

INTELIGENTNE FABRYKI PRZEMYSŁU 4.0

Sandra GRABOWSKA^{1*}, Kamil SIEKA²

¹ Politechnika Śląska, Katowice; sandra.grabowska@polsl.pl; ORCID: 0000-0002-0478-3466

² Adient, Siemianowice Śląskie; kamileks.94@gmail.com

* Korespondencja: sandra.grabowska@polsl.pl

Streszczenie: Czwarta rewolucja przemysłowa to określenie dla innowacji technicznych, organizacji łańcucha wartości, które diametralnie zmieniają produkcję przemysłową. Rozwój gospodarki przemysłowej jest uzależniony od stopnia innowacji, nowych wynalazków zmieniających profil wytwórczości i czynią produkcję coraz sprawniejszą. Intensyfikacja rozwoju technologii i wzrostu ilości dostępnych danych w XXI wieku powoduje transformację współczesnych fabryk do Inteligentnych Przedsiębiorstw. Bezprecedensowe zmiany w fabrykach niosą ze sobą wyzwania, którym menedżerowie i inżynierowie muszą sprostać. Celem artykułu jest przedstawienie nowych archetypów fabryki. W pracy posłużono się pogłębioną analizą literatury krajowej i zagranicznej.

Słowa kluczowe: Inteligentne Fabryki, Przemysł 4.0, czwarta rewolucja przemysłowa

SMART FACTORY INDUSTRY 4.0

Abstract: The Fourth Industrial Revolution is a term for technical innovations and value chain organizations that radically change industrial production. The development of the industrial economy depends on the degree of innovation, new inventions changing the profile of production and make production more efficient. The intensification of technology development and the increase in the amount of data available in the 21st century is transforming modern factories into Smart Enterprises. Unprecedented changes in factories bring challenges that managers and engineers have to face. The aim of the article is to introduce new factory archetypes. In depth analysis of domestic and foreign literature was used in the work.

Keywords: Smart Factories, Industry 4.0, the fourth industrial revolution

1. Wprowadzenie

Przemysł 4.0 to określenie stosowane dla zmian wdrażanych w poszczególnych branżach w związku z czwartą rewolucją przemysłową, którą cechuje robotyzacja procesów wytwarzania i informatyzacja przepływów. W przemyśle 4.0 ma miejsce zintegrowanie technologii informatycznej (IT) i technologii przemysłowej na poziomie operacyjnym przedsiębiorstw (OT). Rozwiązania stosowane w przedsiębiorstwach na poziomie 4.0 są udoskonaloną formą powiązań cybernetycznych (świata wirtualnego) i fizycznych (świata realnego).

Przemysłu 4.0 polega na przekształceniu dotychczasowych modeli biznesowych i transformacji cyfrowej wszelkich środków trwałych oraz zaawansowanej integracji pracowników, maszyn, dostawców i innych partnerów współtworzących łańcuch wartości, tworząc tak zwany cyfrowy ekosystem biznesowy (Grabowska 2018).

Dotychczasowe ujęcie ekosystemu biznesowego to następstwo zmiany warunków funkcjonowania organizacji biznesowych i współczesnego krajobrazu biznesu. Wymaga ona zrozumienia strategii zarządzania przedsiębiorstwem w powiązaniu z aktualnymi warunkami na rynku. Następuje integracja konkurencji i współpracy (Szozda 2017).

W pracy posłużono się pogłębioną analizą literatury krajowej i zagranicznej. Celem artykułu jest przedstawienie nowych archetypów fabryki.

2. Archetypy fabryki ery Przemysłu 4.0

Archetypem nazywa się pierwowzór jakiejś postaci, motywu, schematu lub zdarzenia (Słownik PWE). Termin, najczęściej wykorzystywany w kontekście psychologii człowieka, odnosi się również do dziedzicznego wzorca reagowania lub postrzegania świata. W przypadku zakładu produkcyjnego w czasach cyfrowych zmian, archetypy odnoszą się do kształtujących się nowych idei, w których można dostrzegać pewne wzorce, modele fabryk różniące się sposobem funkcjonowania (Zaraziński i Szymczak, 2018).

