakości stanowią podstawę do ubiegania się przez przedsiębiorstwo o certyfikat Systemu Zarządzania Jakością, zgodnego z wymaganiami, jakie są zwarte w normie ISO 9001.

2. Ważność i znaczenie produktów ze szkła w życiu człowieka

2.1. Szkło w społeczeństwie

W codziennym życiu szkło dla człowieka stanowi ważną rolę i jest materiałem nie do zastąpienia. Towarzyszy ludziom w niezmierzonej różnorodności. Występuje pod postacią lusterek, okiennych czy też samochodowych szyb, jak również w postaci naczyń, okularów oraz w elementach budowlanych. Wraz z pojawianiem się nowoczesnych technik ich obszar zastosowań wzrasta wykładniczo.

Szkło jest profilem działalności przemysłu szklarskiego, którego korzenie na terenie Polski sięgają już XV oraz XVI wieku. Za początek prawdziwego rozwoju przyjmuje się rok 1960-1980. Okres ten cechował się wzrostem powstawania hut szkła, a także wprowadzaniem nowych technik i metod wytwarzania. Skala produkcji zwiększała się, a wraz z nią udoskonalanie wyrobów. Wprowadzano w tym czasie gwałtowne zmiany pod postacią nowych maszyn i technologii wytwarzania [15].

Polska osiąga światowy poziom w sektorze szkła opakowaniowego poprzez wdrażanie innowacji, ciągłej modernizacji w aspekcie nowoczesnych produktów i technologii. Dla swych odbiorców kieruje bezpieczne dla środowiska i zdrowia, niezawodne i o jak najwyższej jakości produkty. Największą grupę konsumentów przemysłu szklarskiego stanowi przemysł spożywczy, galanterii stołowej, kosmetyczny, farmaceutyczny oraz przemysł spirytusowy [16].

Według danych najczęściej zużywa się opakowania codziennego użytku, takie jak słoje czy butelki szklane. Badanie ukazuje, iż każdy mieszkaniec Polski zużywa ich około 25 kg rocznie [17].

Ze względu na charakter zastosowań szkła (opakowań szklanych) istotna jest ich jakość. Uzależniona jest od przygotowania mieszaniny z surowców szklarskich, od rodzaju stosowanych materiałów ogniotrwałych. Stosując odpowiednie surowce i technologie wyrób może spełnić wysokie wymagania techniczne i jakościowe, obowiązujące w przemyśle szklarskim.

2.2. Walory opakowań szklanych

Wiele branż przemysłowych stosuje naczynia szklane ze względu na ich nieszkodliwość dla zawartości znajdującej się wewnątrz naczynia. Pozytywne cechy opakowań szklanych wynikają z stosowania wysokiej jakości surowców szklarskich [5]. Piasek szklarski posiadający znaczą ilość krzemu wpływa na wzrost chemicznej odporności szkła. Wapień chroni szkło przed rozpuszczeniem się w wodzie i daje dużą wytrzymałość na czynniki atmosferyczne. Kolejnymi pozytywnymi cechami szkła, które zasługują na uwagę są [4, 13]:

- odporność na działanie ognia,
- ekologiczność,
- gładkość,
- twardość,
- łatwość formowania (w procesie wytwórczym),
- odporność na wpływ wysokiej temperatury,
- duży połysk,
- duża wytrzymałość na działanie kwasów i zasad,

- przezroczystość,
- możliwość szczelnego zamykania,
- możliwość wielokrotnego używania.

W odróżnieniu od innych form opakowań, opakowania szklane są cięższe. Jednakże charakteryzują się wytrzymałością na oddziaływanie sił zewnętrznych, a ich wygląd jest bardziej estetyczny [14]. Ponadto nie stanowią zagrożenia dla zawartości, jaka może się w nich znajdować, dlatego też idealnie nadaje się na przechowywanie pokarmów dla niemowląt.

Produkcja butelek nie jest łatwym i prostym procesem, dlatego też wymaga wysoko wyspecjalizowanych technologii. Jednakże można mówić o stosunkowo niskim koszcie ich wytworzenia. Duże oszczędności wynikają z zawracania powstałej stłuczki w czasie procesu produkcyjnego opakowań szklanych do ponownego jej użycia. Stłuczka szklana przechodzi ponownie proces topienia.

