

WYBRANE PROBLEMY LOGISTYKI W PROCESIE PRODUKCJI KÓŁ ZĘBATYCH

Anna MATUSIAK-SZARANIEC¹
Kazimierz WIECZOROWSKI²
Bogdan POHL³

STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano niektóre zagadnienie związane z logistyką procesu produkcyjnego kół zębatach. Problem wytwarzanie elementów uzębionych pokazano na przykładzie wybranej podklasy technologicznej kół zębatach. W procesie logistycznym uwzględniono przede wszystkim zagadnienia przepływu strumienia materiału w procesie kształtowania uzębienia. Opracowanie dotyczy spojrzenia na logistykę przez pryzmat produkcji, dla której wyjściowym punktem jest kształtowanie wyrobu na drodze procesów technologicznych tj. wytwarzania.

1. WSTĘP

Koła zębata należą do jednej klasy technologicznej, jednak duże ich zróżnicowanie stwarza określone problemy klasyfikacyjne [5]. Stosowane dotychczas podziały ze względu na rodzaj uzębienia i wartość modułu nie pozwalają na ich szczegółową klasyfikację [5,6]. Istotne różnice występują również z uwagi na rodzaj tworzywa, z którego są wytwarzane i sposób kształtowania półwyrobu. W tym aspekcie logistyka związana z wytwarzaniem kół zębatach siłą faktu obejmuje najliczniejszą podklasę kół zębatach tzn. koła zębata wal-

¹ mgr inż. Anna Matusiak-Szaraniec – Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej

² prof. dr inż. dr h.c. Kazimierz Wieczorowski – Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej

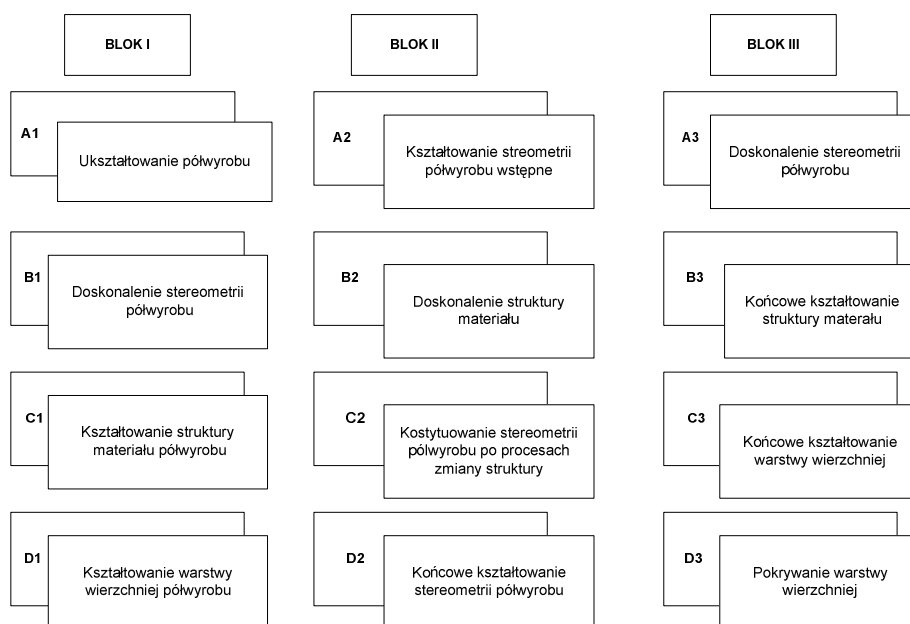
³ mgr inż. Bogdan Pohl – „H. Cegielski – Poznań S.A.”

cowe w zakresie modułów $2\text{mm} < m < 10\text{mm}$ [5]. Należy podkreślić, że każda z podklas będzie miała inny układ w przygotowaniu produkcji i procesie wytwarzania, a stąd i istotne różnice w problemach logistyki. W tym układzie dla każdej z podklas konieczne jest opracowanie oddzielnego logistycznego strumienia przepływu materiału – półwyrobów [6,7,12].