Archetypy będą różnić się wg. wolumenu produkcji (niski lub wysoki) oraz źródła wartości, czyli personalizacji lub konkurencyjnych kosztów. Można wyróżnić 4 ogólne pojawiające się kategorie fabryki nowej generacji, wykorzystujące różne dźwignie wartości Przemysłu 4.0, ale z różnym naciskiem w zależności od segmentu popytu i potrzeb, do których się odnoszą (McKinsey, 2015):

- Smart-automated and robotized plants, czyli Inteligentne zautomatyzowane i zrobotyzowane fabryki,
- Digital mass-individualization factories (Cyfrowe masowo-zindywidualizowane fabryki), inaczej zwane Customer-centric plants, czyli Fabrykami skoncentrowanymi na kliencie,
- E-plants in a box, mobile modular factories, czyli Mobilne modułowe fabryki,
- Handmade with digital touch, czyli Produkcja ręczna wysoce wspomagana cyfryzacją.

3. Inteligentne zautomatyzowane i zrobotyzowane fabryki

Inteligentne zautomatyzowane i zrobotyzowane fabryki odpowiadające na zapotrzebowanie na produkty masowe, specjalizują się w realizacji bardzo wysokich wolumenów produkcji po niskich kosztach (niższych niż u konkurencji), dzięki w pełni zautomatyzowanym i zdigitalizowanym procesom. Produkcja w takiej fabryce odbywa się na dedykowanych liniach produkcyjnych, posiadających wspólne moduły konfekcjonowania towarów (czyli działań polegających na porcjowaniu oraz pakowaniu produktów w pojemniki, paczki, zestawy do wysyłki, bądź sprzedaży detalicznej. Taki model mogą przyjąć np. zakłady produkcyjne z branży spożywczej, opierające swój biznes na współpracy z sieciami dyskontów. W takim przypadku konkurencyjność kosztów jest bardzo ważna (Zaraziński i Szymczak, 2018).

Łańcuch dostaw w takiej fabryce zostanie zintegrowany kompleksowo, czyli będzie wdrożony w systemie end-to-end (system stworzony poprzez połączenie wszystkich procesów logistycznych i łańcucha dostaw, zaczynając od klienta i idąc w górę strumienia poprzez produkcję, aż do naszej bazy dostawców, a przepływy są dwukierunkowe). Taki model umożliwi pełną przejrzystość i optymalizację wątku cyfrowego, co zaowocuje zautomatyzowanymi i przeważnie nieprzerwanymi procesami oraz sprawnymi przepływami materiałów. Dodatkowo roboty, w których już występuje potencjał znaczącego wzrostu wydajności roboczej, będą odznaczać się nie tylko wyższą inteligencją, ale również większą zdolnością do współpracy i bezpieczeństwem. Idąc dalej, udoskonalona kolaboracja między ludźmi, a robotami umożliwi operatorom bezpieczniejszą pracę tuż obok robotów w hali produkcyjnej. Zakład zapewni bardzo wysoki wskaźnik produktywności na maszynę, dzięki możliwości zastosowania konserwacji

predykcyjnej w celu zmniejszenia nieplanowanych przestoju i optymalizacji przepustowości w czasie rzeczywistym.

Gotowe produkty z inteligentnej zautomatyzowanej fabryki mogą trafić na rynek masowy, podczas gdy półprodukty mogą być surowcem dla zindywidualizowanych zakładów zorientowanych na klienta lub mobilnych modułowych fabryk (McKinsey, 2015).

