

Radosław Drozd¹, Jakub Jagielski²

¹ ORCID 0000-0003-1797-4488

Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska

² ORCID 0000-0002-5885-5824

Wydział Finansów i Zarządzania, Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku

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

Streszczenie

Celem artykułu jest zaprezentowanie sposobu eliminacji wąskiego gardła w potokowym procesie produkcji długopisów w przedsiębiorstwie X. Przedstawiono metody, dzięki którym było możliwe zidentyfikowanie zbyt długo trwających operacji technologicznych. Zaimplementowano odpowiednie działania, które doprowadziły do wyeliminowania wąskiego gardła.

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

1. Wprowadzenie

Potokowy proces wytwórczy to „przepływ jednej sztuki (ang. *one-piece-flow*) — przepływ wyrobów przez operacje procesu wytwórczego pojedynczo jeden za drugim bez zakłóceń” (Czerska, 2014b). Dlatego każdy taki rodzaj procesu produkcji, jak wyżej wymieniony, powinien charakteryzować się ciągłym przepływem, co oznacza „przekazywanie części lub półwyrobów pomiędzy następującymi po sobie procesami, natychmiast gdy wcześniejszy proces kończy wykonywanie operacji na tej części. W ten sposób unika się niepotrzebnych przestojów i zapasów buforowych między kolejnymi etapami” (Rother, Shook, 1999; Czerska, 2014b).

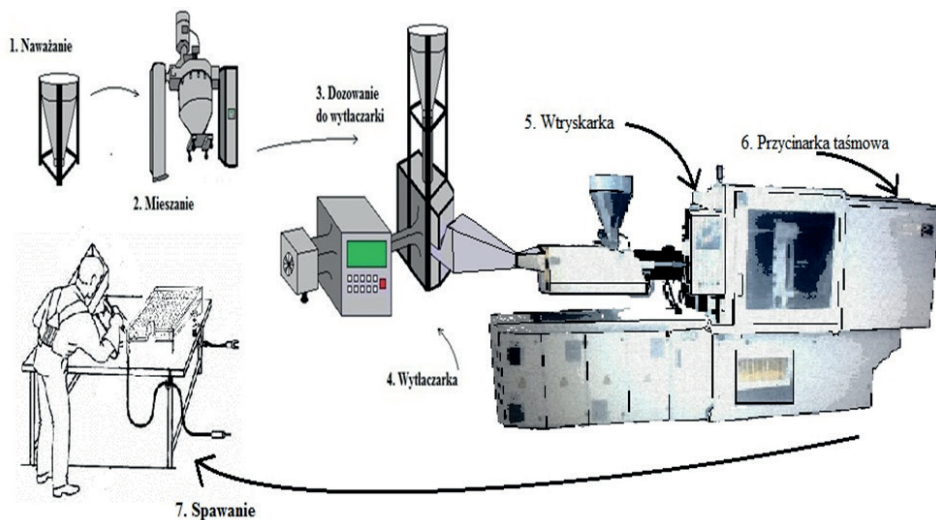
2. Charakterystyka procesu produkcji długopisów

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 kadź 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 jej osiągnięciu wytłaczarka zwalnia mechanizm blokujący i wypraski wypadają z form, trafiając do dozownika przecinarki taśmowej, gdzie rozpoczyna się kolejna operacja technologiczna.

Następnym 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 — spawania 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.



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.

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.

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 „Analyse” (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 tej 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. Wytlaczanie ≈ 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).

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 uśredniono (metodą PERT) (Drozd, Bielski, 2017, s. 29–40). 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.

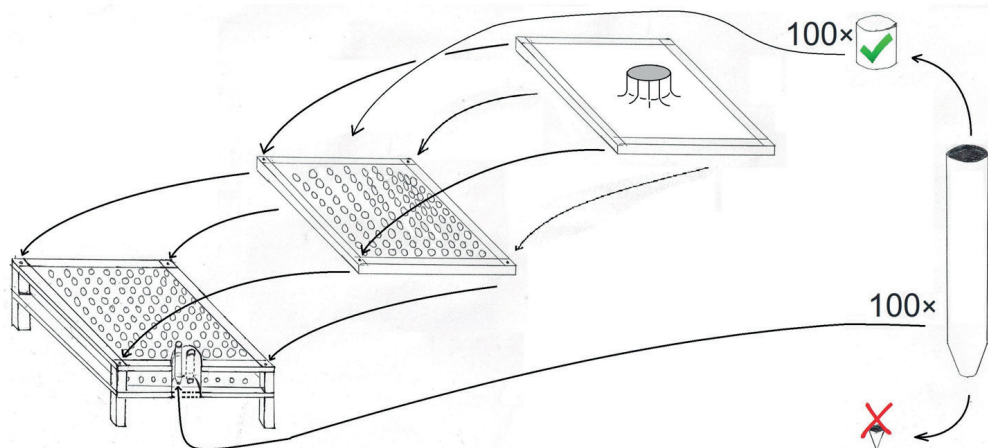
5. Propozycja zmian eliminująca wąskie gardło występujące w przedsiębiorstwie produkującym długopisy

