

Jakub Jagielski

ORCID 0000-0002-5885-5824

Wydział Finansów i Zarządzania, Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku

Eliminacja wąskiego gardła w potokowym procesie produkcji długopisów – studium przypadku II

Streszczenie

Celem artykułu jest pokazanie sposobu niwelacji wąskiego gardła w potokowym procesie produkcji długopisów w przedsiębiorstwie X. Zaprezentowano narzędzia, dzięki którym było możliwe zlokalizowanie zbyt długo trwających zabiegów technologicznych. Wdrożono właściwe działania, których skutkiem było zniwelowanie wąskiego gardła.

Słowa kluczowe: wąskie gardło, produkcja długopisów, analiza Pareto, metoda PERT, mapa strumienia wartości, optymalizacja, doskonalenie procesów.

1. Wprowadzenie

Podczas wdrażania ciągłego przepływu jednym z niezbędnych etapów do przeprowadzenia jest eliminacja wąskich gardeł — eliminacja „elementów procesu wytwórczego charakteryzujących się najmniejszymi elastycznościami; determinujących poziom i możliwości przepływu materiału przez proces wytwórczy; ich przepustowość ogranicza maksymalną przepustowość całego procesu wytwarzania; czas stracony w wąskich gardłach jest czasem straconym w całym systemie” (Christopher, 1998; Czerska, 2014b).

2. Charakterystyka procesu produkcji długopisów

Proces produkcji długopisów składa się z kilku operacji technologicznych, które zostały omówione poniżej. Pierwszą z nich jest podproces naważania surowców (w postaci granulatu), do kadzi przez operatora zgodnie ze zleceniem produkcyjnym. Po zakończeniu tej czynności każdą z odważonymi granulatami różnego rodzaju zostaje przetransportowana na kolejne stanowisko, gdzie zostaje podłączona do mieszalnika zbiornikowego, za pomocą którego odbywa się podproces mieszania. Operacja ta rozpoczyna się od obrócenia kadzi o 180°. Następnie rozpoczyna się mieszanie, które może trwać od 3 do 6 minut, w zależności od użytych poszczególnych granulatów. Gdy czynność ta dobiegnie końca, kadź zostaje ponownie obrócona o 180° i odłączona od mieszalnika zbiornikowego.

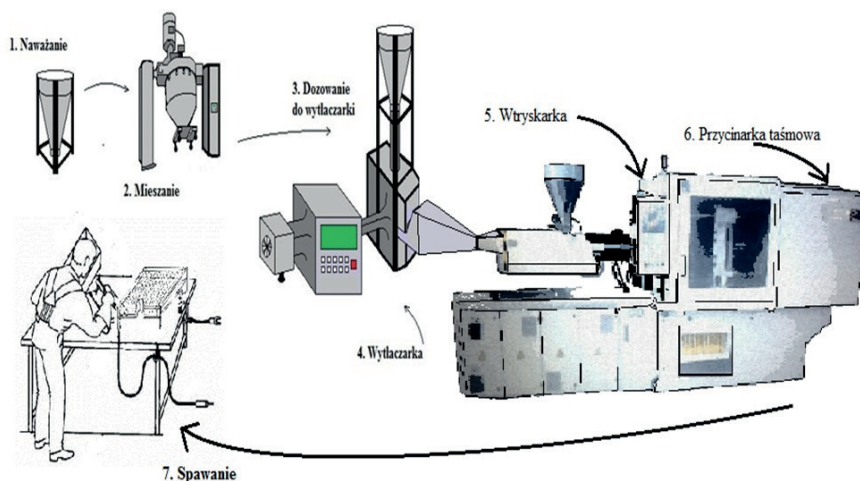
Kadź z tak wymieszanymi surowcami zostaje przetransportowana na kolejne stanowisko i zostaje podłączona do dozownika wytłaczarki, gdzie odbywa się podproces wytłaczania. Dozownik co odpowiedni czas dostarcza właściwą ilość granulatu do wytłaczarki. Maszyna ta homogenizuje wymieszane surowce do postaci jednolitej

uplastycznionej masy o temperaturze 130°C. Uplastyczniona masa w sposób grawitacyjny trafia do wtryskarki, w której umieszczone są odpowiednie formy. Następuje wtryskiwanie ujednoliconej masy do form, gdzie wypraski¹ stygną, aż do osiągnięcia temperatury 41,3°C. Po osiągnięciu tej temperatury wytłaczarka zwalnia mechanizm blokujący i wypraski wypadają z form, trafiając do dozownika przecinarki taśmowej, gdzie rozpoczyna się kolejna operacja technologiczna.