3. Procedura kontroli jakości wyrobów szklanych

W ramach standardowych procedur zapewnienia jakości huta szkła przeprowadza testy kontrolne swoich produktów. Jednym z testowanych parametrów jest wytrzymałość na uderzenia wyrobów [5]. Proces testowania przeprowadzany jest we własnym laboratorium. Proces kontrolowania zapewnia, że podczas wytwarzania wyrobu wszystkie chemiczne badania i analizy są przeprowadzane, dokumentowane i oceniane z zastosowaniem sprawdzonych oraz nadzorowanych urządzeń i materiałów laboratoryjnych.

Badania przeprowadzane są w kontrolowanych warunkach zgodnie z obowiązującymi normami, przepisami, instrukcjami. Są one dowodem dotrzymania założonych wymogów jakościowych.

W hucie szkła stosowana jest 3-stopniowa kontrola:

- 1 – jest to kontrola organoleptyczna (wizualna),
- 2 – kontrola za pomocą narzędzi pomiarowych i inspekcyjnych,
- 3 – stanowi kontrolę końcową.

Każdy Kontroler Jakości przystępując do pracy zobligowany jest do zapoznania się z instrukcjami kontrolnymi i z uwagami dotyczącymi jakości wyrobów. Podczas pracy należy na bieżąco informować pracowników sortujących wyroby oraz operatorów automatów o stwierdzonych wadach wyrobów. Przygotowane produkty są sortowane. Przechodzą przez linię sortowniczą wyposażoną w urządzenia do automatycznej kontroli, gdzie są sprawdzany pod względem ewentualnych wad produkcyjnych. Kontrola dokonywana jest przy pomocy maszyn inspekcyjnych jak i przez kontrolerów.

Gdy przeprowadzana jest kontrola wizualna – organoleptyczna stwierdzone wady należy zaznaczać pisakiem.

Poza kontrolą wymiarów wyrobów szklanych bardzo ważna jest kontrola wad powierzchniowych, takich jak pęcherze, smugi, itp. Wykrywanie i eliminowanie tego typu wad jest szczególnie ważne przy produkcji opakowań kosmetycznych i perfumeryjnych, ich znaczenie jest mniejsze przy produkcji np. kufli. Wykrycia wady powierzchniowej produktu może dokonać pracownik kontroli jakości, pracownik sortowania, operator automatu, bądź inspektor ścianki umieszczony na linii produkcyjnej. Inspektor ścianki to urządzenie, które za pomocą kamer wykrywa wady powierzchniowe butelki a następnie za pomocą sprężonego powietrza butelka jest usuwana z linii produkcyjnej.

W przypadku pojawienia się w tym samym czasie więcej niż jednej wady na linii produkcyjnej, konieczne jest zachowanie kolejności ich eliminacji. W ten sposób zapobiega się rozregulowaniu procesu produkcyjnego.

Przeprowadzanie kontroli jakości jest ważne nie tylko w końcowym etapie wytwarzania produktów, ale na każdym etapie produkcji szkła, czyli powinna towarzyszyć już fazie projektowania. Monitorowanie jakości również jest stosowane przy określaniu właściwości surowców. Surowce, które poddawane są analizie jakości to m.in.:

- soda,
- wapno,
- dolomit,
- piasek kwarcowy,
- tlenek glinu
- skaleń,
- tlenek żelaza.

Utrzymanie optymalnej produkcji szkła wymaga stałej kontroli jakości materiału wejściowego, w trakcie produkcji, a także produktu końcowego. Szczególne wyzwania to: znajomość składu chemicznego surowców, aby móc obliczyć obciążenie pieca wsadowego, w celu zapewnienia odpowiedniego składu chemicznego końcowego wyrobu.

Rodzaje parametrów poddawanych kontroli

W „Karcie wyrobu” zawarte są wszystkie niezbędne parametry opakowań szklanych, które są analizowane przez kontrolerów jakości w hucie szkła. Dokument zawiera następujące parametry:

- ciężar wyrobu,
- długość korpusu,
- pojemność całkowita,
- pojemność nominalna,
- szerokość korpusu,
- wysokość opakowania,
- wysokość główki,
- średnica otworu,
- średnica gwintu,
- średnica pierścienia,
- inne.