Logistykę definiuje się w różnoraki sposób. W ujęciu tego opracowania najbliższe są poglądy zawarte w publikacjach [1,8,9,18]. Wg autorów [9,18] logistykę należy rozumieć jako naukową teorię planowania, sterowania i kontroli przepływu strumienia materiałów, osób, energii i informacji w systemach. Natomiast Autorzy [1,8] opisują logistykę jako system zajmujący się kształtowaniem optymalnych strumieni i procesów przepływu materiałów i informacji dla zaspokojenia potrzeb w rozpatrywanym obszarze. Zaprezentowane pojęcia związane z logistyką, podobnie zresztą jak i w innych opracowaniach, nie uwiadcniają procesu wytwarzania, a niekiedy jest on wręcz pomijany. Często nawet w tytułach artykułów podawany jest słowo: „logistyka produkcji” lecz wewnątrz temat ten jest pomijany lub traktowany marginesowo [7,18]. Tymczasem w całym procesie logistyki w przedsiębiorstwie problem produkcji zajmuje naczelne miejsce [14]. W niektórych opracowaniach spotyka się informację, że udział produkcji w całym procesie przedsiębiorstwa określa się na 75 – 85% [14,17]. W publikacjach zwyczajowo wytwarzanie utożsamia jest z procesem produkcyjnym obejmującym wszystkie działania związane z wykonaniem określonych wyrobów w danym przedsiębiorstwie. Proces taki obejmuje: wytworzenie półwyrobów, obróbki mechanicznej poszczególnych części składowych, montażu, transportu, kontroli jakości oraz wykonanie potrzebnych do wytwarzania pomocy technologicznych [6,16]. Zasadniczą częścią procesu produkcyjnego związaną bezpośrednio z zmianą kształtu, wymiarów, jakości warstwy wierzchniej, i właściwości fizykochemicznych kształtowanego wyrobu jest proces technologiczny.

Proces technologiczny obróbki wyrobu można przedstawić jako system składających się z przedmiotu obrabianego i szeregu kolejno usytuowanych stanowisk wytwórczych [10,14]. Charakterystyczną cechą procesu technologicznego obróbki określonej części jest stopniowe nadawanie jej wymaganego kształtu i wymiarów, dokładności, właściwości użytkowych i charakterystyki warstwy wierzchniej [6,16]. Wymagania stawiane poszczególnym częściom obrabianym narzucone są przez konstruktora. Dla ukształtowania narzuconej dokładności i jakości przedmiotu proces obróbki dzielimy na etapy, a w tych wyróżniamy określone zabiegi [6,16]. W najogólniejszych rozważaniach mamy etap obróbki zgrubnej, kształtującej, wykańczającej i bardzo dokładnej. W praktyce warsztatowej podział ten jest niewystarczający, ponieważ stosowane są również etapy związane z obróbką cieplną i cieplno-chemiczną, a także często inne rodzaje obróbki cieplnej i obróbki plastycznej [6,16].

Koła zębate wytwarzane są zazwyczaj z stali stopowych, które przed obróbką mechaniczną powinny podlegać obróbce cieplnej uszlachetniającej, a także obróbce plastycznej – przekuciu w celu ujednoludnienia materiału. Mając na uwadze obróbkę plastyczną i cieplną proces technologiczny staje się bardziej zróżnicowany i wielo-etapowy. Na rysunku 1 podano przykładowy proces technologiczny ujęty w trzy bloki. Blok I dotyczy ukształtowania – przygotowania półwyrobu. Blok II obejmuje wstępne wykonanie półwyrobu z uwzględnieniem zmian strukturalnych materiału – obróbki cieplnej. Blok III - końcowe wykonanie wyrobu z ukształtowaniem wymaganej warstwy wierzchniej [16].



Rys. 1. Przykładowa struktura procesu technologicznego części maszyn. Blok I –wytwarzanie półwyrobu, Blok II - kształtowanie wstępne półwyrobu, Blok III – końcowe kształtowanie części z konstituowaniem warstwy wierzchniej.

Przedstawiony przykład struktury procesu technologicznego nie odpowiada wszystkim rodzajom kół zębatach. Jak wspomniano na wstępie występujące różnice w poszczególnych podklasach kół zębatach wymuszają oddzielne opracowanie strumienia przepływu materiału w procesie wytwórczym. Konieczność opracowania dla niektórych rozwiązań konstrukcyjnych kół zębatach zwłaszcza o dużych modułach związana jest z problemem podziału strumienia przepływu materiału, a także następnie jego łączenia [2,5,10,13].

