



Wydział  
Mechaniczny



Instytut Informatyki  
i Zarządzania Produkcją  
ul. Szafrana 4  
65-246 Zielona Góra

tel. (0-68) 328-22-73  
Sekretariat@iizp.uz.zgora.pl

# INŻYNIERIA

# PRODUKCJI

*Technologia  
Jakość  
Symulacja*

Pod redakcją:  
Justyny Patalas-Maliszewskiej  
Juliana Jakubowskiego

# IIP

# 15

ISBN 978-83-65200-11-2

Uniwersytet Zielonogórski  
Zielona Góra 2018

# **INŻYNIERIA PRODUKCJI**

*Technologia  
Jakość  
Symulacja*

Pod redakcją:  
Justyny Patalas-Maliszewskiej  
Juliana Jakubowskiego

Zielona Góra 2018

**UNIwersytet Zielonogórski**  
**Rada Wydawnicza Zeszytu Naukowego Inżynieria Produkcji**  
Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,  
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



**Autorzy rozdziałów:**

**Rozdział 1:** Michał Ociepa

**Rozdział 2:** Kamil Leksycki

**Rozdział 3:** Michał Ociepa, Mariusz Jenek

**Rozdział 4:** Marek Sałamaj, Michał Patalas

**Rozdział 5:** Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki, Katarzyna Skrzypek

**Rozdział 6:** Anna Tadeusz, Julian Jakubowski

**Rozdział 7:** Małgorzata Śliwa, Krzysztof Wasylewicz

**Rozdział 8:** Anna Kuryś, Justyna Patalas-Maliszewska

**Rozdział 9:** Gabriela Gadecka-Musiałowska

Redakcja naukowa:

**Justyna Patalas-Maliszewska**

**Julian Jakubowski**

**Recenzenci:**

**prof. Josef Basl, prof. Milan Edl**

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją  
Zielona Góra 2018

**ISBN: 978-83-65200-11-2**

## *Spis treści*

Przedmowa .....	5
<b>Rozdział 1</b>	
Mechanizmy zużycia ostrzy skrawających z regularnego azotku boru (PCBN) w procesie obróbki toczaniem materiałów w stanie utwardzonym .....	7
<i>Michał Ociepa</i>	
<b>Rozdział 2</b>	
Szczegóły kształtowania wióra w procesie toczenia wykończeniowego stali nierdzewnej 316L .....	17
<i>Kamil Leksycki</i>	
<b>Rozdział 3</b>	
Wpływ rodzaju powłoki przeciwzużyciowej na parametry chropowatości powierzchni ostrzy skrawających z regularnego azotku boru (PCBN) .....	25
<i>Michał Ociepa, Mariusz Jenek</i>	
<b>Rozdział 4</b>	
Alternatywny System pomiarowy do kontroli procesu tłoczenia na gorąco .....	35
<i>Marek Salamaj, Michał Patalas</i>	
<b>Rozdział 4</b>	
Nowe metody i narzędzia do wspomaganie pracy mobilnych pracowników działów sprzedaży .....	39
<i>Małgorzata Śliwa, Krzysztof Wasylewicz</i>	
<b>Rozdział 5</b>	
Ewolucja systemów zarządzania jakością i produkcją w przemyśle motoryzacyjnym .	49
<i>Karol Dąbrowski, Kamil Leksycki, Katarzyna Skrzypek</i>	
<b>Rozdział 6</b>	
Ocena wpływu wdrożonego systemu zarządzania jakością na efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa .....	57
<i>Anna Tadeusz, Julian Jakubowski</i>	
<b>Rozdział 7</b>	
Nowe metody i narzędzia do wspomaganie pracy mobilnych pracowników działów sprzedaży .....	79
<i>Małgorzata Śliwa, Krzysztof Wasylewicz</i>	
<b>Rozdział 8</b>	
Modelowanie i ocena procesów produkcyjnych przy pomocy Tecnomatix Plant Simulation .....	91
<i>Anna Kuryś, Justyna Patalas-Maliszewska</i>	

**Rozdział 9**

Znaczenie handlu elektronicznego w rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych ..... 103  
*Gabriela Gadecka-Musiałowska*

Bibliografia ..... 113

Autorzy ..... 119

## PRZEDMOWA

*Szanowni Państwo,*

*w warunkach zmian w Nauce i Szkolnictwie Wyższym dyscyplina naukowa: inżyniera produkcji stała się częścią nowej dyscypliny inżynieria mechaniczna. Redaktorzy kontynuując serię wydawniczą „Inżynieria Produkcji” zwracają uwagę, iż jest to znaczący obszar badań naukowych, w którym pomimo intensywnego przyrostu prac naukowych, wciąż pozostaje przestrzeń badawcza na opracowywane i budowanie nowych metod, algorytmów i rozwiązań, które mają zastosowanie w praktyce gospodarczej.*

*W obecnym tomie „Inżynieria Produkcji” szczególną uwagę zwrócono na stosowane technologie w procesach produkcyjnych oraz podkreślono znaczenie i ważność opracowywania i zastosowania modeli symulacyjnych. Ponadto, w procesach produkcyjnych ważnym elementem wciąż pozostaje zachowanie i kontrola jakości zarówno poszczególnych etapów prac, jak i wyrobów czy produktów końcowych, co zostało również pokazane na przykładach w niniejszej książce. Autorami poszczególnych rozdziałów są studenci i absolwenci studiów pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia związanych z dyscypliną: inżynieria mechaniczna wraz z opiekunami naukowymi, w większości pracownikami Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją Uniwersytetu Zielonogórskiego.*

*W pierwszych czterech rozdziałach prace badawcze koncentrują się wokół zagadnień technologii w inżynierii mechanicznej. W rozdziale pierwszym zaprezentowano proces obróbki toczenia materiałów w stanie utwardzonym, w szczególności mechanizmy zużycia ostrzy skrawających. Na przebieg procesu zużycia i trwałości narzędzia w znacznym stopniu wpływ mają takie czynniki, jak temperatura w strefie skrawania czy jednostkowe naciski materiału obrabianego na narzędzie skrawające. Czynniki te posiadają różną intensywność, zależną od przyjętych parametrów obróbki, użytego narzędzia skrawającego, czy też właściwości materiału obrabianego. Z narzędziami przeznaczonymi do obróbki materiałów „na twardo” wiąże się problem ich wzmoczonego zużycia, stąd mając na celu przeprowadzenie obróbki w sposób ekonomiczny, nieodzownym staje się konieczność szczegółowego poznania zjawisk, które zachodzą w strefie skrawania. W kolejnym rozdziale podjęto prace dotyczące również procesu toczenia, ale skupiając uwagę na badaniach rodzaju i kształtów wióra uzyskanego w procesie toczenia stali nierdzewnej 316 L. Analizy przeprowadzono w warunkach obróbki na sucho oraz z chłodzeniem. Zastosowano zmienne prędkości skrawania i posuwu przy zachowaniu stałej głębokości skrawania. Realizację badań zaplanowano w oparciu o metodę Parameter Space Investigation (PSI), która pozwala na realizację eksperymentu przy minimalizacji punktów doświadczeń. Rozdział trzeci to wyniki analizy wpływu rodzaju powłoki przeciwozużyciowej na parametry chropowatości powierzchni ostrzy skrawających z regularnego azotku boru (PCBN). W tym celu dokonano pomiaru i analizy wybranych parametrów chropowatości z krawędzi skrawających oraz powierzchni przyłożenia ostrzy z regularnego azotku boru (PCBN) niepowlekanych oraz z naniesionymi przez producentów badanych narzędzi powłokami TiN i TiAlN. W rozdziale czwartym pokazano rozwiązanie problemu, na który zwrócono uwagę podczas obserwacji przebiegu procesu toczenia na gorąco, to jest na konieczność okresowego manualnego pomiaru temperatury, który przeprowadza specjalnie do tego celu przeszkolony pracownik. Zaproponowano zdalny system pomiarowy do kontroli procesu toczenia na gorąco.*

*Kolejne rozdziały pokazują znaczenie systemów zarządzania jakością w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Rozdział piąty prezentuje ewolucję przemysłu motoryzacyjnego od produkcji rzemieślniczej do zarządzania zgodnie z koncepcją Industry 4.0. W rozdziale szóstym dokonano oceny wpływu wdrożonego systemu zarządzania jakością na efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa produkcyjnego. Wyróżniono dziedziny stale wymagające poprawy oraz cele możliwe*

do osiągnięcia zgodnie z zasadą ciągłego doskonalenia, wpływające na stopień realizacji wymagań klienta.

Rozdziały siódmy-dziewiąty to prezentacja rozwiązań usprawniających działalność przedsiębiorstw produkcyjnych. W rozdziale siódmym zaprezentowano wyniki analizy nowych metod i narzędzi do wspomagania pracy mobilnych pracowników działów sprzedaży. Rozwiązania te stanowią integralną część systemów klasy ERP, tzw. SFA (Sales Force Automation). Na rynku istnieje wiele gotowych aplikacji o konstrukcji modułowej, których zadaniem jest zarówno monitorowanie efektywności pracy, projektowanie i zarządzanie działaniami marketingowymi oraz kompleksowa obsługa klienta biznesowego. Rozdział ósmy to przykład możliwości zastosowania modelowania i symulacji komputerowej procesów produkcyjnych przy zastosowaniu Tecnomatix Plant Simulation. Zastosowanie metody symulacji pozwala na szczegółową wizualizację procesu produkcyjnego, co jest pomocne przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Rozdział zamykający ten tom traktuje o możliwościach rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych wraz ze wzrostem handlu elektronicznego. Najnowsze dane (Eurostat) wskazują, że w roku 2017 ponad 72% Polaków korzystało z Internetu, a aż 68% internautów dokonało zakupów online. Ponadto oszacowano, że ponad 16 mln polskich konsumentów robi zakupy w sieci, a Polska jest jednym z krajów, w których najszybciej rośnie rynek e-commerce. Pokazano analizy trendów na rynku e-commerce w Polsce oraz określono wpływ e-commerce na rozwój przedsiębiorstw produkcyjnych. Ponadto, na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych wyróżniono podstawowe parametry skutecznego e-handlu koniecznych dla rozwoju przedsiębiorstw produkcyjnych.

Prezentowane rozwiązania w książce mają charakter najczęściej innowacyjny i aplikacyjny, dlatego książka przeznaczona jest nie tylko dla teoretyków zajmujących się badaniami w dyscyplinie: inżynieria mechaniczna, ale również dla praktyków poszukujących interesujących rozwiązań problemów występujących w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Mając świadomość pewnych braków czy nieścisłości w poszczególnych rozdziałach miejmy w pamięci, iż ich autorami są młodzi, poszukujący badacze.

Życzymy Państwu przyjemnej lektury.

# **MECHANIZMY ZUŻYCIA OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z REGULARNEGO AZOTKU BORU (PCBN) W PROCESIE OBRÓBKİ TOCZENIEM MATERIAŁÓW W STANIE UTWARDZONYM**

## **1. WPROWADZENIE**

Wytwarzanie części maszyn z wykorzystaniem operacji toczenia stanowi jedną z najczęściej stosowanych metod obróbki. W trakcie toczenia dochodzi do szeregu procesów fizycznych, mechanicznych i chemicznych, które mają wpływ na ostateczne właściwości eksploatacyjne gotowego wyrobu, a także na zużycie i trwałość narzędzia. Na przebieg procesu zużycia i trwałości narzędzia w znacznym stopniu wpływ mają takie czynniki, jak temperatura w strefie skrawania, powinowactwo chemiczne czy jednostkowe naciski materiału obrabianego na narzędzie skrawające. Czynniki te posiadają różną intensywność, zależną od przyjętych parametrów obróbki, użytego narzędzia skrawającego, czy też właściwości materiału obrabianego. Z narzędziami przeznaczonymi do obróbki materiałów „na twardo” wiąże się problem ich wzmożonego zużycia, stąd mając na celu przeprowadzenie obróbki w sposób ekonomiczny, nieodzownym staje się konieczność szczegółowego poznania zjawisk, które zachodzą w strefie skrawania.

## **2. TOCZENIE MATERIAŁÓW W STANIE UTWARDZONYM**

### **2.1. Aktualny stan wiedzy**

Toczenie materiałów „na twardo” zasadniczo różni się od procesu toczenia materiałów „miękkich” przede wszystkim ze względu na znacznie wyższą twardość materiału obrabianego (powyżej 45 HRC). Stosowane wartości posuwu  $f$ , jak i głębokości skrawania  $a_p$  podlegają znacznemu ograniczeniu ze względu na większe, niż w przypadku toczenia tradycyjnego, siły skrawania [1]. W przeciwieństwie do toczenia materiałów „miękkich”, obróbka materiałów w stanie ulepszonym cechuje się zazwyczaj ujemnym kątem natarcia zmieniającym wartości składowych sił skrawania i wprowadzającym w obrabianej powierzchni naprężenia ściskające znacznej wartości.

Toczenie materiałów „na twardo” najczęściej odbywa się bez stosowania płynów chłodząco-smarujących, co powoduje wytwarzanie w strefie skrawania bardzo wysokich temperatur. Skutkiem tego mogą być uszkodzenia cieplne toczonej powierzchni w postaci np. mikropęknięć, czy też powstawania w WW niekorzystnie wpływających



na właściwości eksploatacyjne tzw. białych warstw, będących obszarami o wysokiej twardości (powyżej 1000 HV) oraz bardzo dużej kruchości [2,3].

Specyficzne warunki tarcia towarzyszące procesowi toczenia materiałów „na twardo” wywołują duże naciski jednostkowe na powierzchniach materiałów, a także odkształcenia plastyczne WW materiału i wióra, co najczęściej prowadzi do umocnienia się materiału obrobionego. Obróbka materiałów hartowanych charakteryzuje się powstawaniem tzw. wióra piłokształtnego, co skutkuje innym, niż w przypadku toczenia materiałów „miękkich”, procentowym rozkładem źródeł ciepła. W tym przypadku tarcie powierzchni ostrza o materiał obrabiany odgrywa dominującą rolę, podczas gdy praca odkształceń plastycznych oraz tarcia wióra o powierzchnię natarcia ostrza stanowią rolę drugoplanową [4].

Ostrza skrawające wykorzystywane do toczenia materiałów „na twardo”, ze względu na charakterystykę procesu, muszą charakteryzować się wytrzymałością na bardzo duże obciążenia mechaniczne i wysoką temperaturę. Największe zastosowanie praktyczne znalazł polikrystaliczny regularny azotek boru (PCBN), który jest drugim po diamencie najtwardszym znanym człowiekowi materiałem. PCBN jest wysoce stabilny chemicznie – wg Dawsona [5] nawet w temperaturach przekraczających 1000°C praktycznie nie rozpuszcza się w żelazie. Posiada dobrą udarność i wysoką odporność na szok termiczny. Dodatkowo, jego wysoka twardość „na gorąco” pozwala na prowadzenie procesu przy wysokich prędkościach skrawania, najczęściej w zakresie 90÷ 300 m/min. [5,6].

## 2.2. PCBN jako materiał supertwardy

Regularny azotek boru razem z cermetami i węglkami spiekanyimi stanowi grupę ceramicznych materiałów narzędziowych, jednakże często wyodrębnia się dodatkową podgrupę tzw. materiałów supertwardych, do których zalicza się właśnie PCBN oraz diament. Spowodowane jest to ich twardością znacznie przewyższającą pozostałe materiały narzędziowe z grupy ceramicznych.

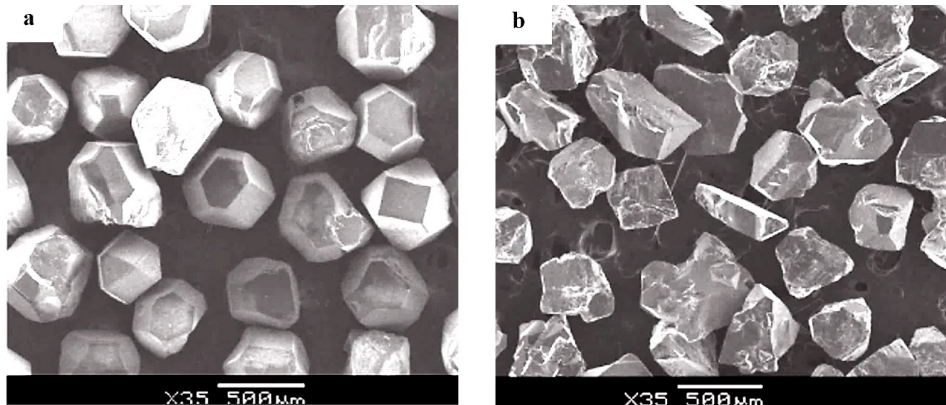
Materiał ten charakteryzuje się posiadaniem kilku odmian polimorficznych, z których najważniejszymi są:

- odmiana  $\alpha$  o strukturze odpowiadającej strukturze grafitu (heksagonalnej), tzw. HBN,
- odmiana  $\beta$  o strukturze odpowiadającej strukturze diamentu (regularnej), tzw. CBN.

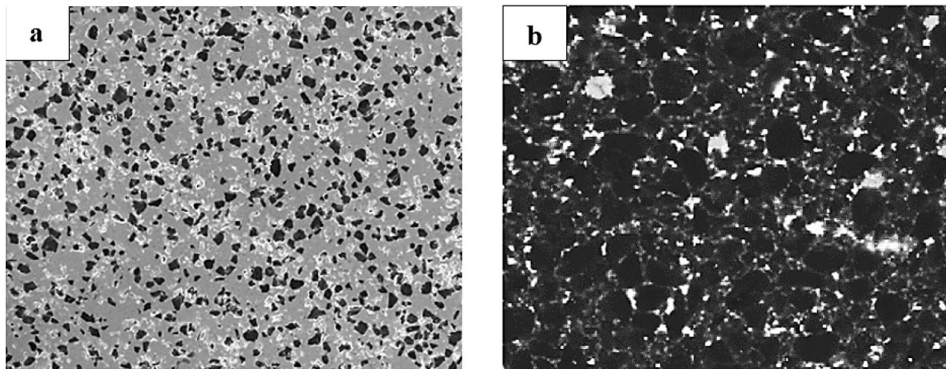
Jako materiał narzędziowy stosuje się odmianę  $\beta$  posiadającą regularną, sześcienną strukturę zbliżoną do struktury diamentu (CBN – *cubic boron nitride*, tłum. sześcienny azotek boru), co obrazuje rys. 1 [7].

Technologia jego wytwarzania zbliżona jest do technologii wytwarzania diamentu syntetycznego. Wymaga wysokich ciśnień (5 ÷ 7 GPa) i temperatury (1400 ÷ 1500°C), a także obecności katalizatorów. Otrzymane cząstki PCBN różnej wielkości (zazwyczaj w przedziałach 0,5 ÷ 12  $\mu\text{m}$ ) spieka się następnie w różnych proporcjach (od 30 do ponad 90% zawartości PCBN [8]) z materiałami – spoiwami stanowiącymi osnowę ostrza skrawającego, takimi, jak np. węgiel tytanu (TiC), azotek tytanu (TiN), czy też kobalt

(Co) lub wolfram (W). Uzyskuje się w ten sposób gotowy materiał narzędziowy. Przykładowe zdjęcia struktur materiałów narzędziowych z PCBN obrazuje rys. 2 [9].



Rys. 1. Porównanie struktury diamentu (a) oraz CBN (b) [6]



Rys. 2. Zdjęcie struktury materiału zawierającego a) 30% PCBN w osnowie wolframowo-kobaltowej [88], b) 90% PCBN w osnowie kobaltowej [9]

### 2.3. Rodzaje narzędzi z PCBN do toczenia materiałów w stanie ulepszonym

PCBN po raz pierwszy uzyskany został w roku 1957 przez firmę General Electric, jednakże pierwsze narzędzia skrawające z PCBN przedstawione zostały w roku 1975 na targach branżowych w Hanowerze. Od tego czasu w dziedzinie supertwardych materiałów skrawających nastąpił ogromny postęp, w którym PCBN odgrywa ważną rolę.

Autorzy wielu prac, m.in. [10,11,12] dokonali podziału narzędzi z PCBN na dwa podstawowe gatunki:

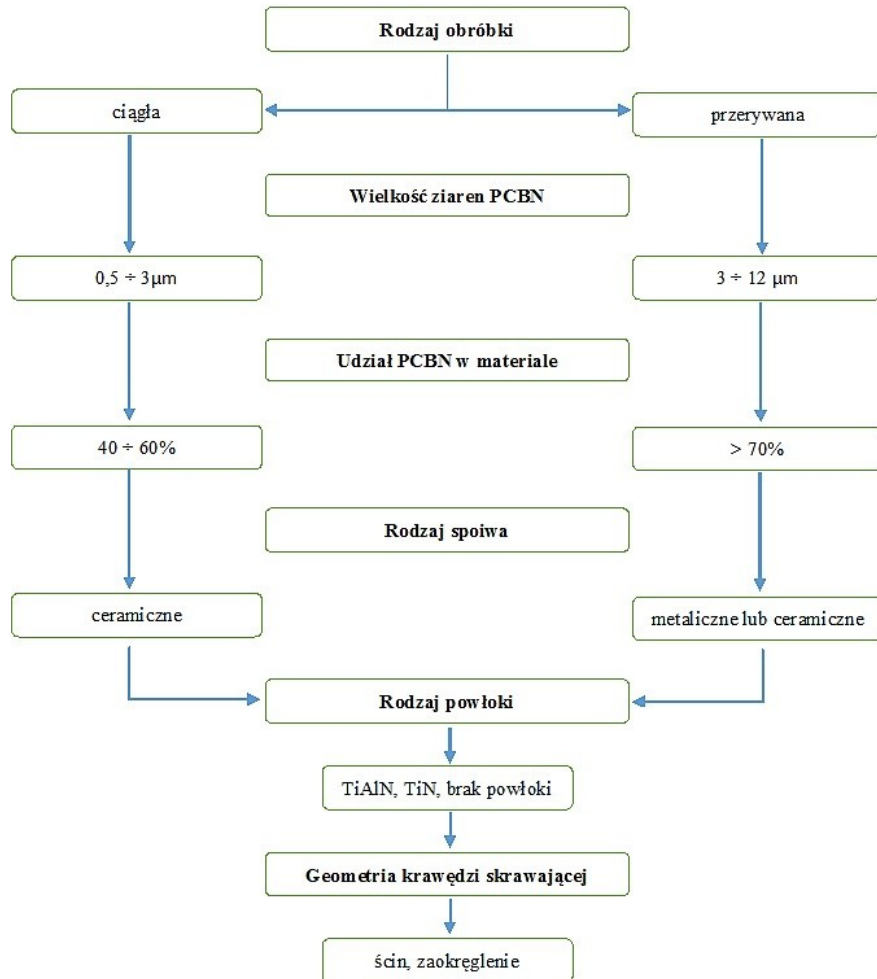
- gatunek CBN High (lub CBN-H) charakteryzujący się wysokim procentowym udziałem CBN, najczęściej ze spoiwem metalicznym (kobalt Co, wolfram W). CBN w narzędziach CBN-H z zasady stanowi objętościowo ponad 70%, (zazwyczaj jednak jest to wartość >90%). Narzędzia te charakteryzują się wysoką wytrzymałością mechaniczną, bardzo dużą przewodnością cieplną, a także wysoką ciągliwością,
- gatunek CBN Low (lub CBN-L) charakteryzujący się niskim procentowym udziałem CBN, który spiekany jest ze spoiwem ceramicznym (azotek tytanu TiN, węgiel tytanu TiC, węglikoazotek tytanu TiCN). CBN w narzędziach CBN-L stanowi objętościowo zazwyczaj 40÷60% . Narzędzia te charakteryzują się w porównaniu z narzędziami CBN-H niższą przewodnością cieplną oraz mniejszą ciągliwością.

Wg wyników badań opisanych w pracach [10,13] narzędzia CBN-L w porównaniu z narzędziami CBN-H charakteryzują się mniejszym zużyciem określanym parametrem  $VB_{B \max}$  (maksymalna szerokość pasma zużycia) oraz mniejszą wartością wybranych parametrów chropowatości powierzchni obrabianej ( $R_a$ ,  $R_z$ ). Co więcej, narzędzia CBN-L dają lepsze wyniki w przypadku obróbki ciągłej i wykończeniowej stali hartowanych. Do obróbki przerywanej i zgrubnej preferowane są natomiast narzędzia CBN-H. Różne zastosowania w obróbce skrawaniem dla obu gatunków narzędzi z PCBN wynikają głównie z odmiennego mechanizmu ich zużycia oraz z różnic w przewodności cieplnej poszczególnych gatunków.

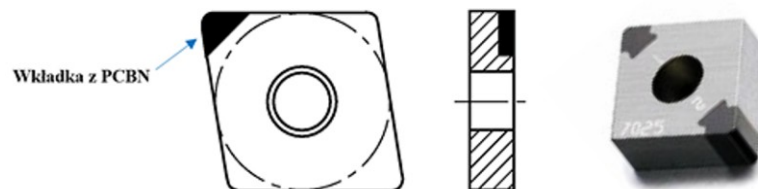
Ze względu na kruchą naturę PCBN koniecznym stało się wzmocnienie krawędzi skrawającej narzędzia, co pomaga zapobiegać przedwczesnemu jej wykruszeniu. Wprowadzono w tym celu różnego rodzaju powierzchnie przejściowe, najczęściej w postaci ścinu i zaokrąglenia.

Analiza literatury oraz materiałów informacyjnych producentów narzędzi z PCBN pozwoliła na opracowanie schematu zależności budowy narzędzia z PCBN od rodzaju obróbki, który przedstawiono rys. 3.

Z uwagi na bardzo wysoki koszt produkcji, z PCBN wykonuje się zazwyczaj jedynie wkładki na naroża ostrzy skrawających o niewielkich rozmiarach, przy czym pozostałą część płytki wykonuje się najczęściej z węglików spiekanych. Rys. 4. przedstawia typową konstrukcję płytki skrawającej z wkładką z PCBN [14].



Rys. 3. Zależność charakterystyki narzędzia z PCBN od rodzaju obróbki



Rys. 4. Typowa konstrukcja płytki skrawającej z wkładką z PCBN [14]

### 3. ŻYCIE OSTRZA W PROCESIE TOCZENIA MATERIAŁÓW W STANIE UTWARDZONYM

Wytwarzanie części maszyn z wykorzystaniem operacji toczenia stanowi jedną z najczęściej stosowanych metod obróbki. W trakcie toczenia dochodzi do szeregu procesów fizycznych, mechanicznych i chemicznych, które mają wpływ na ostateczne właściwości eksploatacyjne gotowego wyrobu, a także na zużycie i trwałość narzędzia. Na przebieg procesu zużycia w znacznym stopniu wpływ mają takie czynniki, jak temperatura w strefie skrawania, powinowactwo chemiczne czy jednostkowe naciski materiału obrabianego na narzędzie skrawające. Czynniki te posiadają różną intensywność, zależną od przyjętych parametrów obróbki, użytego narzędzia skrawającego, czy też właściwości materiału obrabianego. Z narzędziami przeznaczonymi do obróbki materiałów „na twardo” wiąże się problem ich wzmożonego zużycia, stąd mając na celu przeprowadzenie obróbki w sposób ekonomiczny, nieodzownym staje się konieczność szczegółowego poznania zjawisk, które zachodzą w strefie skrawania.

#### 3.1. Ogólne mechanizmy zużycia ostrzy skrawających

Mając na uwadze przyjęte parametry obróbki, charakterystykę narzędzia skrawającego i właściwości materiału obrabianego, wyróżnić można dwie fazy zużycia ostrza skrawającego:

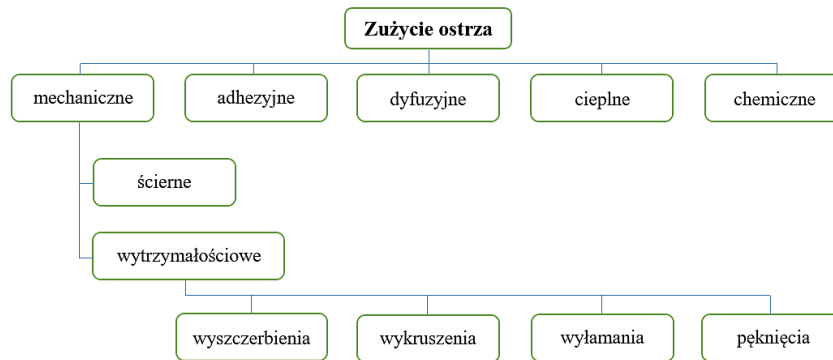
- zużycie ciągłe, jako wynik silnego tarcia materiału obrabianego o powierzchnię przyłożenia ostrza i wióra o jego powierzchnię natarcia, jak i pęknięć cieplnych (głównie w przypadku obróbki przerywanej),
- zużycie skokowe, skutkujące utratą zdolności skrawnych ostrza, spowodowane jednorazowym lub powtarzającymi się wykruszeniami ostrza.

Do czynników w największym stopniu wpływających na zużycie ostrzy skrawających należą między innymi:

- rodzaj materiału narzędziowego,
- geometria ostrza,
- parametry technologiczne i rodzaj obróbki skrawania,
- mikrostruktura i właściwości fizyko-chemiczne materiału obrabianego,
- stosowanie płynów chłodząco-smarujących,
- rodzaj i właściwości powłok ochronnych na powierzchni ostrza.

Proces skrawania charakteryzuje się występowaniem różnych rodzajów zużycia ostrza. Bardzo często pojawiają się one jednocześnie i występują w całym zakresie parametrów obróbki. Część z nich pojawia się jednakże tylko przy dużych prędkościach skrawania, dużych posuwach lub przy występowaniu wysokich temperatur w strefie skrawania.

Występowanie różnych mechanizmów zużycia uzależnione jest od wspomnianych wcześniej czynników. Wpływają na to również różne wielkości gradientów temperatury czy naprężeń, zarówno na powierzchniach roboczych ostrza, jak i w strefie skrawania. Na rys. 5 przedstawiono klasyfikację rodzajów zużycia ostrza skrawającego [15].



Rys. 5. Rodzaje zużycia ostrza [15]

### 3.2. Mechanizmy zużycia ostrzy z PCBN

Zużycie ostrzy z PCBN stanowi jeden z najczęściej podejmowanych tematów badań w obszarze obróbki skrawaniem materiałów „na twardo”. Odmienne i bardzo specyficzne mechanizmy zużycia ostrzy z CBN-H i CBN-L powodują, że zagadnienie to powinno być rozpatrywane szczegółowo dla każdego konkretnego przypadku.

Jak dowodzą wyniki badań przedstawione w licznych pozycjach literaturowych, jednym z najczęściej występujących mechanizmów zużycia ostrzy z PCBN jest zużycie ścierne poprzez abrazję występujące najczęściej z zużyciem powierzchni przyłożenia.

W pracy [16] przedstawiono wyniki badań stanu dwóch ostrzy skrawających gatunku CBN-L o zawartości 45 i 50% PCBN po toczeniu stali hartowanej o twardości 47÷50 HRC. Wskazały one na daleko idące zużycie abrazyjne obu ostrzy skrawających w wyniku ścierania spoiwa ceramicznego ostrzy przez węgliki zawarte w materiale obrabianym.

Zbieżne wyniki badań odnaleźć można w pracy [17], w której badano wpływ mikrostruktury materiału na zużycie ostrza po toczeniu zahartowanych do twardości 54 HRC stali X155CrMoV12, 100Cr6, X38CrMoV5 oraz 35NiCrMo16. Wyniki badań wykazały największy stopień zużycia ostrzy skrawających przy obróbce stali posiadających w swej strukturze znaczną ilość węglików, powodujących abrazję materiału narzędzia.

Podobne wnioski można odnaleźć również w pracach [18,19], których autorzy stwierdzili, że powyżej twardości obrabianego materiału na poziomie 50 HRC zużycie narzędzia, ze względu na właściwości występujących w materiale węglików, zdominowane jest przez abrazję.