W przypadku, gdy parametr nie spełnia wymagań zawartych w ustalonej normie wówczas można mówić o wadliwości badanego wyrobu.

Wady wyrobów szklanych podzielone zostały na trzy grupy: wady krytyczne, wady główne, wady drugorzędowe. Wada krytyczna świadczy o konieczności natychmiastowego usunięcia i przeznaczenia wyrobu na słuczkę szklaną. W procesie produkcyjnych najczęściej występują tzw. wady główne. Wady drugorzędowe są to wady o mniejszym znaczeniu w procesie kontroli. Większość z występujących wad drugorzędowych, jest możliwych do zaakceptowania.

W przemyśle szklarskim szkło poddawane jest wnikliwej analizie pod względem własności fizykochemicznych, a także kontrolowany jest jego całkowity skład chemiczny. Dokładny przebieg kontroli wybranych parametrów szkła został przedstawiony w tablicy 1.

Tab. 1. Parametry szkła, które są poddawane kontroli jakości

| Operacja | Charakterystyka kontrolowana |
|--|---|
| Kontrola własności fizykochemicznych szkła | Gęstość szkła |
| Kontrola własności fizykochemicznych szkła | Odporność hydrolityczna ziaren szkła w temp. 98 ^o C |
| Analiza składu chemicznego szkła | Całkowita analiza składu chemicznego szkła SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO, MgO, Fe ₂ O ₃ |

Dla zapewnienia odpowiedniej jakości opakowania należy kontrolować wady powierzchniowe, do których zaliczyć można pęcherze, smugi, itp. Proces eliminowania tego typu wad ma znaczenie głównie dla branży kosmetycznej i perfumeryjnej. Wady powierzchniowe wyrobu wykryć mogą kontrolerzy jakości, sortowania, operator automatu, bądź maszyna inspekcyjna, która za pomocą sprężonego powietrza odrzuca wadliwe opakowanie z linii produkcyjnej.

4. Analiza jakości opakowań szklanych z wykorzystaniem diagramu Pareto-Lorenza

W pracy przedstawione zostały wyniki badań i pomiarów przeprowadzone w przedsiębiorstwie, którego profilem działalności jest produkcja wyrobów z wysokiej jakości, bezbarwnego szkła. Zasygnalizowano również problemy pojawiające się podczas procesu i próby ich rozwiązania. Uzyskane wyniki przedstawiono w postaci metody graficznej. W tym celu wykorzystano wykres Pareto – Lorenza [1, 2].

Diagram ten jest tradycyjnym narzędziem zarządzania jakością, opartym na empirycznym przeświadczeniu, o tym że 20-30% przyczyn ma wpływ na powstanie 70-80% skutków (w działalności człowieka, środowisku itp.) [9]. Pozwala na identyfikację priorytetowych przyczyn zdarzenia powodujące efekt i określenie działań do usprawnienia procesu i jakości produktów oraz usług. Jest przydatnym narzędziem w zarządzaniu, wskazującym w sposób graficzny główne problemy, utrudniające pracę i wpływające na osiągnięcie przez hutę mniejszych dochodów [3]. Ponadto umożliwia hierarchizację czynników wpływających na analizowane zjawisko, tzn. jest narzędziem służącym do określania ważności przyczyn generujących skutek. Stosując zasady Pareto, należy dokonać działania naprawcze w 20% przyczyn powstania wadliwych produktów [11].

Analiza diagramu ułatwia:

- generowanie, organizowanie i wykorzystanie informacji,
- łatwiejszą analizę informacji,
- przejrzystość ich prezentacji.

Podczas badania wyodrębniono 10 różnych czynników, wpływających na powstawanie wadliwych opakowań szklanych. Czynniki te są następujące:

- N1 krzywe dno,
- N2 nieprawidłowa średnica otworu,
- N3 zanieczyszczona powierzchnia,
- N4 niewielkie zmarszczenia,
- N5 wtrącenie wewnątrz opakowania,
- N6 pęknięcie na szyjce,

- N7 nierówne obrzeże,
- N8 za długa szyjka,
- N9 chropowatość na główce,
- N10 cienkie ramie.