Kolejnym podprocesem jest przycięcie wyprasek, po przez obcięcie przednich, jak i tylnych końcówek. W ten sposób powstaje tuleja o stożkowatym przodzie. Z racji, iż odcięte tylne końcówki będą jeszcze wykorzystywane w omawianym procesie produkcji, trafiają one do innego zbiornika niż odcięte przednie końcówki. Te ostatnie są traktowane jako odpad. Tuż po dokonaniu przycięcia półwyrobu, następuje precyzyjny zrzut wkładów z atramentem za pomocą specjalistycznego dozownika do ówczesniej przyciętych tulei.

Tuleje wraz z wkładem w sposób grawitacyjny są transportowane do zbiornika. Następnie pracownik pobiera 100 tulei z wkładami i umieszcza je w specjalistycznej platformie. Pobiera także 100 uprzednio odciętych tylnych końcówek i przechodzi do rozpoczęcia ostatniego podprocesu, jakim jest spawanie plastiku. Liczba 100 sztuk określa maksymalną ilość miejsc dla tulei mogących jednorazowo znaleźć się w platformie. Niezależnie od przypadku spawanymi elementami jest zawsze tylko jedna tuleja wraz z wkładem, z tylko jedną tylną końcówką.

Spawanie odbywa się w sposób detaliczny, za pomocą spawarko-zgrzewarki, w której za każdym razem, przed przystąpieniem do zgrzewania, pracownik umieszcza tylko jedną końcówkę tylną (co wynika z możliwości technicznych urządzenia). Następnie pracownik wkłada końcówkę dyszy do tulei z wkładem, umieszczonej w specjalistycznej platformie i rozpoczyna etap główny spawania.



Rys. 1. Schemat przepływu produkcji długopisów przedsiębiorstwie X

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa X.

¹ Wypraska — półwyrob znajdujący się jeszcze w formie (do której został uprzednio zaaplikowany) o kształcie bardzo zbliżonym do wyrobu finalnego.

Podczas tej operacji plastikowa końcówka tylna zostaje rozgrzana do temperatury ok. 90–100°C, przez co możliwym staje się jej formowanie. Właściwa dysza redukcyjna o średnicy końcówki 5 mm umieszczona w spawarce sprawia, iż rozgrzana, plastyczna tylna końcówka w 79% wpływa do środka tulei (na odległość maksymalnie do 7 mm). Natomiast pozostałe 21% pozostaje na zewnątrz tulei, tworząc tym samym blokadę, zasklepienie dla wkładu z atramentem, aby ten nie mógł się przemieszczać, tudzież być wyjętym.

