

PRZEMYSŁ 4.0 – WYZWANIE DLA WSPÓŁCZESNYCH PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH

Piotr WITTBRODT, Iwona ŁAPUŃKA

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono wybrane zagadnienia związane z problematyką wdrożenia systemu Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Przedstawiono obszary wdrożenia przedmiotowej koncepcji, dokonano omówienia potencjalnych zalet i wad implementacji w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Skupiono uwagę na szanse rozwoju przedsiębiorstwa, które wprowadza nowoczesne rozwiązania techniczne.

Prezentowany artykuł ma na celu rozpowszechnić ideę Przemysłu 4.0 w polskich przedsiębiorstwach z sektora przemysłu produkcyjnego.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, przedsiębiorstwo produkcyjne

1. Wstęp

We współczesnym, silnie konkurencyjnym środowisku produkcyjnym, przedsiębiorstwa stoją przed wyzwaniem radzenia sobie z dużą ilością danych, szybkością podejmowania trafnych decyzji czy elastycznością procesów produkcyjnych. Szczególnie aspekt elastyczności produkcji jest tu elementem ważnym, gdyż obecnie, charakter produkcji jest kształtowany przez zmiany paradygmatu z produkcji masowej na produkcję na żądanie, skierowaną na potrzeby klienta [1]. Takie działania powodują krótszy cykl życia produktów, zwiększony asortyment produktów, jak również zmianę procesów na te o wysokiej wydajności oraz zmianę urządzeń i maszyn na bardziej elastyczne.

Rozwój procesu technologicznego skutkuje wzrostem złożoności we wszystkich obszarach działalności przedsiębiorstwa. Prowadzi to do zwiększonego popytu na innowacje w zakresie nowych materiałów i technologii, innowacyjnych procesów produkcji, jak również nowych modeli biznesowych. Biorąc pod uwagę wspomniane, dodatkowe aspekty: przetworzenia dużej ilości danych i decyzyjność, przedsiębiorstwo stoi przed ogromnym wyzwaniem i skokiem technologicznym. Wyzwaniem, które ma polegać na dostarczeniu innowacyjnych platform i narzędzi do wzajemnej współpracy wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa. Okazuje się, że wiele systemów produkcyjnych przedsiębiorstw są nieprzygotowane do zarządzania dużą ilością danych ze względu na brak inteligentnych narzędzi analitycznych.

Aby sprostać oczekiwanej złożoności nowoczesnych systemów produkcyjnych, powstała nowa koncepcja oparta na wiedzy, technologii i narzędziach, symulacji, optymalizacji i monitorowania istniejących systemów produkcji.

2. Koncepcja Przemysłu 4.0

Pojęcie Przemysł 4.0 (ang. Industry 4.0) po raz pierwszy pojawiło się w 2011 roku w Niemczech [2]. Przyjęto wówczas, że w obszarze Przemysłu 4.0, system produkcyjny przedsiębiorstwa będzie się składać z systemu informacji oraz maszyn sterowanych

numerycznie, które będą działać w sposób autonomiczny i wykazywać elementy sztucznej inteligencji. Okazało się jednak, że ze względu na specyfikę systemów produkcyjnych w różnych gałęziach przemysłu, nie można co do zasady uogólnić terminu Przemysłu 4.0 [3, 4, 5]. Oznacza to, że zakres definicji Przemysłu 4.0 należy rozpatrywać indywidualnie, zależnie od potrzeb danego przedsiębiorstwa. Również nazewnictwo nowej koncepcji zmienia się, czego dowodem są różnego rodzaju opracowania naukowe, w których można spotkać terminologię pokrewną dla Przemysłu 4.0, taką jak Przemysłowy Internet (ang. Industrial Internet) lub Cyfrowa Fabryka (ang. Digital Factory). Niemniej jednak, podjęto uogólnienia i opracowania definicji Przemysłu 4.0.