Podobne wnioski odnaleźć można w pracy [10]. Jej autor badający zużycie ostrzy skrawających gatunku CBN-H stwierdził, że ziarna PCBN charakteryzowały się znacznie większą twardością niż węgliki występujące w materiale obrabianym, lecz nie przeszkodziło to abrazji pojedynczych ziaren PCBN.

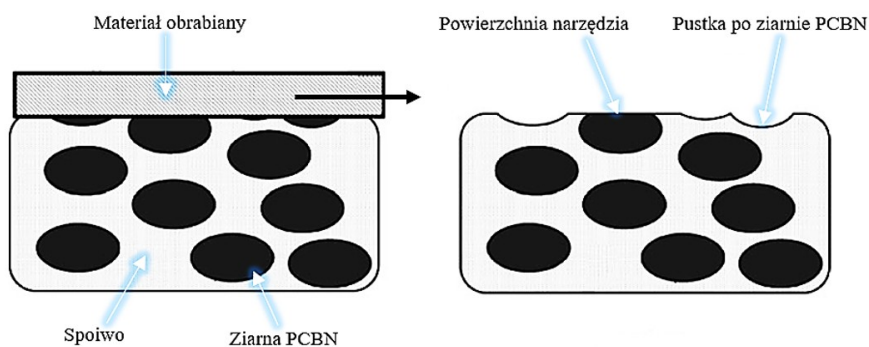
W pracy [20] przedstawiono natomiast wyniki badań stanu ostrza skrawającego gatunku CBN-L (57% PCBN) po operacji toczenia na sucho stali AISI D3 zahartowanej do twardości 60 HRC dla parametrów skrawania  $f = 0,08$  mm/obr.,  $a_p = 0,5$  mm,  $v_c =$

85÷310 m/min. W całym zakresie  $v_c$  główną formą zużycia było zużycie abrazyjne spowodowane wyrywaniem poszczególnych ziaren materiału narzędzia przez węgliki występujące w materiale obrabianym. W zakresie niskich wartości  $v_c$  zauważono znaczne zużycie powierzchni przyłożenia oraz formowanie się kraterów w obrębie krawędzi ostrza skrawającego.

Autor pracy [21] wywnioskował natomiast, że trwałość ostrzy z PCBN determinowana jest zużyciem powierzchni przyłożenia oraz intensywnością i stopniem wykruszania materiału krawędzi skrawającej. Stwierdził też, że stopień zużycia powierzchni przyłożenia uzależniony jest od intensywności abrazyj.

W części prac badawczych można odnaleźć całkowicie odmienne wnioski opisujące zjawisko adhezji jako główny mechanizm zużycia ostrzy z PCBN.

W pracy [22] stwierdzono, że zużycie adhezyjne powinno być rozpatrywane jako dominujące w każdym przypadku toczenia stali hartowanych narzędziami z PCBN. Schemat tego rodzaju zużycia ilustruje rys. 6.



Rys. 6. Schemat zużycia adhezyjnego

W literaturze odnaleźć można także wyniki badań wpływu wartości wybranych parametrów obróbki na stan ostrzy skrawających z PCBN po procesie toczenia.

Autorzy pracy [23] przeprowadzili badania wpływu różnej zawartości PCBN w materiale ostrzy skrawających na ich zużycie po toczeniu wykończeniowym stali 100Cr6 utwardzonej do twardości 58÷62 HRC. Stwierdzili, że narzędzia gatunku CBN-L charakteryzują się mniejszym zużyciem, niż CBN-H. Wyniki badań wskazują jednak na występowanie tzw. „białych warstw” na powierzchni obrabianej gatunkiem CBN-L, co spowodowane był znacznie wyższą temperaturą w strefie skrawania, niż w przypadku stosowania CBN-H. Wyniki badań wskazały także, że prędkość skrawania  $v_c$  miała większy wpływ na zużycie ostrzy z CBN-L, niż posuw  $f$  i głębokość skrawania  $a_p$ .

Autor pracy [24] stwierdził, że zużycie powierzchni przyłożenia, powstałe jako wynik naturalnych procesów tribologicznych pomiędzy narzędziem, a materiałem obrabianym, należy do dominujących dla obu gatunków narzędzi z PCBN (CBN-H i CBN-L). Zjawisko to maleje wraz ze wzrostem prędkości skrawania  $v_c$ , jednakże w tym przypadku

nasila się zjawisko wykruszania ostrza skrawającego, co prowadzi do zmniejszenia wytrzymałości płytki i ostatecznie może prowadzić do jej pęknięcia.

W części prac badawczych odnaleźć można także wyniki opisujące zużycie chemiczne jako główną przyczynę zużycia ostrzy skrawających gatunku CBN-H. Dla przykładu, wg autora pracy [3], decydujące znaczenie w mechanizmie zużycia ostrza z PCBN ma skład chemiczny spoiwa. Stwierdził on, że dla gatunku CBN-H w spoiwie kobaltowym nagłe powstawanie kraterów spowodowane jest rozpuszczalnością kobaltu w żelazie poprzez reakcję z siarką, przez co temperatura topnienia kobaltu maleje z 1495 do 870°C. Podobne wnioski można odnaleźć w pracy [21], której autorzy stwierdzili, że ziarna PCBN same w sobie są stabilne chemicznie przy współpracy z żelazem, natomiast spoiwo ulega znaczącym przemianom powodując ostatecznie zużycie narzędzia.

## PODSUMOWANIE

Podsumowując przeprowadzoną analizę literaturową danego zagadnienia można stwierdzić, że nie ma jasno określonego mechanizmu zużycia ostrzy z PCBN w toczeniu materiałów w stanie utwardzonym. Nie tylko geometria narzędzia i parametry obróbki, ale i zawartość CBN, rodzaj spoiwa, stabilność chemiczna materiału narzędziowego i skład materiału obrabianego może mieć decydujący wpływ na zużycie ostrza. W związku z mechanizmami zużycia CBN przy toczeniu stali „na twardo”, abrazja i adhezja mogą być ogólnie przyjęte jako główne mechanizmy zużycia tych narzędzi, a intensywność występowania poszczególnego mechanizmu zależna jest przede wszystkim od struktury i składu chemicznego materiału obrabianego, mechanicznych i termicznych obciążeń w trakcie obróbki, a także składu chemicznego spoiwa ziaren PCBN i jego stabilności chemicznej.

## LITERATURA

- [1] **Pytlak B.**, *Optymalizacja wielokryterialna operacji toczenia stali 18HGT w stanie zahartowanym*. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, 2006
- [2] **Poulachon G., Bandyopadhyay B.P., Jahawir I.S., Pheulpin S., Seguin E.**, *The influence of the microstructure of hardened tool steel workpiece on the wear of PCBN cutting tools*. International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 43 (2003), pp. 139-144.
- [3] **Sadik I.M.**, *Wear development and cutting forces on CBN cutting tool in Hard Part turning of different hardened steels*. 5<sup>th</sup> CIRP Conference on High Performance Cutting, 2012, pp. 232-237.
- [4] **Dobrzyński M., Marszałek P.**, *Wybrane aspekty zużycia ostrzy skrawających wykonanych z PcBN.*, Postępy Nauki i Techniki nr 6, 2011, pp. 50-57.
- [5] **Dawson T.G.**, *Machining hardened steel with polycrystalline cubic boron nitride cutting tools.*, Georgia Institute of Technology, 2002.
- [6] **Siwiec J.**, *Obróbka materiałów w stanie utwardzonym.*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, zeszyt 15, 2011.
- [7] **Islak S., Kir D., Celik H.**, *Wear characteristics of circular CBN/diamond saws produced by hot pressing.*, Materials Testing, vol. 56 (3), 2014, pp. 213-217.



- [8] **Axinte D.A., Dewes R.C.**, *Surface integrity of hot work steel after high speed milling- experimental data and empirical model.*, Journal of Material Processing Technology, vol. 127 (2002), pp. 325-335.
- [9] **Pacella M., Axinte D.A., Butler-Smith P.W., Shipway P., Daine M., Wort C.**, *An assessment of the wear characteristics of microcutting arrays produced from polycrystalline diamond and cubic boron nitride components.*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, vol. 138 (2), 2015.
- [10] **Arsecularatne J.A., Zhang L.C., Montross C., Mathew P.**, *Machining of hardened AISI d2 steel with PCBN tools.* Journal of Materials Processing Technology, Vol. 171 (2006), pp. 244-252.
- [11] **Axinte D.A., Dewes R.C.**, *Surface integrity of hot work steel after high speed milling- experimental data and empirical model.*, Journal of Material Processing Technology, vol. 127 (2002), pp. 325-335.
- [12] **Ko T.J., Kim H.S.**, *Surface integrity and machineability in intermittent hard turning.*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18 (2001), pp. 168-175.
- [13] **Liew W.Y.H., Yuan S., Ngoi B.K.A.**, *Evaluation of machining performance of STAVAX with PCBN tools.*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 23 (2004), pp. 11-19.
- [14] Materiały informacyjne firmy Sandvik Coromant, [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com).
- [15] **Burakowski T., Roliński E., Wierzchoń T.**, *Inżynieria powierzchni metali.*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1992.
- [16] **Pavel R., Sinram K., Combs D., Deis M., Marinescu I.**, *Surface quality and tool wear in interrupted hard turning of 1137 steel shafts.*, 2003.
- [17] **Poulachon G., Bandyopadhyay B.P., Jahawir I.S., Pheulpin S., Seguin E.**, *The influence of the microstructure of hardened tool steel workpiece on the wear of PCBN cutting tools.* International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 43 (2003), pp. 139-144.
- [18] **Chou K.Y., Evans C.J., Barash M.M.**, *Experimental investigation on CBN turning of hardened AISI 52100 steel.*, Journal of Materials Processing Technology, 124 (2002), pp. 274-283.
- [19] **Chou K.Y.**, *Wear mechanism of cubic boron nitride tools in precision turning of hardened steels.*, Purdue University, West Lafayette, 1994.
- [20] **Bouchelaghem H., Yallese M.A., Amirat A., Belhadi S.**, *Wear behavior of CBN tool when turning hardened AISI D3 steel.*, Mechanika nr 3 (2007), pp. 57-65.
- [21] **Huang Y., Chou K.Y., Liang S.Y.**, *CBN tool wear in hard turning: a survey on research progresses.* International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, vol. 35 (2007), pp. 443-453.
- [22] **Rai G.**, *The metallurgy of CBN and its wear in high speed machining of ferrous materials.*, International Conference on Machining of Advanced Materials, Gaithersburg MD, 1993, pp. 501-514.
- [23] **Dawson G., Kurfess T.**, *Wear trends of PCBN cutting tools in hard turning.*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2002.
- [24] **Dobrzyński M., Marszałek P.**, *Wybrane aspekty zużycia ostrzy skrawających wykonanych z PcBN.*, Postępy Nauki i Techniki nr 6, 2011, pp. 50-57.

# SZCZEGÓŁY KSZTAŁTOWANIA WIÓRA W PROCESIE TOCZENIA WYKOŃCZENIOWEGO STALI NIERDZEWNEJ 316L

## 1. WPROWADZENIE

Postęp medycyny w dużym stopniu uwarunkowany jest tworzeniem coraz lepszych materiałów, które są wykorzystywane w różnego rodzaju wyrobach medycznych. Aktualnie stosuje się wiele różnorodnych materiałów biomedycznych [1 – 4]. Podczas ich tworzenia, dąży się do osiągnięcia jak najkorzystniejszych właściwości, w tym wytrzymałości i trwałości. Jednak głównym wskaźnikiem jest osiągnięcie jak najwyższej kompatybilności oddziaływania z tkankami organizmu żywego. Ponadto metoda przygotowania metalowej powierzchni wyrobów odgrywa kluczowe znaczenia w powodzeniu zabiegu na etapie gojenia, a następnie długotrwałego użytkowania [5]. Żeby zagwarantować wymagane właściwości użytkowe detalu, należy we właściwy sposób wyselekcjonować materiał i zaprojektować procesy kształtujące jego strukturę oraz właściwości, a także rodzaje technologii związanych z kształtowaniem warstwy powierzchniowej m.in.: parametry obróbki, warunki chłodzenia, szczegóły konstrukcji narzędzia etc. [6].

Materiałami wykorzystywanymi w medycynie są stale nierdzewne, stopy tytanu, stopy na bazie niklu, stopy kobaltowo-chromowe i inne [7 – 9]. Zważając na korzystne właściwości mechaniczne i użytkowe najczęściej stosowanymi rodzajami materiałów biomedycznych są: stal nierdzewna 316L, stopy Ti-6Al-4V, Co-Cr-Mo, Ni-Ti [10].

Analizowana w pracy stal nierdzewna 316L jest materiałem trudnoobrabialnym ze względu na szybkie zużycie narzędzia, niską jakość uzyskanej powierzchni, niską wydajność i wysokie koszty obróbki [11]. Materiał ten cechuje wysokie wskaźniki wytrzymałości, w tym na pęknięcie i zmęczeniu, oraz wysoka odporność na korozję w porównaniu ze zwykłymi stalami węglowymi.

W [12] stwierdzono iż obróbka na sucho stanowi optymalne rozwiązanie, ponieważ ciecze chłodzące mają negatywny wpływ na środowisko. Zauważono, że obróbkę zrównoważoną należy rozpatrywać w kontekście zmniejszenia zużycia energii i tanich narzędzi skrawających pracujących na sucho. Stąd w pracy optymalizowano parametry obróbki stali nierdzewnej 316L, a w tym zużycie energii, zużycie narzędzia i chropowatość powierzchni. Do badań użyto płytki niepowlekaney z węglików spiekanych CNMG 120408, optymalizację prowadzono w zakresach parametrów: prędkości skrawania 89,5 – 190,4 m/min, posuwów 0,066 – 0,23 mm/obr, głębokości skrawania 0,6 – 1,6 mm. Ustalono, iż prędkość skrawania jest proporcjonalna do zużycia

energii i odwrotnie proporcjonalny do zużycia narzędzia, natomiast nie wpływa na chropowatość powierzchni. Stwierdzono, iż wysoką jakość powierzchni można osiągnąć stosując najniższy posuw i niską wartość prędkości skrawania. Wykazano, iż posuw przyczynił się do zmian chropowatości powierzchni w 53,84 %. Ponadto, wykazano, iż połączenie najwyższego posuwu i głębokości skrawania zminimalizowało zużycie energii. Udowodniono, iż minimalna prędkość skrawania stanowi czynnik dominujący w kwestii chropowatości powierzchni i zużycia narzędzia. Posuw, z kolei negatywnie wpływa na zużycie energii, lecz nie wpływa na zużycie narzędzia. Zmniejszenie zużycia narzędzia osiągnięto łącząc niższe prędkości skrawania i niskie głębokości skrawania.

W artykule [13] dokonano oceny chropowatości powierzchni podczas toczenia główki kości udowej wykonanej ze stali nierdzewnej 316L. Analizowano model w oparciu o prędkość skrawania, posuw i głębokość skrawania. Obróbkę prowadzono przy pomocy płytki z węgliku spiekane z powłoką TiN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC w różnych warunkach chłodzenia. Ustalono, iż głębokość skrawania była głównym czynnikiem wpływającym na chropowatość powierzchni. Chropowatość zwiększała się wraz ze wzrostem głębokości skrawania i posuwu, natomiast zmniejszała wraz ze wzrostem prędkości skrawania.

Z kolei w [14] prowadzono obróbkę 316L za pomocą narzędzi z węglików spiekanych w warunkach obróbki na sucho. Badano zużycie energii podczas obróbki, siły występujące podczas obróbki, trwałości narzędzia oraz chropowatość powierzchni. Toczone z różnymi prędkościami skrawania (90 m/min, 150 m/min i 210 m/min) oraz posuwami (0,10 mm/obr, 0,16 mm/obr, 0,22 mm/obr). Ustalono, iż prędkość skrawania była proporcjonalna do zużycia energii i odwrotnie proporcjonalna do trwałości narzędzi. Ponadto, prędkość skrawania nie wpłynęła znacząco na siły skrawania i chropowatości powierzchni. Z kolei posuw był proporcjonalny do siły skrawania, zużycia energii oraz chropowatości powierzchni, a także odwrotnie proporcjonalna do trwałości narzędzia.

Istotny element wpływający na przebieg procesu skrawania stanowi mechanika tworzenie wióra. Zaś uzyskany wiór obrazuje zewnątrz zjawiska w nim zachodzące. Na podstawie obrazu wióra otrzymuje się szereg danych związanych z właściwościami materiału obrabianego, charakterystyką narzędzia oraz z procesem skrawania [15]. W literaturze znajduje się wiele informacji odnośnie toczenia stali nierdzewnej 316L, jednakże nie zawsze są one zadawalające i wyczerpujące w kontekście prowadzonych przez autora prac. Realizowane prace badawcze skupiają się na obróce wykończeniowej materiałów biomedycznych, a popularna stal nierdzewna 316L posłuży jako odniesienie i umożliwi porównanie wyników badań.

Celem badań była analiza procesu kształtowania wióra podczas toczenia wykończeniowego stali nierdzewnej 316L.

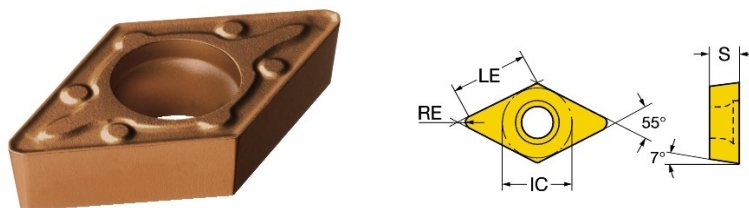
## **2. WARUNKI I METODYKA BADAŃ**

Badania realizowano na tokarce CNC typu CTX 510 ze sterowaniem Sinumerik 840D firmy DMG MORI SEIKI (rys. 1). Użyto nóż tokarski z oprawką CoroTurn SDJCR 2525M 11 oraz płytkę wymienną CoroTurn DCMX 11 T3 04-WM 1115 (rys. 2) z powłoką (Ti,Al)N+(Al,Cr)2O<sub>3</sub> naniesioną metodą PVD. Kąty ostrza: kąt przystawienia

głównej krawędzi skrawającej  $\kappa_r = 93^\circ$ , kąt natarcia  $\gamma = 18^\circ$ , kąt przyłożenia  $\alpha = 7^\circ$ , promień naroża  $r_\epsilon = 0,4$  mm, szerokość ścina  $b_{yn} = 0,1$  mm [16].



Rys. 1. Tokarka CNC typu CTX 510 firmy DMG MORI SEIKI wraz z próbką



Rys. 2. Pytka wymienna CoroTurn DCMX 11 T3 04-WM 1115 [16]

Proces toczenia przeprowadzono bez użycia środka chłodząco-smarującego (na sucho) oraz z wykorzystaniem emulsji wodnej na bazie oleju obróbkowego emulgującego Castrol Alusol SL 51 XBB o 7 % stężeniu roboczym.

Materiał obrabiany – stal nierdzewna 316L o składzie chemicznym:  $C \leq 0,030$  %;  $Cr = 16 - 18$  %;  $Fe = 61,9 - 72$  %;  $Mn \leq 2,0$  %;  $Mo = 2,0 - 3,0$  %;  $Ni = 10 - 14$  %;  $P \leq 0,045$  %;  $Si \leq 1,0$  %;  $S \leq 0,030$  %; [17].

Proces toczenia prowadzono w zakresie prędkości skrawania 150 – 500 m/min oraz posuwów 0,05 – 0,4 mm/obr. Wykorzystano stałą głębokość skrawania 0,5 mm, która odpowiada obróbce wykończeniowej.

Grubość wióra  $h_{ch}$  zmierzono pięciokrotnie za pomocą suwmiarki elektronicznej.

Ważniejszym wskaźnikiem cechującym szczegóły procesu tworzenia wióra jest współczynnik zgrubienia wióra  $K_h$ , który określa prędkość przemieszczania wióra wzdłuż powierzchni natarcia [18] i może zostać wykorzystany do obliczeń wielu wskaźników strefy tworzenia wióra, sił skrawania, naprężeń resztkowych w warstwie wierzchniej itp.

Wartość współczynnika  $K_h$  oblicza się na podstawie wzoru [19]:

$$K_h = \frac{h_{ch}}{h_D} \quad (1)$$

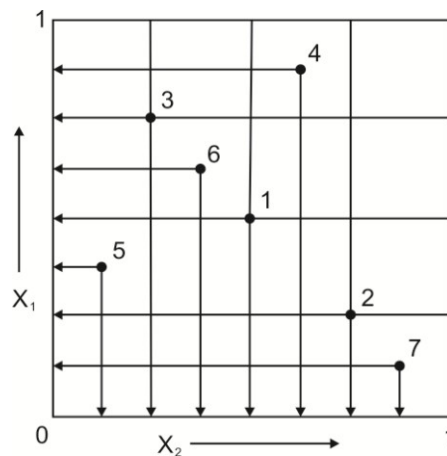
gdzie  $h_{ch}$  – grubość wióra,  $h_D$  – grubość warstwy skrawanej.

Do obliczeń użyto średnią grubość warstwy skrawanej, która w warunkach pracy zarówno głównej krawędzi skrawającej, jak i krawędzi naroża obliczana jest wzorem [18]:

$$\bar{h}_D = \frac{f}{1 - \frac{r_\varepsilon}{a_p} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{f}{2r_\varepsilon} \right)^2} \right]} \cdot \sin \arctg \frac{1 - \frac{r_\varepsilon}{a_p} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{f}{2r_\varepsilon} \right)^2} \right]}{\left[ 1 - \frac{r_\varepsilon}{a_p} (1 - \cos \kappa_r) \right] \operatorname{ctg} \kappa_r + \frac{r_\varepsilon}{a_p} \left( \sin \kappa_r + \frac{f}{2r_\varepsilon} \right)} \quad (2)$$

gdzie:  $f$  – posuw,  $a_p$  – głębokość skrawania,  $r_\varepsilon$  – promień naroża,  $\kappa_r$  – kąt przystawienia głównej krawędzi skrawającej.

Planowanie badań oparto na metodzie Parameter Space Investigation (PSI). Daje ona sposobność planowania eksperymentu przy minimalizacji punktów doświadczeń, które usytuowane są w ustalonych miejscach w sposób sekwencyjny. Sekwencja bazuje na rozmieszczeniu punktów testowych w wielowymiarowej przestrzeni w taki sposób, aby punkty ich rzutów rozmieszczone zostały odpowiednio na osiach  $X_1$ ,  $X_2$  oraz znalazły się w równych odległościach względem siebie (rys. 3) [20].



Rys. 3. Usytuowanie punktów doświadczalnych w wielowymiarowej przestrzeni zgodnie z metodą PSI

Współrzędne punktów testowych obliczono wg przedstawionego w [20] algorytmu i przedstawiono w tab. 1, gdzie  $X_{\min}=0$  i  $X_{\max}=1$ . Liczba 7 punktów doświadczalnych występująca na każdej z osi jest zadawalająca i umożliwia wykonanie obliczeń statystycznych.

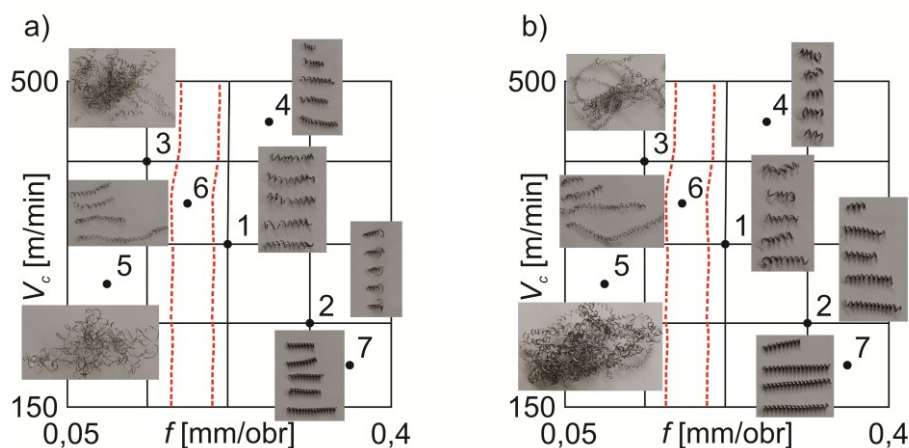
Tabela 1. Współrzędne punktów testowych

Zmienne	Punkty testowe						
	1	2	3	4	5	6	7
$X_1$	0,5000	0,2500	0,7500	0,8750	0,3750	0,6250	0,1250
$X_2$	0,5000	0,7500	0,2500	0,6250	0,1250	0,3750	0,8750

Analizy statystycznej otrzymanych wyników dokonano przy użyciu programu Statystyka 13.0.

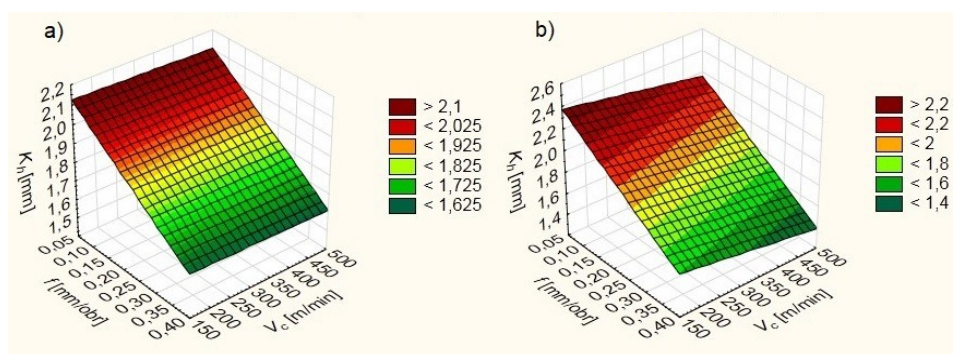
### 3. WYNIKI BADAŃ

Zmiany kształtu wiórów w zależności od prędkości skrawania, posuwu i warunków chłodzenia przedstawiono na rys. 4. Zarówno w warunkach chłodzenia na sucho jak i z chłodzeniem zaobserwowano trzy rodzaje wiórów: splątane, spiralne krótkie lub spiralne długie. W punktach testowych 3 i 5 (tab. 1) uzyskano wióry splątane, w punkcie 6 – wióry spiralne długie, natomiast w punktach 1,2,4,7 – wióry spiralne krótkie. W obu warunkach chłodzenia wyraźna granica między występowaniem wiórów splątanych i spiralnych długich, a spiralnych krótkich zaobserwowano przy  $f \sim 0,2$  mm/obr. Zauważono, iż prędkość skrawania praktycznie nie wpływa na kształtowanie wióra podczas toczenia wykończeniowego 316L.



Rys. 4. Rozmieszczenie punktów testowych i występujące w ich obszarach rodzaje wióra:  
a) obróbka na sucho, b) obróbka z chłodzeniem.

Na rys. 5 przedstawiono zmiany współczynnika zgrubienia wióra  $K_h$  w zależności od warunków obróbki.



Rys. 5. Współczynnik zgrubienia wióra względem prędkości skrawania  $V_c$  i posuwu  $f$ :  
a) obróbka na sucho, b) obróbka z chłodzeniem.

Na podstawie obliczeń statystycznych otrzymano równania regresji dla wartości  $K_h$ :

- dla obróbki na sucho:

$$K_h = 2,2034 - 1,4067V_c - 5,5144E-5f; \quad (3)$$

- dla obróbki z chłodzeniem:

$$K_h = 2,5777 - 2,2238V_c - 0,0006f. \quad (4)$$

Analizując wyniki obliczeń, z łatwością można zauważyć, iż podczas toczenia z chłodzeniem zwiększają się wartości współczynnika zgrubienia wióra, a także intensywność wpływów prędkości skrawania i posuwu.

#### 4. POSUMOWANIE

W pracy dokonano analizy wpływu parametrów toczenia wykończeniowego stali nierdzewnej 316L oraz rodzaju chłodzenia na warunki tworzenia wióra. Na podstawie otrzymanych wyników badań ustalono, iż:

- zarówno w procesie toczenia na sucho jak i z chłodzeniem występują trzy rodzaje wiórów: splątane, spiralne krótkie i spiralne długie;
- wpływ chłodzenia na kształt wióra jest nieznaczący;
- współczynnik zgrubienia wióra podczas toczenia z chłodzeniem w porównaniu do toczenia na sucho jest wyższy;

- posuw wpływa na współczynnik zgrubienia wióra w sposób znaczący, wówczas gdy wpływ prędkości skrawania jest nieznaczny.

## LITERATURA

- [1] **Dobrzański L.A.:** *Podstawy kształtowania struktury i właściwości materiałów metalowych*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
- [2] **Nowacki J., Dobrzański L.A., Gustavo F.:** *Implanty śródszpikowe w osteosyntezie kości długich*. Open Access Library, Vol. 11, 2012, pp. 1-150.
- [3] *Biomaterials science and engineering*. Ed. by R.Pignatello: In Tech, Rijeka 2011.
- [4] **Fazel-Rezai R.:** *Biomedical engineering – from theory to applications*. In Tech, Rijeka, 2011.
- [5] **Błażewicz S., Stoch L.:** *Biomateriały*. Wydawnictwo Exit, Warszawa, 2003.
- [6] **Dobrzański L.A.:** *Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe*. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, WNT, Warszawa, 2006.
- [7] **Marciniak J.:** *Biomateriały*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002.
- [8] **Surowska B.:** *Biomateriały metalowe oraz połączenia metal – ceramika w zastosowaniach stomatologicznych*. Wydawnictwa uczelniane, Lublin, 2009.
- [9] **Chen Q, Thouas G.A.:** *Metallic implant biomaterials*. Materials Science and Engineering R, Vol. 87, 2015, pp. 1-57.
- [10] **Ramsden J.J., Allen D.M., Stephenson D.J., Alcock J.R., Peggs G.N., Fuller G., Goch G.:** *The Design and Manufacture of Biomedical Surfaces*. Annals of the CIRP, Vol. 56, 2007, pp. 687-711.
- [11] **Supriya S. B., Srinivasa S.:** *Machinability Studies on Stainless steel by abrasive water jet – Review*. Materials Today: Proceedings, ICAMA 2016, Vol. 5, 2018, pp. 2871-2876.
- [12] **Bagaber S. A., Yusoff A.R.:** *Multi-objective optimization of cutting parameters to Minimize power consumption in dry turning of stainless steel 316*. Journal of Cleaner Production, Vol. 157, 2017, pp. 30-46.
- [13] **Galanis N.I., Manolakos D. E.:** *Surface roughness prediction in turning of femoral head*. Int J Adv Manuf Technol, Vol. 51, 2010, pp. 79-86.
- [14] **Nur R., Noordn M.Y., Izman S., Kurniawan D.:** *Machining parameters effect in dry turning of AISI 316L stainless steel using coated carbide tools*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, Vol. 231, 2017, pp. 676-683.
- [15] **Feldshtein E.:** *Wybrane zagadnienia obróbki skrawaniem*. Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra, 2013.
- [16] **Sandvik Coromant.** *Narzędzia tokarskie*. Katalog, 2017.
- [17] <http://www.matweb.com>
- [18] **Astakhov V.P., Outeiro J.C.:** *Metal Cutting Mechanics, Finite Element Modeling*, in: *Machining. Fundamentals and Recent Advances*. J. Paulo Davim (Ed.), Springer-Verlag Limited, London, 2008.



- [19] **Trent E.M., Wright P.K.:** *Metal Cutting*. fourth ed., Butterworth-Heinemann, Woburn, 2000.
- [20] **Statnikov R.B., Matusov J.B.:** *Multicriteria Analysis in Engineering*. Springer, 2002.