3. Identyfikacja wąskiego gardła występującego w przedsiębiorstwie produkującym długopisy

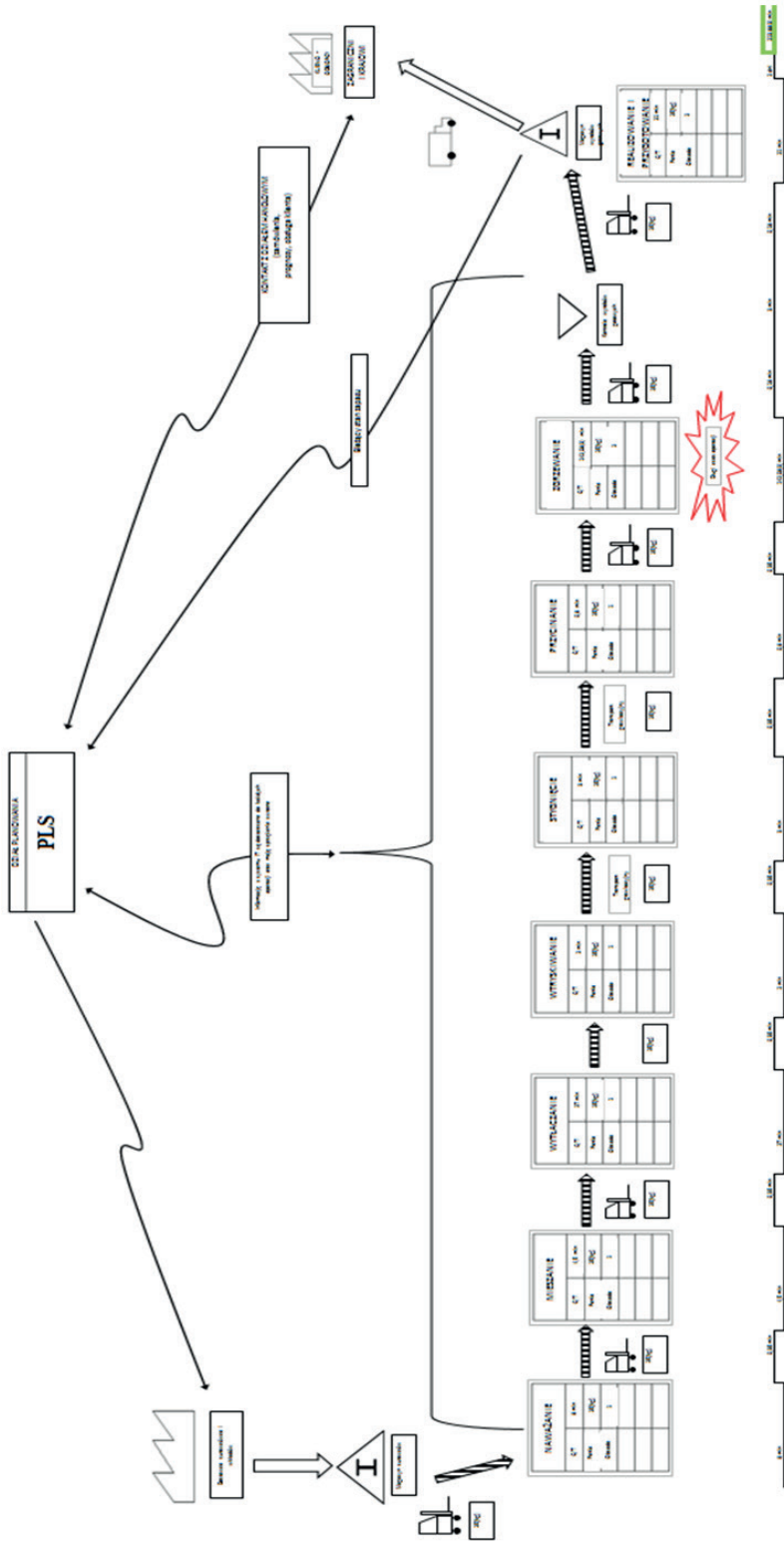
Identyfikacja wąskich gardeł w potokowym procesie produkcji staje się możliwa dzięki wdrożeniu między innymi cyklu doskonalenia DMAIC. Faza o nazwie „Analise” (wymienionego cyklu) przedstawia metody i narzędzia, za pomocą których można dokonać identyfikacji wąskich gardeł (Knosala, 2017, s. 632). Jednym z nich jest analiza Pareto, która została wykonana w omawianej pracy. Jej wyniki wskazały, iż długi czas trwania procesu wytwórczego długopisów jest bezpośrednio powiązany z jedną bądź więcej operacji technologicznych. Celem ustalenia, który z podprocesów jest wąskim gardłem, przeprowadzono uzupełnienie analizy Pareto metodą PERT (ang. *Program Evaluation and Review Technique*).

Za pomocą wspomnianej metody określono czasy trwania poszczególnych podprocesów dla produkcji 2500 sztuk długopisów, które to czasy następnie uśredniono i zaprezentowano poniżej.

Uśredniony czas trwania operacji technologicznej o nazwie:

- I. Naważanie ≈ 8 min.
- II. Mieszanie $\approx 4,5$ min.
- III. Wytłaczanie ≈ 27 min.
- IV. Wtryskiwanie ≈ 2 min. (dla 100 szt. ≈ 5 sek.)
- V. Stygnięcie $\approx 2,5$ min. (dla 100 szt. ≈ 6 sek.)
- VI. Obcięcie końcówek $\approx 0,8$ min. (dla 100 szt. ≈ 2 sek.)
- VII. Zrzut wkładów do tulei $\approx 0,8$ min. (dla 100 szt. ≈ 2 sek.)
- VIII. Wszelkie transporty międzyoperacyjne $\approx 2,5$ min. (dla 100 szt. ≈ 6 sek.)
- IX. Zgrzewanie $\approx 142,08(3)$ min. (dla 100 szt. $\approx 85,25$ sek.).