W zależności od wymagań stawianych na rysunku wykonawczym określonego koła zębatego, niektóre powierzchnie mogą być wykonane na gotowo po obróbce zgrubnej - wstępnej, a inne po kształtującej, a jeszcze inne dopiero

po obróbce wykańczające. Technolog projektujący proces wytwórczy dysponuje szeregiem technik pozwalających na kształtowanie koła zębatego wg wymagań podanych na rysunku wykonawczym. Technolog w zależności od rodzaju przedsiębiorstwa dysponuje określonymi technikami wytwarzania. Istotnie duży wachlarz możliwości wykonawczych stawia technologa z jednej strony przed trudnym zadaniem dokonania właściwego wyboru procesu, a z drugiej daje mu możliwości konkurowanie. Problem ten zależny jest od posiadanych kwalifikacji technologa i bazy zakładu. W takim układzie technolog jest nie tylko twórcą procesu technologicznego ale jest również organizatorem produkcji, a obecnie również i specjalistą z zakresu logistyki. Technolog powinien opracować taki **system produkcji** i ukształtować taką **jego organizację** aby uzyskać **wymaganą jakość wyrobu** przy możliwie najniższym **koszcie produkcji** w **planowanym czasie** wytwarzania [3,11].

2. WYTWARZANIE KÓŁ ZĘBATYCH

Jak już wspomniano na wstępie koła zębate i elementy uzębione stanowią odrębną klasę technologiczną [5]. Istotnym elementem podziału na podklasy jest:

- a) rodzaj przekładni (walcowa, stożkowa, ślimakowa, hipoidalna),
- b) sposób ułożenia zębów (koła o zębach prostych, śrubowych, skośnych, łukowych),
- c) wartość modułu [małe $m > 1\text{mm}$, średnie $1\text{ mm} < m < 8\text{ (10) mm}$ oraz duże $m < 8\text{ (10) mm}$],
- d) również tworzywo z którego wykonane są koła zębate (tworzywa sztuczne, elastomery),
- e) elementu na którym ma być nacięte uzębienie (koło, stożek, listwa, segment),
- f) rodzaj kształtu zębów (ewolwentowe – niskie, normalne, wysokie, łukowo kołowe, cykloidalne, specjalne).

Ponadto istotnym elementem podziału procesu technologicznego jest stosowany sposób kształtowania struktury materiału tzn. rodzaj i umiejscowienie obróbki cieplnej w strukturze procesu.

Strukturę proces wytwarzania kół zębatych można usystematyzować najogólniej w następujące etapy (bloki) [6,16]:

- 1) wykonanie elementu np. „otoczki” tj. części na której ma być nacięte uzębienie,
- 2) obróbka cieplna – ujednorodnienie struktury materiału koła,
- 3) kształtowanie uzębienia wstępne,
- 4) obróbka cieplna lub cieplno-chemiczna dla otrzymania właściwych parametrów eksploatacyjnych naciętego uzębienia,

- 5) obróbka kształtująca powierzchnię bazowe dla kształtowania wykańczającego uzębienie,
- 6) obróbka wykańczająca uzębienie w celu otrzymania wymaganej klasy dokładności, szlifowanie i docieranie powierzchni uzębionych,
- 7) kontrola końcowa koła zębatego.

Konkretny proces technologiczny koła zębatego zależy jest od szeregu czynników, które nie wpływają na zmiany ogólnej struktury procesu lecz tworzą warunki do jego realizacji wpływają na charakter strumienia przepływu materiału [4,15].

Zaprezentowany w sposób ogólny ramowy proces technologiczny koła zębatego obrazuje zróżnicowanie występujących składników, a mianowicie:

- a) zróżnicowanie i wielość urządzeń technologicznych,
- b) liczbę przemieszczeń obrabianych kół zębatach pomiędzy poszczególnymi stanowiskami technologicznymi,
- c) liczbę i różnorodność narzędzi,
- d) liczbę i różnorodność oprzyrządowania technologicznego,
- e) liczbę pracowników obsługi i kierowania o różnych umiejętnościach,
- f) liczbę stanowisk kontrolnych.