# **WPŁYW RODZAJU POWŁOKI PRZECIWZUŻYCIOWEJ NA PARAMETRY CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z REGULARNEGO AZOTKU BORU (PCBN)**

## **1. WPROWADZENIE**

Postęp technologiczny dotyczący zarówno rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych stosowanych w obrabiarkach skrawających, a także nowoczesnych materiałów skrawających, skutkuje coraz częściej stosowaną przez producentów części maszyn obróbką toczeniem materiałów w stanie utwardzonym kosztem tradycyjnych operacji szlifowania. Finalnie uzyskuje się tym porównywalnie wysokie dokładności obróbki przy niższym jej koszcie [1].

Dobór właściwych narzędzi skrawających ma kluczowe znaczenie dla wzrostu wydajności procesu produkcyjnego i jakości wytwarzanych elementów konstrukcyjnych. Dlatego też na narzędzia skrawające nanosi się odporne na zużycie, twarde powłoki przeciwzużyciowe o różnym składzie chemicznym oraz odmiennych właściwościach eksploatacyjnych [1]. Obróbka narzędziami z naniesionymi powłokami, w porównaniu do narzędzi bez powłok, charakteryzuje się m.in. [2,3]:

- mniejszymi o 20-30% siłami skrawania,
- mniejszymi o 25-40% siłami tarcia,
- niższą o 90-120 °C temperaturą w strefie skrawania.

Oprócz rodzaju powłoki naniesionej na ostrzach istotną rolę odgrywa również stopień jej strukturyzowania, który decyduje o współczynniku tarcia, przede wszystkim przy występowaniu silnych oddziaływań adhezyjnych narzędzia z materiałem obrabianym. Fakt ten wpływa na konieczność prowadzenia badań ukierunkowanych na uzyskiwanie odpowiednich struktur geometrycznych powłok przeciwzużyciowych, m.in. rozmiarów mikro- i nanostruktury oraz kształtu.[4,5,6].

## **2. CEL I ZAKRES BADAŃ**

Stan krawędzi skrawającej oraz powierzchni przyłożenia mają istotny wpływ na wartości parametrów chropowatości powierzchni obrobionej, czemu dowodzą badania przeprowadzone m.in. przez [7]. Celem niniejszej pracy było ustalenie wpływu rodzaju powłoki przeciwzużyciowej na parametry chropowatości powierzchni ostrzy. W tym celu doko-

nano pomiaru i analizy wybranych parametrów chropowatości, tj.  $R_a$  oraz  $R_z$  krawędzi skrawających oraz powierzchni przyłożenia ostrzy z regularnego azotku boru (PCBN) niepowlekanych oraz z naniesionymi przez producentów badanych narzędzi powłokami TiN i TiAlN.

## 2.1. Materiały i warunki przeprowadzenia badań

Do badań wytypowano ostrza skrawające, których charakterystyka przedstawiona została w tab.1.

Tabela 1. Materiał ostrzy skrawających przyjętych do badań

<i>Gatunek materiału</i>	CBN 7025	CBN 7015	CBN 020	CBN 8120	CBN 200
<i>Struktura PCBN</i>	60% CBN	50% CBN	50% CBN	50% CBN	65% CBN
<i>Powłoka</i>	BRAK	TiN	TiAlN	TiAlN	TiAlN

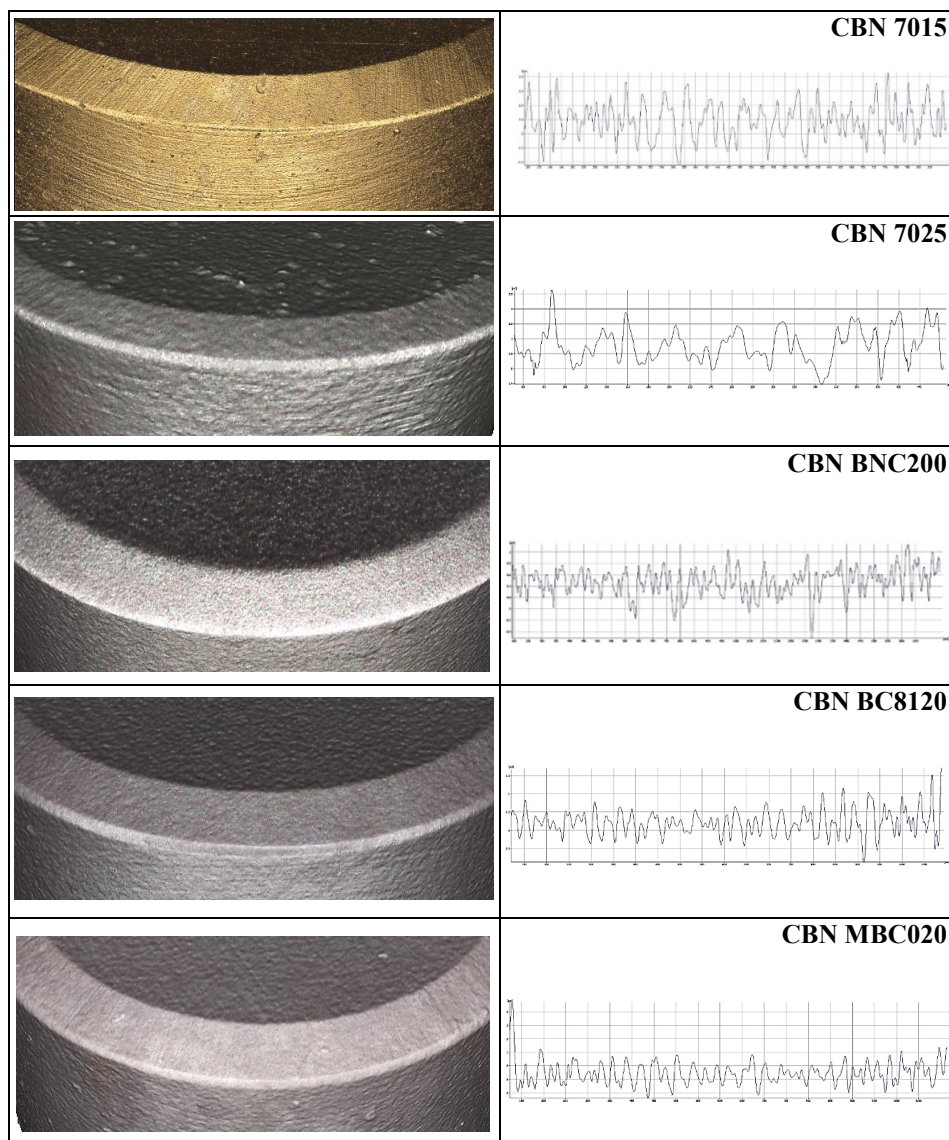
Ocenę stanu ostrzy skrawających przeprowadzono na trzyosiowym optycznym systemie pomiarowym Alicona Infinite SL sprzężonym z oprogramowaniem pomiarowym IF-Laboratory Measurement Module.

## 3. WYNIKI BADAŃ


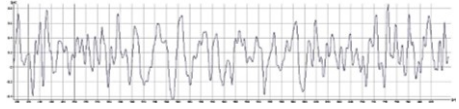
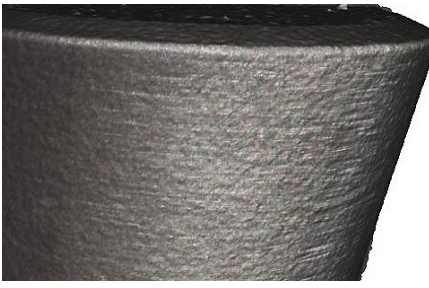
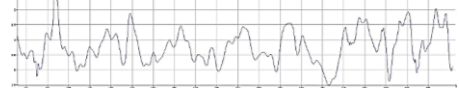

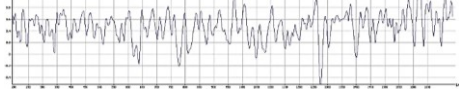
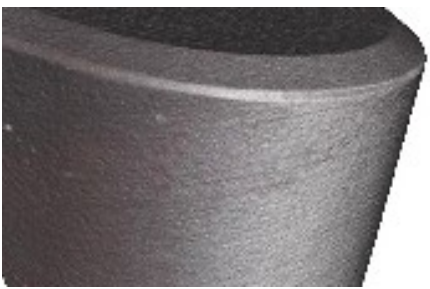
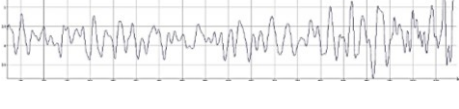
### 3.1. Parametry chropowatości krawędzi skrawających

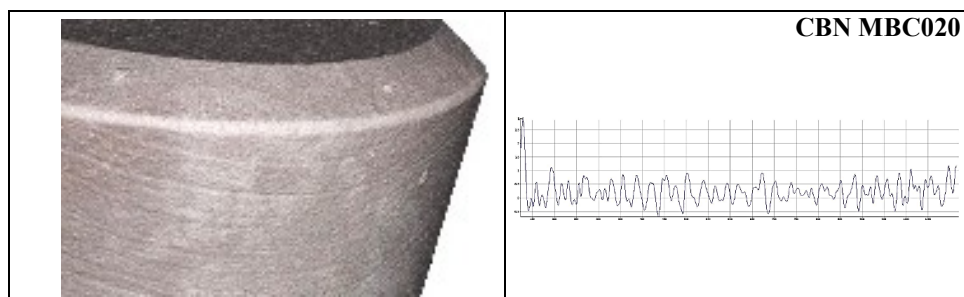
Na rys. 3.1. przedstawiono przykładowe profilogramy oraz obrazy wybranych krawędzi skrawających badanych narzędzi.

Natomiast na rys. 3.2. przedstawiono przykładowe profilogramy oraz obrazy wybranych powierzchni przyłożenia badanych narzędzi.



Rys. 3.1. Przykładowe profilogramy oraz obrazy krawędzi skrawających badanych narzędzi

 Micrograph showing the surface texture of CBN 7015, characterized by a fine, fibrous structure.	<p><b>CBN 7015</b></p>  Acoustic emission signal for CBN 7015, showing a noisy waveform with a peak amplitude of approximately 100.
 Micrograph showing the surface texture of CBN 7025, characterized by a fine, fibrous structure.	<p><b>CBN 7025</b></p>  Acoustic emission signal for CBN 7025, showing a noisy waveform with a peak amplitude of approximately 100.
 Micrograph showing the surface texture of CBN BNC200, characterized by a fine, fibrous structure.	<p><b>CBN BNC200</b></p>  Acoustic emission signal for CBN BNC200, showing a noisy waveform with a peak amplitude of approximately 100.
 Micrograph showing the surface texture of CBN BC8120, characterized by a fine, fibrous structure.	<p><b>CBN BC8120</b></p>  Acoustic emission signal for CBN BC8120, showing a noisy waveform with a peak amplitude of approximately 100.

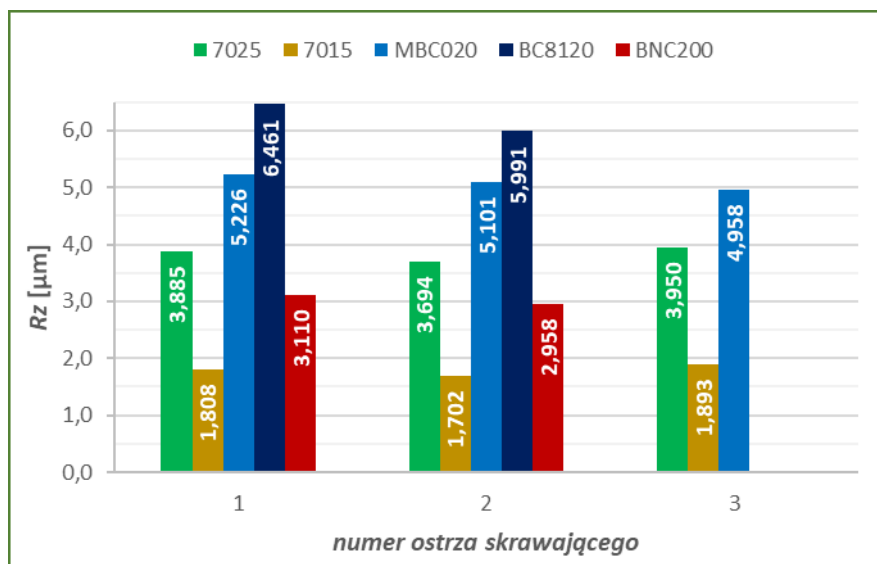
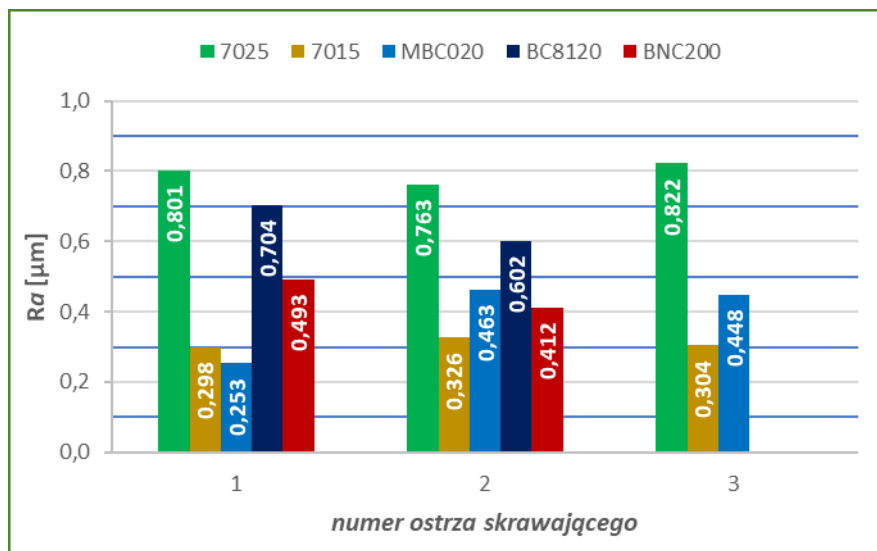


Rys. 3.2. Przykładowe profilogramy oraz obrazy powierzchni przyłożenia badanych narzędzi

Tabela 3.1. oraz rys. 3.3. ukazują średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości  $R_a$  i  $R_z$  krawędzi skrawających badanych narzędzi.

Tab. 3.1. Średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości krawędzi skrawających

		7025	7015	MBC020	BC8120	BNC200
		<b>Ra [<math>\mu\text{m}</math>]</b>				
<b>Numer ostrza</b>	<b>1</b>	0,801	0,298	0,253	0,704	0,493
	<b>2</b>	0,763	0,326	0,463	0,602	0,412
	<b>3</b>	0,822	0,304	0,448		
	<b>Rz [<math>\mu\text{m}</math>]</b>					
	<b>1</b>	3,885	1,808	5,226	6,461	3,110
	<b>2</b>	3,694	1,702	5,101	5,991	2,958
<b>3</b>	3,950	1,893	4,598			



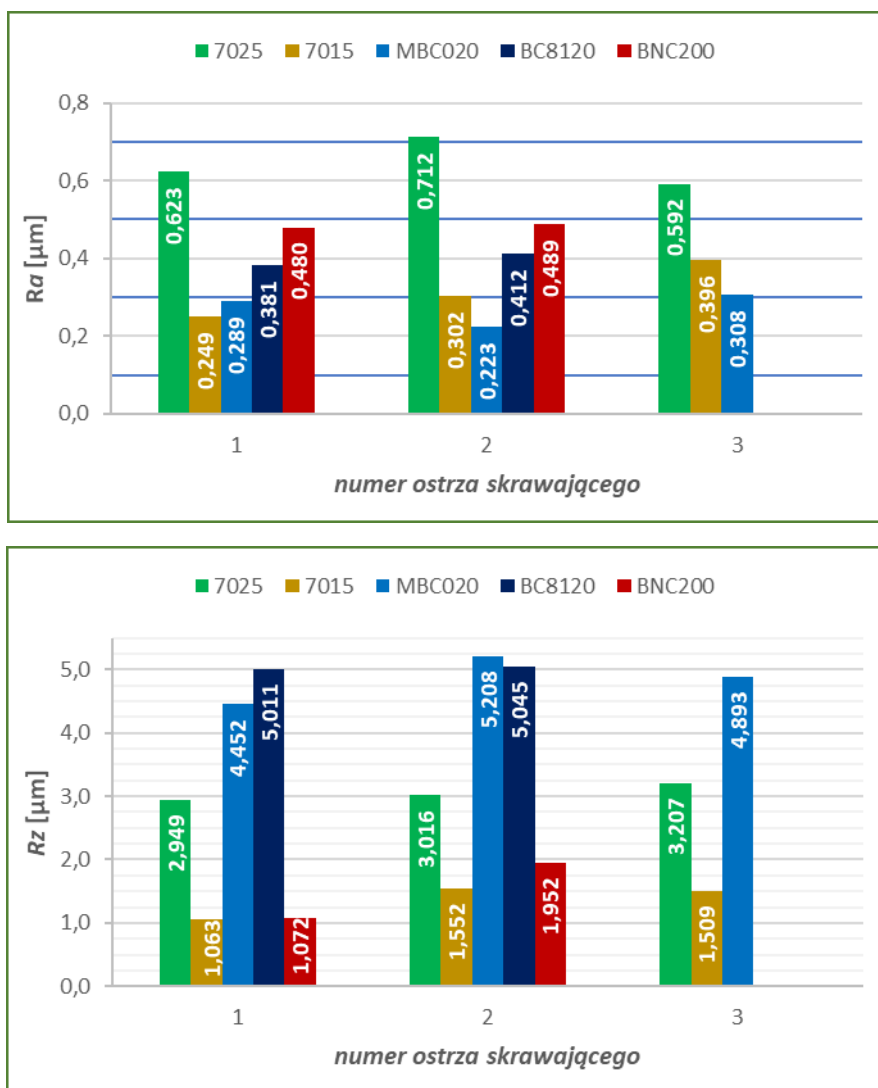
Rys. 3.3. Średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości krawędzi skrawających.

Tabela 3.2. oraz rys. 3.4. ukazują średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości  $R_a$  i  $R_z$  powierzchni przyłożenia badanych narzędzi.

Tab. 3.2. Średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości powierzchni przyłożenia

		7025	7015	MBC020	BC8120	BNC200
		<b>Ra [<math>\mu\text{m}</math>]</b>				
<b>Numer ostrza</b>	<b>1</b>	0,623	0,249	0,289	0,381	0,480
	<b>2</b>	0,712	0,302	0,223	0,412	0,489
	<b>3</b>	0,592	0,396	0,308		
		<b>Rz [<math>\mu\text{m}</math>]</b>				
	<b>1</b>	2,949	1,063	4,452	5,011	1,072
	<b>2</b>	3,016	1,552	5,208	5,045	1,952
	<b>3</b>	3,207	1,509	4,893		





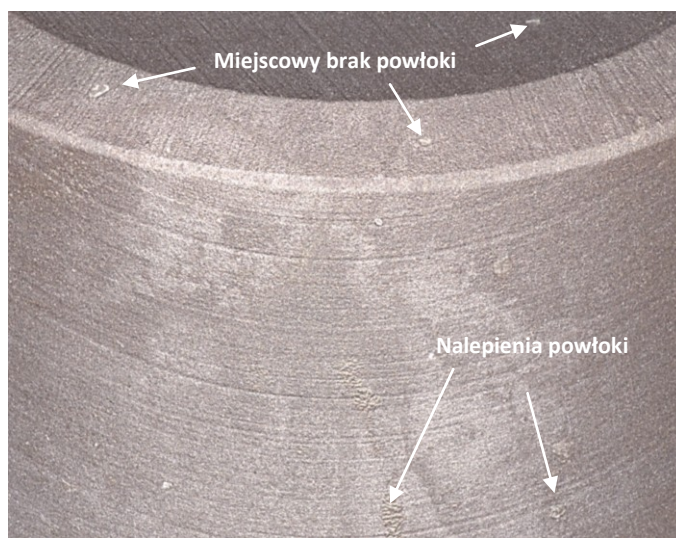
Rys. 3.4. Średnie wyniki pomiaru wybranych parametrów chropowatości powierzchni przyłożenia

#### 4. WNIOSKI

Z przedstawionych wyników pomiarów wynika, że największą wartość parametru  $R_a$  – średniego arytmetycznego odchylenia profilu od linii średniej, zarówno dla powierzchni krawędzi skrawającej, jak i powierzchni przyłożenia, odnotowano dla jedynego badanego niepowlekanego PCBN o symbolu 7025. Jest to spowodowane najprawdopodobniej

tym, iż naniesione na pozostałe ostrza skrawające powłoki penetrowały przestrzeń pomiędzy ziarnami PCBN różnych wielkości „wygładzając” tym samym powierzchnię narzędzia. Potwierdzeniem tego może być fakt, że dla PCBN 7015 oraz MBC020 wartości parametru  $R_a$  są bardzo zbliżone, a oba narzędzia posiadają jednakowej wielkości pojedyncze ziarna PCBN oraz taki sam ich udział objętościowy w materiale ostrza.

Najmniejszą wartość parametru  $R_z$  – wysokości chropowatości wg dziesięciu punktów profilu, odnotowano w każdym przypadku dla PCBN 7015. Jest to jedyne badane ostrze posiadające powłokę TiN. Dla wszystkich ostrzy posiadających powłokę TiAlN odnotowano kilkukrotnie wyższe wartości tego parametru. Tak duża różnica wyników pomiarów wynikać może z przyczyn technologicznych nakładania różnych powłok na ostrza (np. brak należytej filtracji fazy ciekłej), co skutkować może min. powstawaniem nalepień na ich powierzchni, czy też jej miejscowym brakiem. Zjawiska te zauważyć można w szczególności na obrazie rzeczywistej powierzchni ostrza MBC020 przedstawionym na rys. 4.1., dla którego odnotowano najwyższe wartości parametru  $R_z$  dla powierzchni przyłożenia. Dla jedynego niepokrywanego PCBN 7025 wartości parametru  $R_z$  są w każdym przypadku niemal identyczne, co dodatkowo potwierdza wysunięte przypuszczenia.



Rys. 4.1. Obraz rzeczywistej powierzchni ostrza dla MBC020 (powiększenie  $\times 200$ )

#### LITERATURA

- [1] **Jenek M.**, *Stan warstwy wierzchniej części maszyn po skrawaniu ostrzami z powłokami PVD*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2016, Monografia, 190.,
- [2] **Bouacha K., Yaltese M.A., Mabrouki T., Rigal J.-F.**, *Statistical analysis of surface roughness and cutting forces using response surface methodology in hard turning of*

- AISI 52100 bearing steel with CBN tool*. International Journal of Refractory Metal & Hard Materials, vol. 28 (2010), pp. 349-361.,
- [3] **Bouzakis K.D., Batsiolas M., Sagris D., Michailidis N., Pappa M., Pavlidou E.**, *Diffusion and oxidation phenomena at elevated temperatures in the contact area between hardened steel and various PVD coatings*. Surface and Coatings Technology, vol. 205 (2011), pp. 115-118.,
- [4] **Brito R.F., de Carvalho S.R., de Lima e Silva S.M.M., Ferreira J.R.**, *Thermal analysis in coated cutting tools*. International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 36 (2009), pp. 314-321.,
- [5] **Enomoto T., Sugihara T.**, *Improving anti-adhesive properties of cutting tool surface by nano/micro-textures*. CIRP Annals Manufacturing Technology, vol. 59/1 (2010), pp. 597-600.,
- [6] **Obikawa T., Kamio A., Takaoka H., Osada A.**, *Microtexture at the coated face for high performance cutting*. International Journal of Machine Tools and Manufacturing, vol. 51 (2011), pp. 966-972.
- [7] **Arsecularatne J.A., Zhang L.C., Montross C., Mathew P.**, *Machining of hardened AISI d2 steel with PCBN tools*. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 171 (2006), pp. 244-252.

# **ALTERNATYWNY SYSTEM POMIAROWY DO KONTROLI PROCESU TŁOCZENIA NA GORĄCO**

## **1. WPROWADZENIE**

Tłoczenie jest to obróbka plastyczna na zimno lub na gorąco, obejmująca procesy cięcia i kształtowania różnych elementów tj. blach, taśm, folii i płyt. Potrzebny kształt w procesie tłoczenia uzyskuje się przez cięcie, czyli oddzielenie zbędnych części od reszty materiału głównego lub plastyczne kształtowanie materiału wyjściowego bez naruszenia jego spójności, np. przez: wyginanie, profilowanie. Tłoczenie odbywa się najczęściej z użyciem pras.

Proces technologiczny [1] to główna część procesu produkcyjnego, za sprawą którego następuje zmiana kształtów, właściwości fizykochemicznych, wyglądu zewnętrznego materiału lub trwała zmiana wzajemnego położenia poszczególnych części, czyli montaż podzespołów i elementów. W związku z tym, w niniejszej pracy został opisany proces, który jest realizowany w zakładzie zajmującym się produkcją podzespołów nadwozia pojazdów – struktury nośnej i karoserii. W ich produkcji wykorzystuje się technologie tłoczenia na zimno, tłoczenia na gorąco, hartowania, cięcia laserowego, zgrzewania oraz spawania. W niniejszym artykule, w głównej mierze skupiono się na procesie tłoczenia na gorąco. Problemem, na który zwrócono uwagę podczas obserwacji przebiegu tego procesu technologicznego (tłoczenia na gorąco) to konieczność okresowego manualnego dokonywania pomiarów temperatury, które obecnie przeprowadza człowiek. Pomiaru te są dokonywane w celu weryfikacji z pomiarami głównego systemu sterującego pracą pieca. Zatem przeznaczeniem tych pomiarów jest kontrola poprawności działania systemu głównego. W tym przypadku, czynnik ludzki odgrywa tutaj ogromne znaczenie pod względem możliwości wystąpienia złych lub niedokładnych pomiarów spowodowanych przez błąd lub pomyłkę osoby je dokonującej. Dotychczas, kontrolny pomiar temperatury w funkcjonującym systemie był i jest wykonywany przez osobę kosztem jej pracy i czasu, który mógłby być spożytkowany inaczej, a zarazem przyczynić się do zwiększenia efektywności produkcji.

W związku z powyższym, w niniejszym artykule zaproponowano nową (alternatywną) koncepcję pomiaru temperatury w postaci zdalnego systemu pomiarowego tego parametru. System ten może być alternatywą dla obecnie funkcjonującego rozwiązania lub może być potraktowany jako system uzupełniający bądź awaryjny. Zaproponowane rozwiązanie eliminuje czynnik ludzki oraz w znaczny sposób ogranicza potrzebę wchodzenia i przemieszczania się po piecu w trakcie trwania procesu, docelowo usprawnia

proces produkcyjny oraz pozwala zaoszczędzić czas i ograniczyć koszty produkcji. Dlatego, w artykule tym przede wszystkim skupiono się na rozwiązaniu, którego niewielkie koszty oraz wdrożenie z całą pewnością usprawniłoby realizowany proces produkcyjny w wybranym zakładzie, ale i nie tylko.

## 2. PROCESY TŁOCZENIA

Tłoczenie jest to proces technologiczny przeróbki plastycznej na zimno lub na gorąco różnych elementów takich jak blachy, płyty czy folie. Proces ten obejmuje cięcie i kształtowanie z tych elementów przedmiotów o małej grubości w stosunku do szerokości i długości. Natomiast, cięcie to proces tłoczenia, polegającym na oddzieleniu jednej części materiału od drugiej. Cięciu poszczególnych części elementów towarzyszą znaczne odkształcenia plastyczne, doprowadzające do uszkodzenia spójności materiału. Można mówić o dwóch rodzajach cięcia, pierwsze z nich to cięcie na nożycach, a drugie to cięcie przyrządem na prasach, nazwane wykrawaniem. Czynność cięcia dzieli się na: odcinanie, wycinanie, dziurkowanie, przycinanie, okrawanie, nacinanie, rozcinanie i wygładzanie. Zaś, kształtowanie jest to proces tłoczenia materiału bez uszkodzenia jego spójności, który kształtujemy. Podczas tej czynności można mówić o gięciu, przy którym zostaje zachowana prostoliniowość tworzących, przy czym zmiana krzywizny zachodzi w jednej płaszczyźnie. Do gięcia zalicza się działania jak: wyginanie, zaginanie, zwijanie i zawijanie. Dodatkowo, można również kształtować dany wyrób poprzez wtlaczanie blachy stemplem do otworu matrycy, w celu otrzymania elementu wydrążonego, co z kolei nosi nazwę ciągnięcia lub inaczej głębokiego tłoczenia. Do ciągnięcia zalicza się wytłaczanie oraz przetłaczanie, gdzie poprzez wytłaczanie (ciągnięcie z płytki wsadowej) uzyskuje się efekt miseczki, a przetłaczanie (czyli trwający dalej proces ciągnięcia powstałej miseczki) prowadzi do zmniejszenia jej wymiarów poprzecznych.

Poza powyżej wyszczególnionymi procesami kształtowania można mówić również o wielu innych operacjach kształtowania elementów takich jak: skręcanie, obciskanie, obciąganie, profilowanie, wygniatanie, dotłaczanie, wywijanie, zgniatanie obrotowe, rozpęczanie, wybijanie oraz wyoblanie. Ponadto, oczywiste jest to, iż podatność blach na tłoczenie zależy od czynników materiałowych oraz technologicznych materiałów. W tym przypadku, czynniki technologiczne to: przebieg samego procesu tłoczenia, stan narzędzi czy rodzaj stosowanych smarów. Natomiast jednymi z najważniejszych czynników materiałowych są: skład chemiczny materiału, struktura i tekstura krystalograficzna oraz chropowatość jego powierzchni. Dodatkowo, należy stwierdzić, że w procesie kształtowania na zimno bardzo ważne są również własności wytrzymałościowe i plastyczne wykorzystywanych materiałów.

### 2.1. Tłoczenie na gorąco

Tłoczenie na gorąco polega na nagraniu i wygrzaniu blach, płyt do odpowiedniej temperatury, a następnie na nadanie im kształtu poprzez tłoczenie w prasie i jednoczesne ochłodzenie – hartowanie. Podczas tego procesu w materiale zachodzą przemiany fazowe. Dzięki możliwości sterowania parametrami procesu możliwe jest osiągnięcie pożądanych właściwości finalnego produktu. Tłoczenie na gorąco pozwala na dużo łatwiejsze

kształtowanie tłoczonego elementu. Naprężenia, które powstają w materiale podczas tłoczenia są dużo mniejsze niż podczas tłoczenia na zimno - wyższa plastyczność materiału. Tłoczenie na gorąco pozwala również tłoczyć elementy, które w procesie tłoczenia na zimno trudno by było wykonać lub byłoby to niemożliwe. Dzięki technologii tłoczenia na gorąco i hartowania możliwa jest zmiana struktury krystalicznej materiału, a co za tym idzie zmiana właściwości mechanicznych materiału takich jak jego twardość, uderzalność, czy granica plastyczności.

Hartowanie - nagrzewanie do temperatury powyżej przemiany austenitycznej (dla stali węglowej 723°C; zwykle 30°C do 50°C powyżej temperatury przemiany austenitycznej) i wygrzewanie, oraz szybkie schładzanie. Szybkość schładzania musi być taka, by z austenitu nie zdążył wydzielić się cementyt i jego struktura została zachowana do temperatury przemiany martenzytycznej, w której to austenit przemienia się w fazę zwaną martenzytem. Samo hartowanie ma na celu podniesienie twardości i wytrzymałości obrabianej stali [2].

### 3. PROCES TECHNOLOGICZNY

Proces technologiczny jest to główna część procesu produkcyjnego, w ramach którego następuje zmiana kształtów, właściwości fizykochemicznych, wyglądu zewnętrznego przetwarzanego materiału lub trwała zmiana wzajemnego położenia poszczególnych części wchodzących w skład produkowanego wyrobu, czyli montaż podzespołów i wyrobów [3].



Rys.1. Przykładowe produkowane podzespoły nadwozia samochodów [4].