Z zaprezentowanych powyżej uśrednionych czasów trwania poszczególnych operacji technologicznych wynika, iż wąskim gardłem jest podproces zgrzewania. Po zidentyfikowaniu wąskiego gardła, celem zbadania strumienia wartości została stworzona i zaprezentowana poniżej mapa obecnego strumienia wartości (Czerska, 2014a).



Rys. 2. Mapa obecnego strumienia wartości przedstawiająca analizowaną część procesu produkcji długopisów przedsiębiorstwa X.
Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa X.

4. Badanie w postaci analizy wąskiego gardła

Analizując wąskie gardło, w postaci podprocesu zgrzewania, podzielono je na 2 etapy:

- I. Umieszczenie przez pracownika 100 tulei z wkładami w specjalistycznej platformie.
- II. Detaliczne spawanie, każdego z osobna, jeden po drugim półwyrobów.

Etap I zaklasyfikowano jako etap możliwy do usprawnienia, ale nieopłacalny, dlatego nie był on przedmiotem dalszych analiz. Etap II podzielono na następujące podetapy:

- a) załadowanie końcówek tylnych w spawarko-zgrzewarce;
- b) umieszczanie, przez pracownika, tulei z wkładami w końcówce dyszy spawarko-zgrzewarki;
- c) zespawanie ze sobą tulei z wkładami wraz z końcówkami tylnymi.

Kolejnym krokiem było opomiarowanie czasów trwania każdego z etapów, jak i podetapów etapu II wąskiego gardła dla produkcji 2500 sztuk długopisów, które to czasy następnie (metodą PERT) (Drozd, Bielski, 2017, s. 29–40) uśredniono. Uśredniony czas trwania etapu pierwszego $\approx 21,25$ min. (dla 1 szt. $\approx 0,51$ sek.), zaś uśredniony czas trwania podetapu etapu II o nazwie:

- a) załadowanie końcówek tylnych w spawarko-zgrzewarce $\approx 37,5$ min. (dla 1 szt. $\approx 0,9$ sek.);
- b) umieszczanie, przez pracownika, tulei z wkładami w końcówce dyszy spawarko-zgrzewarki ≈ 25 min. (dla 1 szt. $\approx 0,6$ sek.);
- c) zespawanie ze sobą tulei z wkładami wraz z końcówkami tylnymi $\approx 58,(3)$ min. (dla 1 szt. $\approx 1,4$ sek.).

Całkowity uśredniony czas trwania całego podprocesu zgrzewania dla produkcji 2500 sztuk długopisów wynosi 142,08(3) minut.

5. Propozycja zmian eliminująca wąskie gardło występujące w przedsiębiorstwie produkującym długopisy

5.1. Wdrożone zmiany

Wdrożone zmiany, sposób ich działania oraz efekty zmian zostały częściowo zaprezentowane w części pierwszej² oraz poniżej (Jagielski, 2017, s. 65–81). Udoskonalenia dotyczą tylko i wyłącznie etapu drugiego wąskiego gardła, a uzupełnieniem usprawnienia z części pierwszej jest: „zakup nowej, właściwej dyszy redukcyjnej, do obecnej spawarko-zgrzewarki, pozwalającej na zgrzewanie, w tym samym czasie, 100 szt. tulei wraz z wkładami ze 100 szt. tylnych końcówek”.

Faza ta zakłada zakup odpowiedniej właściwej dyszy redukcyjnej pozwalającej na zgrzewanie, w tym samym czasie, 100 szt. tulei wraz z wkładami ze 100 szt. tylnych końcówek. Omawiana dysza redukcyjna została zaprezentowana na rysunku 3, a miała by 30 mm średnicy, gdyż tylko taka dysza zapewniałaby o wiele szybsze rozgrzewanie się wszystkich tylnych końcówek znajdujących się w specjalistycznej platformie.

²R. Drozd, J. Jagielski, „Eliminacja wąskiego gardła w potokowym procesie produkcji długopisów — studium przypadku I”, Zeszyty Naukowe GSW, bieżący numer.



Rys. 3. Szeroka, specjalistyczna dysza redukcyjna do spawarko-zgrzewarki, służącej do spawania plastikowych części długopisów

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsięwzięcia X.