Wymienione składniki dotyczą tylko procesu technologicznego, aby jednak można było zrealizować proces produkcyjny niezbędne są jeszcze następujące elementy:

- a) zakup materiałów, półwyrobów, narzędzi i pomocy handlowych,
- b) transport zakupionych materiałów itp.,
- c) techniczne przygotowanie produkcji,
- d) magazynowanie,
- e) obsługę serwisową,
- f) sprzedaż wyrobów,
- g) transport sprzedanych wyrobów,
- h) obsługę eksploatacyjną stanowisk produkcyjnych,
- i) środki i transport między stanowiskowy (transport wewnętrzny).

Wymienione składniki stanowiące uwarunkowanie produkcji obrazują dużą rozpiętość parametrów związanych z uzyskaniem większego lub mniejszego kosztu wytwarzania [3,14,15].

3. PROBLEMY LOGISTYKI W PROCESIE WYTWARZANIA KÓŁ ZĘBATYCH

W warunkach gospodarki rynkowej problem wytwarzania musi być traktowany szeroko – musi obejmować tworzenie, projektowanie i konstruowanie

wyrobów. W takim zrozumieniu konieczne jest wyróżnienie systemów projektowania [1,4]:

- 1) projektowanie konstrukcyjne – w ścisłym powiązaniu z oczekiwaniem rynku – klientów oraz z „interesem” przedsiębiorstwa - możliwości wytwórcze i korzyści ekonomiczne,
- 2) projektowanie technologiczne w powiązaniu z interesem przedsiębiorstwa głównie w aspekcie korzyści ekonomicznych lecz również i technicznych,
- 3) projektowanie organizacyjne – zachowanie zasady „płynny” przebieg strumienia materiałów przy najmniejszych drogach przemieszczeń, istotne ograniczenie pracochłonności,
- 4) projektowanie logistyczne związane z korzyściami i interesem przedsiębiorstwa – poprzez stosowanie zasady „Just in time” w zakresie dostawy materiałów, przepływu strumienia produkcji, dostaw do odbiorców, gospodarkę zapasami, sterowanie strumieniem przepływu materiałów dla wyeliminowania jałowych „oczekiwań na stanowiskach technologicznych, minimalizacja magazynów buforowych,
- 5) controlling – w zakresie korzyści przedsiębiorstwa poprzez planowanie, kontrolowanie, monitorowanie oraz korygowanie przyczyn niekorzystnych odchyleń w procesie produkcji.
- 6) projektowanie w zakresie przygotowania produkcji: przygotowanie i wykonanie konstrukcji i technologii oprzyrządowania, narzędzi zabezpieczenie jakości urządzeń technologicznych i pomocniczych, zabezpieczenie obsługi eksploatacyjnej itp.

Należy zwrócić ponadto uwagę na konieczność przygotowania produkcji (zapoznanie pracowników z wyrobem), przygotować i zabezpieczyć dystrybucję oraz obsługę serwisową.

Logistyka w tym układzie w przedsiębiorstwie będzie prowadzona w dwóch kierunkach:[7,17]

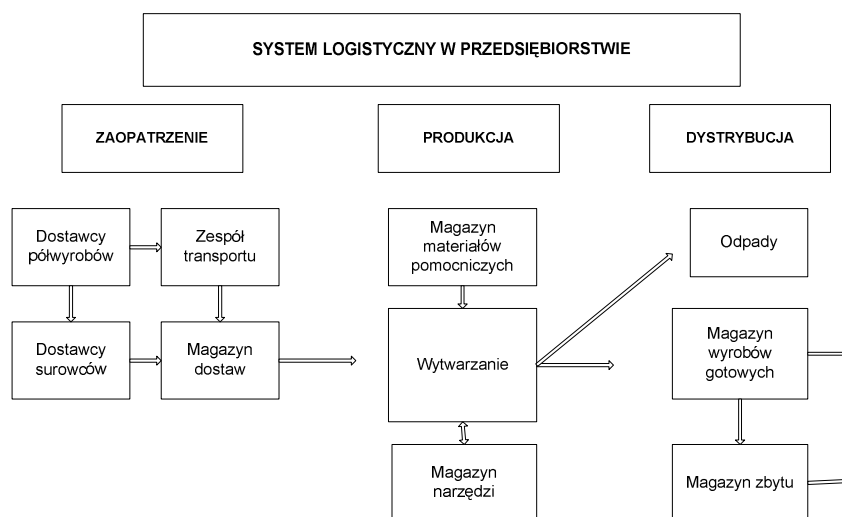
- logistyki dóbr fizycznych
- logistyki informatyzacji.