### 3.1. Opis zakładu

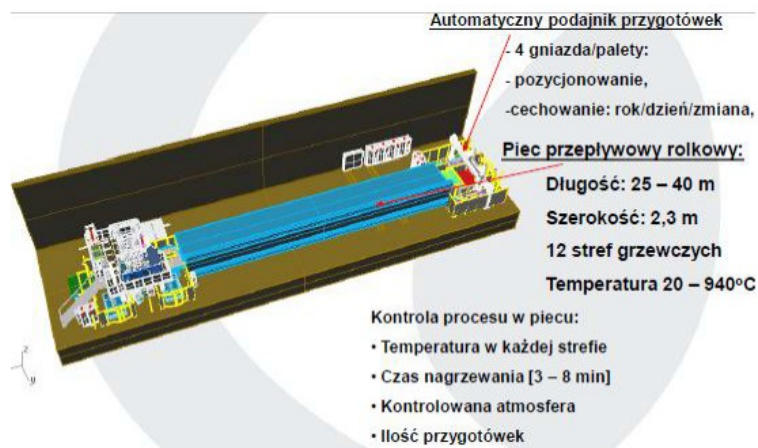
Poruszany w niniejszym artykule zakład działa w branży motoryzacyjnej. Zajmuje się opracowywaniem i produkcją podzespołów nadwozia pojazdów, struktury nośnej i karoserii. W ich produkcji wykorzystuje się następujące technologie:

- tłoczenia na zimno,
- tłoczenia na gorąco,
- hartowania,
- cięcia laserowego,
- zgrzewania,
- spawania.

Na rysunku 1 pokazany został przykładowy model pojazdu dla którego produkowane są różne podzespoły nadwozia, jak na przykład: zderzaki, słupki przednie, słupki boczne, belka tylna, przednia czy też progi.

### 3.2. Opis procesu technologicznego

W niniejszym podrozdziale przedstawiony został opis procesu technologicznego jakim jest tłoczenie na gorąco, który został zaobserwowany w konkretnej firmie produkcyjnej. Na rysunku 2 przedstawiona została wizualizacja linii produkcyjnej tłoczenia na gorąco. Głównymi elementami z których składa się linia produkcyjna są: palety (gniazda) z przygotowkami, automatyczne podajniki przygotówek, stoły pozycjonujące przygotowki, piec tunelowy oraz prasa hydrauliczna z urządzeniem tłoczącym i hartującym.



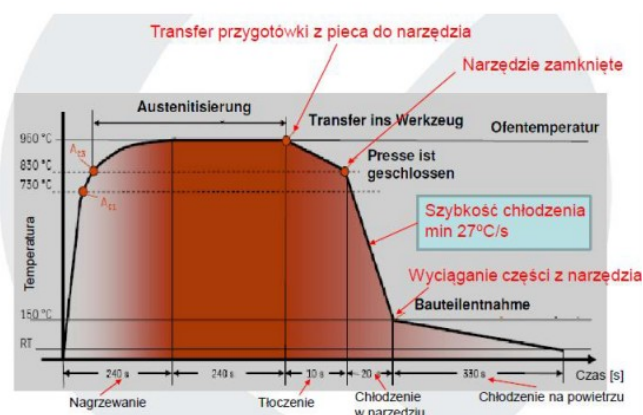
Rys.2. Wizualizacja linii produkcyjnej w procesie tłoczenia na gorąco [4].

- Laserowe wycinanie przygotówek
- Wycinanie laserem przygotówek z blach, z których zostaną w późniejszym etapie wytłoczone elementy nadwozia.
- Przygotowanie wyciętych elementów do procesu tłoczenia

Wycięte przygotówki są układane w specjalnie do tego przeznaczonych gniazdach (paletach), w których są pozycjonowane. Następnie palety te są ustawiane w przeznaczonym do tego miejscu, z którego bezpośrednio będzie je pobierał automatyczny podajnik przygotówek. Kolejnym krokiem jest odpowiednie ustawienie automatycznego podajnika tak, aby za każdym razem z dużą dokładnością pobierał przygotówki z gniazda.

– Cechowanie

Kolejnym etapem procesu jest cechowanie, czyli laserowe oznakowanie każdego elementu w datę produkcji, godzinę, daną zmianę oraz oznaczenie konkretnej części, modelu oraz marki. Automatyczny podajnik przygotówek pobiera je z palet i pozycjonuje na specjalnie przeznaczonym do tego stole, gdzie następnie przygotówki są cechowane laserowo.



Rys.3. Grafik procesu tłoczenia w czasie [4].

– Pozycjonowanie i podawanie do pieca

Przygotówki zostają podane na specjalny rolkowy stół pozycjonujący, który musi być prawidłowo ustawiony - to znaczy, że uprzednio muszą być ustawione pozycjonery odpowiednio do danych przygotówek. Na stole elementy są pozycjonowane za pomocą pozycjonerów, a następnie podane do pieca za pomocą stołu rolkowego.

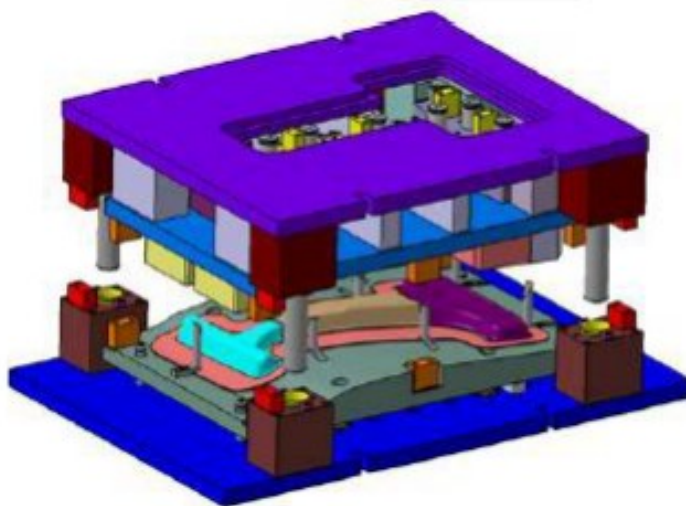
– Nagrzewanie elementów w piecu tunelowym

Na tym etapie po wprowadzeniu przygotówek do pieca następuje ich nagrzewanie do odpowiedniej temperatury i następnie wygrzewanie, czyli utrzymywanie ich w niej (w odpowiedniej temperaturze) przez określony czas. W tym czasie dochodzi do zmian fazowych w obrębie materiału. Na rysunku 3 przedstawiony został wykres zmiany temperatury w czasie obrabianego elementu w procesie tłoczenia na gorąco.

– Wyjście przygotówek z pieca

Odpowiednio wygrzane przygotówki wychodzą z pieca, trafiają na stół pozycjonujący skąd zostają pobrane przez automatyczne podajniki i za ich pośrednictwem przekazane do narzędzia tłoczącego w prasie.

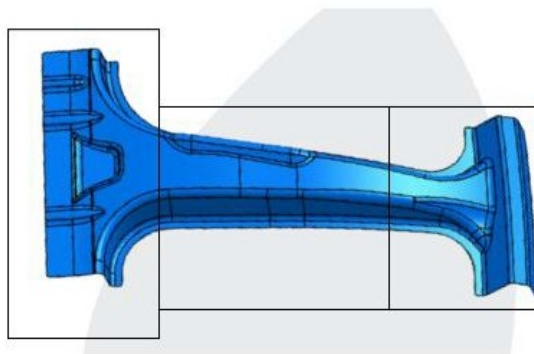




Rys.4. Wizualizacja narzędzia do tłoczenia na gorąco [4].

– Tłoczenie i hartowanie

Tłoczenie przygotówek odbywa się w prasie hydraulicznej przy pomocy specjalnie zaprojektowanego do tego narzędzia, które umożliwia precyzyjne tłoczenie każdej przygotówki i jednocześnie jej hartowanie w celu osiągnięcia pożądanych właściwości materiału tłoczonego. Dzięki tej technologii tłoczenia otrzymujemy elementy o odpowiednich własnościach, które zostały dla danego elementu założone. Czyli odpowiednią twardość, udarność. Na rysunku 4 przedstawiona została wizualizacja przykładowego narzędzia do tłoczenia elementów nadwozia pojazdów, które produkuje opisywany zakład produkcyjny.



Rys.5. Przykład wizualizacji wytłoczonego elementu nadwozia [4].

- Obróbka laserowa i kontrola jakości

W końcowej fazie, wytłoczone elementy odbierane są z narzędzia i przekazywane na stół taśmowy, na którym zostają ostatecznie schłodzone. Następnie takie elementy pakuje się i przekazuje do ostatecznej obróbki skrawającej, która odbywa się przy pomocy lasera. Elementy są przycinane do konkretnych wymiarów, wycinane są również w nich wszystkie potrzebne otwory. Na tym etapie, wybiórczej kontroli poddaje się wytłoczone elementy, z których wycinane są próbki w celu zbadania właściwości materiału i kontroli ich jakości. Dokonywana jest także kontrola wizualna oraz pomiary pod kątem tolerancji odkształceń i wymiarów wyprodukowanego podzespołu. Przykład wizualizacji wytłoczonego elementu przedstawiony został na rysunku 5, w tym przypadku jest to słupek boczny nadwozia pojazdu.

#### 4. OPIS PROBLEMU DO ROZWIĄZANIA

Główny problem, na który zwrócono uwagę podczas obserwacji przebiegu procesu technologicznego jakim jest tłoczenie na gorąco polega na konieczności manualnego mierzenia parametru temperatury. Pomiar ten musi być przeprowadzony przez człowieka, który weryfikuje poszczególne pomiary temperatury, co służyć ma kontroli głównego systemu pomiarów. W opisywanym piecu jest już zastosowany system pomiaru i kontroli temperatury, ale pomiary tego systemu trzeba okresowo weryfikować z pomiarami, które przeprowadza człowiek. Należy zwrócić uwagę na mankamenty tego rozwiązania, a także zaproponować nową koncepcję pomiaru temperatury w postaci zdalnego systemu pomiaru tego parametru. System ten może być alternatywą dla funkcjonującego rozwiązania lub może być potraktowany jako system uzupełniający albo awaryjny.

Wady obecnego rozwiązania i inne problemy z niego wynikające:

- człowiek jako niezbędny element procesu pomiarowego, weryfikującego główny system kontroli i pomiaru temperatury,
- pomiar temperatury najczęściej jest dokonywany przez osobę/osoby, które pracują przy obsłudze pieca, a to oznacza, że wykonują one dodatkowe zadanie w czasie, w którym mogłyby zajmować się całkowicie innymi pracami. Wobec tego, pomiar temperatury w obecnym systemie jest wykonywany kosztem pracy i czasu wspomnianych pracowników, których efektywniejsze wykorzystanie i oddelegowanie do innych zadań doprowadziłoby do wzrostu efektywności i wydajności produkcji,
- konieczność dokładnego przeszkolenia osoby lub osób, które będą to zadanie wykonywały w zakresie zarówno pomiarów jak i bezpieczeństwa własnego i innych,
- konieczność wejścia i przemieszczania się po piecu przez daną osobę/osoby w odpowiednim ubraniu ochronnym wraz z potrzebnym sprzętem pomiarowym, co samo w sobie nie jest komfortowe, ani łatwe i na pewno stwarza możliwość wypadku,
- konieczność otwierania specjalnie do tego przeznaczonych punktów pomiarowych na piecu oraz dokonywanie w nich pomiarów termoelementem wiąże się

również z narażeniem na działanie bardzo wysokiej temperatury co może być groźne dla zdrowia i narażać osobę dokonującą pomiaru na wypadek,

- możliwość złych lub niedokładnych pomiarów ze względu na błąd lub pomyłkę osoby/osób dokonujących pomiar,
- dość długi czas potrzebny na zrobienie wszystkich pomiarów jest również uzależniony od czynnika ludzkiego.

Jak widać po przeanalizowaniu obecnego rozwiązania ma ono wiele wad i może być dość problematyczne. Człowiek w tym procesie jest ogniwem niezbędnym i w naturalny sposób mogącym generować pewne błędy. Ponadto jak zawsze w takich przypadkach rzeczą najważniejszą jest bezpieczeństwo i zdrowie osób wykonujących dane zadanie co obliuguje je do zachowania szczególnej ostrożności podczas jego wykonywania, ponieważ m.in. narażone są na działanie bardzo wysokich temperatur. Rozwiązanie polegające na manualnym pomiarze temperatury może również wpływać ujemnie na możliwości produkcyjne. Zasoby ludzkie są przekierowywane z wykonywania swoich podstawowych zadań do wykonywania zadań dodatkowych, co odbywa się często kosztem tego, że pozostali pracownicy muszą przejmować część zadań kolegów, co z kolei może znacznie wydłużyć czas wykonywanych zadań, a także może pogorszyć ich jakość i efektywność, jak i jakość i efektywność całego procesu produkcji.

## 5. PROPOZYCJA ROZWIĄZANIA PROBLEMU

W odpowiedzi na wady dotychczasowej formy pomiaru zostało zaproponowane inne rozwiązanie, które w dużym stopniu eliminuje czynnik ludzki lub w znaczny sposób ogranicza potrzebę podejmowania takich działań jak wchodzenie i przemieszczanie się po piecu w trakcie trwania procesu.

Aby usprawnić obecny system, model stanowiska systemu pomiarowego do zdalnego pomiaru temperatury pieca tunelowego w procesie tłoczenia na gorąco ma służyć weryfikacji głównego systemu pomiaru temperatury pieca. System pomiarowy może zostać potraktowany jako przykład prostego systemu, który z powodzeniem stanowi skuteczną alternatywę dla obecnie funkcjonującego rozwiązania. Jak wspomniano powyżej, system jest przeznaczony do zdalnego pomiaru temperatury w piecu co eliminuje potrzebę mierzenia jej manualnie przez jakiejkolwiek osoby, które musiałyby znajdować się na piecu lub w jego pobliżu, a wcześniej musiałyby być odpowiednio do tego przeszkolone. Dzięki temu praktycznie znika problem narażania ludzi na zagrożenia z tym pomiarem związane. Zaletą zdalnych pomiarów parametru temperatury jest oszczędność czasu, ponieważ wyniki pomiaru są odczytywane i przesyłane w czasie rzeczywistym co jest również istotnym udogodnieniem w porównaniu do systemu, który funkcjonuje teraz. W tym czasie pracownicy, którzy byliby zaangażowani do pomiaru mogą wykonywać inne zadania, co wpływa na efektywność pracy i poprawę wydajności całego procesu tłoczenia. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania eliminujemy również czynniki takie jak błąd pomiaru spowodowany błędem osoby dokonującej pomiaru, jak również ewentualne uszkodzenie pieca lub aparatury pomiarowej przez człowieka.

Przedstawione rozwiązanie udogodni i usprawni pracę ludzi zajmujących się dokonywaniem pomiarów jak i tym, którzy analizują i korzystają z uzyskanych danych po-

miarowych, a także docelowo usprawni to cały proces produkcyjny oraz pozwoli zaoszczędzić czas i ograniczyć koszty produkcji.

## 6. MODEL STANOWISKA POMIAROWEGO

W tym rozdziale omówiono zaproponowane rozwiązanie oraz przedstawiono wykonany fizyczny model stanowiska pomiarowego, które przygotowano do pomiaru temperatury w piecu tunelowym. Opisano również wszystkie elementy składowe z jakich składa się wykonany model oraz zasadę działania tych elementów jak i całego układu (systemu pomiarowego), a także przedstawiono wszystkie jego możliwości. Ponadto, wskazano i omówiono również inne możliwe zastosowania dla zaprezentowanego układu.

Model zaproponowanego stanowiska składa się z następujących elementów:

- sterownik – układ mikroprocesorowy, który jest jednostką centralną całego modelu (stanowiska),
- modułu Ethernet – moduł rozszerzający możliwości sterownika, który podłączony do sieci lokalnej (internetowej) umożliwi sterownikowi przesyłanie danych z i do serwera za jej pośrednictwem,
- wzmacniacz termopary – układ wzmacniający sygnał z termopary,
- termopara (termoelement) – czujnik temperatury, termoelement typu K,
- przewód kompensacyjny – specjalny przewód łączący termoelement ze wzmacniaczem sygnału termopary (z urządzeniem lub z systemem pomiarowym),
- oprogramowanie – oprogramowanie służące do pomiaru temperatury oraz do przesyłania danych na odległość za pośrednictwem sieci internetowej,
- obudowa stanowiska.

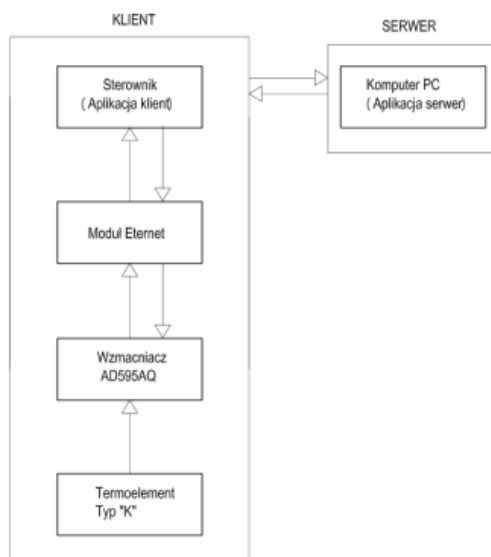


Rys.6. Model stanowiska pomiarowego.



Rys.7. Model stanowiska pomiarowego- widok wnętrza.

Tak jak już wcześniej wspomniano, zaproponowane stanowisko pomiarowe (rysunek 6 i 7) składa się ze sterownika, modułu Ethernet, wzmacniacza, termopary, przewodu kompensacyjnego, oprogramowania oraz obudowy. Budowa tego stanowiska przedstawiona została również na rysunku 8 za pomocą schematu blokowego. Rysunek ten przedstawia wzajemne połączenie ze sobą wszystkich elementów, które wchodzi w skład stanowiska pomiarowego oraz relacje jakie zachodzą pomiędzy nimi. Stanowisko wykorzystuje do komunikacji sieć w architekturze typu Klient-Serwer [5]. W tym przypadku, klienta tworzy termoelement, wzmacniacz, moduł Ethernet i sterownik wraz z przygotowanym do ich współpracy oprogramowaniem. Oprogramowanie to jest odpowiedzialne za właściwe funkcjonowanie tych elementów i umożliwia odczyt mierzonych wartości temperatury, a następnie przesyłanie ich do jednostki centralnej – serwera. Serwer umożliwia pobranie w dowolnym momencie pomiaru temperatury z punktu pomiarowego - klienta. Temperatura w piecu jest mierzona za pomocą termoelementu. Zasada działania termoelementu polega na zależności siły termoelektrycznej ogniwa termoelektrycznego od temperatury. W momencie pomiaru, między wolnymi końcami termoelementu pojawia się napięcie, ale niestety jest ono zbyt małe, aby mogło być skutecznie odczytywane przez sterownik i dlatego sygnał ten przekazywany jest do wzmacniacza. Zadaniem wzmacniacza jest wzmocnienie sygnału termopary tak, aby mógł być on bezpośrednio odczytywany przez sterownik. Następnie, sterownik odczytuje tę wartość (napięcie), a jego oprogramowanie przelicza ją na wartość temperatury. Zaś, moduł Ethernet [6], połączony ze sterownikiem, odpowiada za przesyłanie sygnałów między sterownikiem (klientem), a jednostką centralną (serwerem). Pomiar temperatury w piecu dokonywany jest w momencie wysłania żądania przez serwer do klienta, następnie zmierzona wartość zwracana jest do serwera i tam jest ona odczytywana (ewentualnie rejestrowana).



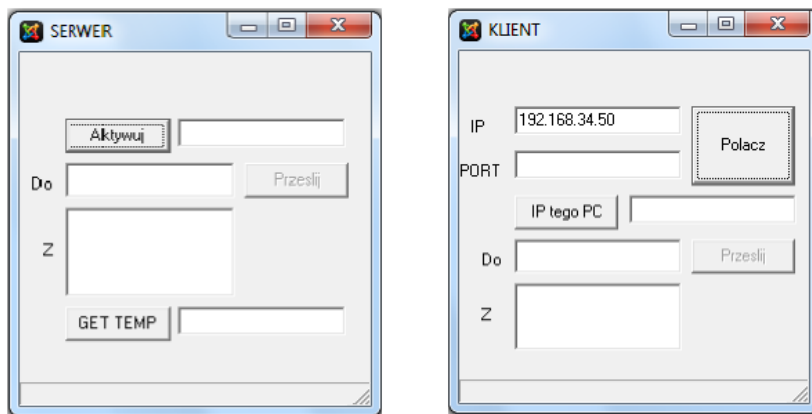
Rys.8. Schemat stanowiska pomiarowego.

## 7. TESTOWANIE STANOWISKA

W zakresie realizowanego projektu założono również przetestowanie zaproponowanego i wykonanego stanowiska pomiarowego. Testowanie stanowiska nie sprowadzało się jedynie do przeprowadzenia testów końcowych wykonanego stanowiska pomiarowego, ale obejmowało również testy na całym etapie jego budowy i modyfikacji.

W początkowej fazie realizacji stanowiska należało stworzyć dwa rodzaje aplikacji typu serwer i klient. W tym przypadku, oba programy zostały przygotowane w środowisku Delphi. Interfejsy tych aplikacji przedstawiono na rysunku 9.

Na tym etapie została przetestowana poprawność działania komunikacji między programami typu klient i serwer. W tym celu należało wybrać port do komunikacji serwera z klientem i wpisać w odpowiednie pola w obu aplikacjach. Następnie aktywować serwer poprzez wciśnięcie przycisku – „Aktywuj” w oknie serwer. W programie typu klient należało wpisać adres IP serwera i kliknąć przycisk – „Połącz”. Jeśli procedura została przeprowadzona poprawnie, klient został podłączony do serwera, w innym przypadku do połączenia nie dochodziło. W obu przypadkach informacja o połączeniu lub jego braku była oznajmiana poprzez odpowiednie komunikaty w oknach każdej aplikacji. Komunikacja między serwerem i podłączonym do niego klientem została sprawdzona poprzez przesyłanie dowolnego ciągu znaków między aplikacjami. Znaki należało wpisywać w polach aplikacji – „Do”, kliknąć przycisk „Prześlij”, co powinno skutkować odebraniem wpisanych znaków przez drugą aplikację i wyświetlenie ich w odpowiednim polu – „Z”. W ten prosty sposób została sprawdzona poprawność komunikacji między aplikacjami serwer i klient.



Rys.9. Interfejsy aplikacji: a) serwer; b) klient

Kolejnym etapem było napisanie programu, który umożliwił pomiar temperatury przez sterownik oraz jego komunikację z serwerem. Program został przygotowany w środowisku Arduino IDE – jest to środowisko programistyczne umożliwiające pisanie programów pod wykorzystany w stanowisku sterownik - Arduino Mega 2560. Następnie należało złożyć całe stanowisko tak jak zostało to wcześniej przedstawione na schemacie blokowym stanowiska pomiarowego. Zbudowany system pomiarowy należało przetestować pod względem poprawności komunikacji serwera i sterownika oraz dokonać testu pomiarów temperatury przez zbudowany układ. W tym celu należało wpisać w oprogramowanie sterownika adres IP serwera, uruchomić układ pomiarowy, a następnie aktywować serwer. Po włączeniu zasilania, sterownik został automatycznie podłączony do serwera, co było widoczne poprzez komunikat w oknie aplikacji serwera. Pomiaru dokonuje się poprzez naciśnięcie przycisku „GET TEMP” w oknie aplikacji serwera. Wtedy serwer wysyła żądanie do klienta (sterownika), który odczytuje temperaturę i przekazuje ją do serwera. W celu przetestowania poprawności wartości mierzonych temperatur, spoina pomiarowa ogrzewana była z góry określonymi temperaturami. Pomiaru były między sobą weryfikowane. Pozwoliło to stwierdzić, że zbudowany układ działa poprawnie i zwraca prawidłowe wartości mierzonej temperatury. W prezentowanym rozwiązaniu możliwy jest tylko odczyt temperatury, a osoba dokonująca pomiaru może pobierać wartości temperatury jedynie zapisywać manualnie w swoich notatkach lub na serwerze w wersji elektronicznej.

Bez najmniejszego problemu, możliwości tak zaproponowanego rozwiązania można byłoby rozszerzyć o dodatkowe usprawnienia, jak np. o automatyczny pomiar temperatury, który nie wymaga obecności operatora, w połączeniu z rejestracją wyników. Wówczas, wszystkie pomiary były by dokonywane w jednakowych odstępach czasu bez udziału osoby obsługującej system pomiarowy. Jednocześnie odczytywane i pobierane pomiary można byłoby automatycznie rejestrować do pliku, generować na ich podstawie wykresy mierzonej temperatury i tak wykorzystywać je do weryfikacji lub analiz obserwowanego procesu.

## 8. ZASTOSOWANIE STANOWISKA

Aby przedstawiony model stanowiska pomiarowego mógł zostać zastosowany w praktyce (w przedsiębiorstwie) powinna istnieć możliwość podłączenia go do już istniejącej lokalnej sieci internetowej. Stanowisko wykorzystuje do komunikacji standard Ethernet, który jest standardem powszechnym i w wielu miejscach łatwo dostępnym (również wykorzystywanym na terenie wielu firm). Wówczas należałoby wskazać jednostkę centralną, na której zostałyby zainstalowana zaproponowana aplikacja typu serwer. Następnie do jednostki centralnej należałoby podłączyć (zalogować) klienta, czyli punkt pomiarowy, w którego skład wchodzi sterownik z oprogramowaniem oraz pozostałe oprzyrządowanie. W praktyce jeśli mówimy o pomiarze temperatury pieca tunelowego konieczne byłoby poszerzenie sieci o dodatkowych klientów, z uwagi na konieczność zwiększenia ilości punktów pomiarowych. Powinny to być przynajmniej trzy punkty: wejście pieca – środek pieca – wyjście pieca. W związku z tym, dla bardziej szczegółowej kontroli w poszczególnych strefach pieca, sieć można rozbudować o kolejne punkty pomiarowe. Przy projektowaniu ich rozmieszczenia powinno się uwzględnić łatwy dostęp do sieci lokalnej w celu podłączenia stanowisk do serwera. Na końcu należy sprawdzić działanie całego układu, a uzyskiwane wartości pomiaru temperatury porównać z pomiarami głównego systemu pomiarowego. Należy również wspomnieć, że zamiast Ethernetu można także zastosować alternatywnie bezprzewodową sieć komputerowa, wówczas konieczny jest router oraz karta rozszerzająca z modulem Wi-Fi. Oczywiście na terenie zakładu musi wtedy istnieć sieć internetowa oparta na Wi-Fi.

## 9. PODSUMOWANIE

Celem niniejszego projektu było usprawnienie procesu produkcyjnego poprzez zaproponowanie, a następnie wykonanie systemu pomiarowego do zdalnego pomiaru temperatury pieca tunelowego w procesie tłoczenia na gorąco. Realizacja projektu wymagała zapoznania się i zweryfikowania procesu tłoczenia na gorąco, przeanalizowania tego procesu oraz zaproponowania rozwiązania sprzętowo-programowego do jego realizacji. Opisany w artykule proces polegał na nagrzewaniu i wygrzewaniu elementów do odpowiedniej temperatury, a następnie na nadaniu im kształtu poprzez tłoczenie w prasie i jednoczesne ochłodzenie – hartowanie. Konieczność okresowego manualnego mierzenia parametru temperatury pieca tunelowego w tym procesie, który przeprowadzony jest przez pracownika produkcji, jest wykonywany kosztem jego pracy i czasu, a ten mógłby być spożytkowany o wiele wydajniej i efektywniej niż dotychczas w odniesieniu do produkcji. W związku z tym, szczególną uwagę zwrócono na ten oraz kilka innych problemów, które zainicjowały próbę zaproponowania innego, alternatywnego w stosunku do obecnego rozwiązania. Dlatego, w ramach realizowanego projektu zaproponowano i przygotowano nową koncepcję stanowiska (systemu pomiarowego) do pomiaru temperatury w postaci zdalnego systemu do pomiaru tego parametru. System ten, tak jak już wcześniej wspomniano, jest alternatywą dla funkcjonującego rozwiązania.

Niniejszy projekt zawiera również projekt fizycznego modelu stanowiska pomiarowego. Projekt ten wymagał wykonania, zweryfikowania oraz przetestowania sprawności



tak zaprojektowanego i wykonanego stanowiska. Zastosowane rozwiązanie w przemyśle z całą pewnością udogodziłoby, a już na pewno usprawniłoby pracę ludziom zajmującym się dokonywaniem pomiarów jak i tym, którzy analizują i korzystają z uzyskanych w ten sposób danych pomiarowych. Przy zachowaniu i wdrożeniu tego typu koncepcji stanowiska pomiarowego, pracownik zajmujący się dotychczas manualnym pomiarem temperatury mógłby zostać oddelegowany do innych zadań. Na przykład pracując na komputerze równolegle mógłby obserwować wykres temperatury w piecu tunelowym i na bieżąco analizować i weryfikować to, co dzieje się z procesem w piecu, a następnie odpowiednio reagować. Pracownik nie musiałby wchodzić na piec i nie potrzebnie narażać się na potencjalny wypadek - pozwoliłoby to znacznie skrócić czas pomiarów. Zaproponowany system pomiarowy bez wątpienia może i mogłyby być pod każdym względem modyfikowany. Komunikacje typu klient-serwer można byłoby w zależności od potrzeby zrealizować przy pomocy sieci bezprzewodowych jak np. WiFi [7] czy Bluetooth [8], ale i nie tylko. Wówczas, wszelkie pomiary temperatury mogłyby odbywać się automatycznie w określonych odstępach czasu, bez konieczności jakiegokolwiek aktywności pracownika. Wyniki pomiarów byłyby automatycznie rejestrowane do pliku, a z nich generowane byłyby wykresy. Tak zaproponowane stanowisko można również wyposażać w różnego rodzaju alarmy dźwiękowe i wizualne, które miałyby za zadanie skupić uwagę osoby nadzorującej system na pomiarze lub np. poinformować odpowiednio osoby o awarii. Wówczas alarmy takie można nie tylko zobaczyć ale i usłyszeć. Stanowisko pomiarowe mogłoby być również wyposażone w wyświetlacz, z którego bezpośrednio możliwe byłoby odczytywanie mierzonej temperatury, a nie z serwera. Tego typu rozwiązania mogą być rozbudowywane i dobierane zależnie do potrzeb danej firmy produkcyjnej. Dlatego, jakiegokolwiek zaproponowane rozwiązanie z całą pewnością w większym lub mniejszym stopniu zoptymalizuje kontrolowany proces produkcyjny, a już na pewno pozwoli zaoszczędzić czas oraz ograniczyć koszty związane z produkcją.

## 10. LITERATURA

- [1] **R. Kwiecień**, *Komputerowe systemy automatyki przemysłowej*, Helion, 2012.
- [2] <http://www.e-spawalnik.pl/?hartowanie,111>
- [3] **I. Durlik**, *Inżynieria zarządzania strategia i projektowanie systemów produkcyjnych - część I*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „PLACET”, Warszawa 2000, Polska
- [4] <http://www.ckp.edu.pl/static/img/023593/kirchhoff.pdf>
- [5] **L.D. Stein**, *Perl. Tworzenie aplikacji sieciowych*, Helion, 2002, Polska
- [6] **C.E. Spurgeon, J. Zimmerman**, *Ethernet: The Definitive Guide. 2nd Edition*, O'Reilly Media
- [7] **J. Ross**, *Sieci bezprzewodowe. Przewodnik po sieciach Wi-Fi i szerokopasmowych sieciach bezprzewodowych*. Wydanie II, Helion, 2009, Polska
- [8] **B.A. Miller, C. Bisdikian**, *Bluetooth*, Helion, 2003, Polska

# **EWOLUCJA SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ I PRODUKCJĄ W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYM**

## **1. WSTĘP**

Przemysł motoryzacyjny od XIX wieku jest istotnym elementem światowej gospodarki i ciągle ulega zmianom i przeobrażeniom [1]. Co ciekawe nadal istnieją przedsiębiorstwa produkcyjne, które funkcjonują od początku branży motoryzacyjnej i stale rozwijają się [2]. W historii branży motoryzacyjnej interesujące są zagadnienia związane z postępowaniem technicznym np. nowym wzornictwem, zastosowaniem innowacyjnych materiałów czy źródeł energii. Nie sposób jednak zapomnieć o wykorzystywanych w branży motoryzacyjnej metodach zarządzania jakością oraz systemach produkcji, które w wielu przypadkach okazały się przełomowymi i są wykorzystywane przez inne przedsiębiorstwa produkcyjne nawet spoza branży.