5.2. Sposób działania zmian

Spawanie odbywa się w sposób hurtowy za pomocą spawarko-zgrzewarki (część pierwsza artykułu). Podczas tej operacji plastikowe końcówki tylne, zostają rozgrzane do temperatury ok. 90–100°C, dzięki czemu możliwym staje się ich formowanie. Umieszczona na końcu spawarko-zgrzewarki dysza redukcyjna powoduje, iż każda ze 100 sztuk odciętych końcówek tylnych rozgrzewa się identycznie w takim samym czasie, co sprawia, że 79% każdej z nich wpływa do środka wybranej tulei (na odległość maksymalnie do 7 mm). Natomiast pozostałe 21% pozostaje na zewnątrz określonej tulei, tworząc tym samym blokadę, zasklepienie dla wybranego wkładu z atramentem, aby ten nie mógł się przemieszczać, tudzież być wyjętym (Jagielski, 2017, s. 65–81; Wirkus, 2006; Liwowski, Kozłowski, 2006, s. 40).

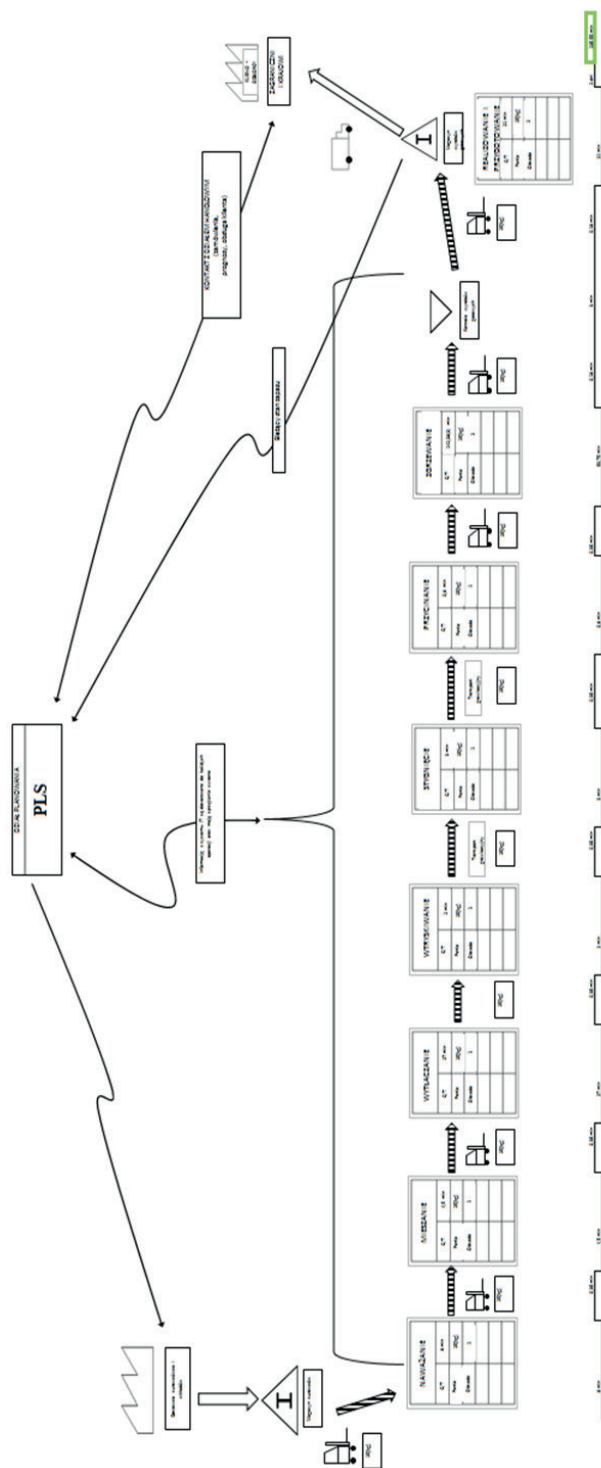
5.3. Efekty wdrożonych zmian

Celem dowiedzenia słuszności zaproponowanych zmian dokonano szczegółowej analizy nowego podprocesu zgrzewania dla produkcji 2500 sztuk długopisów, która została zaprezentowana poniżej. Powyższą operację technologiczną podzielono na etapy, zaś ich czasy trwania opomiarowano i uśredniono.