Pierwsze trzy rewolucje przemysłowe przyniosły postęp w mechanizacji urządzeń produkcyjnych, elektryczności i podziału pracy oraz w technologii informatycznej. Termin Przemysł 4.0 oznacza czwartą rewolucję przemysłową, w której przyjmuje się, że jest to wizja inteligentnych fabryk zbudowanych z inteligentnych systemów cyber-fizycznych. Wdrożenie tej idei, powinno pozwolić na opracowanie inteligentnych systemów produkcyjnych, które oprócz wspomnianej autonomii będą posiadać właściwości samokonfiguracji, samokontroli czy naprawiania się.

Przemysł 4.0 jest obecnie jednym z najczęściej poruszanych tematów wśród praktyków i naukowców, przez co staje się priorytetem dla wielu ośrodków badawczych i przedsiębiorstw.

Koncepcja Przemysłu 4.0 obejmuje obszary, do których zalicza się liczne technologie i związane z nimi paradygmaty. Do głównych elementów, które są ściśle związane z ideą Przemysłu 4.0, należy więc zaliczyć: przemysłowy internet rzeczy, produkcja oparta na chmurze, inteligentne fabryki, systemy cyber-fizyczne czy społeczny rozwój produktu [6].

2.1. Przemysłowy internet rzeczy

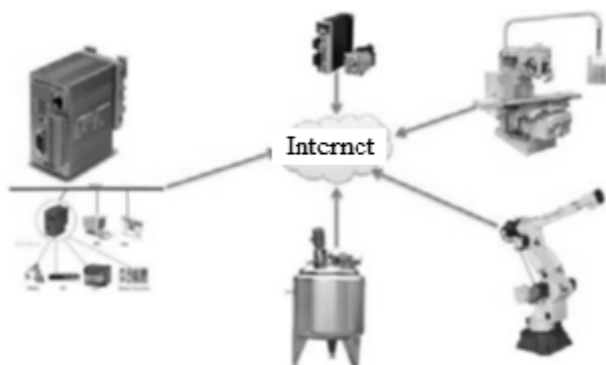
Jednym ze znaczących paradygmatów nowej technologii, które w znaczny sposób mogą przyczynić się do rozpowszechnienia i rozwoju Przemysłu 4.0 jest przemysłowy internet rzeczy (ang. Industrial Internet of Things - IIoT). Jest to koncepcja, która wywodzi się z technologii internetu rzeczy (ang. Internet of Things - IoT) z przeznaczeniem do zastosowania w przemyśle.

Internet rzeczy został po raz pierwszy zdefiniowany przez Kevina Ashtona w 1999 roku [7]. Autor zaproponował wykorzystanie transmisji danych przez sieć internet z wykorzystaniem identyfikacji radiowej RFID do sterowania łańcuchem dostaw w przedsiębiorstwie Procter & Gamble. Obecnie, internet rzeczy obejmuje wszystkie typy urządzeń, np.:

- urządzenia domowe (sprzęt AGD i multimedialny),
- systemy bezpieczeństwa, ochrony zdrowia i życia,
- systemów automatyki,
- samochody osobowe i ciężarowe,
- systemy produkcyjne i logistyczne przedsiębiorstwa.

Ideą IIoT, podobnie jak IoT, jest gromadzenie dużej ilości danych. W przypadku przemysłowego internetu rzeczy, jest to gromadzenie danych z procesów produkcyjnych i przesyłanie do centrów przetwarzania danych. Na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat działania IIoT.

Wynika więc, że IIoT obejmuje urządzenia przemysłowe, takie jak: czujniki, siłowniki robotów, urządzeń produkcyjnych (układów sterowania tokarek, frezarek, wiertarek czy szlifierek), elementów linii produkcyjnej (sterowniki PLC, silniki, pompy).