4. Cyfrowe masowo-zindywidualizowane fabryki

Cyfrowe masowo-zindywidualizowane fabryki stawiają na produkcję w zakresie dużych lub średnich wolumenów, jednak w przeciwieństwie do poprzedniego modelu, umożliwiają pełną personalizację swoich produktów, przez co wyroby stają się wysoce zindywidualizowane. Takimi wyrobami są np. samochody, ubrania, buty, meble, bramy, ozdobne elementy konstrukcji. Linie produkcyjne są przygotowane pod względem technologicznym i procesowym do realizacji krótkich lub bardzo krótkich serii, występowania częstych przebrojeń i personalizacji produktów różniących się kolorem, dodatkowym wyposażeniem, fakturą. Gniazda produkcyjne często przybierają formę uniwersalnych modułów. Modularyzacja systemu produkcji bazuje na maszynach, które adaptują się do różnych działań i potrafią komunikować się ze sobą przez Internet. Modularne gniazda produkcyjne zwiększają możliwości indywidualizacji produkcji, pozwalają na zmniejszenie czasów przebrojeń maszyn i zwiększenie personalizacji produktu, tak aby spełniał wszystkie postawione mu wymagania klienta i trendy masowej personalizacji. W takim przypadku przepływ sekwencji produkcji jest sterowany przez produkt. Oznacza to, że to produkt „decyduje”, z których gniazd należy skorzystać, żeby opuścić linię produkcyjną w jak najkrótszym czasie (McKinsey, 2015).

Popyt w sprzedaży detalicznej z czasem będzie ewoluował jakościowo, napędzany silnym trendem w kierunku coraz większej personalizacji produktu. Jak można obsłużyć tylu klientów w tzw. podejściu „Segment of One”? Szerokie podejście do marketingu i zaangażowania klientów, charakteryzujące się podstawową segmentacją, nie jest już skutecznym sposobem łączenia się z nowym pokoleniem konsumentów. Oczekiwania klientów znacznie wzrosły, co oznacza, że marketingowcy muszą wprowadzać innowacje, znajdując nowe sposoby na zrozumienie i zachęcanie swoich klientów. „Segment of One” w dosłownym tłumaczeniu jako

„Segment Jednego” oznacza zmianę sposobu segmentacji klientów. Aby osiągnąć sukces, firmy muszą postrzegać swoich klientów jako indywidualne jednostki, a nie przypisywać ich do ogólnych kategorii demograficznych. Podstawowa segmentacja nie idzie już wystarczająco daleko, ponieważ klienci zaczęli oczekiwać głębszego połączenia ze swoimi ulubionymi markami (Wheeler, 2018). Stawianie ludzi na pierwszym miejscu wymaga od marketingu wykorzystywania informacji, zbieranych na podstawie danych historycznych klientów (np. ich upodobań, historii wyszukiwania na stronie producenta, itp.) w celu głębokiego zrozumienia złożonej natury konsumenta oraz jasności, gdzie powinna być obecna marka, aby najbardziej zyskać na wartości (Stephens, 2013).

„Zakłady zorientowane na klienta” prawdopodobnie wypełnią lukę w globalnym, zintegrowanym łańcuchu dostaw, który już korzysta z ekonomiki skali i spersonalizowanego podejścia do produkcji i usług. Klienci będą projektować swoje produkty online, a elastyczność trasowania produktu oznacza, że zaprojektowane modele zostaną wysłane bezpośrednio do najbardziej odpowiadającej fabryki po złożeniu zamówienia. Niezwykle elastyczny łańcuch dostaw będzie produkował w trybie „Batch Size 1” (produkcja jednostkowa w skali przemysłowej) uruchamianym w czasie rzeczywistym na podstawie zamówień klientów, co będzie prowadziło do bardzo krótkich czasów realizacji. Podaż środków produkcji i półproduktów będzie oparta na prognozach popytu opartych na danych. Maszyny będą zaprojektowane tak, aby zminimalizować czas przebrojenia w celu dostosowania się do zmian popytu, wielkości produkowanej serii, specyfikacji i innych parametrów. Pomimo elastyczności, zakład nadal będzie musiał zapewnić bardzo wysoką wydajność na maszynę (Zaraziński i Szymczak, 2018).

5. Mobilne modułowe fabryki

Mobilne modułowe fabryki, czyli mobilne zakłady produkcyjne, mogą być przenoszone z miejsca na miejsce. Mobilność oznacza możliwość elastycznego budowania, uruchamiania, pakowania, a także przenoszenia takiej fabryki. Powodem przenoszenia mogą być trendy rynkowe, dostęp do surowca lub standardy branżowe.

Zarówno Inteligentne zautomatyzowane i zrobotyzowane fabryki, jak i Cyfrowe masowo-zindywidualizowane fabryki, wymagają dużych nakładów kapitałowych, a równocześnie wymagają wystarczająco dużych wielkości produkcji, a tym samym dużego popytu, aby inwestycje mogły się zwrócić. Problemem jest to, w jaki sposób można zaradzić subskali niszowej i odległym rynkom, takim jak np. rosące, ale bardzo rozdrobnione rynki afrykańskie?