5.1. Wdrożone zmiany

Wdrożone zmiany, sposób ich działania oraz efekty zmian zostały zaprezentowane poniżej (Jagielski, 2017, s. 65–81). Udoskonalenia dotyczą tylko i wyłącznie etapu drugiego wąskiego gardła, a usprawnieniem tym jest: „zaprojektowanie, zamówienie i kupno dwóch dodatkowych, kompatybilnych części specjalistycznej platformy dla 100 szt. tulei z wkładami”.

Odnosząc się do powyższych informacji, koncepcja projektu dwóch dodatkowych, kompatybilnych części specjalistycznej platformy, została zaprezentowana na rysunku 3. Materiał, z którego musiałyby być wykonane te części, byłby identyczny jak materiał, z którego wykonano specjalistyczną platformę. Natomiast wyprodukowanie wymienione części zostałoby zlecone jednemu z lokalnych zakładów tokarskich, charakteryzującym się odpowiednim doświadczeniem w tej dziedzinie. Pierwsza z dodatkowych części specjalistycznej platformy, posiadałaby otwory na końcówki tylne długopisów, zaś druga dodatkowa część posiadałaby otwór na dyszę redukcyjną spawarko-zgrzewarki. Zarówno pierwsza, jak i druga dodatkowa część u swoich

podstaw posiadałaby odpowiednie wypustki, które wchodząc w otwory powiązanych ze sobą elementów, uniemożliwiałyby ich przemieszczanie się.



Rys. 3. Specjalistyczna platforma wraz z dwoma dodatkowymi, kompatybilnymi częściami, służąca do spawania plastikowych części długopisów

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów przedsiębiorstwa X.

5.2. Sposób działania zmian

Ingerencja w tak skomplikowany podproces produkcji długopisów, wymusiła opisanie przedmiotowej operacji technologicznej na nowo, co zostało zaprezentowane poniżej.

Pracownik pobiera 100 tulei z wkładami i umieszcza je w specjalistycznej platformie. Następnie nakłada na specjalistyczną platformę pierwszą z dodatkowych, kompatybilnych części. Dzięki czemu wystające tuleje z wkładami całkowicie chowają się w pierwszej dodatkowej części specjalistycznej platformy. Ponadto w omawianej pierwszej części platformy, od góry, pozostaje jeszcze odpowiednia ilość miejsca na odcięte końcówki tylne.

Później pracownik pobiera 100 uprzednio odciętych tylnych końcówek i umieszcza je, od góry, w otworach pierwszej dodatkowej, kompatybilnej części specjalistycznej platformy. W kolejnym etapie pracownik umieszcza drugą część platformy na pierwszej i podłącza do niej dyszę redukcijną o średnicy 30 mm zamontowanej na spawarko-zgrzewarce. Następnie przechodzi do rozpoczęcia ostatniego etapu w postaci zgrzewania. Liczba 100 sztuk określa maksymalną ilość miejsc dla tulei mogących jednorazowo znaleźć się w platformie.

Spawanie odbywa się w sposób hurtowy, za pomocą spawarko-zgrzewarki. 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, dyszy redukcyjnej spawarko-zgrzewarki wraz ze zgrzewaniem $\approx 15,8(3)$ min. (dla 100 szt. ≈ 38 sek.).

Całkowity uśredniony czas trwania całego zmodernizowanego podprocesu zgrzewania dla produkcji 2500 sztuk długopisów wynosi 70,41(6) minut. Po wyeliminowaniu wąskiego gardła, celem zbadania strumienia wartości, została stworzona i zaprezentowana poniżej mapa przyszłego strumienia wartości.

6. Podsumowanie

Autor przedmiotowego artykułu, będąc w przedsiębiorstwie X z misją eliminacji wąskiego gardła, najpierw je zidentyfikował, poprzez opomiarowanie i uśrednienie czasów trwania poszczególnych operacji technologicznych. Następnie zaproponował odpowiednie zmiany. Wprowadzone przekształcenia spowodowały zminimalizowanie strat czasu. Przedmiotowym usprawnieniem było stworzenie dwóch dodatkowych części do specjalistycznej platformy. Usprawnienie te spowodowało zaoszczędzenie czasu o 51%.

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. 1

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.