Rys. 1. Idea przemysłowego internetu rzeczy [8]

Do obszaru przemysłowego internetu rzeczy zaliczyć można również przemysłowe systemy sterowania (ang. Industrial Control Systems (ICS)). Przemysłowe systemy kontroli wykorzystują już w pewnym zakresie zaawansowane technologie komunikacyjne oparte na sieci internet, dzięki czemu mogą być szybko zintegrowane z systemami informatycznymi przedsiębiorstwa. Działania integracyjne realizowane są obecnie w wielu gałęziach przemysłu, co stanowi doskonałą podstawę do uruchomienia przyszłych inteligentnych systemów produkcyjnych w idei Przemysłu 4.0.

Należy również mieć świadomość tego, że na podstawie zgromadzonych danych możliwe jest np. zoptymalizowanie działanie systemów produkcyjnych, co wpływa na poprawę efektywności samego procesu wytwarzania.

2.2. Produkcja oparta na chmurze

Termin przetwarzanie w chmurze (ang. Cloud Computing (CC)) lub chmury obliczeniowej po raz pierwszy został użyty w roku 1997 przez Ramnath'a Chellappa [9]. Ponieważ, jest to pojęcie stosunkowo nowe, nie istnieje jedna ogólnie przyjęta jego definicja. Za najbardziej trafną uważa się tą, która: „przetwarzanie w chmurze określa jako model pozwalający na dostęp poprzez sieć do zasobów obliczeniowych, które mogą zostać dostarczone i oparte na użytkowaniu usług dostarczonych przez usługodawcę wewnętrznego lub zewnętrznego” [10].

Podobnie jak w przypadku przemysłowego internetu rzeczy, również produkcja oparta na chmurze (ang. Cloud-based Manufacturing (CBM)) jest częścią składową chmury obliczeniowej. Układ CBM można opisać jako sieciowy model systemu produkcyjnego, który ze zróżnicowanych i rozproszonych zasobów produkcyjnych tworzy tymczasowe, zdolne do rekonfiguracji cyber-fizyczne linie produkcyjne. Wykorzystanie modeli sieciowych umożliwia alokację zasobów produkcyjnych w odpowiedzi na żądanie klienta, co przyczynia się do zwiększenia wydajności oraz pozwala zmniejszyć koszty cyklu życia produktu.

2.3. Inteligentna fabryka

Inteligentna fabryka (ang. Smart Factory) to jeden z głównych „składników” koncepcji Przemysłu 4.0 [3]. Definiuje się jako fabrykę, która celowo wspomaga zasoby ludzkie oraz maszyny w wykonywaniu ich zadań w oparciu o elementy systemu cyber-fizycznego i

internetu rzeczy. Oznacza to, że fabryka „będzie świadoma i wystarczająco inteligentna”, aby dokonać kontroli procesu produkcyjnego czy też utrzymać maszyny i urządzenia w odpowiednim stanie technicznym. Występować więc będzie integracja na wszystkich poziomach zasobów produkcyjnych np.: czujniki, siłowniki, maszyny i urządzenia, roboty, przenośniki, itd.

Korzystanie z zasobów produkcyjnych w inteligentnej fabryce umożliwi produkcję pojedynczych produktów pod indywidualne potrzeby klienta w warunkach produkcji masowej (wysoki poziom elastyczności), adaptację do ciągłych zmian rynkowych. Ponadto, umożliwi integrację wszystkich obszarów produkcyjnych zlokalizowanych często w różnych halach produkcyjnych przedsiębiorstwa, powodując wysoką efektywność wykorzystania zasobów, zapasów i energii. Przyjmuje się, że pojęcie inteligentna fabryka obejmie również obszary projektowania i planowania produkcji.