Przyjmując, że materiał – półwyrobu, energia, narzędzia, informacja są elementami zaopatrzenia, to logistyka będzie związana z łańcuchem zaopatrzenia (rys. 2.). Istotą logistyki będzie zatem usprawnianie łańcuchów zaopatrzenia, zarówno w obszarze zewnętrznego otoczenia przedsiębiorstwa jak i przede wszystkim usprawnień wewnętrznych. Istotnym elementem pomocnym w usprawnianiu działania przedsiębiorstwa jest informatyzacja zarządzania i na tej podstawie organizacja integracji działów przedsiębiorstw. Przez integrację procesów zarządzania należy roznieść określony sposób konstrukcyjnego rozwiązania systemu przetwarzania danych w aspekcie minimalizacji cyklu produkcji i kosztów wytwarzania. Całość problemów integracji musi być podporządkowa-

na uzyskaniu możliwie najlepszych (optymalnych) efektów funkcjonowania przedsiębiorstwa [1,7,17].

Należy podkreślić, że skuteczność procesów integracyjnych w projektowaniu i wdrażaniu logistyki zależy od wielu czynników stymulujących lub hamujących ten proces, wśród których wymienić można: wpływ rodzaju zastosowanych technicznych środków informatyki, oraz wpływ otoczenia zewnętrznego i oddziaływania wewnętrznego na proces integracji [11,14].

Na rysunku 2 pokazano system logistyczny w przedsiębiorstwie wytwórczym w aspekcie przepływów materiałowych, części i gotowych wyrobów. Uproszczony system, w którym nie wyróżniono wszystkich elementów zaopatrzenia jak i zbytu (dystrybucji) uwidacznia stopień skomplikowania skutecznych działań logistycznych [1,7,14]. Wytwarzanie kół zębatach jest działalnością dość stabilną w sferze zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji.



Rys.2. Przykład systemu logistyki w przedsiębiorstwie wytwórczym

Oceniając zastosowanie techniki komputerowej w logistycznym wspomaganiu produkcji, a przede wszystkim integrację zarządzania można stwierdzić dużą efektywność w organizacji przedsiębiorstwa. Można wyróżnić wiele rodzajów efektów: ograniczenie ryzyka w działaniu przedsiębiorstwa, (zmniejszenie stopnia niepewności, trafność decyzji), oszczędność czasu (zmniejszenie pracochłonności), obniżka kosztów, wzrost wydajności pracy, znaczący wzrost produkcji, lepsze planowanie działalności gospodarczej [1,7,15]. Dzięki zastosowaniu komputerów w logistyce otrzymane efekty wiążą się z krótszym czasem reakcji na potrzeby rynku, wysoki stopień elastyczności produkcji, pewniejszy sukces rynkowy. Szybszy przepływ półwyrobów, krótsze czasy cykli

wdrożeniowych, zapewnienie wymaganej jakości wyrobu oraz wzrost efektywności produkcji.

Logistyka w wytwarzaniu kół zębatach będzie występować zarówno w postaci logistyki dóbr fizycznych jak i logistyki informacji.

Logistyka jako kompleksowe działanie w wytwarzaniu kół zębatach obejmuje:

- 1) tworzenie zapotrzebowania na określone koła zębata,
- 2) projektowanie określonego koła zębatego (konstrukcja koła, proces technologiczny, proces kontroli, konstrukcja oprzyrządowania oraz narzędzi, projekt organizacji produkcji,
- 3) konstrukcja i wykonanie oprzyrządowania technologicznego,
- 4) zakup i dostarczenie niezbędnych materiałów i półwyrobów o właściwej jakości i ilości niezbędnej do produkcji,
- 5) organizacja obsługi produkcji wraz z obsługą eksploatacyjną urządzeń,
- 6) realizacja procesu technologicznego (przygotowanie półwyrobu, obróbka zgrubna, kształtująca, cieplna, wykańczająca, kontrola, transport wewnętrzny).
- 7) zbycie – dystrybucja kół zębatach (magazynowanie, konserwowanie, pakowanie ładunków, transport zewnętrzny),
- 8) obsługa eksploatacyjna i serwisowa.