## **2. ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ**

Pojęcie jakości jest rozumiane przez wiele przedsiębiorstw na różne sposoby. „Jakość jest pojęciem złożonym i wynikowym, będącym odzwierciedleniem kryteriów i norm przyjętych przez państwo i jego instytucje, organizacje międzynarodowe i krajowe, oczekiwań przedsiębiorców i konsumentów itp. W organizacjach przekłada się to na realizowane strategie - obejmujące ich funkcjonowanie i wynikające z nich oczekiwania, wobec jakości oraz zarządzania nią. Znajduje to odzwierciedlenie w poglądach dotyczących jakości i zarządzania jakością w organizacji, przy czym definiowanie jakości i wymogi w tym zakresie zmieniają się wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym, a zwłaszcza w zależności od stopnia zaspokojenia potrzeb społeczeństwa, konkurencyjności produktów oraz wprowadzania innowacyjnych rozwiązań w ich wytwarzaniu i dostarczaniu” [3]. W współczesnych czasach wzrasta znaczenie jakości i zarządzania nią dla potrzeb realizacji celów i zadań organizacji. Wymaga to zastosowania odpowiednich metod w sposobach zarządzania organizacjami i koordynowania ich działalności. „Te zagadnienia są istotne z jednej strony z punktu widzenia sprawności i efektywności działania organizacji, z drugiej zaś - z punktu widzenia jakości wykonania i zwiększona konkurencyjności działań organizacji” [3].

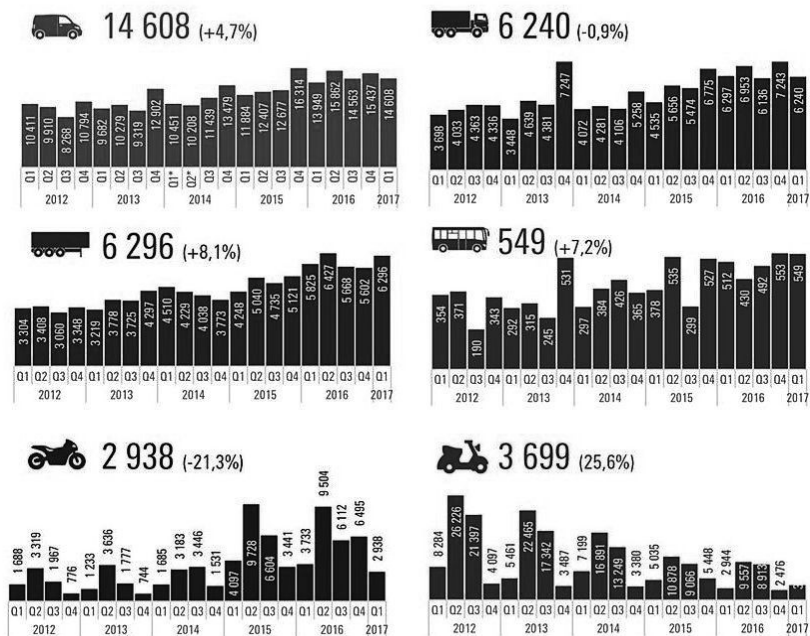
Zarządzanie jakością należy rozumieć jako jeden z elementów składowych procesu zarządzania organizacją, składającego się z pięciu funkcji zarządzania: planowanie, organizowanie, kierowanie ludźmi, kontrolowanie i doskonalenie [3,4]. Funkcje te są

wzajemnie powiązane. W związku z tym w procesie planowania opisuje się, co, jak i kiedy uzyskać oraz sprawdza się możliwość zrealizowania przyjętego planu.

Podstawowe metody zarządzania jakością są wyodrębnionym obszarem wiedzy, w którym wszystkie zalecenia i normy (np. normy ISO) definiują ogólne procedury zarządzania jakością. Jednak „zarządzanie jakością to nie tylko kwestia wiedzy, umiejętności i standaryzacji, lecz także pewien stan świadomości” [5]. Zarządzanie jakością ma prowadzić do ciągłego doskonalenia organizacji, jej wyrobów i świadczonych usług.

### 3. BRANŻA MOTORYZACYJNA

Branża motoryzacyjna jest jednym z największych sektorów przemysłu w Polsce. Reprezentuje około 10% procent wartości produkcji sprzedanej tej części gospodarki oraz z uwagi na wartość produkcji sprzedanej zajmuje drugie miejsce po przemyśle spożywczym, deklasując wszystkie pozostałe segmenty przemysłu przetwórczego [6]. „Polska jest krajem, który w ostatnich kilkunastu latach przyciągnął znaczące inwestycje zagraniczne w przemyśle motoryzacyjnym i w konsekwencji stał się jednym z największych producentów samochodów, części i podzespołów motoryzacyjnych w Europie Środkowo-Wschodniej. Jednocześnie motoryzacja stała się jedną z kluczowych gałęzi polskiego przemysłu, zarówno pod względem wartości produkcji, zatrudnienia i nakładów inwestycyjnych, jak i udziału w eksporcie. Co więcej, Polska jest także największym w regionie rynkiem, jeżeli chodzi o sprzedaż i usługi związane z motoryzacją” [7].



Rys. 1. Rejestracja nowych pojazdów (w tys.) [8]

Z danych opublikowanych w raporcie KPMG i Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego wynika, że „I kwartał 2017 przyniósł kolejne wzrosty rejestracji pojazdów. W tym okresie zarejestrowano w Polsce 125,9 tys. nowych samochodów osobowych, 14,6 tys. aut dostawczych, 6,2 tys. samochodów ciężarowych oraz 2,9 tys. motocykli i 3,7 tys. motorowerów. Bardzo dynamicznie rośnie liczba rejestracji aut z alternatywnym napędem. Dużą popularnością cieszyły się także samochody z segmentu E, minibusy, małe i średnie SUV-y oraz kombivany. W I kwartale br. dobry wynik wypracowały też fabryki motoryzacyjne ulokowane w Polsce. Z taśm montażowych zjechało 202,5 tys. pojazdów samochodowych, co oznacza wzrost o 7,3% r/r” [9].

Wyniki badania, które jest wykonywane cyklicznie przez KPMG wskazują, że największym wyzwaniem, jakiemu musi podołać branża motoryzacyjna, jest obecnie elektromobilność. Jest to także niewątpliwa szansa dla tego sektora [9].

#### **4. SYSTEMY ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ I PRODUKCJĄ W BRANŻY MOTORYZACYJNEJ**

Początki przemysłu motoryzacyjnego sięgają przełomu XIX i XX wieku. Początkowo samochody traktowane były jako przejaw ekstrawagancji i bogactwa niż środek transportu. Powstające w zakładach rzemieślniczych pojazdy były wykonywane na zamówienie klienta, z uwzględnieniem jego indywidualnych potrzeb. Taki typ produkcji powodował, że samochody były bardzo drogie. Powstające samochody były jedynymi w swoim rodzaju, a produkcja seryjna nie istniała. Początki motoryzacji nie były też łatwe z powodu ograniczeń z dostępnością do serwisów naprawczych. Rynek części zamiennych praktycznie nie istniał, brakowało też stacji paliw. System pracy wymagał od pracowników dużej wiedzy technicznej i był czasochłonny. Pomimo dużych nakładów czasu oraz wiedzy technicznej, konstrukcje były w dalszym ciągu niedopracowane co miało negatywny wpływ na niezawodność, brakujące zasoby dla prowadzenia badań i wdrożenia nowych technologii powodowały, że postęp technologiczny samochodów był hamowany [2].

Prekursorem linii produkcyjnej do montażu samochodów był R. Olds. W ten właśnie sposób produkowany był Oldsmobil model Curved Dash. Był to jednocylindrowy pojazd z silnikiem 4,5 Km o pojemności 1563 cm<sup>3</sup>, maksymalną prędkość jaką osiągał to 32km/h. Pojazd był lekki i kosztował 650 dolarów, co oznaczało, że grono ludzi zainteresowanych było dużo większe, w porównaniu z produkcją rzemieślniczą. W 1903r. wyprodukowano 3924 sztuki tego modelu, co sprawiło, że R. Olds stał się największym producentem samochodów w USA [2].

Henry Ford zaprojektował swoją pierwszą ruchomą linię montażową w 1913 roku, rewolucjonizując tym samym proces produkcyjny Forda T. Linia montażowa w pierwszych zakładach Forda w Highland Park w amerykańskim stanie Michigan stała się punktem odniesienia dla metod produkcji masowej na całym świecie. 31 lipca 1923 w ciągu 3 zmian wyprodukował około 7 tysięcy samochodów modelu T, i tym samym ustanowił rekord dziennej produkcji.

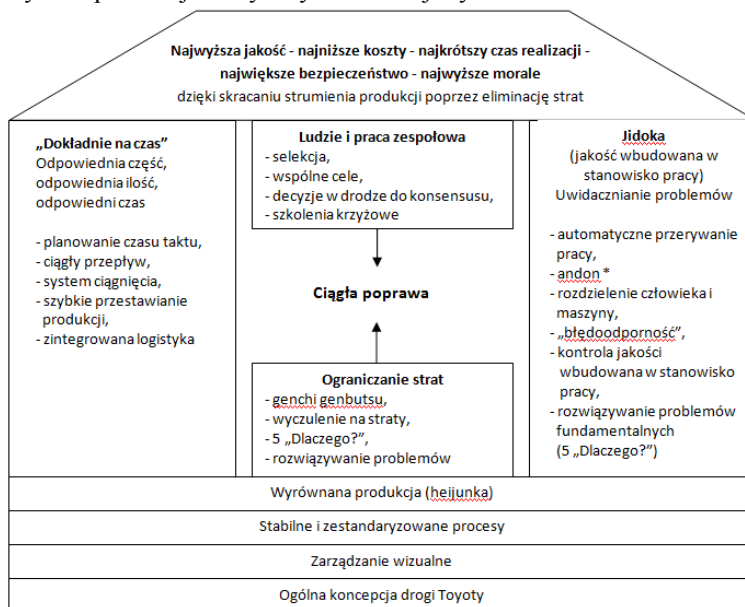
System produkcyjny stosujący znormalizowane części zamienne, pracę ludzi na jednym stanowisku polegającą na wykonywaniu niezmiennie tylko jednej czynności oraz wyko-

rzystający ruchomą linię montażową, Henry Ford nazwał produkcją masową. Dostyc często produkcja masowa błędnie jest kojarzona tylko z wprowadzeniem ruchomej linii montażowej, podczas gdy jej podstawą w głównej mierze było wprowadzenie zestandar-ryzowanych części, z których zbudowana była konstrukcja pojazdu. Wprowadzenie tych rozwiązań spowodował, że średni cykl pracy montera w fabryce Forda w 1913 roku wynosił tylko 2,3 minuty [2].

Dostrzegając sukces systemu wprowadzonego przez Forda zarząd firmy General Motors powołał na stanowisko prezesa A. P. Sloana, który wprowadził wiele pozytywnych i kluczowych zmian, do których należały między innymi:

- zdecentralizowane dywizje zajmujące się szczegółowymi działaniami. Dywizjami tymi przewodzili managerowie, którym przekazano uprawnienia odnośnie zarządzania operacyjnego w danym obszarze,
- wprowadzenie do produkcji masowej 5 nowych marek samochodów, co skutkowało powiększeniem obszaru sprzedaży (wprowadzono segmenty i klasy samochodów przeznaczonych dla różnego typu klientów),
- powołał komitet do spraw koordynacji zaopatrzenia, który zajmował się kupnem części dla wszystkich zakładów wchodzących w skład koncernu, dzięki czemu mogli nabywać tanie części i zredukować poziom zapasów w magazynie [2].

Produkcja liniowa rozwijała się z powodzeniem w kolejnych latach. Do czasu gdy uznany za system idealny został zakwestionowany przez koncern Toyota. Udoskonalony i usystematyzowany przez T. Ohno system realizowany w fabrykach Toyoty – TPS (Toyota Production System) opierał się na poprawie wydajności poprzez eliminację marnotrawstwa System produkcji firmy Toyota obrazuje rys. 2.



Rys. 2. System produkcji firmy Toyota [10]

Głównymi celami Systemu Produkcji Toyoty są [11]:

- skrócenie cyklu produkcyjnego przez udroźnienie przepływu materiału produkcyjnego w całym procesie wytwarzania,
- maksymalizacja produktywności poprzez wytworzenie większej ilości wyrobów, przy zużyciu mniejszej ilości czasu, materiałów, powierzchni, pracy ludzkiej, kapitału i innych zasobów,
- projektowanie procesu produkcyjnego, który jest w stanie dostarczać wymagane rezultaty w sposób płynny i elastyczny,
- eliminacja marnotrawstwa (muda), czyli wszystkich czynności nie dodających wartości dla klienta

Założone cele są realizowane poprzez ściśle określone zasady [11]:

- opieranie decyzji w zarządzaniu na dalekosiężnej koncepcji - nawet kosztem krótkoterminowych wyników finansowych,
- stworzenie ciągłego i płynnego procesu ujawniania problemów,
- wykorzystywanie systemu ”ciągnięcia, aby uniknąć nadprodukcji,
- wyrównywanie obciążenia pracą (Heijunka),
- stworzenie kultury przerywania procesów w celu rozwiązywania problemów, tak aby od razu uzyskiwać właściwą jakość (metoda Andon),
- standardowe zadania jako podstawa ciągłej poprawy i upewnocnienia pracowników,
- stosowanie kontroli wizualnej, aby żaden problem nie pozostał w ukryciu,
- stosowanie wyłącznie niezawodnej, gruntownie sprawdzonej technologii służącej pracownikom i procesom.

Dzięki popularyzacji TPS, do codziennego użycia weszły pojęcia takie jak: JIT (Just-In-Time), Kanban czy Jidoka. A organizacje, które zaadaptowały ten system nazwano organizacjami Lean.

Producenci pojazdów szybko zdali sobie sprawę, że posługując się tylko własnym potencjałem produkcyjnym nie da się zaspokoić potrzeb klientów oraz konkurować i wprowadzać optymalizacji. Dlatego też tak ważnym etapem procesu zarządzania stało się zarządzanie relacjami z dostawcami. System ten został nazwany zarządzaniem łańcuchem dostaw. Zastosowany w tym cyklu proces, czyli outsourcing z czasem tak dalece się rozrósł, że duża część zakładów dostosowała się do potrzeb przemysłu motoryzacyjnego uzależniając zupełnie swoją produkcję od niego. Dodatkowo dla realizacji zleceń z branży automotive powstało specjalnie wiele firm, które z czasem stały się globalnymi korporacjami pracującymi dla wielu producentów pojazdów jednocześnie. Przedsiębiorstwa te z czasem zyskały przydomek OEM, co oznacza Original Equipment Manufacturer. W raporcie PricewaterhouseCoopers z 2012 roku znalazła się lista 100 głównych przedstawicieli tej grupy producentów (poniżej 10 pierwszych pozycji tego zestawienia) [12]:

- Robert Bosch GmbH,
- Denso Corp,
- Continental AG,
- Magna International inc.,
- Aisin Seiki Co,
- Johnson Controls Inc.,

- Faurecia,
- Hyundai Mobis,
- ZF Friedrichshafen AG,
- Yazaki Corp.

Rozwój tego sektora wynikał z potrzeby rozwoju i zmian pochodzących z ogólnego trendu delegowania zadań na zewnątrz, czyli zlecenie wykonanie gotowego komponentu według specyfikacji. Jednakże z czasem sytuacja gospodarki światowej spowodowała, że szukając oszczędności w procesie, zaczęto przenosić działalność przedsiębiorstw za granicę. Spowodowane to było głównie lepszym stosunkiem kosztów do jakości wykonania. Trend ten spowodował dynamiczny rozwój sektora OEM.

Jednakże, zlecenie wykonania zadania na zewnątrz obarczone jest dużym ryzykiem. Dlatego sytuacja wymusiła opracowanie wspólnych i usankcjonowanych standardów, które zaimplementowane u zleceniobiorcy definiowałyby go jako gotowego zrealizować dane zlecenie. W takim właśnie celu została opracowana w 1999 roku przez Międzynarodowy Zespół Operacyjny Przemysłu Motoryzacyjnego (International Automotive Task Force, IATF), w połączeniu z Międzynarodową Organizacją Normalizacji (International Standardisation Organisation, ISO) Specyfikacja ISO/TS obecnie IATF 16949. Obecnie IATF tworzy międzynarodowa grupa producentów pojazdów: BMW, DaimlerChrysler, Fiat, Ford Motor Company, General Motors Corporation, PSA Peugeot-Citroen, Renault i Volkswagen oraz krajowe stowarzyszenia handlowe AIAG (Ameryka), VDA (Niemcy), SMMT (Wielka Brytania), ANFIA (Włochy) i FIEV (Francja) oraz pierwszy raz (2017 rok) w pracach nad tym standardem udział wzięło stowarzyszenie japońskich producentów pojazdów (JAMA). Korzyści z wdrożenia Systemu Zarządzania Jakością wg normy IATF 16949:

- elastyczne dopasowanie do wymagań koncernów branży motoryzacyjnej,
- doskonalenie własnego wizerunku wśród konsumentów,
- poszerzenie wiedzy pracowników w zakresie systemu zarządzania jakością w przemyśle motoryzacyjnym,
- zwiększenie skuteczności systemów zarządzania w przedsiębiorstwie oraz dokumentowania produkcji,
- zredukowanie strat w łańcuchu dostaw,
- zgodność z międzynarodowymi normami dotyczącymi jakości w branży samochodowej,
- udoskonalenie jakości produktów oraz usług w branży motoryzacyjnej,
- zmniejszenie kosztów ponoszonych z tytułu reklamacji konsumenckich oraz awarii,
- wzrost efektywności w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa,
- wzrost zyskowności prowadzonej działalności,
- wprowadzenie niezmiennych metod kontroli jakości,
- skuteczne identyfikowanie produktów/usług niezgodnych oraz możliwość podjęcia szybkich procesów naprawczych.

System produkcyjny jest zjawiskiem dynamicznym i cały czas ewoluuje. Fenomen kolejnej fazy rozwoju społeczno-gospodarczego, którą określa się w literaturze mianem „Czwartej Rewolucji Przemysłowej” wiąże się z trzema zjawiskami:

- powszechną cyfryzacją i zapewnieniem stałego porozumiewania się osób między sobą, osób z urządzeniami oraz urządzeń między sobą,
  - na szerszą skalę wdrażanymi innowacjami wywrotowymi, które pozwalają na skokowe zwiększanie sprawności i efektywności funkcjonowania systemu społeczno-gospodarczego,
  - osiągnięciem takiego rozwoju maszyn, iż zyskują one zdolność do autonomicznego zachowania dzięki wykorzystywaniu w procesie ich sterowania „sztucznej inteligencji”.
- Założenia tej rewolucji są widoczne w systemach zarządzania jakością i produkcją w przedsiębiorstwach branży automotive. Elementy tych założeń odnaleźć możemy we wzroście wagi przeprowadzania dokładnych analizy danych, które służą już nie tylko do archiwizowania procesu w cyklu statycznym ale do prognozowania i symulowania procesów w cyklu dynamicznym. Celem tej koncepcji jest stworzenie inteligentnego systemu produkcyjnego (ang. Smart Factory), który charakteryzuje się zdolnością przystosowania do zmiennych warunków, wydajnością zasobów oraz ergonomią, a także możliwością integracji klientów i partnerów biznesowych na różnych płaszczyznach.

## 5. PODSUMOWANIE

Przemysł motoryzacyjny w ostatnich latach ewoluował i stał się motorem zmian i rewolucyjnych rozwiązań z zakresu zarządzania produkcją oraz jakością, które umożliwiają realizację celów i zadań we współczesnej organizacji. Cele i zadania mogą zostać zrealizowane z zastosowaniem właściwych metod zaimplementowanych w systemach zarządzania organizacjami oraz w ich działaniach. W związku z tym, iż metody zarządzania jakością odgrywają kluczową rolę, stały się wyodrębnionym obszarem wiedzy obejmującym wszelkie procedury i normy. Jednakże, zarządzanie jakością to nie tylko wiedza, umiejętności czy standaryzacja, ale również stan świadomości oraz gotowość do adaptacji. A istotą zarządzania jakością jest dążenie do ciągłego doskonalenia przedsiębiorstwa, jego wyrobów i usług.

Prekursorem systemów zarządzania jakością stał się przemysł motoryzacyjny, który jako pierwszy zaprojektował i wdrożył linię produkcyjną do montażu samochodów, a następnie ją automatyzował. Automatyzacja procesu skłoniła przemysł motoryzacyjny do zastosowania normalizacji części zamiennych oraz do oddelegowania pracownika do jednej czynności. Działania te wraz z biegiem lat ewoluowały, dlatego możemy mówić o systemach zarządzania jakością, jako o standardach umożliwiających m.in. zwiększenie wydajności pracy. Systemy te nazwano organizacjami Lean, a ich połączenie z systemami informatycznymi prowadzi do rozwijania tzw. „4 Rewolucji Przemysłowej”, która umożliwia gromadzenie, przetwarzanie i analizowanie danych oraz daje sposobność do prognozowania i symulowania procesów produkcyjnych.

## 6. LITERATURA

- [1] **Mathivathanan D., Kannan D., Haq N. A.**, *Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view*. Resources, Conservation and Recycling, RECYCL-3446, Elsevier, 2017.



- 
- [2] **Walczak M.**, *Rozwój organizacji procesów produkcyjnych przemysłu motoryzacyjnego w XX w.* Studia i Materiały. Miscellanea Oeconomicae, Kielce, 2013.
  - [3] **Wiatrak A. P.**, *Zarządzanie jakością.* Problemy Zarządzania, vol. 10, nr 2, 2012.
  - [4] **Mazur A., Gołaś H.**, *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością.* Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
  - [5] **Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.**, *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem.* PWE, Warszawa, 2013.
  - [6] **Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego**, *Branża motoryzacyjna – raport 2015.* PZPM, Warszawa, 2015.
  - [7] **Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego**, *Branża motoryzacyjna – raport 2016.* PZPM, Warszawa, 2016.
  - [8] **KPMG**, *Global Executive Survey 2017.* KPMG, 2017.
  - [9] **KPMG, PZPM**, *Branża motoryzacyjna – raport kwartalny edycja Q2/2017.* PZPM, Warszawa, 2017.
  - [10] **Liker J.K.**, *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata.* Wyd. MT Biznes sp. z o.o., Warszawa 2005.
  - [11] **Liker J. K.**, *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata.* MT-Biznes, Warszawa, 2016.
  - [12] **PricewaterhouseCoopers**, *Automotive News. Top Suppliers*, 2013.

# **OCENA WPŁYWU WDROŻONEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ NA EFEKTYWNOŚĆ FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA**

## **1. WPROWADZENIE**

Celem pracy jest prezentacja i ocena stopnia wykorzystania oraz skuteczności metod zarządzania jakością stosowanych przez wybrane przedsiębiorstwo. Przeanalizowano metody, narzędzia i zasady służące wspieraniu i budowaniu jakości nie tylko podczas produkcji. Wyróżniono dziedziny stale wymagające poprawy oraz cele możliwe do osiągnięcia zgodnie z zasadą ciągłego doskonalenia, wpływające na stopień realizacji wymagań klienta. Opisane zostały wyniki przeprowadzonych usprawnień, według poszczególnych narzędzi.

Total Quality Management jest to uniwersalna metoda podnoszenia sprawności działania zespołów ludzkich. Metoda ta ma bardzo szerokie zastosowanie, wykorzystywana jest zarówno do zarządzania instytucjami administracji publicznej, szkolnictwa, służby zdrowia, przedsiębiorstw ale także policji i wojska. Według dziś obowiązującej normy jakość to stopień, w jakim zbiór inherentnych cech spełnia wymagania [7].

### **1.1. Systemowe podejście do jakości w oparciu o normy ISO serii 9001-2015**

*ISO - International Standardization Organization* - Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna zrzesza ponad sto państw, również Polskę. Głównym zadaniem normalizacji jest dążenie do optymalnego w danych okolicznościach stopnia uporządkowania w danej gałęzi przemysłu, nauki, techniki. Działalność normalizacyjna obejmuje opracowywanie, wydawanie i stosowanie norm, dokumentów zatwierdzonych przez jednostkę organizacyjną, do wielokrotnego i powszechnego używania, norma to wynik normalizacji standaryzującej działalność badawczą, technologiczną, produkcyjną, usługową.

Zasadnicze działania jakie podejmuje ISO to tworzenie norm międzynarodowych w celu usprawnienia wymiany międzynarodowej oraz rozwoju współpracy w dziedzinie nauki, techniki oraz gospodarki. Opracowywanie standardów odbywa się według trzech zasad. Pierwsza zasada to zasada consensusu, niezbędne jest wzięcie pod uwagę punktów widzenia wszystkich zainteresowanych stron, producentów, dostawców, użytkowników. Drugą zasadą jest zasada szerokiego zakresu stosowania, która ustanawia, że rozwiązania zawsze powinny być o charakterze globalnym. Ostatnia zasada mówi o dobrowolności, rozwiązania wynikają z dobrowolnego zaangażowania wszystkich stron.

Z reguły przedsiębiorstwa w swoich strategiach wyraźnie akcentują standard zarządzania jakością. Uważa się, poprawnie zbudowany system zarządzania jakością to narzędzie przyciągające pracowników, klientów i akcjonariuszy. Wszystkie elementy są zawarte w znowelizowanej wersji standardów norm ISO serii 9000:2015, a także w koncepcji Kompleksowego Zarządzania Jakością (z ang. Total Quality Management-TQM). Oba systemy definiują procesy ściśle ujmując je w procedurach postępowania, określają mierzalne cele oraz zasoby niezbędne do ich zrealizowania. Systemy zawierają kryteria oceny pomiarów oraz nadzoru nad realizacją procesów. Norma ISO określa, że organizacje powinny zidentyfikować procesy, powiązania między nimi oraz przydzielić odpowiedzialności. Wcześniejsze normy nie opisywały tego podejścia, skąd wynikało błędne interpretowanie poszczególnych elementów procesów jako niezależnych części, między którymi nie występują powiązania. Wzajemne oddziaływanie między procesami oraz systematyczna identyfikacja to inaczej „podejście procesowe”. W podejściu procesowym udowodniono, że działania w organizacji muszą służyć spełnieniu wymagań klienta oraz zwiększeniu zadowolenia klienta. Wyjściowym założeniem było zapewnienie jakości jakiej oczekuje klient.

Normy ISO z serii 9000-2015 nie są normami technicznymi, opisującymi parametry techniczne, jakie winien spełniać produkt lub usługa, regulują natomiast zasady organizacyjne przedsiębiorstwa, które mają zapewnić odpowiednią jakość produktu lub usługi. W interpretacji standardów ISO 9000 ogół dokonywanych w przedsiębiorstwie działań określanych jest jako proces. Proces to zbiór nawzajem powiązanych bądź wzajemnie oddziałujących działań, przekształcanych z wejścia w wyjście. Wyjście jednego procesu, jest wejściem dla drugiego. Składowymi procesami są pracownicy, dokumentacja (instrukcje, procedury, specyfikacje klienta), urządzenia, materiały użyte podczas toku produkcji oraz środowisko, w którym proces się odbywa.

Wdrożenie koncepcji zarządzania procesowego opiera się nakreśleniu celów strategicznych opisanych w polityce jakości przedsiębiorstwa, identyfikacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwie, wyróżnienie procesów głównych i pomocniczych, zdefiniowanie docelowego schematu struktury organizacyjnej, ustalenie celów strategicznych, sprecyzowanie celów długoterminowych, przekazanie okresowych celów do realizacji, implementacja systemu, procesów, pomiar oceny satysfakcji klientów i stron.

Wymagania ogólne standardu ISO 9001:2000, którego wytyczne wskazują, że przedsiębiorstwo aby wdrożyć system zarządzania jakością powinno:

- określić procesy wymagane w systemie zarządzania jakością,
- sprecyzować sekwencję i wzajemne powiązania procesów,
- zidentyfikować kryteria i metody wymagane w celu zapewnienia działania i nadzoru nad ustalonymi procesami,
- zapewnić dostępność informacji niezbędnej do wspomaganie działania i monitorowania procesów,
- sprawdzać, mierzyć oraz analizować procesy oraz implementować działania niezbędne do osiągnięcia zaplanowanych wyników i ciągłego ulepszania.

Najważniejszym celem przedsiębiorstwa powinno być dążenie do maksymalnego spełnienia wymagań klienta, zapewnienie satysfakcji z oferowanych korzyści, procesy

w firmie muszą być podporządkowane temu celowi. Procesy których działanie pośrednio bądź bezpośrednio odczuwa klient to działania promocyjne, obsługa klienta w miejscu sprzedaży, rozpatrywanie ewentualnych reklamacji, wykonanie oferowanych produktów. Niezwykle istotne w definiowaniu procesów są mapy poszczególnych procesów, schemat blokowy to całościowy układ procesu, pokazuje kontrolowane i niekontrolowane elementy procesu oraz punkty pomiaru. Mapa procesu jest niezbędna dla skutecznego i efektywnego zarządzania organizacją. Kaplan twierdził, że: „mierzenie jest istotne, a jeśli nie można czegoś zmierzyć, nie można tym zarządzać” [4].

Standard ISO 9001 wymaga świadectwa zaangażowania w rozwój i doskonalenie systemu zarządzania jakością ze strony najwyższego kierownictwa. Istotny jest przykład jaki dawany jest pracownikom niższego szczebla, okazywanie, że jakość jest niezwykle istotnym zagadnieniem w kwestii zarządzania. Polityka jakości musi być zrozumiała dla wszystkich pracowników oraz powinna być udostępniona, pracownicy muszą być z nią zaznajomieni, najczęściej występuje ona na plakatach, tablicach ogłoszeń dla pracowników czy w broszurach. Polityka jakości określa ramy do ustanowienia celów jakościowych. Bazując na celach strategicznych określone są mierzalne cele i zadania dla poszczególnych obszarów funkcjonalnych, osób czy procesów. Według reguły SMART cele powinny być sprecyzowane (jakich działań dotyczą, na jakich obszarach), mierzalne (wyrażone w znanych jednostkach), akceptowalne (poddane ocenie w zakresie możliwości realizacji przy danych zasobach), realne (dopasowane do możliwości otoczenia), terminowe (każdy cel powinien mieć określony czas realizacji). Niezbędne jest również określenie wzajemnych powiązań, odpowiedzialności i uprawnień, w tym celu należy określić czytelną strukturę zarządzania, zdefiniować zależności pomiędzy poszczególnymi jednostkami, aby jasne było kto komu deleguje zadania, kto komu raportuje. Jako formy komunikacji wewnętrznej można wyróżnić spotkania robocze, tablice informacyjne, telekonferencje, zgłaszane przez pracowników przez skrzynkę pomysłów plany poprawy. Wymagania ISO 9001 wskazują, że niezbędne jest wyznaczenie osoby spośród kierownictwa która będzie odpowiedzialna za kierowanie działaniami związanymi z wdrożeniem i utrzymaniem systemu zarządzania jakością. Są to pewnego rodzaju uprawnienia i dlatego osoba pełniąca funkcję pełnomocnika ds. jakości podlega wyłącznie bezpośrednio pod prezesa zarządu. Najwyższe kierownictwo, w zaplanowanych odstępach czasu powinno wykonywać inspekcję przydatności, skuteczności i trafności systemu zarządzania jakością aby zweryfikować wskaźniki osiągnięte w procesach, stan zaplanowanych celów, pojawiające się możliwości doskonalenia.