2.4. Systemy cyber-fizyczne

Systemy cyber-fizyczne (ang. Cyber-Physical Systems (CPS)) są kolejnym ważnym elementem idei Przemysłu 4.0 [11, 12]. Definiuje się je jako połączenie warstwy obliczeniowej oraz procesów fizycznych. Integracja najczęściej występuje w formie systemów wbudowanych oraz sieci monitorowania i kontrolowania procesów fizycznych. Układ kontroli procesu produkcyjnego, działa w pętli sprzężenia zwrotnego. W tym przypadku, procesy fizyczne są źródłem danych dla obliczenia sygnału sterującego wybranymi obiektami wykonawczymi [13].

Rozwój CPS charakteryzują trzy fazy [14]:

- pierwsza generacja CPS – obejmuje technologie identyfikacji RFID,
- druga generacja CPS – układy wyposażone są w czujniki i siłowniki o ograniczonym zakresie funkcji,
- trzecia generacja CPS – układy mogą przechowywać i analizować dane.

Podobne rozwiązania już są stosowane w układach komputerowo zintegrowanym wytwarzaniu (ang. Computer Integrated Manufacturing (CIM)), gdzie automatyzacja produkcji jest realizowana z zastosowaniem systemów wbudowanych. Urządzenia są ze sobą połączone na poziomie w systemie zamkniętym, tworząc lokalnie sieciowy system wbudowany o strukturze hierarchicznej.

2.5. Społeczny rozwój produktu

Społeczny rozwój produktu (ang. Social Product Development (SPD)) jest pojęciem stosunkowo nowym w świecie rozwoju produktu. Jak dotąd brak jednoznacznej definicji, ale przyjmuje się, że jest to zaangażowanie zespołu osób wewnątrz lub/i zewnątrz przedsiębiorstwa w rozwój produktu (wykwalifikowana grupa osób). Wykorzystuje się w tym celu technologie i narzędzia społecznościowe oraz media tak, aby użytkownicy mieli wpływ na cykl życia produktu na każdym etapie jego projektowania. Okazuje się, że nowy produkt wprowadzany na rynek, w opracowywaniu którego udział mieli użytkownicy sieci internet, ma krótszy czas rozwoju i potrzebuje mniej inwestycji niż w podobnych projektach opartych wyłącznie na tradycyjnym projektowaniu [15].

3. Obszary wdrażania koncepcji Przemysłu 4.0

Współczesny przemysł produkcyjny, to nie tylko system produkcyjny przedsiębiorstwa, który obejmuje podstawowe maszyny i urządzenia wytwórcze, roboty bądź manipulatory przemysłowe, ale także otoczenie dalsze, w postaci systemów logistycznych, zasobów a także obsługi klienta. Wszystkie te aspekty, w myśl koncepcji Przemysłu 4.0, powinny być silnie zintegrowane i skomunikowane, programowalne, rekonfigurowane, zarządzane i elastyczne.

W przedsiębiorstwach produkcyjnych można spotkać różne poziomy integracji wymienionych systemów [16]. Duże różnice w poziomach zaawansowania technologicznego skutkuje tym, że brak jest jednego scenariusza wdrażania koncepcji Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwie produkcyjnym, należy rozpatrywać indywidualnie. Niemniej jednak, podjęto próbę usystematyzowania zasad i obszarów wdrażania tej idei. Wyróżniono kilka głównych zasad, które wspierają i ułatwiają jej wprowadzenie. Należy do nich zaliczyć:

- współdziałanie,
- wizualizacja,
- decentralizacja,
- działanie w czasie rzeczywistym,
- modułowość.

Współdziałanie organizacji jest ważnym bodźcem wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0 w przedsiębiorstwie. To za pomocą tego elementu, następuje kooperacja wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa. Ponadto, współdziałanie łączy, wymienione w punkcie 2 opracowania, komponenty koncepcji Przemysłu 4.0.

Kolejnym elementem, który może wspierać wdrażanie koncepcji jest wizualizacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwie. Przy pomocy elementów wizualizacyjnych, możliwe jest, przy wykorzystaniu czujników czy sensorów, monitorowanie procesów fizycznych zachodzących w organizacji. Na podstawie uzyskanych danych możliwe jest uzyskanie odzwierciedlenia procesów fizycznych a także symulowanie ich działania.