Prezentowana skrótowo prezentacja wskazuje na bardzo dużą złożoność zagadnień logistycznych w procesach wytwórczych, które jednak w literaturze nie znajdują właściwego ujęcia. Należy stwierdzić, iż doskonalenie metod i technik logistycznych umożliwi zwiększenie produktywności i jakości produkowanych wyrobów w tym przede wszystkim kół zębatach.

LITERATURA

- [1] Abt St. *Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie*. PWE. Warszawa 1998.
- [2] Bahke E. *Materialfluss systeme*. Krauskopf Verlag. Mainz 1975.
- [3] Ciesielski M. *Logistyka w strategiach firm*. PWN Poznań 1999.
- [4] Coyle J.J. Bardi E.J. Langley C.J. *Zarządzanie logistyczne*. PWE Warszawa 2000.
- [5] Gabryelewicz F. *Typizacja produkcji w przemyśle maszynowym*. WNT Warszawa 1970.
- [6] Feld M. *Projektowanie procesów technologicznych typowych części maszyn*. WNT Warszawa 2000.
- [7] Fertsch M. *Logistyka produkcji*. Wyd. Inst. Log. i Mag. Poznań 2003.
- [8] Fijałkowski J. *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia*. Wyd. Oficyna Pol. War. Warszawa 2000.

- [9] Junermann R. *Materialfluss und Logistik Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispiele*. Springer Verlag 1989. Berlin – Heidelberg –New York – London.
- [10] Korzeń Zb. *Podstawowe problemy logistyki a budowie i eksploatacji maszyn*, Mat. VIII Konf. pt.: Problemy rozwoju maszyn roboczych. Zakopane 1995.
- [11] Krampe H. *Einführung in die Logistik. Grundlagen und Anwendungsbeispiele*, Huss Verlag GmbH Munchen.
- [12] Legutko St. Wieczorowski K. *Zagadnienia dziedziczenia cech warstwy wierzchniej w procesach technologicznych wytwarzania części maszyn*. Mat. konf. pt.: Projektowanie Procesów Technologicznych TPP` 06 Wyd. Kom. Bud. Masz. PAN oddz. w Poznaniu. Poznań 2006.
- [13] Matusiak-Szaraniec A. *Badania przepływu strumieni materiałowych w wybranych przedsiębiorstwach budowy maszyn na przykładzie korpusów reduktorów*. Praca doktorska WBMiZ Pol. Poz. Poznań 2008.
- [14] Michłowicz E. *Podstawy logistyki przemysłowej*. Wyd. uczelniane AGH Kraków 2002.
- [15] Senger Z. *Sterowanie przepływem produkcji*. Wyd. Pol. Poz. Poznań 1998.
- [16] Wieczorowski K. Legutko St. *Strategia procesu technologicznego w aspekcie kształtowania warstwy wierzchniej części maszyn*. Mat. Konf. pt.: Problemy konstrukcji i eksploatacji maszyn hutniczych i górniczych. Wyd. Ucz. AGH Kraków 2000.
- [17] Wróblewski K.J. *Podstawy sterowania przepływem produkcji*. WNT Warszawa 1993.
- [18] *Zarządzanie produkcją i logistyką* (pod red. M. Fertscha, K. Grzybowskiej i A. Stachowiak) Wyd. Inst. Zarz. Pol. Poz. Poznań 2006.
- [19] Raport z badań własnych Zakładu Projektowania Technologii Pol. Poz. DPB -22 – 301/ 06/ BW.

THE SELECTED PROBLEMS OF LOGISTIC IN GEAR MANUFACTURING

SUMMARY

In the paper some problems of logistic in gear manufacturing are presented. Manufacturing are described very wide Manufacturing contains: manufacturing of details, service, exploitation aid, control of production, future service, cost of time required quality, but not highest... The paper contains new view on logistic in factory, particularly in production factory for that the main point is manufacturing.