Audyt wewnętrzny służy ocenie zgodności dokumentacji wraz z procesem realizowanym na produkcji, oraz ocenie ich skuteczności oraz podejmowaniu działań korygujących i naprawczych jeśli wystąpi taka konieczność. Audyt wewnętrzny nie jest rodzajem kontroli, jest przeprowadzany w celu bezstronnej oceny realizacji przyjętych założeń i zobowiązań. Istotne jest aby przeprowadzany był przez osoby nie mające bezpośredniego wpływu na audytowane obszary. Audyt może być zaplanowany w ramach ustalonego harmonogramu bądź przeprowadzony w momencie wykrycia znaczących niezgodności w danym obszarze. Audyt odbywający się cyklicznie jest skutecznym narzędziem do utrzymania określonego poziomu jakości, wykryte niezgodności ukazują obszary, które należy poprawić zgodnie z koncepcją ciągłego doskonalenia. Istotne jest ustalenie

czy wszyscy pracownicy znają wymagania zawarte w normie określającej proces w jakim pracują oraz czy norma określa działania które są wykonywane przez pracowników, czy dokumentacja używana przez pracowników to dokumenty nadzorowane, zawarte w procedurze [3,4,10]

Certyfikacja jest szczególnym rodzajem audytu zewnętrznego. Wykonywany jest przez niezależną jednostkę certyfikującą. Po przeprowadzonym audycie certyfikującym przedsiębiorstwo otrzymuje świadectwo zgodności badanego systemu w odniesieniu do normy. Certyfikat jest ważny przez określony okres czasu. Organizacja certyfikująca nadzoruje system zarządzania jakością organizacji poprzez wykonywanie audytów kontrolnych od jednego do kilku w ciągu roku. Organizacja przeprowadzająca audyt ma prawo do cofnięcia bądź zawieszenia certyfikatu jeśli wykryte zostanie wiele znaczących niezgodności.

## 1.2. Zasady zarządzania jakością

Źródłem zasad zarządzania jakością są postulatory Deminga, jest to jeden z ważniejszych elementów TQM [1,3].

Zasada „ciągłego doskonalenia”, inaczej nazywana zasadą „zera defektów” znana w Japonii pod nazwą *kaizen* jest kontynuacją działalności Deminga, który uważa, że „ciągle należy szukać przyczyn powstających problemów, tak aby wszystkie elementy systemu produkcyjnego oraz związane z nimi działania stawały się coraz lepsze” Sukces *kaizen* zależy od zaangażowania wszystkich pracowników na każdym szczeblu, mile widziane jest zgłaszanie propozycji ulepszeń przez pracowników, to oni wykonując na co dzień czynności wiedzą które aspekty ich pracy powinny zostać ulepszone. Według zasady ciągłego doskonalenia najważniejsze są drobne, tanie usprawnienia. Na pierwszym miejscu jest proces i sposób zarządzania dopiero później wyniki. Japończycy w drobnych zmianach widzą źródło oszczędności organizacji. Problemy stwarzają możliwości, każda wada wykryta podczas procesu powinna zostać przeanalizowana pod kątem zmiany procesu, sekwencji, narzędzia. Aby rozwiązać problem należy dojść do jego źródła, niezbędna przy tym jest analiza 5 *Why* kilkukrotne zapytanie „dlaczego” pozwala znaleźć przyczynę problemu przy współpracy z pracownikami bez specjalistycznego przygotowania. Istotne jest aby podczas doskonalenia korzystać z pomysłów wszystkich i brać pod uwagę rozwiązania możliwe do wdrożenia. Należy odrzucić ustalony stan rzeczy i zlekceważyć wymówki, że nie da się czegoś zrobić.[18] Proste rozwiązania przynoszą największe efekty, niekonieczne są nakłady finansowe, wystarczy użyć sprytu i doświadczenia operatorów. Delegowanie odpowiedzialności i uprawnień do pracowników niższego szczebla zwiększa ich stopień zaangażowania. Przedsiębiorstwa działające zgodnie z ideologia *kaizen* udostępniają pracownikom tak zwaną skrzynkę pomysłów jak na rys. 1. aby bez skrępowania na dedykowanym formularzu mogli przekazać swoje pomysły na realizację usprawnień kierownictwu. Formularz zawiera opis przed zmianą, charakterystykę zmiany, efekt po oraz możliwe zyski.



Rys. 1. Skrzynka pomysłów w przedsiębiorstwie, [opr. własne]

Zasada *zera defektów* została podana i rozwinięta przez Crosby'ego i oznacza produkcję bezusterkową, bez konieczności napraw.

Zasada *zera defektów* jest niezwykle istotna dla przedsiębiorstwa w odniesieniu do kosztów jakości i zasady 1x10x100. Najtańsze jest korygowanie błędów, jeśli już wystąpią w miejscu ich powstania, należy potwierdzać wymagania, testować koncepcje, wykonywać prototypy przed wdrożeniem produkcji seryjnej im szybciej błąd zostanie wykryty tym mniejsze koszty. 10-krotnie droższe jest poprawianie błędów w momencie kiedy zostaną znalezione przez kontrolę wewnętrzną, tester czy audytor potrzebuje czasu na przeglądy, komunikowanie problemów, ponowne sprawdzanie. Wykonawca musi wrócić do tematu, dokonać zmian, sprawdzić. Często z powrotem do wcześniejszego zamówienia łączy się przebrojenie linii co zawiera kolejny czas oraz pracę kolejnych działów: utrzymania ruchu i magazynu. Wykrycie błędu przez klienta w czasie użytkowania produktu kosztuje już 100 razy więcej. Mamy tu koszty zmian, wycofywania produktu, koszty utraconych możliwości oraz niematerialną ale silnie związaną z finansami utratę reputacji.

W Toyota Motors Company Shigeo Shingo opracował metodę wykluczającą popełnianie błędów bądź natychmiastowego wykrycia wykonanej wady czyli *poka yoke*. *Poka yoke* to inaczej zabezpieczenie przed pomyłką. W procesach montażu *poka yoke* jest stosunkowo łatwe do wdrożenia. Wiele montowanych ze sobą komponentów są na tyle spasowane ze sobą wymiarowo, że nie ma możliwości zamontowania ich w inny sposób.

Przykładem *poka yoke* w badanym podmiocie jest ulepszenie urządzenia weryfikującego zaprogramowanie chipu. Weryfikacja wykonywana jest na stacji kontroli stuprocentowej. Operator ma za zadanie zweryfikować poprawność złożenia kartridża, manualnie uruchamia ruchome elementy, weryfikuje poprawność oklejenia naklejek, wagę, programowanie i ostatnim etapem był montaż czarnego korka wlewu tonera, po tym kartridż przekazywany jest na kolejną stację pakującą. Częstym błędem wykrywanym przez kontrolera OOB był brak czarnego korka montowanego w pokrywie kartridża. W celu eliminacji wystąpienia tego błędu ponownie została zmieniona sekwencja operatora tej stacji tak aby w pierwszej kolejności weryfikował wagę, następnie całość złoże-

nia, montował korek i ostatnim elementem weryfikacji była kontrola zaprogramowania chipu w maszynie weryfikującej. Została wykonana zmiana podstawy weryfikatora tak aby po włożeniu kartridża bez korka zamykała się blokada, uniemożliwiająca wyjęcie kartridża z testera bez ręcznego zwolnienia blokady. To rozwiązanie pomogło nie tyle nie popełnić błędu co błyskawicznie go wykryć i naprawić. Zmiana podstawy została wykonana na miejscu przez techników z działu utrzymania ruchu, wymagała użycia podstawowych narzędzi znajdujących się w warsztacie oraz elementów odzyskanych ze starej drukarki takich jak sprężyna i plastikowy element służący jako blokada. Zatem zmiana nie kosztowała zbyt wiele, nie wymagała dodatkowych nakładów.

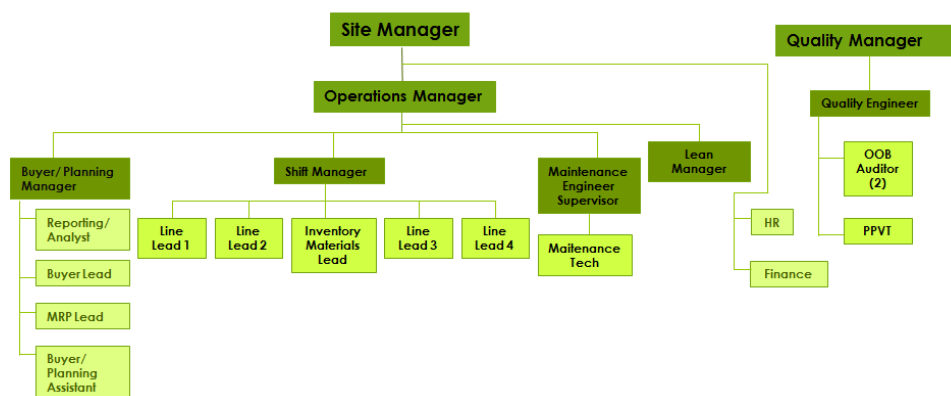
Kolejną zasadą systemu zarządzania jakością po „zasadzie ciągłego doskonalenia”, „zera defektów” i „unikania błędów” jest zasada „pracy zespołowej”. Przy złożoności procesów produkcji i coraz wyższych wymaganiach jakościowych do osiągnięcia celu niezbędna jest jedność i zaangażowanie wszystkich pracowników. Zaangażowanie nie może kończyć się na wykonaniu obowiązków na swoim stanowisku pracy, musi zawierać całą grupę pracowniczą, bądź nawet całą organizację. Istotne jest stworzenie i funkcjonowanie świadomych jednostek produkcyjnych. Jest to związane z kołami jakości, oraz burzą mózgów. Codzienne omawianie problemów na spotkaniu porannym w gronie specjalistów i inżynierów daje najlepsze efekty rozwiązywania problemów wraz z działaniami korekcyjnymi jak i długoterminowymi.

## **2. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO**

Przedsiębiorstwo, w którym przeprowadzono analizę funkcjonowania Systemu Zarządzania Jakością, łączy branżę logistyczną z produkcyjną, jest wyspecjalizowanym dostawcą zintegrowanych usług logistycznych na całym świecie, posiada niezliczone powierzchnie magazynowe oraz linie produkcyjne.

Zarządzanie odbywa się według struktury liniowo-sztabowej. Charakterystyczną cechą struktury sztabowo-liniowej są pomocnicze organy funkcjonalne przy zachowaniu jednoosobowego bezpośredniego kierownictwa i jedności wydawania poleceń przez kierowników liniowych. Władza jest scentralizowana, zadania i odpowiedzialności są wyraźnie rozgraniczone, przepływ informacji jest krótki. Każdy pracownik podlega tylko jednemu kierownikowi, według rysunku 2.

W grudniu 2013 roku, siedem miesięcy po rozpoczęciu produkcji przedsiębiorstwo otrzymało certyfikat ISO 9001. Powstał główny rozkład procesów wraz z przypisanymi odpowiedzialnościami oraz procedury i instrukcje dla wyszczególnionych procesów. Ustalono system nazewnictwa dla całej dokumentacji przedsiębiorstwa. W celu utrzymania zgodności używanych dokumentów wdrożono system informatyczny, który jest bazą całej dokumentacji. W systemie znajdują się jedynie aktualne rewizje procedur i instrukcji, prowadzona jest też tam baza wypadków, szkoleń pracowników.



Rys.2. Schemat organizacji [opr. własne]

Główny klient firma Lexmark International INC, oferuje szeroki zakres produktów, specjalizuje się w produkcji i dystrybucji drukarek i akcesoriów do drukarek, aktualnie w gamie produktów znajdują się kolorowe i monochromatyczne drukarki laserowe. Lexmark prowadzi również sprzedaż drukarek igłowych. Firma była prekursorem produkcji sprzętów posiadających ekrany dotykowe z możliwością obsługi Internetu.

Lexmark jako dostawca rozwiązań w zakresie drukowania każdego roku wytwarza i rozprowadza miliony sztuk materiałów eksploatacyjnych, takich jak atrament, toner, papier. Oczywiście jest więc dążenie do ponownego przetwarzania papieru, Lexmark postawił na ponowny użytek nabożów i kaset oraz drukarek. Każdy wkład drukujący jest przemyślaną konstrukcją, której celem jest przede wszystkim zapewnienie użytkownikowi druku najwyższej jakości ale również materiały eksploatacyjne zaprojektowane są w taki sposób aby można było je zwrócić i ponownie przetworzyć. Firma Lexmark wdrożyła program zwrotu zużytych wkładów drukujących *LCCP- Lexmark Cartridge Collection Program* aby klient mógł za darmo zwrócić puste wkłady. Celem programu jest zmniejszenie ilości odpadów stałych i zużywanych zasobów. Program jest bezpłatny, korzystanie z niego jest łatwe aby zachęcić odbiorców i odzyskać jak największą ilość pustych kaset spowrotem. Zużyte kartridże zwracane są do firmy, tam są segregowane na podstawie oznaczeń oraz spowrotem trafiają do producenta takiego jak opisany podmiot, aby zgodnie z procesem ponownie użyć wszystkie możliwe części, ponownie napęlić, spakować, wysłać i sprzedać.

## 2.1. Główne procesy opisywanego przedsiębiorstwa

Proces produkcji oparty jest na zasadzie *one piece flow*, która jest niezwykle ważnym elementem optymalizacji procesu przepływu surowców oraz kształtowania metod pracy i poprawy ergonomii na stanowiskach pracy. Każdy element po zamontowaniu komponentów jest natychmiast przekazywany na kolejne stanowisko, a na jego miejsce pojawia się następna obudowa, która wymaga zamontowania tych samych elementów, czyli wyrób przepływa w partii jednej sztuki. Podstawowe założenia ulepszenia procesu przez



wdrożenie *one piece flow* to redukcja zapasów materiałowych, zjawiska nadprodukcji, eliminacja zbędnych ruchów, produkcja możliwa jest na mniejszej powierzchni, możliwe jest skrócenie czasu realizacji zlecenia i eliminacja strat czasu. Obowiązkiem każdego operatora wykonującego kolejno sekwencję swoich działań jest sprawdzenie poprawności montażu wcześniejszej stacji. Samokontrola ma na celu wykluczenie wadliwego produktu z obiegu najszybciej jak to możliwe. Bieżąca kontrola eliminuje koszty możliwe do poniesienia przy standardowej gniazdowej produkcji, wtedy wykrycie błędu następuje po wytworzeniu całej partii produktu. System przepływu ciągłego znacznie skraca czas przebywania wyrobu w zakładzie. A im szybciej klient otrzyma żadaną wartość, tym szybciej za nią zapłaci. Szybszy przepływ to szybszy zwrot nakładów na produkcję. Cykl time przepływu jednej sztuki wynosi dla większych kartridży mono (Pirate/Denali) 27,5 sekund. Co oznacza że co 27,5 sekundy z linii produkcyjnej na gotową paletę układany jest gotowy w całości zmontowany produkt, napełniony tonerem odpowiedniego koloru, oklejony, oznaczony, spakowany i gotowy do zakupu przez klienta finalnego. Produkt składa się z obudowy i komponentów z tworzywa ABS, montowanych ze sobą manualnie za pomocą zaczepów, gwintów śrub i sprężyn, dodatkowo montowane są uszczelki, przekładnia kół zębatych oraz łożyska.

Produkcję można podzielić na 4 etapy. Etap pierwszy to montaż poszczególnych komponentów w obudowie- stacje od 1 do 9, stanowisko 9 przy użyciu maszyny funkcjonalnej wykonuje kontrolę poprawności działania kartridża według listy kontrolnej, maszyna funkcjonalna sygnalizuje zielonym światłem poprawność testu oraz czerwonym światłem wykryty defekt, dodatkowo programuje chip, a po poprawnym teście operator przypisuje numer seryjny do zamówienia w systemie. Kolejnym etapem jest to napełnianie zmontowanych kartridży tonerem- stacja nr 10. Trzeci etap to stacje 11-15 odpowiedzialne za kontrolę wagi i zaprogramowania chipu, prawidłowe oznaczenie kartridża, oklejenie etykietami, spakowanie w próżniową torbę, karton i odłożenie gotowego produktu na paletę. Etap ostatni to kontrola jakości, stacja *OOB- out of box*. Operator według procedury pobiera pierwszy i ostatni produkt z danego typu oraz jeśli pewien typ produkowany jest dłużej niż godzinę, pobiera kolejny co godzinę. Kontrola OOB ze względu na niską próbę i sposób sprawdzania jest pewnego rodzaju odzwierciedleniem weryfikacji przez klienta. Audytor pobiera produkt z palety, następnie otwiera karton, sprawdza poprawność zapakowania, zgrzew worka, zgodność naklejek, dodatkowo weryfikuje wagę, zaprogramowanie chipu i wykonuje test w drukarce w celu sprawdzenia kompatybilności z programem urządzenia. Wszystkie elementy weryfikowane przez operatora kontroli jakości opisane są w *checkliście* przedstawionej na rysunku 3.

**Cartridge OOB INSPECTION CHECKLIST**

1) Wzrost 177 cm, waga 77 kg, ciemne włosy, ciemne oczy  
 2) Pełen zakres emerytury (50%), specjalistyczny zespół kontrolny  
 3) 2 kategorie błędów  
 4) 2 kategorie błędów na podstawie pomiarów, ZATYTUŁOWANIE

Tolerancja:

LEN-041-0274a-02

PART NUMBER:  DATA:  LINIA:

Skonfigurowane komponenty: przy użyciu linii 501  
 Skonfigurowane komponenty: zgodnie z instrukcją obsługi

**NIE URUCHAMIAJ PRZEKŁADNI, ABY NADWA ODEBRAĆWA NIE ZMIENIŁA POŁOŻENIA PO  
 TŁUMIENIA**

Time Slot	Task	Time								NADZORCY	CALCULATED TOTAL DEFECTS
		06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00		
<b>PAKOWANIE</b>											
H	SPRAWDŹ CZY ETykiETA I KOLOROWY JEET NA KAŻDYM KARTONIE JEST BIAŁY										
H	SPRAWDŹ CZY BRZOSKA DROZDZIA JEST PORAWIWA, PRAWIDŁOWO ŁĄCZONA										
H	SPRAWDŹ CZY KARTON BUDOWY JEST PRAWIDŁOWO JEET CZYLI, NIEBUDOWY, JEET CZYLI, KOLOR WYSTĘPIŁ										
H	SPRAWDŹ CZY W PRZEDNIU BIAŁY BRZOSKA DROZDZIA JEET W ODPOWIEDNIEJ ODLEGŁOŚCI										
H	SPRAWDŹ CZY DANE DO POŁOŻENIA KARTONÓW SA ŁADNO PRAWIDŁOWO										
H	SPRAWDŹ CZY KARTONIE DZIAŁAJĄCE W WOKU W ODPOWIEDNIEJ ODLEGŁOŚCI										
H	SPRAWDŹ CZY DANE WOKA ODPOWIEDNIE KARTONIE JEET PORAWIWA										
H	SPRAWDŹ CZY WALKI I KODY KOLOROWE NA KARTONIE, KARTONIE I WOKU SA PORAWIWA ORAZ ZDANE										
H	SPRAWDŹ CZY WALKI I KODY JEET WYSTĘPIŁA DLA DANEGO PRODUKTU										
H	SPRAWDŹ CZY NUMER PARTU NA KARTONIE JEET ZDANE I NUMER PARTU NA WALKI I KODY KOLOROWE										
<b>WIZUALNIE</b>											
H	SPRAWDŹ CZY BRZOSKA WOKALNA JEET ŁADNO JEET DANE										
H	SPRAWDŹ CZY WOKA DANEJ BRZOSKA JEET WYSTĘPIŁA WYSTĘPIŁA JEET WOKU WYSTĘPIŁA DANE										
H	SPRAWDŹ CZY DANE WOKU NA WOKU, JEET DANE JEET WYSTĘPIŁA WYSTĘPIŁA WOKU										
H	SPRAWDŹ CZY ŁADNO SA PORAWIWA DANE										
H	SPRAWDŹ CZY WALKI WYSTĘPIŁA W ODPOWIEDNIEJ ODLEGŁOŚCI DLA DANEGO TYTUŁU										
H	SPRAWDŹ CZY DANE WYSTĘPIŁA WYSTĘPIŁA SA DANE, DANE WYSTĘPIŁA										

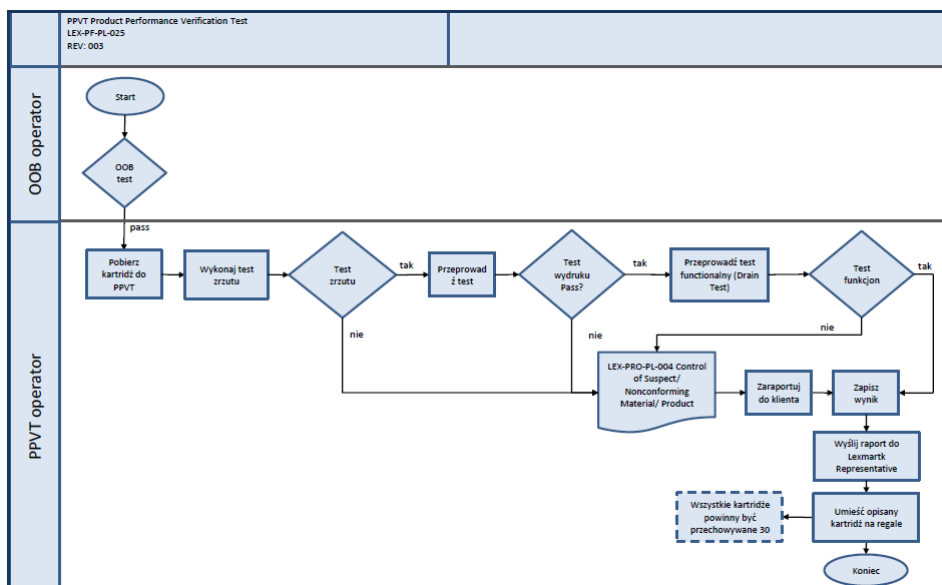
Rys. 3. Checklista OOB dla produktu V1. [opr. własne]

Nieprawidłowości wykryte przez kontrolera powinny być oznaczone w liście kontrolnej oraz zgłoszone przełożonemu. Po wystąpieniu błędu inżynier jakości wraz z kierownikiem zmiany, liderem linii i operatorem spotykają się w celu omówienia źródła problemu, wykonywana jest analiza 5Why, aby zapobiec wystąpieniu błędu w przyszłości, dodatkowo wady wykryte w dniu poprzednim omawiane są na spotkaniu dziennym. Wyniki analizy przedstawiane są klientowi na co dwutygodniowym spotkaniu inżynierskim, taki sam proces postępowania stosowany jest dla wad wykrytych podczas testu PPVT- *Product Performance Verification Test*. Stanowisko PPVT przedstawione zostało na rysunku 4.



Rys. 4. Stanowisko testowe kartridży- PPVT. [opr. własne]

Kontrola podzielona jest na trzy etapy: *Drop test*, *Print Test* i *Drain Test* według procesu (rys. 5.) i wykonywana jest na dowolnym produkcie wybranym w dniu produkcyjnym z danej linii.



Rys. 5. Schemat blokowy procesu PPVT. [opr. własne]

Pierwszy *Drop Test* polega na zrzucie zapakowanego produktu z wysokości 1,13m w 10-ciu opisanych w instrukcji sekwencjach, karton ustawiany jest na podnośniku frontem do góry, tyłem do góry, na lewym boku, na prawym boku itd. Zrzucany kartridż opakowany jest w oryginalne opakowanie, ma to na celu sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej kartonu, worka, kartonowych ochroniaczy. Operator po przeprowadzonych zrzutach sprawdza czy nie wysypuje się toner, wszystkie elementy działają poprawnie, kartridż nie posiada pęknięć. Jeśli nie zostaną zauważone żadne niezgodności wykonywany jest drugi etap kontroli produktu a mianowicie *Print Test* czyli test wydruku. Z kartridża, który jest zaprogramowany na wydrukowanie od 5 do 45 tysięcy stron drukowane jest 1000 stron z czego pierwsza i ostatnia są zaciemnione w stu procentach a pozostałe jedynie w trzydziestu. Operator weryfikuje czy wydruk jest pełny bez białych linii, plam według katalogu standardów.

Urządzenie wymusza ruch kół zębatach, a te obracając się poruszają łopatką i świdrem co powoduje wysypywanie się tonera do pojemnika umieszczonego na wadze. Dodatkowym elementem jest kontrola wagi przed, po wydrukowaniu oraz po wysypaniu tonera. Gdy waga wysypanego tonera jest za mała, może to oznaczać niewłaściwą konsystencję proszku spowodowaną np. wysoką wilgotnością co powoduje przyklejanie się tonera do ścianek butli. Kolejnym odchyleniem możliwym do wykrycia podczas testu *PPVT* jest nieprawidłowy czas wysypywania się tonera. Czujnik weryfikuje czas opróżniania się kartridża, prawidłowa wartość to 19-21 gram/min. Wartość poza tolerancją

może oznaczać wady odlewu, problemy z urządzeniami bądź inne. Wszystkie dane powinny być zapisane w bazie, a plik automatycznie wygenerowany przez aplikację powinien zostać wysłany na dysk, do odczytu klienta. Kartridże po przeprowadzonym teście powinny być przetrzymywane przez miesiąc wraz ze stronami testowymi, po miesiącu powinny być przeznaczone do utylizacji. Toner wysypany podczas *Drain testu* również nie nadaje się do ponownego użycia, tak jak obudowa powinien zostać zutylicowany.

Inną działalnością działu jakości jest kontrola wejściowa wykonywana na podstawie określonych wcześniej wraz z klientem parametrów. Parametrami kontrolnymi powinny być zarówno wartości mierzalne takie jak długość, szerokość, wysokość średnica określone w specyfikacjach technicznych oraz wartości atrybutowe jakimi są szczegółowe opisy a w tym kolor, poprawność opakowania, uszkodzenia. Kontrola wejściowa wykonywana jest na próbce reprezentatywnej, której wielkość zależy od ustaleń i typu materiału kontrolowanego. Podstawą wyboru próby jest norma ISO 2859-1, w polskim wydaniu PN-ISO 2859-1: 2003 „Procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowalnej jakości (AQL). stosowane do kontroli partii za partią” Miarą poziomu jakości opisanej w normie jest frakcja jednostek niezgodnych wyrażona procentowo bądź liczba niezgodności na 100 jednostek. Wielkość próby wybierana jest na granicy akceptowanej jakości *acceptable quality limit (AQL)*- tabela 1. Granica AQL to najgorsza jakość, na jaką można sobie pozwolić w znaczeniu przyjętej miary jakości, dla której partia uznawana jest za kompatybilną z wymaganiami. W wymienionej normie granica to wartość 0,01%÷10% kiedy pod uwagę brana jest frakcja jednostek niezgodnych i 0,01÷1000 kiedy miarą poziomu jest liczba niezgodności na 100 jednostek. Wg przyjętych ustaleń poziomu kontroli 1.0 pobrana z partii próbka o liczebności  $n=20$  (kod literowy F), jest zgodna, kiedy liczba niezgodności w próbce nie przekracza 1 ( $A_c=1$  szt) partia może zostać uznana za zgodną, jeśli przekracza 2 partia powinna zostać odrzucona.

Tab.1 . Tabela AQL *acceptable quality limit*. [opracowanie własne]

Tabela kontroli wg. AQL											
Wielkość partii	Kod	Wielkość próbki	Poziom kontroli								
			0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	
2 do 8	A	2							1	1	2
9 do 15	B	3					1	1	2	2	
16 do 25	C	5				1	1	2	2	3	
26 do 50	D	8			1	1	2	2	3	4	
51 do 90	E	13		1	1	2	2	3	4	6	
91 do 150	F	20	1	1	2	2	3	4	6	8	
151 do 280	G	32	1	2	2	3	4	6	8	11	
281 do 500	H	50	2	2	3	4	6	8	11	15	
501 do 1200	J	80	2	3	4	6	8	11	15	22	
1201 do 3200	K	125	3	4	6	8	11	15	22		
3201 do 10000	L	200	4	6	8	11	15	22			
10001 do 35000	M	315	6	8	11	15	22				
35001 do 150000	N	500	8	11	15	22					
150001 do 500000	P	800	11	15	22						
500001 i powyżej	Q	1250	15	22							

Proces codziennie weryfikowany jest w trakcie 20 minutowego *Gemba walk*, *gemba* z japońskiego oznacza „miejsce pracy”. Zgodnie z zasadą Toyoty pierwszym krokiem do rozwiązania jakichkolwiek problemów w obszarze produkcji powinna być wizyta w *gemba*, tylko spacer w obszarze gdzie występują niezgodności pozwala na poznanie rzeczywistej sytuacji i zdobycie wiedzy z bezpośredniego doświadczenia. Obserwacja daje możliwość znalezienia sedna sprawy. W *gemba* powinny być weryfikowane i testowane nowe pomysły i ulepszenia, po rozmowie z pracownikami obszaru można zbudować wnioski do dalszych działań. W *gemba walk* uczestniczą managerowie kontrolowanego działu, codzienny spacer pomaga zidentyfikować i wyeliminować marnotrawstwo, skontrolować przestrzeganie zasad bhp, pozwala budować relacje i pokazuje pracownikom, że kadra zarządzająca interesuje się problemami produkcyjnymi. Problemy często zauważane podczas *gemba walk* to tworzenie buforów przez operatorów mimo obowiązującej zasady one piece flow, nieporządek, brak dostępności apteczki bądź gaśnicy.

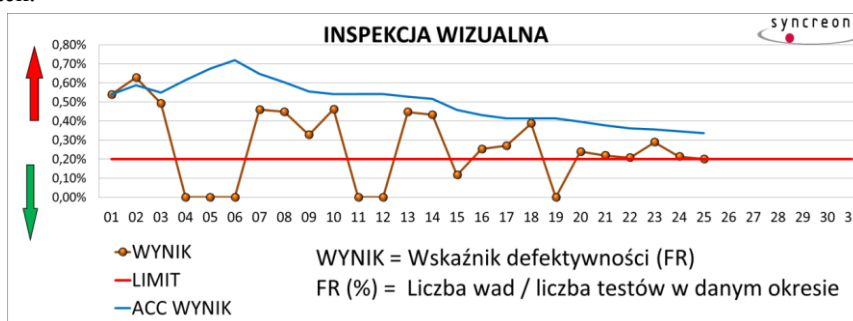
## 2.2. Kluczowe wskaźniki efektywności stosowane w badanym podmiocie

*KPI* - *key performance indicators* czyli kluczowe wskaźniki efektywności w przedsiębiorstwie odgrywają ogromną rolę dla stałego nadzoru przedsiębiorstwa. *KPI* wpływają na rozwój i sukces organizacji poprzez kontrolę poszczególnych obszarów działalności. Sukces zdefiniowany jest jako osiągnięcie zdefiniowanych celów w czym pomagają właśnie wskaźniki mierzące spełnienie wymagań narzuconych przez klienta bądź przez kierownictwo. Dobór wskaźników zależy od strategii organizacji. Wskaźniki obejmują tematy, które są ważne dla przedsiębiorstwa i odzwierciedlają potrzeby i problemy oraz są dostosowane do specyfiki działania organizacji. Wskaźników nie powinno być więcej niż 20, aby stworzyć skuteczne narzędzie monitorowania i zarządzania wynikami. Wskaźniki obrazują ważniejsze obszary i procesy funkcjonalne firmy. Wszystkie wskaźniki mają określone limity, cele na dany okres, które są zwiększane w kolejnych okresach aby zachęcać do ciągłego usprawniania i poprawy. Pracownicy mają rzeczywisty wpływ na wysokość wskaźników. Kluczowe wskaźniki efektywności są nierozłącznie połączone z *Visual Management*- z ang. zarządzanie wizualne, jest to wizualne przedstawianie badanych w podmiocie wskaźników. Jednym ze sposobów prezentacji wyników produkcyjnych są spotkania. Standardem w opisywanym przedsiębiorstwie są spotkania, na których prezentowane są wyniki tzw. *Boards meetings*.