Poważnym problemem współczesnych przedsiębiorstw jest ich centralizacja. Decyzje podejmowane są hierarchicznie, co znacznie wydłuża czas reakcji na zmienne systemu a także utrudnia proces kontroli. W przypadku Przemysłu 4.0 proces ten jest zupełnie inny. Uwagę skupia się na proces decentralizacji podejmowania decyzji. Decyzje na poziomie systemów cyber-fizycznych podejmowane są natychmiast. Tylko w przypadku poważnych problemów, awarii, zadania przekazywane są na wyższy poziom [17]. W zakresie decentralizacji procesów decyzyjnych, w celu zapewnienia jakości produktów i identyfikowalności procesów produkcyjnych, konieczne jest śledzenie całej organizacji w dowolnym momencie.

Ważnym zadaniem w organizacji jest zbieranie i analizowanie danych w czasie rzeczywistym. System czasu rzeczywistego oparty jest na komputerze, który pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego czasu rzeczywistego. W skład takiego systemu należy zaliczyć niezbędne otoczenie: sieci transmisyjne, układy wejściowe i wyjściowe oraz urządzenia kontrolne. Konieczne jest, aby każdy z komponentów organizacji działał w systemie czasu rzeczywistego.

Przedsiębiorstwo, które wdraża koncepcję Przemysłu 4.0 powinno charakteryzować się również modułowością. Pod pojęciem modułowość systemu produkcyjnego, w kontekście idei Przemysłu 4.0 należy rozumieć system, który jest w stanie elastycznie dostosowywać się do zmieniających się wymagań produkcyjnych. Powinien również w miarę możliwości

technicznych zastępować lub rozbudowywać istniejące moduły. Dlatego też, systemy modułowe mogą być łatwo skorygowane w przypadku: wahań produkcji, produkcji zmiennej lub sezonowej.

Omówione obszary potencjalnych zmian w działalności przedsiębiorstwa, mogą przybliżyć organizację do funkcjonowania w myśl koncepcji Przemysłu 4.0. Ponieważ, jak już wspomniano, przedsiębiorstwa znajdują się na różnych poziomach zaawansowania technologicznego, konieczne jest opracowanie nowych modeli, struktur czy architektury struktur organizacyjnych, inteligentnych systemów produkcyjnych, innowacyjnych projektów oraz algorytmów funkcjonowania przedsiębiorstwa. Aby osiągnąć pełen sukces wdrożeniowy, przyszłe systemy muszą być sprawne, w pełni programowalne, zarządzane, elastyczne i bezpieczne w użytkowaniu.

4. Podsumowanie

Celem artykułu było przybliżenie, jak dotąd mało rozpowszechnionej, idei czwartej rewolucji przemysłowej – koncepcji Przemysłu 4.0. W opracowaniu przedstawiono próbę usystematyzowania definicji Przemysłu 4.0, omówiono główne elementy koniecznych zmian w przedsiębiorstwie jak również streszczono scenariusz wdrożenia w wybranych obszarach organizacji produkcyjnej.

W całej branży produkcyjnej, istnieje różnica między współczesnym przemysłem produkcyjnym a formą, którą można osiągnąć ideą Przemysłu 4.0. Obserwuje się w przedsiębiorstwach różne poziomy inteligentnych technologii, co może przyczynić się przyszłość, że obszary produkcji dla Przemysłu 4.0 będą rozwijać się z inną intensywnością i w różnych kierunkach.