W tabelicy 1 zawarto uśrednioną częstotliwość występowania niezgodności a w tabelicy 2 także ich udział procentowy [%] oraz wartości skumulowane niezbędne do opracowania diagramu Pareto – Lorenza.

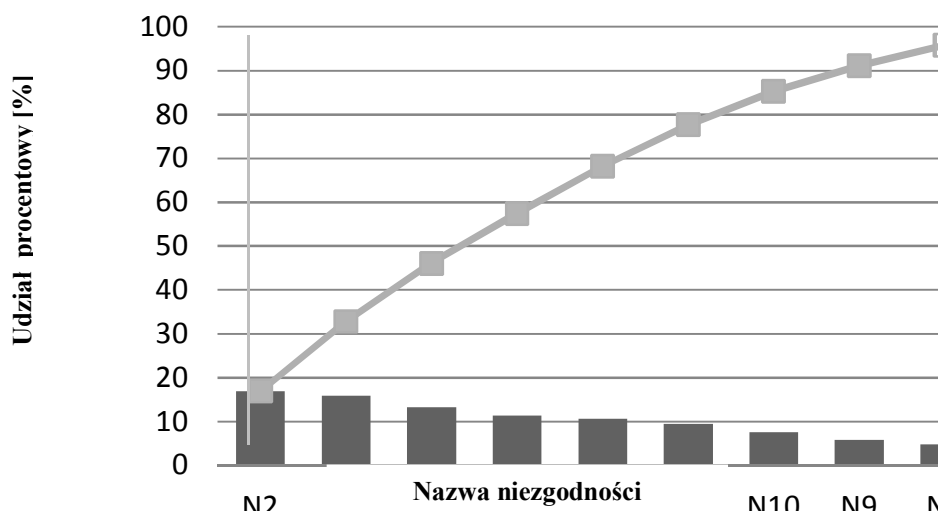
Tab. 2. Struktura niezgodności powodująca powstanie uszkodzonych butelek szklanych

| Symbol niezgodności | Niezgodność | Częstotliwość występowania niezgodności w przyjętym okresie roboczym [szt] |
|---------------------|-------------------------------|--|
| N1 | krzywe dno | 373 |
| N2 | nieprawidłowa średnica otworu | 399 |
| N3 | niewielkie zmarszczenia | 112 |
| N4 | wtrącenie wewnątrz opakowania | 252 |
| N5 | zanieczyszczona powierzchnia | 312 |
| N6 | pęknięcie na szyjce | 267 |
| N7 | nierówne obrzeże | 224 |
| N8 | za długa szyjka | 98 |
| N9 | chropowatość na główce | 136 |
| N10 | cienki ramie | 178 |

Tab. 3. Ranking czynników wpływających na powstanie wadliwych butelek szklanych w zależności od ich częstotliwości

| Symbol niezgodności | Niezgodność | Częstotliwość występowania niezgodności w przyjętym okresie roboczym [szt] | Udział procentowy [%] | Udział skumulowany |
|---------------------|-------------------------------|--|-----------------------|--------------------|
| N2 | nieprawidłowa średnica otworu | 399 | 16,97 | 16,97 |
| N1 | krzywe dno | 373 | 15,87 | 32,84 |
| N5 | zanieczyszczona powierzchnia | 312 | 13,27 | 46,11 |
| N6 | pęknięcie na szyjce | 267 | 11,36 | 57,47 |
| N4 | wtrącenie wewnątrz opakowania | 252 | 10,72 | 68,19 |
| N7 | nierówne obrzeże | 224 | 9,53 | 77,72 |
| N10 | cienki ramie | 178 | 7,57 | 85,29 |
| N9 | chropowatość na główce | 136 | 5,78 | 91,07 |
| N3 | niewielkie zmarszczenia | 112 | 4,76 | 95,83 |
| N8 | za długa szyjka | 98 | 4,17 | 100,00 |
| RAZEM | | 2 351 | 100,00 | |

Na rysunku 1 przedstawiono w postaci wykresu słupkowego, uzyskane dane. Uszeregowane są one w porządku malejącym, a także został naniesiony wykres liniowy wartości skumulowanych. Każdy słupek wykresu przedstawia inną kategorię zaistniałego zjawiska [7].