W przedsiębiorstwie realizowane są spotkania na trzech poziomach. Poziom 1 to spotkania liderów linii z kierownikami zmiany. Spotkania odbywają się co godzinę, mają na celu omówienie bieżących problemów w produkcji, wyników z poprzedniej godziny, problemów jakościowych czy przestojów spowodowanych przez problemy techniczne. Omawiana jest reakcja i środki zaradcze. Dane te są podstawą do obliczenia produktywności dostępności i jakości czyli składowych wskaźnika *OEE*, który między innymi jest prezentowany na spotkaniu poziomu drugiego *Operational Performance Meeting* jest to spotkanie codzienne między pracownikami wszystkich działów m.in.: manager oraz inżynier jakości, manager oraz inżynier procesu, kierownik zmiany, trenerzy, lean inżynier, manager logistyki, planista oraz manager operacyjny i HR. Na tym spotkaniu omawiane są wszystkie kluczowe wskaźniki oraz problemy obu zmian dnia poprzedniego. Spotkanie odbywa się według określonego schematu. Jako pierwsze omawiane jest bez-

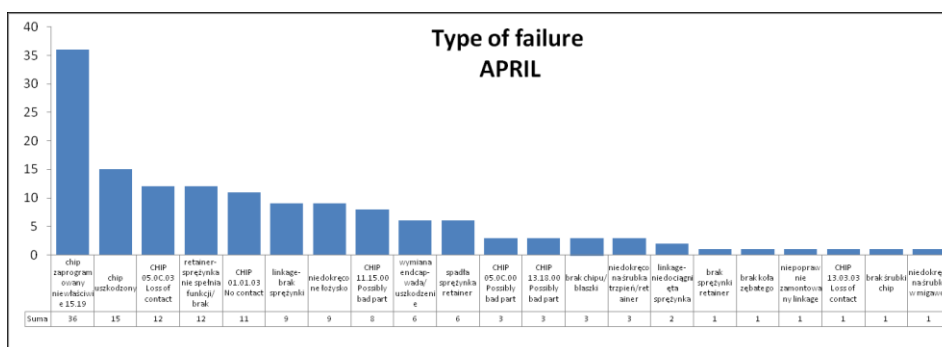
pieczeństwo, wskaźnik obejmuje wszelkie wypadki oraz zdarzenia potencjalnie niebezpieczne (z ang. near miss), kolejno omawiana jest jakość. Wskaźniki prezentowane przez dział jakości to przede wszystkim Pareto sumy najczęściej występujących błędów podczas produkcji, błędami najczęściej pojawiającymi się bądź mającymi największy impact dla produkcji dział jakości wraz z działem produkcyjnym zajmują się na osobnym spotkaniu wykonując raport A3 kaizen.

Kolejnym omawianym wskaźnikiem jest wartość procentowa powstała po podzieleniu sumy błędów na poszczególnych stacjach kontroli jakości przez ilość wyprodukowaną danego dnia. Jest to wskaźnik dokładnie ukazujący sytuację panującą na produkcji. Rysunek 6. przedstawia dane ze stacji inspekcji wizualnej. Limit narzucony przez klienta oznaczony jest linią czerwoną. Trend oznaczony linią niebieską wyraźnie ukazuje spadek ilości błędów i oznacza, że wdrożone działania zapobiegawcze dały oczekiwany skutek.



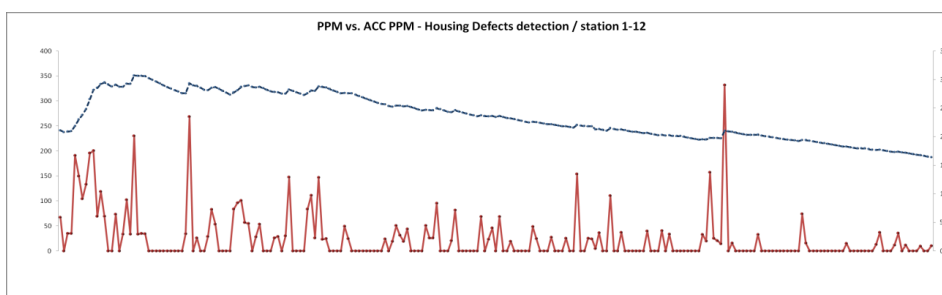
Rys. 6. Wskaźnik defektywności inspekcji wizualnej [opr. własne]

Kolejnym punktem spotkania Operational Performance Meeting jest omówienie przez dział jakości napraw wykonywanych przez liderów linii na produktach wytworzonych podczas procesu. Rysunek 7. przedstawia ilości wstrzymane i przetworzone z uwagi na błąd z podziałem typy błędów.



Rys. 7. Wykres Pareto błędów występujących na liniach skutkujących naprawą. [opr. własne]

Następną miarą wykorzystywaną w przedsiębiorstwie jest PPM z ang. Part Per Million. Miara ta ukazuje liczbę wad na milion. Niższy wskaźnik ukazuje mniej defektów oraz większe prawdopodobieństwo spełnienia wymagań klienta. Wskaźnik PPM w praktyce stosuje się do oceny dostawcy (rys.8.) ilość wykrytych defektów przez operatorów linii przez ilość wyprodukowaną pomnożone przez 1000000.



Rys. 8. Ilość wadliwych obudów wykrytych przez operatorów- wady dostawcy.

[opr. własne]

W przedsiębiorstwie prowadzone są wszelkiego rodzaju bazy danych takie jak: rejestr napraw zbiorowych oraz pojedynczych, rejestr reklamacji zewnętrznych klienta, rejestr reklamacji dostawców, baza kontroli wejściowej, wyjściowej i wiele innych, nie są one jednak omawiane w ujęciu dziennym czy miesięcznym jako punkt spotkania, służą one jedynie monitorowaniu sytuacji przez dział jakości.

Trzecim etapem spotkania dziennego po omówieniu bezpieczeństwa i jakości jest produkcja oraz związane z nią ilości przedstawione w sposób wizualny. Głównym wskaźnikiem jest wykres OEE (Overall Equipment Effectiveness) to wskaźnik ukazujący straty spowodowane niezaplanowanymi zdarzeniami na maszynach takie jak awarie, nieplanowane przestoje, problemy jakościowe oraz wydłużony czas cyklu pracy maszyny. Wskaźnik ukazuje poziom strat w założonym czasie eksploatacji maszyny. Wdrożenie wskaźnika OEE przynosi efekty wyrażane jako poprawa wydajności maszyn, poprawa jakości produkowanych wyrobów, ukazuje rzeczywiste potrzeby zakupu kolejnych maszyn, pozwala na stałą kontrolę procesu, maszyn i problemów, wprowadza element rywalizacji pomiędzy zespołami, co prowadzi do podwyższania wyników. OEE składa się z trzech elementów:

dostępność – czyli stosunek czasu dostępnego do czasu całkowitego, czas dostępny to czas całkowity (np. zmiana 8- godzinna) pomniejszony o straty dostępności (przebrojenia, awarie, naprawy, regulacje, czyszczenie)

efektywność – opisywana jako stosunek czasu produktywnego do czasu dostępnego, a czas produktywny to czas dostępny pomniejszony o straty efektywności (mikro zatrzymania, straty rozruchu)

jakość – opisywana jako stosunek czasu efektywnego do czasu produktywnego, a czas efektywny to czas produktywny pomniejszony o straty jakości (braki, defekty, przeróbki).

Po otrzymaniu poszczególnych składowych wskaźnik OEE oblicza się ze wzoru:

$$\text{OEE} = (\text{Dostępność} \times \text{Efektywność} \times \text{Jakość}) \times 100\%$$

Prawidłowe obliczanie i stosowanie wskaźnika OEE przynosi dla przedsiębiorstwa ogromne korzyści oraz obrazuje poziom wdrażania udoskonaleń w przedsiębiorstwie. Wskaźnik OEE jest wskaźnikiem ukazującym potrzebę usprawnienia pracy operatorów, aby te same działania mogły być wykonywane przy mniejszym wysiłku. Poprawa wskaźnika niesie za sobą również korzyści materialne, wzrost wskaźnika OEE ukazuje wzrost jakości, efektywności i dostępności co ukazuje w jakiej kondycji jest produkcja. Wzrost tego wskaźnika jest sukcesem wspólnym zarządzających produkcją. Przestoje spowodowane nie prawidłowym działaniem maszyn opisane są przez dział utrzymania ruchu na podstawie zgłoszeń awarii za pomocą „karty zgłoszenia awarii” przez dział produkcji. Po bezpieczeństwie, jakości, produkcji wraz z przestojami spowodowanymi przez maszyny omawiane są wspólnie z działem HR absencje pracowników i potrzeby zatrudnień. Każde działanie ustalone na spotkaniu zapisywane jest w karcie działań z przypisaniem właściciela, datą ukończenia działania i kołem PDCA aby możliwe było monitorowanie działań ustalonych podczas omawiania problemów.

Trzeci poziom spotkań to spotkania *Business Plan Deployment- BPD* w których uczestniczy najwyższa kadra zarządzająca. Spotkanie odbywa się miesięcznie i ma na celu omówienie reakcji zamówienia klienta poprzez dostosowanie wielkości produkcji do zamówień oraz elastycznego wprowadzania zmian w wielkości produkcji z uwzględnieniem realizacji zakładanych celów określonych w ramach procesu BPD. Spotkanie obejmuje wszystkie wskaźniki omawiane na *Operational Performance Meeting* ale w ujęciu miesięcznym, z dodatkowymi wskaźnikami finansowymi oraz działu HR. Najważniejszym spotkaniem działu jakości jest udział w co dwutygodniowym spotkaniu inżynierskim z klientem, gdzie omawiane są bieżące problemy i postępy działań realizowanych w przedsiębiorstwie przez działy inżynierskie. Dział utrzymania ruchu omawia zagadnienia takie jak uruchamianie nowych maszyn, ulepszenia narzędzi i urządzeń, dział logistyki przedstawia postęp implementacji zmian inżynierskich komponentów w systemie oraz ewentualne problemy w dostawach, które mogłyby wstrzymać produkcję niektórych typów produktów. Dział jakości omawia wcześniej przygotowaną prezentację, w której zawarte są:

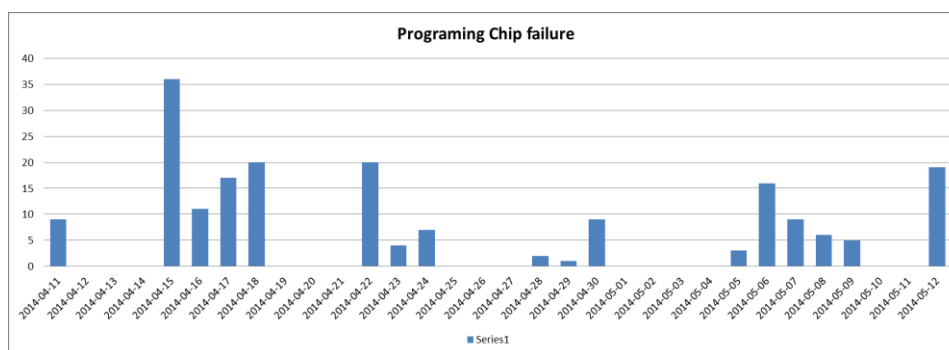
- Podsumowanie- Key Performance Indicators,
- Test funkcjonalny,
- Inspekcja wizualna,
- Kontrola OOB- Out Of Box,
- Stacja testów- Product Performance Verification Test,
- Przegląd dostawców,
- Inne problem jakościowe,
- Uwagi klienta.

Elementem wpływającym na podnoszenie poziomu jakości jest stosowanie metod i narzędzi wspomagających zarządzanie jakością oraz produkcją.

Jednym z używanych w opisywanym przedsiębiorstwie narzędzi jest diagram Ishikawy, pomaga on w systematyzacji przyczyn wystąpienia błędu. Na podstawie zebra-

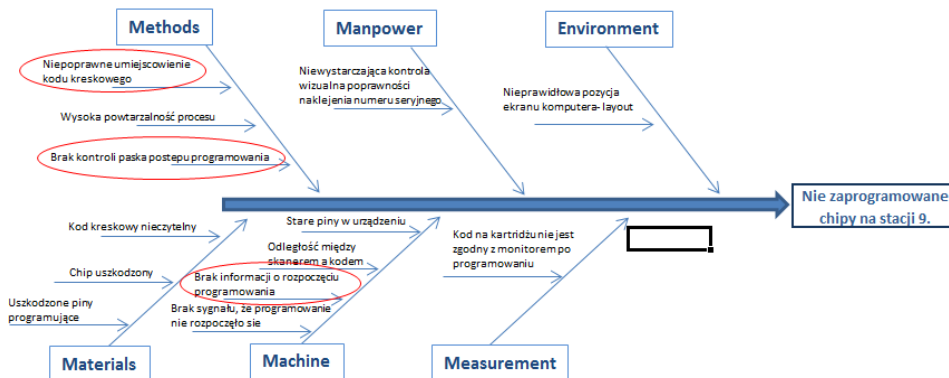


nych przez dział jakości danych (rys. 9.) zauważyć można, że problem nieprawidłowego zaprogramowania w ciągu miesiąca wystąpił 194 razy, przy sprawdzonych 85,6 tys. sztukach.



Rys. 9. Ilość wad - niezaprogramowane chipy [opr. własne]

Rysunek 10. przedstawia diagram wykonany podczas analizy problemu niezaprogramowanych kartridży na ostatniej stacji weryfikacji. Błąd tego typu jest błędem najwyższej wagi, gdyż otrzymanie przez klienta finalnego niezaprogramowanego produktu skutkuje reklamacją, produkt jest bezużyteczny.



Rys. 10. Diagram Ishikawy- analiza występowania niezaprogramowanych kartridży na stacji kontrolnej. [opr. własne]

Określenie przyczyn powstawania błędu - *root cause* oraz wybranie czynników najbardziej istotnych umożliwia skupienie uwagi zespołu projektowego na przyczynach mających największy wpływ na występowanie wady. W przypadku powyższej analizy jako czynniki mające największy wpływ na powstawanie wady ustalono niepoprawne umiejscowienie kodu kreskowego, gdyż niewielkie przesunięcie naklejki z kodem kreskowym powoduje, że skaner nie czytuje numeru i programowanie nie uruchamia się. Kolejną niezgodnością prowadzącą do wady jest sekwencja pracy operatora na stanowisku,

w momencie rozpoczęcia programowania operator wykonuje kontrolę manualną kolejnego produktu, nie skupia swojej uwagi na monitorze wskazującym postęp programowania, zatem na monitorze widoczny jest pasek z kolorem zielonym, jednak nie z obecnie programowanego chipa a z poprzedniego cyklu. System nie informuje o pozytywnym ani o negatywnym zakończeniu programowania. Aby rozwiązać problem stacja została przebudowana, aby monitor znajdował się na wysokości wzroku operatora, aby pasek postępu był bardziej widoczny, zmieniono sekwencję pracy, oraz wraz z Lexmark jako dostawcą urządzeń ustalono zmianę oprogramowania służącego do programowania. Na stacji operator używał dwóch skanerów, jeden był umieszczony w programatorze i wyzwalany przez umieszczenie kartridża w podstawie, przekazywał sygnał do chipa, drugi służył do przypisywania numerów seryjnych do zamówienia w systemie lokalnym. Zmiana polegała na rozdzieleniu sygnału ze skanera programatora tak, aby po pomyślnym programowaniu system automatycznie przypisywał kartridż do danego zamówienia, czyli brak programowania uniemożliwia przekazanie produktu do kolejnych stacji.

### **3. OCENA WPLYWU WDROŻENIA SYSTEMU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W BADANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE**

Wdrożenie systemu zarządzania jakością w badanym przedsiębiorstwie okazało się być procesem zarówno pracochłonnym, jak i czasochłonnym, wymagającym zaangażowania ze strony pracowników a przede wszystkim kierownictwa organizacji. W celu sprawnej implementacji systemu zarządzania jakością w przedsiębiorstwie X powołano Pełnomocnika ds. jakości, czyli osoby specjalizującej się we wdrażaniu tego typu systemu, posiadającej ogromne doświadczenie, prowadzącej niezbędne szkolenia oraz wspierającej w momencie powstawania problemów. Jednym z głównych zadań Pełnomocnika ds. jakości było nadzorowanie aby działania przebiegły sprawnie dlatego też na owe stanowisko przeprowadzono rekrutację wewnętrzną, ponieważ bardziej korzystne dla przedsiębiorstwa jest budowanie systemu przez pracowników firmy, wykorzystanie ich wiedzy i umiejętności oraz znajomości produktów. Głównymi problemami zaobserwowanymi przez Pełnomocnika ds. jakości było zbyt duże obciążenie pracowników, ze względu na konieczność równoległego zajmowania się wdrażaniem systemu oraz pełnieniem codziennych obowiązków. Jako kolejny problem należy wymienić niechęć pracowników do wprowadzanych zmian oraz zbyt niskie zaangażowanie i obawa przed nadmierną biurokracją. Przedsiębiorstwa jako problem napotkany podczas wdrażania systemu uznają również koszt wdrożenia, koszt zmian. Niewielkie zaangażowanie kierownictwa jest głównym problemem, przykład powinien iść z góry, kadra zarządzająca powinna wiarą w powodzenie umacniać zespół opracowujący system.

Skomplikowane formy dokumentacji mogą również zniechęcać w szczególności kiedy osoby pracujące nad wdrożeniem nie posiadają odpowiedniego doświadczenia i umiejętności. W zależności od wielkości firm implementujących system mnogość procesów a co za tym idzie dokumentacji jest uzasadnionym czynnikiem powodującym niechęć pracowników, jednak właściwie skonstruowany system i wybór dokumentacji niezbędnej nie powinien utrudniać pracy pracowników, zdecydowaną korzyścią wpro-

wadzenia normy ISO z rodziny 9000, sprzyja minimalizacji liczby dokumentów, ISO pomaga uporządkować i usprawnić obieg dokumentacji w przedsiębiorstwie.

Koszty wdrożenia i certyfikacji to punkt, na który należy zwrócić uwagę planując implementację systemu. Duże przedsiębiorstwa wykazują duże koszty wdrożenia związane z opłatami konsultingowymi, zakupem aparatury pomiarowo-kontrolnej, badaniami, certyfikacją oraz szkoleniami pracowników. Inwestycja w szkolenia pracowników są jak najbardziej opłacalne w przyszłości, gdyż dobrze wyszkolony pracownik dobrze wie jakie korzyści może przynieść system w przedsiębiorstwie, pracownicy tworzący system mają więcej pewności aby przekonać innych do zasadności zmian. Zatem wydatki na szkolenia jako inwestycja perspektywiczna szybko przyniesie przedsiębiorstwu namacalne zyski oraz wpływa na prawidłowe wdrożenie, gdyż błędy popełnione podczas budowy systemu mają istotny wpływ na funkcjonowanie wprowadzonych działań w przyszłości. Źle zinterpretowane wymagania skutkują opracowaniem niewłaściwej i niedostosowanej do przedsiębiorstwa dokumentacji. Dodatkowo dokumentacja niezgodna z bieżącymi procesami powoduje jeszcze większy opór pracowników. Błędy popełnione na początku są trudne do usunięcia w przyszłości. Zrażeni i niewłaściwie przygotowani do pracy w systemie nie będą angażowali się w system. Pozornie tylko może wydawać się, że to brak czasu do przygotowania jest główną przyczyną. Za brak czasu pracowników działu Jakości, co jest przyczyną ewentualnych niepowodzeń, stoją przełożeni, którzy organizują pracę i zasoby ludzkie w taki sposób, że obciążenie obowiązkami nie pozwala na pełne zaangażowanie. Jeśli organizacja nie zbuduje fundamentu systemu to nie będzie w stanie zbudować dobrego systemu zarządzania jakością, kolejnym czynnikiem wpływającym na powodzenie jest czas, zastosowanie w praktyce opracowanych rozwiązań, przetestowanie i ewentualne korekty.

### **3.1. Ocena korzyści wynikających z wdrożenia systemu**

Skuteczny system zarządzania jakością to taki, który daje wymierne efekty wprowadzanych zmian zwiększając tym samym wartość organizacji. System zarządzania jakością wymaga od przedsiębiorstwa ogromnego nakładu pracy we wszystkich obszarach działania organizacji. Czasochłonne i pracochłonne było nie tylko stworzenie podejścia procesowego do działań ale również redukcja strat, gdyż tylko planowe i systematyczne działania w całej organizacji są skuteczne. Norma ISO 9001-2015 jest narzędziem stworzonym do poprawy organizacji pracy, optymalizacji procesów i minimalizacji strat. Do poprawnego działania normy należy przyjąć podejście procesowe, postawić cele jakościowe oraz myśleć o ciągłym doskonaleniu. Jedynie spójne i systematyczne akcje całego zespołu dają możliwość skutecznego realizowania celów i minimalizowania strat.

Poprawnie zaimplementowany system pozytywnie wpływa na to jak firma odbierana jest na zewnątrz, jak dostosowuje się do wymagań i oczekiwań klientów. W kontaktach z nowymi kontrahentami poprawnie działający system jest elementem przekonującym, zwiększa się prestiż firmy i konkurencyjność na rynku. To czy firma ma wdrożony system ISO jest coraz częściej stawianym wymogiem w różnych przetargach.

Wdrożona norma poprzez swoje postanowienia wymaga systematycznej pracy aby jak najlepiej spełniać wymagania klienta. Wpływ ma na to zasada orientacji na klienta oraz uporządkowanie procesów klienta, łatwiejsze stało się zarządzanie reklamacjami

i nadzór nad postępem i historią reklamacji, jest to podstawa do oceny dostawców i egzekwowania zwrotu poniesionych kosztów związanych z użyciem materiałów niezgodnych. Norma ISO i założone cele jakościowe umożliwiają spójną realizację ważnych dla przedsiębiorstwa założonych działań. Monitorowanie i pomiary wyrobów a także wymagany nadzór nad wyposażeniem do przeprowadzania kontroli wymagane przez normę pozytywnie wpływają na wzrost jakości wytwarzanych produktów oraz na zmniejszenie kosztów związanych ze „złą” jakością. Stworzenie wymaganej procedury postępowania z wyrobem niezgodnym a także monitorowanie i pomiary efektów przy procesowym podejściu prowadzą do podniesienia jakości, redukcji strat i zwiększenia wydajności.

Norma ISO jest narzędziem bezpośrednio wpływającym na wydajność, nie posiada takiego zagadnienia w swoich wymaganiach, jednak dzięki temu, że skłania do uporządkowania procesów i działań podejmowanych w przedsiębiorstwie sprawia, że wydajność wzrasta. Norma mówi o planowaniu realizacji wyrobów niezbędnych do wypełniania założonych terminów bez nadmiernych zapasów przy produkcji potokowej. Monitorowanie produkcji i eliminacja strat nie tylko materiałowych ale również czasowych, eliminacja zbędnych ruchów również pociąga za sobą zysk czasowy i zwiększenie wydajności. Usprawnienie komunikacji wewnętrznej, prawidłowe raportowanie i obowiązek dokumentacji zgodnej z aktualnymi procesami dają ogromne korzyści dla przedsiębiorstwa, wzrasta wydajność. Standaryzacja procesów jest punktem wyjścia dla dalszych działań a wdrożenie systemu informatycznego znacznie ułatwia panowanie nad dokumentacją. Zasada kosztów „złej” jakości 1x10x100 o ponoszonych kosztach na etapach projektowania, w produkcji oraz u klienta znajduje swoje odzwierciedlenie w normie ISO 9001. Norma systematyzuje elementy projektowania i rozwoju aby eliminować marnotrawstwo co jest namacalną korzyścią dla firmy. Norma ISO wymaga stałych audytów wewnętrznych co jest ogromną korzyścią, gdyż cykliczny przegląd procedur i procesów sprawia, że procesy jak i dokumentacja są aktualne względem siebie. Norma nakłania do zbierania i analizowania danych mających wpływ na jakość produktów i usług.

Ze względu na charakter funkcjonowania badanego przedsiębiorstwa, czyli produkcji wyrobów dla sektora firm OEM, wymagania jakościowe stawiane przez jednego z głównych klientów zrodziły potrzebę wdrożenia SZJ. Podstawowym celem implementacji systemu zarządzania jakością było zagwarantowanie spełnienia wymagań i oczekiwań klientów oraz ciągłe doskonalenie możliwości zaspokojenia jego potrzeb. Dodatkowym celem stało się również ustalenie sposobu postępowania przy wytwarzaniu produktów (kartridży do drukarek) dla zapewnienia ich wysokiej jakości oraz bezpieczeństwa przetwarzania i przerobu przy założonej efektywności ekonomicznej. Realizacja założonego celu odbywa się poprzez monitorowanie całości prac związanych z przebiegiem procesu produkcyjnego, nadzorowanie wyrobu niezgodnego, czyli takiego który posiada braki i wady, analizując ilości odpadów (ilość obudów kartridża błędnie oznaczonych przez operatora stacji montażowej) jakie powstają w procesie produkcji.

Wdrożenie systemu zarządzania jakością zobligowało przedsiębiorstwo, zgodnie z normą EN ISO 9001:2015, do przyjęcia za priorytet, jako jedno z wymagań normy, ciągłe doskonalenie. Polega ono na nieustannym zwiększaniu efektywności procesów

w organizacji i systemie, by lepiej spełniać oczekiwania klienta. Do doskonalenia procesów w badanym podmiocie i zadań systemu jakości służą audyty wewnętrzne, przeglądy dokonywane przez kadre zarządzającą, a także procedury procesów działań korygujących i zapobiegawczych. Działania te podejmowane są najczęściej przez interdyscyplinarne zespoły zadaniowe w celu wyeliminowania przyczyn niezgodności oraz potencjalnych niezgodności. Standardowym narzędziem w omawianym podmiocie służącym do eliminacji niezgodności jest model raportu 8D. Stosowanie metody raportowania 8D ułatwia określenie przyczyny zaistniałej niezgodności i pozwala wskazać na sposób rozwiązania problemu, a także stwarza możliwość weryfikacji dokonanych działań. W badanym podmiocie przeprowadzono analizę problemu wg 8D na żądanie głównego klienta. W pierwszym etapie (1D) utworzono grupę zadaniową składającą się z kilku osób, które były odpowiedzialne za realizację poszczególnych etapów 8D. Rozmiar grupy i jej skład był zależny od charakteru problemu i podejmowanych decyzji. W jej skład wchodził pracownicy różnych działów: inżynier procesu, manager operacyjny, manager jakości, inżynier jakości. Z grupy wyłoniono Lidera, który nadzorował 8D oraz posiadał uprawnienia aby wdrożyć odpowiednie rozwiązanie problemu. Kolejnym krokiem było jak najbardziej precyzyjne opisanie problemu (2D). W celu właściwego opisu problemu, który jest punktem wyjściowym do dalszych etapów, grupa zadaniowa skupiła swoją uwagę na dokładnym opisie zjawiska, miejscu wykrycia problemu oraz określenia skali problemu. Ustalono, iż problemem jest nieprawidłowa grafika etykiety. Problem został wykryty po upływie 6 miesięcy. Skalę problemu określono na poziomie 3600 sztuk produktów oklejonych etykietą z niezgodnością. W trzecim etapie (3D) zarządzano działania natychmiastowe aby zapobiec eskalacji problemu poprzez: zatrzymanie produkcji – wysyłki, segregację wyrobów na oznaczone etykietą z właściwą grafiką i oznaczone etykietą z niezgodnością. Dodatkowo wdrożono kontrolę wizualną na stanowiskach przeznaczonych do pakowania gotowego wyrobu. W celu weryfikacji towaru u klienta poinformowano go o wykrytym problemie. W kroku czwartym (4D) przystąpiono do identyfikacji faktycznej przyczyny problemu „root causa” posługując się metodologią 5- WHY. Ustalono, że przyczyna leży zarówno po stronie dostawcy, jak i klienta. Kolejno ustalono czego dotyczyć będzie akcja korekcyjna (5D), a mianowicie skontaktowano się z działem odpowiedzialnym za udostępnienie etykiet w systemie po stronie klienta, wdrożono kontrolę first off dla etykiet drukowanych oraz stworzono księgę zawierającą golden samples. Akcja korekcyjna po upływie jednego miesiąca została poddana weryfikacji (6D). Kontrola wydruku pierwszej etykiety nie wykazała niezgodności. W wyniku tego dokonano zmian w systemie zarządzania jakością poprzez określenie działań zapobiegawczych (7D), by w przyszłości nie wystąpił badany problem. W tym celu opracowano proces poprawy, oparty na udoskonaleniach systemowych: dodanie na stałe elementu kontroli wizualnej wydruku do instrukcji stanowiskowej. Ostatnim elementem jest ocena i zamknięcie raportu 8D. Ocenie poddana została skala problemu (opisanego w 2D) z wynikami uzyskanymi w toku dokonanych kontroli partii produkcyjnych (6D – 7D). Uzyskano bazową pozytywną ocenę zastosowanych działań.

Standard ISO ustanawia minimalne wymogi dotyczące standaryzacji procesu organizacji. Przygotowanie systemu zarządzania jakością daje pozytywny efekt w standaryzacji i controllingu obiegu dokumentów w organizacji. Badane przedsiębiorstwo dąży do

tego, aby przy realizacji każdego celu w jednostce zwracać uwagę na poziom jakości jego wykonania, który powinien znacznie wykraczać poza wymagania normy EN 9001:2008, a także stosuje inne techniki i narzędzia zarządzania jakością, takie jak lean management. U pracowników analizowanego podmiotu powoli pojawia się świadomość konieczności mentalnego wychodzenia poza granice pionów i funkcji w celu spełnienia oczekiwań i wymagań klienta. Zakres uprawnień i odpowiedzialności zaczyna być uporządkowany i jednoznaczny. Zaczyna się również stopniowo zwracać uwagę na zatrudnienie osób o odpowiednich kwalifikacjach do realizacji konkretnych działań. To wszystko świadczy o fakcie dojrzałości procesowej przedsiębiorstwa.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza wdrożenia SZJ w wybranym podmiocie wykazała, że proces osiągnął sukces. Implementacja normy EN ISO 9001:2015 miała wpływ na usystematyzowanie sytuacji w firmie. Standaryzacji podległa cała dokumentacja, zostały stworzone procedury takie jak postępowanie z wyrobem niezgodnym, działania korygujące, zapobiegawcze i inne dzięki którym praca osoby różnych działów znała postępowanie w momencie wady czy reklamacji. Praca operatorów na liniach została opisana procesem, przypisane zostały odpowiedzialności, stworzone zostały instrukcje pracy. Dzięki rozdzieleniu i opisaniu poszczególnych podprocesów łatwiejsze stało się ulepszanie i eliminowanie strat. Podmiot X jako jeden z pierwszych oddziałów firmy implementujący filozofię lean i pracujący w programie ciągłego doskonalenia kaizen stał się liderem w kwestii wykorzystania potencjału pracowników oraz eliminacji marnotrawstwa. Ograniczenie zbędnych ruchów, strat materiałowych i prawidłowe zbalansowanie linii przez wykluczenie wąskich gardeł sprawiło, że w ciągu roku od rozpoczęcia produkcji wyeliminowano całkowicie jedną stację oraz zmniejszono cykl time z 30 do 25 sekund na stację, co w ciągu jednego dnia produkcyjnego zwiększyło wydajność linii do 150 sztuk. Wymaganie normy polegające na zbieraniu i analizowaniu danych jakościowych umożliwiło obniżenie ilości reklamacji oraz analizę działań mających na celu zwiększenie wykrywalności i minimalizację możliwości popełniania błędów. Zatem śmiało można stwierdzić, że zastosowanie narzędzi i metodologii SZJ wraz z narzędziami lean pozwalają osiągnąć krótszy czas realizacji produkcji oraz wyższy poziom jakości przy niższym koszcie operacyjnym w porównaniu z tradycyjnym systemem produkcyjnym.