Pełne wdrożenie koncepcji Przemysłu 4.0 może pozwolić osiągnąć niespotykany dotąd poziom wydajności operacyjnej i przyspieszyć wzrost produktywności, co należy przyjąć za dużą zaletę. Nowe rodzaje zaawansowanej produkcji i procesów przemysłowych, integracji oraz współpracy maszyny i urządzeń do pracy ludzkiej pozwoli na pełną elastyczność systemów produkcyjnych przedsiębiorstwa. Wpływ czwartej rewolucji przemysłowej, będzie jednak bardziej rozległy i wpłynie oprócz produkcji również na działy pośrednie, zwłaszcza procesy inżynierskie. Oznacza to, że potencjał wzrostu wydajności leży więc w zakresie poprawy procesów produkcyjnych i algorytmach podejmowania decyzji.

Przyszłe prace związane z koncepcją Przemysłu 4.0 będą koncentrowały się na dalszej aspektach operacyjnych elementów systemów produkcyjnych i monitorowania ich skuteczności we wszystkich charakterystycznych obszarach, takich jak: zwinność produkcji, współdziałanie układów wykonawczych, modułowość, łatwość programowania i bezpieczeństwo użytkownika. Przyszłe badania również będą koncentrować się na obszarach z dziedziny systemów cybernetycznych nowych i innowacyjnych rozwiązań dla Przemysłu 4.0.

Należy podkreślić, że Przemysł 4.0 jest zjawiskiem, które będzie postępować, czy tego chcemy, czy nie.

Literatura

1. Gerwin D., Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective., Manage. Sci., vol. 39, no. 4, 1993.
2. Lee J., Industry 4.0 in Big Data Environment., German Harting Magazine (2013), pp. 8 – 10.

3. Kagermann, H., Wahlster W., Helbig J., Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013
4. Lasi H., Fettke P., Kemper H., Feld T., Hoffmann M., Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering 6 (2014), pp. 239 – 242.
5. Schmidt R., Möhring M., Härting R. C., Reichstein C., Neumaier P., Jozinovi P. é, Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results, in: W. Abramowicz (Ed.), Business Information Systems, Springer International Publishing, 2015, pp. 16 – 27.
6. Hermann M., Pentek T., Otto B., Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Technische Universität Dortmund, No. 01 / 2015.
7. Ashton, K. (Jun 22, 2009). RFID Journal. Pobrano z lokalizacji <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (dostęp z dn. 05.01.2017)
8. Thamesia L., Schaefer D., Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, Procedia CIRP 52 (2016), pp. 12 – 17.
9. <http://www.cloud-lounge.org/clouds-in-IT-history.html> (dostęp z dn. 05.01.2017)
10. Grance T., Mell P.: The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce. Special Publication 800 – 145, <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf> (dostęp z dn. 05.01.2017)
11. Lee J., Bagheri B., Kao H., A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters, Volume 3, 1/ 2015, pp. 18 – 23.
12. Kagermann, H., Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser,,: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien und Migration, 2014, pp. 603 – 614.
13. Lee E., Cyber Physical Systems: Design Challenges, 11th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 1/2008, pp. 363 – 369.
14. Bauernhansl T.: Die vierte industrielle Revolution. Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, p. 3 – 35. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser, 2014: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologie, Migration.
15. Peterson A., Schaefer D.: Social Product Development: Introduction, Overview, and Current Status, In: D. Schaefer (Ed.): Product Development in the Socio-sphere: Game Changing Paradigms for 21st Century Breakthrough Product Development and Innovation, Springer International Publishing, pp. 63 – 98.
16. Qina J., Liua Y., Grosvenora R., A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, Procedia CIRP 52 (2016), pp. 173 – 178.
17. Hompel, M., Otto B., Technik für die wandlungsfähige Logistik. Industrie 4.0., 23. Deutscher Materialfluss-Kongress, 2014.

Dr inż. Piotr WITTBRODT

Dr inż. Iwona ŁAPUŃKA

Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów

Politechnika Opolska

45 – 370 Opole, ul. Ozimska 75

tel.: (+48 77) 449 88 45

(+48 77) 449 88 50

e-mail: p.wittbrodt@po.opole.pl

i.lapunka@po.opole.pl