Rys. 1. Diagram Pareto-Lorenza dla analizy niezgodności opakowań szklanych

Analizując dane zawarte w tabeli 3 oraz na diagramie zobrazowanym na rysunku 1, stwierdza się, że 20% przyczyn ma wpływ na 32,84% skutków. Dodatkowo wskazać można, że za 32,84% czynników składających się na występowanie niezgodnych opakowań, wykonanych ze szkła bezbarwnego odpowiedzialne są dwie, zidentyfikowane w przedsiębiorstwie szklarskim niezgodności. Niezgodności te stanowi:

- nieprawidłowa średnica otworu (N2),
- krzywe dno (N1).

Analiza również wykazała, że pozostałe osiem czynników wpływających na jakość oferowanych produktów, odpowiada za 67,16 % skutków. Przeprowadzona analiza pozwala na ustalenie działań, które w pierwszej kolejności należy powziąć, aby móc pozbyć się skutków ubocznych, wpływających na jakość.

Dla zapewnienia dobrej jakości opakowań szklanych i zapobiegania powstawaniu wielu czynników niesprzyjających w procesie produkcyjnym huty szkła, należy zadbać o kwestie dotyczące:

- masy szklanej – zachowując np. jej jednorodność,
- stałego nadzorowania proces dozowania masy szklanej w formie na etapie początkowym produkcji,
- lepkości szkła, która nie może być zbyt wysoka,
- napięcia powierzchniowego,
- utrzymywania na odpowiednim poziomie ciśnienia rozdmuchu.

W zapobieganiu pojawienia się zaburzeń (wada dotycząca krzywego dna) w procesie produkcyjnym butelek szklanych mogą pomóc nowoczesne linie technologiczne i aparatura kontrolno-pomiarowa. Dla zapewnienia wysokiej jakości wyrobów szklanych (uniknięcie

nieprawidłowej średnicy otworu) konieczne jest przeprowadzenie regularnych badań kontrolno-pomiarowych maszyn i urządzeń formujących [8].

Częstym problemem są również zanieczyszczone opakowania, wynikające ze stosowania środków smarujących pre-form i form. Pierwsze opakowania szklane wychodzące z form należy usunąć, ponieważ wykazują się największym stopniem zabrudzenia. Uniknięcie mniejszych odpadów osiągnie się poprzez:

- usuwanie nadmiernej ilości warstwy smaru,
- niedopuszczenie do korozji form.
- kontrola stanu form i pre-form.

5. Wnioski

W hucie szkła każdy wyrób posiada specyfikację zawierającą informację dotyczące pojawienia się wad ze wskazaniem na ewentualne wady wyrobów szklanych, które mogą być akceptowalne, czyli nie mają istotnego wpływu na trwałość i bezpieczeństwo użytkowania. Dodatkowo każdy wyrób posiada odpowiedni sposób pakowania, który jest dostosowany do rodzaju wyrobu, a także jego późniejszego transportu.

Aby zapewnić wysoką jakość opakowań szklanych, należy ściśle przestrzegać procedury związane z dokonywanymi badaniami i pomiarami, a także jak najczęściej przeprowadzać kontrolę liniową i paletową. Ze względu na fakt, iż szkło należy do materiału, z którego wykonanie produktu bez wad jest bardzo trudne, należy zachować szczególne środki ostrożności. Jednakże jest to możliwe przy starannej kontroli jakości, stałemu i odpowiedniemu nadzorowi procesu, a także przy używaniu dobrych jakościowo surowców.

Dzięki diagramowi Pareto-Lorenza określono strukturę wad. Dokonując analizy można wyeliminować niepożądane zjawiska cechujące się największą częstotliwością występowania, do których zalicza się nieprawidłową średnicę otworu i krzywe dno. Odpowiedzialne są one za 32,84% wszystkich czynników wpływających na występowanie niezgodności w butelkach szklanych.