Mobilna modułowa fabryka, inaczej zwana „E-zakładem w pudełku”, wzmocniona przez dźwignie Industry 4.0, takie jak np. drukowanie 3D, elastyczność maszyn produkcyjnych, jest instalacją o niskiej kapitalizacji i może być szybko skonfigurowana w nowych lokalizacjach po konkurencyjnych kosztach. Zazwyczaj fabryki w tym archetypie przyjmują minimalne rozmiary i małą skalę. Zakłady w krótkim czasie są w stanie wytworzyć określoną ilość produktów w dowolnej lokalizacji, na hali produkcyjnej lub bezpośrednio obok niej, na czas realizacji zamówienia (McKinsey, 2015).

Fabryki mogą być potencjalnie dostarczane w kontenerach. W swojej finałowej wersji, e-zakład w pudełku może obsługiwać klientów przejeżdżających obok i zatrzymujących się w celu zaprojektowania własnego produktu, na miejscu, z pomocą specjalistów. Mogliby oni wybierać struktury i materiały, korzystać z narzędzi symulacyjnych, a później wrócić, aby odebrać swój produkt w zakładzie. W związku z tym zakład będzie się bardzo dobrze dostosowywać do lokalnych trendów ze względu na bliskość klientów i lokalnego ekosystemu, a co więcej, czas do wprowadzenia na rynek również zostanie zmniejszony dzięki bliskości dostawców i klientów. Zakład może być zautomatyzowany tylko w małym stopniu, lecz operatorzy będą wykorzystywać technologie Przemysłu 4.0, tak, aby ułatwić im prace wytwórczą. Przykładowo egzoszkielec, wykorzystujący kooperację człowieka z robotem, mógłby na przykład odciążać pracowników od obciążenia ciężkimi ładunkami, a także być narzędziem lekkim i stosunkowo niedrogim. Innym przykładem technologii ułatwiającej pracę w mobilnych fabrykach jest elastyczny system produkcyjny z robotami działającymi w systemie „plug and play”, wykonującymi określone zadania, w których udział robotów dawałby największe korzyści. Drukowanie 3D może być wykorzystywane do produkcji części zamiennych i niestandardowych, zmniejszając tym samym potrzebne zapasy, jednocześnie redukując koszty transportu i omijając taryfy importowe surowców lub półproduktów.

Analiza klientów odbywa się dzięki kompleksowemu przepływowi informacji w trybie „end-to-end”. Wysoko wykwalifikowane zespoły centralne wspierają ulepszanie procesów,

projektowanie i konserwację. Wreszcie mobilny zakład produkcyjny jest zintegrowany z otaczającym go ekosystemem, np. wytwarza własną energię, więc nie musi znajdować się w strefie przemysłowej. Może znajdować się blisko centrów handlowych i innych obszarów dogodnych dla klientów (Zaraziński i Szymczak, 2018).

6. Produkcja ręczna z wykorzystaniem cyfryzacji

Idea produkcji ręcznej z wykorzystaniem cyfryzacji dotyczy produktów bardzo wysokiej jakości tworzonych w ilościach jednostkowych. Mogą to być towary znajdujące się w niszowym segmencie rynku (np. aeronautyka, militaria), ale również towary luksusowe (np. luksusowe samochody). Fabryki wykorzystujące produkcję rzemieślniczą z wykorzystaniem cyfryzacji zatrudniają najwyższej klasy pracowników, którzy będąc fachowcami, potrafią połączyć pracę ręczną z nowoczesnymi narzędziami i technologiami. Specjaliści dokonując obróbki materiałów realizują indywidualne zamówienia klientów. Wykorzystanie najnowszych technologii w tego typu fabryce pozwala zwiększyć bezpieczeństwo pracy, elementy tej technologii mogą zastępować proces ręczny w pewnym etapie procesu produkcyjnego, w którym człowiek jest dużo mniej efektywny, niż robot lub wykonywana czynność może zagrażać zdrowiu człowieka (McKinsey, 2015).