- I. Umieszczenie przez pracownika 100 tulei z wkładami w specjalistycznej platformie $\approx 21,25$ min. (dla 100 szt. ≈ 51 sek.).
- II. Nałożenie pierwszej dodatkowej, kompatybilnej części na specjalistyczną platformę $\approx 3,3$ min. (dla 100 szt. ≈ 8 sek.).
- III. Umieszczenie przez pracownika 100 odciętych tylnych końcówek w pierwszej dodatkowej części specjalistycznej platformy $\approx 26,6$ min. (dla 100 szt. ≈ 64 sek.).
- IV. Nałożenie drugiej dodatkowej, kompatybilnej części na pierwszą specjalistycznej platformy $\approx 3,3$ min. (dla 100 szt. ≈ 8 sek.).
- V. Podłączenie do drugiej części specjalistycznej platformy, nowej właściwej dyszy redukcyjnej spawarko-zgrzewarki wraz ze zgrzewaniem $\approx 9,16$ min. (dla 100 szt. ≈ 22 sek.).

Całkowity uśredniony czas trwania całego zmodernizowanego podprocesu zgrzewania dla produkcji 2500 sztuk długopisów po zastosowaniu nowego rodzaju dyszy redukcyjnej wynosi 63,75 minut. Po wyeliminowaniu wąskiego gardła, celem zbadania strumienia wartości, została stworzona i zaprezentowana poniżej mapa przyszłego strumienia wartości. Po użyciu nowej dyszy redukcyjnej uśredniony, jed-

nostkowy czas ostatniego etapu (dla 100 sztuk długopisów) zmniejszył się zmniejszył się z 38 do 22 sekund.



Rys. 4. Mapa przyszłego strumienia wartości przedstawiająca analizowaną część procesu produkcji długopisów przedsiębiorstwa X.
Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa X.

6. Podsumowanie

W pierwszej kolejności wąskie gardła zostały zidentyfikowane poprzez opomiarowanie i uśrednienie czasów trwania poszczególnych zabiegów technologicznych. Następnie wdrożono zmiany. Gdy okazało się, iż zaimplementowane zmiany³ da się ulepszyć, uczyniono to. Zakupienie i użycie nowej właściwej dyszy redukcyjnej do spawarko-zgrzewarki spowodowało zminimalizowanie strat czasu. Ulepszenie usprawnienia z części pierwszej spowodowało zaoszczędzenie czasu o ponad 55%.

Bibliografia

- Christopher, M. (1998). *Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży. Jak obniżyć koszty i poprawić jakość obsługi*. Kraków: Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu.
- Czerska, J. (2014a). *Doskonalenie strumienia wartości*. Gdańsk: LeanQ Team.
- Czerska, J. (2014b). *Podstawowe Narzędzia Lean Manufacturing Lean Manufacturing Basic Toolbox*. Gdańsk: LeanQ Team.
- Drozd, R., Bielski, R. (2017). Zarządzanie logistyczne projektem budowy instalacji elektrycznej w hali widowiskowo sportowej — Studium przypadku. W: *Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce — teoria i praktyka*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- Jagielski, J. (2017). Projekt usprawnienia funkcjonowania procesów produkcji farb proszkowych w przedsiębiorstwie X. W: *Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce — teoria i praktyka*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- Knosala, R. (2017). *Inżynieria Produkcji. Kompendium wiedzy*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Liowski, B., Kozłowski, R. (2006). *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna.
- Rother, M., Shook, J. (1999). *Learning to see. Value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline (Massachusetts, USA): The Lean Enterprise Institute.
- Wirkus, M. (2006). *Zarządzanie Przedsięwzięciami Innowacyjnymi w Dynamicznym Środowisku Wieloprojektowym*. Gdańsk: Politechnika Gdańska.

Elimination of the bottleneck in the potted process of the production of ball pen — Case study No. 2

Abstract

The aim of the article is to present the decision on completing the decision-making process. Thanks to that, appropriate measures were implemented that led to the removal of the bottleneck.

Keywords: bottleneck, ballpoint production, Pareto analysis, PERT method, map of terminal equipment, optimization, process improvement.

³Przedstawione w: R. Drozd, J. Jagielski, „Eliminacja wąskiego gardła w potokowym procesie produkcji długopisów — studium przypadku I”, Zeszyty Naukowe GSW, bieżący numer.