Bardzo ważnym aspektem jest zachowanie odpowiedniej temperatury formowania. W przypadku zbyt niskiej temperatury w czasie formowania, sporządzona masa szklarska rozmieszczana jest nierównomiernie. W rezultacie skutkuje to nie wypełnieniem w odpowiedni sposób wszystkich części formy, a to z kolei powoduje pojawienie się niepożądanych zjawisk, jak np. krzywe dno lub inne wady wyrobu.

Należy zwrócić szczególną uwagę na dokładność ważenia w procesie produkcji. System dozowania wykorzystując sterowanie komputerowe powinien pracować z odpowiednią dokładnością, zachowując wysoką jakość składników.

Dbając o ciągłą poprawę procesu wytwórczego opakowań szklanych należy kontrolować nie tylko temperaturę topienia, ustawione parametry maszyn, przebieg odprężania, ale również pracowników, którym należy udzielić precyzyjne informacje o procedurach nie tylko kontrolnych, ale i zachowania wszelkiej ostrożności na stanowiskach pracy.

Literatura

1. Borkowski S, Corejowa T.: Instrumenty rozwiązywania problemów w zarządzaniu. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Marketingu, Sosnowiec, 2004.

2. Borkowski S.: Mierzenie poziomu jakości. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Marketingu w Sosnowcu, Sosnowiec, 2004.
3. Borkowski S.: Zarządzanie jakością wyrobów i usług. Wydawnictwo Menedżerskie PTM, Warszawa, 2005.
4. Ciszewski B., Przetakiewicz W.: Nowoczesne materiały w technice. Wydawnictwo Bellona, Warszawa, 1993.
5. Dobrzański A.: Technologia szkła: praca zbiorowa. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1972.
6. Durlik I.: Inżynieria zarządzania. Część I. Placet. Gdańsk, 2007.
7. Ingaldi M., Selejdak J., Gajda P.: The quality analysis of glass products. Chapter 14. [In:] Product Quality IMPROVEMENT and Companies' Competitiveness. Editing and Scientific Elaboration Borkowski S., Ingaldi M. Faculty of Logistics, University of Maribor, Celje, 2013.
8. Klimecka-Tatar D., Gajda P.: The Technology as Issues Management. Chapter 11. [In:] Toyotarity. Economic Issues. Monography. Scientific Editors Stanisław Borkowski, Tatiana Corejova. Savas Kitap ve Yayınevi, Ankara, 2013.
9. Lestyánszka Skurková K., Kudicová J.: The process capability study of pressing process for force closed. [W:] Vedecké práce MtF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. Research papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology in Trnava. Vol. 19, č. 30, 2011.
10. Ładoński W., Szoltysek K.: Metody kształtowania jakości w organizacji. Zarządzanie jakością. Część 3. Skrypty. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Łangego, Wrocław, 2008.
11. Łuczak J., Matuszczak-Flejszman A.: Metody i techniki zarządzania jakością. Quality Progress, Poznań, 2007.
12. Łunarski J.: Zarządzanie jakością: standardy i zasady. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
13. Nowotny W.: Technologia szkła. Część II. Państwowe wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Katowice, 1971.
14. Przybyłowicz K., Przybyłowicz J.: Materiały niemetalowe i kompozyty. Repetytorium z materiałoznawstwa. Część III. Skrypt nr 385. Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Kielce, 2002.
15. Ziamba B.: Przemysł szklarski na progu XXI wieku. [W:] Szkło i ceramika, nr 4, Warszawa, 2001.
16. Henclik A., Kulczycka J.: Ocena cyklu życia przemysłu szklarskiego w Polsce. [W:] Szkło i ceramika, nr 6, Warszawa, 2011.
17. www.jakoscroku.pl, z dnia 07.01.2015 r.

Dr hab. inż. Wioletta M. BAJDUR, prof. PCz.
 Dr inż. Adam IDZIKOWSKI
 Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa
 Politechnika Częstochowska
 42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 36B
 e-mail: wiolawb@poczta.onet.pl
 adam.idzikowski@poczta.fm

Mgr inż. Patrycja GAJDA
 Politechnika Częstochowska
 42-201 Częstochowa, ul. J.H.
 Dąbrowskiego 69
 e-mail: patrycjagajda@op.pl