7. Podsumowanie

Wdrożenie nowoczesnej technologii, technik oraz metodologii zarządzania właściwych dla Przemysłu 4.0 powinno obejmować cały proces produkcyjny, a także procesy zarządcze. Można postawić tezę, że jedynie w takim przypadku zaistnieje dostatecznie silny efekt komplementarności oraz synergii, niezbędny w świecie czwartej rewolucji przemysłowej dla przeistoczenia się badanego przedsiębiorstwa ze statusu obecnego do Fabryki 4.0.

Każdy z archetypów nowoczesnej fabryki posiada unikatowe cechy, które pozwalają im wyróżniać się sposobem produkcji, jednak wspólnym i centralnym interesem każdego przedsiębiorstwa jest zadowolenie klienta. Każdy zakład produkcyjny powinien w mniejszym

Inteligentne fabryki przemysłu 4.0

lub większym stopniu wchodzić w interakcje z klientem, dążyć do wymiany informacji i wzrostu zaufania wobec firmy, umożliwiać proste sposoby zamawiania pożądanego towaru, co znacznie ułatwia Internet Rzeczy. Innymi wspólnymi zagadnieniami, które odnoszą się do każdego nowoczesnego archetypu fabryki są:

- rozwój kompetencji i szkolenia menedżerów, pracowników liniowych oraz inżynierów,
- dbanie o doskonałość operacyjną, ciągłe doskonalenie,
- rozwój sieci cyfrowych i infrastruktury przepływu informacji,
- zapewnienie cyberbezpieczeństwa całej firmy przez wykorzystanie odpowiedniej polityki i narzędzi bezpieczeństwa.

Bibliografia

- Autorenteam des wissenschaftlichen Beirates von BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V. *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, (in der) Plattform Industrie 4.0*. Berlin, Frankfurt, 2015.
- Gajdzik, B., Grabowska, S. (2018). *Leksykon pojęć stosowanych w Przemysle 4.0*. Zeszyty Naukowe Seria Organizacja i Zarządzanie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Retrieved from <https://www.polsl.pl/Wydzialy/ROZ/ZN/Documents/Zeszyt132/Gajdzik,%20Grabowska.pdf>
- Gajdzik, B., Grabowska, S., Wyciślik, A. (2019). Poglądowe ujęcie kierunków zmian w rozwoju Przemysłu 4.0. Retrieved from <http://www.polishtechnicalreview.com/images/volumens/PTR2019-1-1.pdf>
- Grabowska S. (2018). *Improvement of the heat treatment process in the industry 4.0 context*. METAL 2018. 27th International Conference on Metallurgy and Materials, May 23rd - 25th, 2018, Brno, Czech Republic. Ostrava : Tanger, pp. 1985-1990.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014). *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*. Soziologisches Arbeitspapier, Nr 38, Dortmund.
- McKinsey. (2015), *Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector*. Retrieved from http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mck_industry_40_report.pdf
- Olszewski, M. (2016). *Mechatronizacja produktu i produkcji – przemysł 4.0. Pomiar Automatyka Robotyka*, Politechnika Warszawska, R. 20, Nr 3, ISSN 1427-9126.
- Rüßmann, M., Lorenz, M. (2019). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Retrieved from http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf
- *Słownik wyrazów obcych*. PWE. Retrieved from <https://sjp.pwn.pl/sjp/archetyp;2441121.html>
- Stephens, D. (2013). *The Retail Revival: Reimagining Business for the New Age of Consumerism*. Wiley, ISBN: 978-1-118-48967-3, s.195.
- Szozda, N. (2017). *Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains*. Uniwersytet Ekonomiczny, *LogForum*, Wrocław, e-ISSN 1734-459X.
- Wheeler, K. (2019). *How a ‘segment of one’ approach can help businesses connect with their customers*. Retrieved from <https://www.fourthsource.com/general/how-a-segment-of-one-approach-can-help-businesses-connect-with-their-customers-23392>
- Zaraziński, D., Szymczak, P. (2019). *W stronę przemysłu 4.0*. Retrieved from https://www.astor.com.pl/industry4/HBRP_ASTOR_w_strone_przemyslu_4_0.pdf