Podczas implementacji Systemu Zarządzania Jakością w badanym podmiocie napotkano również na problemy. Obawa pracowników przed zmianami oraz nadmierną biurokratyzacją okazała się głównym powodem spowolnienia wdrożenia SZJ. Kolejnym elementem mającym wpływ na jakość produktu i poziom ponoszonych strat było zakorekowanie w operatorach i w ich przełożonych zasady *one piece flow*, produkcja gniazdowa oraz bufory tworzone między stacjami skutecznie ukrywają problemy z urządzeniami, z dostawą części, jakościowe. Likwidacja buforów między stacjami i nadmiernych zapasów komponentów szybko ukazuje prawdziwe problemy w produkcji, które skutkują nie wykonaniem planu dziennego co jest głównym zadaniem działu produkcji. Tworzenie buforów powoduje również zwiększenie kosztów złej jakości, gdyż wady wykrywane są dopiero po pewnym czasie. W pracy zawarte są elementy filozofii japoń-

skiej zapoczątkowanej w zakładach Toyoty lean management. Ideologia lean czyli szczupłe zarządzanie poprzez swoje narzędzia daje niezwykle rezultaty w zmniejszeniu kosztów produkcji, poprawy ergonomii, zwiększeniu wydajności. Główną ideą lean jest eliminacja marnotrawstwa, którymi są zbędne. Poszczególne problemy rozwiązywane są według koncepcji ciągłego doskonalenia W. Deminga. W przedsiębiorstwie stale realizowane są projekty kaizen Yellow oraz Green Belt, które znacznie podnoszą sprawność organizacyjną oraz zaufanie klienta.

Materiał zgromadzony w pracy potwierdza zasadność wdrożenia systemu zarządzania jakością wraz z elementami ideologii lean w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

### SPIS LITERATURY:

- [1] **Babica H., E. Pająk:** *Koncepcja metody eliminacji niezgodności w procesach produkcyjnych*. Zeszyt naukowy Politechniki Poznańskiej nr 3, 2006r.,
- [2] **Czermiński A, M. Grzybowski, K. Ficoń:** *Podstawy organizacji i zarządzania*, Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni, Gdynia 1999,
- [3] **Hamrol A.:** *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka.* , Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2015.
- [4] **Iwasiewicz A.:** *Zarządzanie jakością w przykładach i zadaniach*, Śląskie Wydawnictwo Naukowe, Tychy 2005, s.202-203,
- [5] **Jazdon J.:** *Doskonalenie zarządzania jakością.*, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego Sp. z o. o., Bydgoszcz 2001, s.46-48,
- [6] Red. **M. Matejun, S. Szczepańczyk:** *Współczesne metody zarządzania w praktyce gospodarczej*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2009, s.85-96.,
- [7] Polska Norma PN-EN ISO 9001:2009,punkt 8.2.2. PKN, Warszawa 2009
- [8] **Szczepańska K.:** *Zarządzanie jakością w dążeniu do doskonałości*. C.H.Beck, Warszawa 2011.
- [9] **Urbaniak M.:** *Zarządzanie jakością środowiskiem oraz bezpieczeństwem w praktyce gospodarczej*. Difin Sp.zo.o. Warszawa 2007r.,
- [10] [www.isomnia.pl/definicje-jakosci/](http://www.isomnia.pl/definicje-jakosci/), dostęp: 20.10.2018.;
- [11] [www.lean-management.pl/](http://www.lean-management.pl/); dostęp: 10.12.2014r,
- [12] [www.inzynierbudownictwa.pl/drukuj,5566](http://www.inzynierbudownictwa.pl/drukuj,5566) dostęp:21.04.2018

# **NOWE METODY I NARZĘDZIA DO WSPOMAGANIA PRACY MOBILNYCH PRACOWNIKÓW DZIAŁÓW SPRZEDAŻY**

## **1. WPROWADZENIE**

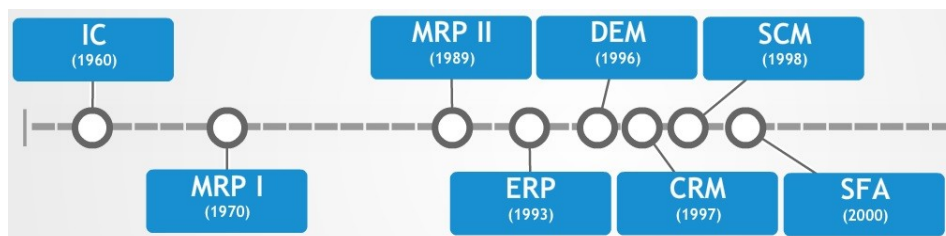
Po wprowadzeniu na rynek systemów klasy ERP uzyskano wsparcie głównie w procesach wewnętrznych przedsiębiorstwa. Pojawiła się więc potrzeba zastosowania rozwiązań wspomagających zewnętrzne jak i pośrednie działania biznesowe. Firmy walczące o konkurencyjną pozycję i opanowanie rynku kładą duży nacisk na pozyskanie klienta i zbudowanie z nim relacji pozwalających na zatrzymanie go przy sobie. Jedną z najważniejszych ról w tym procesie odgrywają pracownicy handlowi. Dla ułatwienia ich pracy, a zarazem dla osiągnięcia lepszych rezultatów sprzedaży, stosuje się systemy klasy SFA (Sales Force Automation). Rozwój technologii mobilnej na przestrzeni ostatnich kilku lat spowodował istotne zmiany wpływające na sposób ich wykorzystania. Oddziałuje to na funkcjonowanie nie tylko przedsiębiorstw handlowych, ale wszystkich tych, które mają bezpośredni kontakt ze swoimi klientami.

Systemy SFA stają się standardem dzięki upowszechnieniu niewielkich urządzeń przenośnych – wcześniej w formie palmtopów z rysikiem, a obecnie smartfonów czy tabletów. Dzięki szeroko dostępnej technologii bezprzewodowej stanowią integralną część CRM (Customer Relationship Management) [1]. Systemy SFA wspierają przedsiębiorstwa poprzez: kompleksową obsługę klienta i jednocześnie kanałów sprzedaży. Pozwalają one na stały i bezpośredni dostęp do informacji rynkowych dzięki pozyskiwaniu danych odsprzedażowych i monitorowaniu stanów magazynowych kontrahentów.

## **2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU KLASY SFA**

Już w latach 80 XX w. w USA, odnotowano potrzebę wspomaganie marketingu systemami IT [2]. Natomiast po 2000 roku zaczęły się pręźnie rozwijać systemy wspierające automatyzację sprzedaży prowadzoną głównie przez mobilnych handlowców. SFA bazują na założeniach wcześniejszych systemów wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem (rys. 1).





Rys. 1. Evolucja systemów wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem. Źródło [3]

W przeciwieństwie do rozwiązań klasy CRM, których początkową ideą było gromadzenie informacji czy dokumentacji powiązanej z danym klientem, funkcjonalnością oprogramowania SFA jest głównie prowadzenie działań handlowych. Obecnie granica między obydwojoma systemami jest zatarta, ponieważ CRM nie stanowi już tylko proste narzędzia pasywnie wykorzystującego bazę danych klientów [4]. Zawiera w sobie elementy kompleksowo wspierające działania marketingowe: od przygotowania oferty po jej realizację i zafakturowanie [5]. Zatem terminy te przenikają się [6,7]. Przeciętnie to właśnie na pracę z narzędziami typu CRM (w tym SFA) sprzedawcy poświęcają najwięcej czasu. Ich popularność w czasach dynamicznego rozwoju usług E-commerce i dystrybucji realizowanej często za pomocą social mediów, zależy od wielkości firmy (rys. 2) [8].



Rys. 2. Wykorzystanie systemów typu CRM w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Źródło [8]

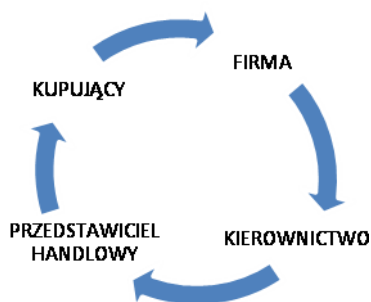
Nadrzędnym celem rozwiązania typu SFA jest ułatwienie prowadzenia każdego etapu procesu sprzedaży produktów i usług – od umówienia spotkania z klientem do przedstawienia analizy sprzedaży, w postaci raportów, wskaźników itp. Dostępne w wybranym programie opcje mogą się różnić w zależności od branży czy dedykowanego rynku zbytu [4]. Sama aplikacja winna działać na urządzeniach przenośnych z popularnymi systemami takimi jak Android, Windows Phone, jak i z komputerami PC, przy instalacji na nośniku jak i w formie Software as a Service, czyli w chmurze danych. Podstawowe wymagania stawiane systemom SFA to:

- mobilność – dostęp do centralnej bazy danych z poziomu aplikacji w smartfonie,
- praca w trybie on/offline – dostępność informacji w dowolnym miejscu,
- elastyczność – możliwość dowolnej konfiguracji pod specyfikę biznesu oraz współpraca ze standardowymi narzędziami biurowymi i IOS/Windows.

Wdrożenie systemu SFA powinno przynieść konkretne korzyści tj. zwiększenie przychodu ze sprzedaży, która w wyznaczonej perspektywie czasu pokryje koszty inwestycji. Bezpośrednią rolą SFA ma być wspomaganie planowania zadań wraz zarządzaniem czasem pracy, nadzór nad realizacją celów biznesowych i KPI (Key Performance Indicators), optymalizacja procesów logistycznych powiązanych z obsługą zamówień, budowa własnej sieci dystrybucji wraz z monitoringiem dostępności, wzrost jakości obsługi kontrahentów, szeroko pojęte zarządzanie promocjami, prowadzenie badań rynkowych, gromadzenie danych i analiz celem podejmowanie najlepszych decyzji.

Prócz bezpośrednich korzyści finansowych wynikających z usprawnienia sprzedaży, podkreśla się wpływ wykorzystania SFA w przetwarzaniu informacji przez sprzedawców, a orientację na klienta oraz wynikający z tego wzrost jakości relacji handlowych. Zatem nie tylko usprawnienie handlu technologią, a indywidualnie budowana, ustandaryzowana obsługa klienta, tworzy ostatecznie wzrost wydajności [7].

Współpraca działu sprzedaży przedsiębiorstwa z klientem to szereg cyklicznych działań mających na celu generowanie zysków. W wyniku usprawnień organizacyjnych oraz poprawy obsługi kupujących, następuje zwiększenie sprzedaży, ale i oszczędność nakładów wspierających procesy okołobiznesowe (rys. 3).



Rys. 3. Cykl zależności w dziale sprzedaży na tle generowania zysków. Opracowanie własne

SFA stanowi kompleksową pomoc, wspomagając dostęp pracownika sprzedaży w czasie rzeczywistym do: danych klientów, kontaktów i stanów magazynowych. Pozwala mu efektywnie zarządzać swoim czasem pracy. Kierownictwo w przejrzysty sposób monitoruje przeprowadzane transakcje, nadzoruje pracowników oraz ich wydajność, przy czym najlepsze praktyki mogą zostać wypromowane jako nowe standardy. W związku z tym, w dalszej części opracowania zweryfikowano ofertę obecnych na rynku systemów klasy SFA.

### 3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU INFINITE SFA

Jednym z dystrybutorów oprogramowania typu SFA jest polska firma INFINITE reklamująca swój produkt jako „nowoczesne rozwiązanie wspierające obsługę procesów i zadań realizowanych przez pracowników terenowych” [9]. Legitymuje się wdrożeniem

oprogramowania 50 razy, w 14 krajach, które zintegrowano z 16 systemami ERP, w każdym przypadku na zasadzie Software as a Service. Z produktu z powodzeniem mogą korzystać: reprezentanci handlowi, konsultanci, merchandiserzy, serwisanci. INFINITE SFA zostało scharakteryzowane z perspektywy nadrzędnych narzędzi ułatwiających automatyczny proces sprzedaży, a także cech, które wspomagają mobilność i adaptację narzędzia wraz z bezpieczną wymianą danych pomiędzy urządzeniami. Z poziomu pulpitu, użytkownik w szybki sposób może przemieszczać się pomiędzy najważniejszymi informacjami i dostępnymi akcjami, tj.:

- lista zadań do wykonania,
- dostęp do kalendarzy pracowników, celów, raportów,
- menu wszystkich dostępnych modułów aplikacji, itp.

Podobną rolę informacyjną odgrywa kokpit managerski (rys. 4). Graficzna reprezentacja danych opisuje pracę zespołu w formie interaktywnych wykresów i widżetów z aktualnymi danymi, dostępnymi w zależności od nadanych liderowi uprawnień.



Rys. 4. Kokpit managerski INFINITE SFA. Źródło [9]

Funkcjonalność oprogramowania opiera się zatem na przedstawionych niżej modułach.

**Realizacja celów** stanowi kluczowy parametr oceny efektywności pracy, zarówno z perspektywy ich poziomu zaawansowania dla wykonawcy jak i przełożonych. Śledzenie celów umożliwia ustanawianie i realizację czasowych planów marketingowych. Przykładowe opcje: obsługa różnych typów celów, definiowanie ich wartości, prognozowanie stopnia ich realizacji na koniec okresów rozliczeniowych.

**Planowanie kalendarza i zadań** obejmuje wizyty, zamówienia czy pracę biurową lub udział w targach. Kalendarz, może być zsynchronizowany z maksymalnie 6-cioma z innych urządzeń. Przykładowe opcje: agenda, przegląd zadań wg. godzin planowanych lub wykonanych, ze względu na status i typ, zarządzanie dostępnością poszczególnych zadań dla pracowników wraz z konfiguracją zakresu czynności.

**Multimedia** stanowią uatrakcyjnienie i ujednoczenie prezentacji oferty handlowej podczas wizyt, wyłączając koszt drukowanych materiałów informacyjno-promocyjnych. Przykładowe opcje: obsługa zdjęć, filmów i innych dokumentów, np. PDF, przypisywanie plików do produktów

**KPI** stanowią mierniki jakości pracy w kontekście standardów firmy. Przykładowe opcje: dostęp do gotowych algorytmów liczenia mierników KPI, wraz z możliwością ich definiowania, śledzenie stopnia ich realizacji w okresie czasu, analiza. Fragmenty z pulpitu modułu KPI przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Wykresy wskaźników KPI w INIFINITE SFA. Źródło [9]

**Mapy powiązane z lokalizacją GPS** stanowią integralną część aplikacji centralnej i mobilnej. Korzystanie z GPS wspomaga geokodowanie klientów oraz weryfikację lokalizacji pracownika. Przykładowe opcje: prezentacja rozmieszczenia odbiorców (np. z danej kategorii czy sieci), powiązania klientów, porównanie trasy planowanej i wykonanej przez pracownika.

**Raporty** to zbiór parametryzowanych danych pozwalających na szczegółową analizę. Przykładowe opcje: podział tematyczny, dobór indywidualnych parametrów każdego z raportów, eksport danych do formatu MS Excel lub HTML, podręczne raporty mobilne na urządzeniu pracownika.

**Zamówienia** to moduł cechujący się dużą powtarzalnością prowadzonych czynności, co wymaga wysokiej ergonomii pracy ze wsparciem funkcji około sprzedażowych. Przykładowe opcje: definiowanie kluczowych parametrów logistycznych zamówienia, obsługa w zamówieniu listingów, list żelaznych, itp., możliwość modyfikacji cen, rabatów i jednostek miary zamawianych pozycji, wizualne oznaczanie wybranych pozycji zamówienia (np. nowości), dostęp z poziomu zamówienia do aktualnych akcji promocyjnych, możliwość określania typu zamówienia, elektroniczna dystrybucja zamówień przez e-mail, fax lub mechanizmy integracyjne.

**Wizyta** to elastyczny moduł ułatwiający zarządzanie wizytacjami u klienta. Przykładowe opcje: konfiguracja czynności dostępnych na wizycie, np. ze względu na rodzaj klienta czy typ pracownika, obsługa modelu wizyty krokowej, wizualizacja statusów wizyt i monitoring czasów ich realizacji, akceptacja planowanych wizyt przez przełożonego.

**Promocje oraz materiały promocyjne** są wspierane definicjami akcji, dotarciem do klientów i rozliczeniem ich realizacji. Przykładowe opcje: projektowanie akcji promocyjnych z poziomu aplikacji centralnej (samodzielnie przez administratora klienta),

obsługa algorytmów naliczania warunków promocji, budżetowanie (w przeliczeniu na pracownika) ilości materiałów promocyjnych dostępnych do wydania.

**Badania dostępności** pozwalają na monitorowanie warunków umów z sieciami sklepów które są zobowiązane do utrzymywania określonego asortymentu produktów. Przykładowe opcje: badanie obecności produktów, identyfikacja braków w punktach sprzedaży, analiza skuteczności dystrybucji pośredniej.

**Ankiety** stanowią podstawowe narzędzie zbierania informacji z rynku. Przykładowe opcje: kreator dowolnych formularzy ankietowych, obsługa zmiennej logiki ankiety (pytania zależne).

**Zwroty** przyjmowane przez pracowników są rejestrowane przy odbiorze towarów uszkodzonych lub przeterminowanych. Przykładowe opcje: określenie dostawcy zwracanego towaru, rodzaju zwracanego produktu i jego ilości, wraz z powodem, określenie terminu zwrotu wraz z potrzebnym miejscem na transport.

**Merchandising** to pomoc przy weryfikacji ułożenia produktów zgodnie ze standardem ekspozycyjnym. Raportowanie stanu ekspozycji jest możliwe poprzez wysłanie zdjęcia (rys. 6).



Rys. 6. Widok właściwego ułożenia towaru w module Merchandising. Źródło [9]

Przy projektowaniu narzędzia zadbano także o moduł **kosztów**, który pozwala zachować kontrolę nad wydatkami pracownika oraz całego zespołu wraz z ich rejestracją według poniesionego typu. Z kolei moduł **płatność** usprawnia wymianę danych z systemem ERP. Dzięki temu handlowiec w terenie ma wgląd do przeterminowanych faktur w celu windykacji lub przyjęcia zapłaty. Podział i przypisanie opisanych opcji do ról to usprawnienie, ułatwiające zarządzanie zadaniami wraz z zapewnieniem spójności i aktualności danych przesyłanych w uniwersalnych formatach.

#### 4. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU MOBILE TOUCH

Mobile Touch SFA został wydany przez Asseco Business Solutions. Producent określa to oprogramowanie jako efektywne wsparcie pracy mobilnych przedstawicieli w terenie.

Rozwiązanie opiera się na modułach, pomagających w:

- optymalizacji działań sprzedażowych i zwiększaniu ich efektywności,
- zarządzaniu punktami sprzedaży oraz kontroli ich efektywności,
- rozwoju kompetencji siły sprzedaży,
- orientacji na cele,
- elektronicznej wymianie danych handlowych na linii producent-dystrybutor,
- analizie danych sprzedażowych.

System cechuje się przejrzystym interfejsem użytkownika. Duże ikony oraz najważniejsze informacje na głównych stronach poszczególnych widoków pozwalają określić go jako intuicyjny. Sposób obsługi jak i projekt interfejsu nie odbiega od standardów znanych z oprogramowania na urządzenia mobilne (rys. 7). Mobile Touch jest kompatybilny z: Android oraz iOS Apple.



Rys. 7. Główny pulpit Mobile Touch SFA. Źródło [10]

Do grupy zarządzania szansami sprzedażowymi w omawianym rozwiązaniu można zakwalifikować [10]:

**Zarządzanie lead'ami**, czyli gromadzenie informacji o potencjalnych klientach i przechowywanie ich z możliwością przydzielania ich do danej grupy oraz ustalania priorytetów. Istotną rolę odgrywa tu możliwość zacierpnienia danych z zewnątrz systemu.

**CRM** rozumiane jako przechowywanie bazy danych dotyczących klientów, która obejmuje: historie kontaktów, planowane działania, dokumenty, skojarzone pliki multimedialne. Powiązaną opcją jest **zarządzanie kontaktami**, z funkcją niezależnego przechowywania informacji o klientach i kontaktach. Tam, też istnieje możliwość podglądu sparowanych dokumentów czy też wykonanych czynności.

**Mechanizmy kategoryzacji** mają wpływ na poprawność gromadzenia danych w przypadku informacji zacierpnionych z zewnętrznego systemu klasy ERP. W efekcie czego możliwa jest automatyzacja w zakresie doboru oferty oraz planowania wizyty u danego klienta, zwiększenie zalet tej funkcji zapewnia współpraca z osobnym systemem Platforma Connector, użytkownik może sam budować kryteria kategoryzacji.

**Planowanie działań** - system wyposażony jest w harmonogram pozwalający planować przebieg działań w danym dniu uwzględniając przy tym, czas realizacji, godzinę, nazwę danego działania oraz priorytet. Wsparcie to ma duże znaczenie dla sił sprzedażowych. Korzystanie z harmonogramu umieszczonego wewnątrz systemu SFA zapewnia integrację informacji i znacząco ułatwia organizację pracy.

Do grupy podstawowych funkcji wspierających prowadzenie sprzedaży zaliczyć można: zarządzanie **dokumentami handlowymi** (generowanie, przetwarzanie i przechowywanie), **wymianę dokumentacji i danych** z innymi systemami (np. klasy ERP), **obsługę multimedialnych**.

Pakiet rozwiązań wspomagających działania promocyjne to: **bonusy** (monitorowanie przydzielanych danemu klientowi materiałów wspierających sprzedaż), **akcje promocyjne**, których m.in. wartością dodaną jest możliwość przedstawienia korzyści dla klienta wynikających ze skorzystania z danej promocji i wzmocnienie relacji z nim. **Kontrolowanie zgodności promocji** pozwala na prowadzenie oceny danych działań promocyjnych takich jak: hostessy, ekspozycje czy plakatowanie. Oceny dokonuje np. pracownik handlowy odwiedzający market. **Zarządzanie środkami trwałymi** to opcja, która znajduje zastosowanie na szczeblu kierowniczym. Dzięki niej można przydzielać materiały promocyjne danym pracownikom terenowym i monitorować ich stosowanie u klientów. Pozwala to zweryfikować słuszność decyzji o inwestowaniu w dane materiały reklamowe.

**Ankiety** - w każdym momencie użytkownik systemu ma możliwość utworzenia ankiety wspomagającej pozyskanie informacji na temat np. danego klienta lub udziału w półce sprzedażowej, na uwagę zasługuje możliwość załączenia zdjęcia.

**Zarządzanie zobowiązaniami** - system zapewnia wsparcie w szeregu działań związanych z obsługą np.: zwrotów, lub przecenami towarów. W przypadku zwrotu Mobile Touch generuje dokument świadczący o przyjęciu zwrotu od klienta, w przypadku przeceny dokument o obniżeniu ceny. System posiada funkcję monitorowania salda danego klienta, a wystawianie takich dokumentów jest podstawą do jego bieżącej weryfikacji. Jednocześnie zapewniona jest informacja o możliwym przekroczeniu salda. Producent przewidując specyfikę tego typu sytuacji przewiduje za pomocą jednego dokumentu obsługę np. całej partii towarów.

**Kontrola kosztów oraz budżetowanie** jest podstawą stwierdzenia o rentowności działań sprzedażowych. System zapewnia wsparcie w postaci ewidencjonowania i raportowania kosztów generowanych przez danych pracowników sprzedażowych z podziałem na kategorie.

Grupą opisaną przez producenta jako wspierającą zarządzanie wynikami i efektywnością sprzedaży są moduły podobne do opisanych wcześniej w przypadku systemu Infinite SFA, tj.: **cele sprzedażowe** i **KPI** – dzięki którym można dowiedzieć się ile wynosi:

- liczba przepracowanych dni,
- liczba odbytych wizyt,
- średnia liczba wizyt,

- średnia liczba zamówień na dzień,
- procent wizyt z zamówieniem,
- ilość klientów itp.

Informacje te w sposób wymierny określają efektywność danego pracownika i stanowią istotną podstawę do oceny jego pracy.

Dodatkowo w tej kategorii zaproponowano **podział geograficzny** (przypisanie pracownika i zasobów reklamowych do określonego terenu działań) oraz **zarządzanie wiedzą** dotyczącą rozdysponowania materiałów promocyjnych do grupy kontrahentów czy pracowników.

Uzupełnieniem przedstawionych powyżej funkcji są dodatkowe nakładki dla Mobile Touch SFA wspierające osobne procesy. **Mobile Touch Retail Activity Optimisation (RAO)** zawiera pakiet narzędzi mających na celu optymalizację działań sprzedażowych oraz zwiększenie ich efektywności. Pozwala odpowiedzieć na pytania [10]:

- Jak zwiększyć udział sprzedaży produktów w wybranych kategoriach produktowych?
- Które sklepy obsługiwane przeze mnie mają największy potencjał sprzedażowy i w jakich kategoriach?
- Które sklepy uzyskują niższe wyniki sprzedażowe niż konkurencja?
- Które sklepy (lub klientów) powinienem częściej odwiedzić i dlaczego?
- Jakie działania powinienem podjąć w trakcie wizyty w konkretnych sklepach?
- Które kategorie produktów powinienem szczególnie promować/wspierać w danym sklepie?
- Jak zaplanować sobie efektywny plan wizyt?

Oprogramowanie posiada opcje inteligentnego doboru klientów, wsparcia wizyt, optymalizacji kosztów oraz możliwość czerpania informacji z innych systemów (zewnętrznych).

Kolejnym modułem jest **Mobile Touch Perfect Store** [10], którego, głównym założeniem jest podnoszenie wyników sprzedaży w sklepach odwiedzanych przez handlowców. Podobnie jak w przypadku wcześniej omawianych funkcjonalności, działanie systemu opiera się na gromadzeniu i analizowaniu informacji o kliencie. Efektem tego są dane przedstawione w postaci wskaźników KPI. Z jego pomocą użytkownik oceni sklep w którym się znajduje pod względem określonych standardów i określi w jakim stopniu odbiega on od wcześniej zdefiniowanego sklepu idealnego. Dalszą konsekwencją takiego działania jest dopracowywanie strategii sprzedaży firmy.

Niewątpliwie jednym z najważniejszych czynników mających wpływ na sukces osiągany w kwestii sprzedaży jest poziom umiejętności i dyscypliny jakie reprezentują siły sprzedażowe. W tym zakresie wsparcie zapewni **Mobile Touch Coaching** [10], który pozwala na ocenę przez pracowników systemu szkoleń. Z punktu widzenia przełożonego narzędzie to przynosi informacje pozwalające podejmować decyzje w zakresie:



- zwiększenia lub zmniejszenia ilości szkoleń,
- oceny pracowników,
- realizacji celów sprzedażowych,
- planowania szkoleń
- formy szkoleń oraz ich oceny.

Ze względu na wyspecjalizowanie tego modułu większe korzyści będą czerpały z niego przede wszystkim duże firmy; posiadające liczne zasoby ludzkie w działach handlowych.

Kolejnym rozszerzeniem jest **Mobile Touch Targety** [10]. Narzędzie to posiada zaawansowane opcje pozwalające kierownictwu na ściśle określanie celów i zarządzanie nimi poprzez przypisywanie ich do konkretnych zespołów sprzedażowych. Moduł w swoim działaniu uwzględnia informacje zawarte w wynikach sprzedaży z poprzedniego okresu lub liczbę wizyt u danej grupy klientów.

**Mobile Touch Reporting and Analytics** [10] zapewnia wsparcie w postaci zestawienia kompletnych raportów sprzedażowych za dany okres czasu. Sposób reprezentacji danych pozwala na łatwość odbioru informacji. Producent wychodząc na przeciw potrzebom branży przewidział możliwość zbudowania indywidualnie dopasowanych algorytmów, które w najlepszym stopniu dostosowują się do specyfikacji danej branży i samego przedsiębiorstwa. Takie podejście odgrywa istotną rolę w planowaniu celów krótko- i długodystansowych, a zastosowanie praktyczne znajdują w nim przede wszystkim szefowie działów sprzedaży.

## 5. PODSUMOWANIE

Jedną z dziedzin mającą niewątpliwy wpływ w zakresie nowoczesnego sterowania firmą jest informatyka. Zastosowanie nowoczesnego oprogramowanie wpływa na wzrost efektywności realizacji procesów biznesowych z jednoczesną wymianą informacji z tradycyjnymi rozwiązaniami wspomagającymi zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa. Takim narzędziem są systemy klasy SFA, które wyróżnia bieżące zarządzanie kontaktami biznesowymi i działaniami marketingowymi przez mobilnych pracowników działów sprzedaży. Rozwiązania te nie tylko umożliwiają zdalny dostęp do danych, ale także gromadzą je w pracy off-line i przekazują do centralnych jednostek w wyniku synchronizacji.

Omawiane w niniejszym artykule przykłady systemów typu SFA posiadają wiele zbliżonych funkcji. Są to głównie: monitorowanie efektywności pracy poprzez śledzenie wykresów KPI, orientacja na cele, zarządzanie akcjami promocyjnymi, obsługa multi-mediów oraz czynności związanych z działaniami kojarzonymi głównie z CRM, tj.: obsługą kontaktów handlowych wraz z powiązaniem i generowaniem podstawowych dokumentów niezbędnych przy prowadzeniu procesu sprzedaży.

Systemy SFA stanowią integralną część złożonych systemów zarządzania przedsiębiorstwem, a w zależności od producenta różnią się swoją funkcjonalnością. Mimo iż omawiane produkty firmy Infinite i Mobile Touch są aplikacjami dostępnymi w wer-

sjach gotowych do wdrożenia, producenci podkreślają możliwość dostosowywania ich do specyfiki danego przedsiębiorstwa. Pomocne w tym zakresie okazało się zaprojektowanie systemów w postaci modułowej.

Na rynku istnieją również inne produkty typu SFA jak: 4 Mobile Power [11], Comarch SFA Mobile Sales Force [12], Emigo od Sagra Technology [13] lub LEO SFA firmy Asseco Data Systems [14].

Udane wdrożenie oprogramowania klasy SFA w przedsiębiorstwie oznacza przekonanie do niego pracowników pionu handlowego, tj. poznanie perspektywy sprzedawców, koncentracja na istotnych dla nich wartościach, zbudowanie kultury pracy opartej na technologii oraz traktowanie narzędzia jako obowiązkowego [15]. W obszerniejszym ujęciu sukcesu, formuła SFA powinna odzwierciedlać cykl przetwarzania informacji rynkowych (uczenie się organizacji) → orientacji na klienta (budowanie relacji) → realizacji procesu sprzedaży [7]. Wybór odpowiedniego narzędzia wspomagającego działania handlowe winno zależeć nie od nazwy systemu lub jego kategoryzacji między SFA, czy CRM, ale od funkcjonalności, które są oferowane, a wydają się niezbędne do usprawnienia prowadzenia swojego biznesu [4].

## LITERATURA

- [1] **Chwesiuk, K.:** *Analiza zastosowań systemów informatycznych klasy ERP w logistyce*. Logistyka, 4/2011, pp. 162-171.
- [2] **Łężniak, R., Nosala, R.:** *Analiza możliwości zastosowania idei CRM dla małych przedsiębiorstw*. red. R. Knosala: Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Zakopane, 14-16 stycznia 2002, WNT, Warszawa 2002, pp. 83.
- [3] **Krasiński, M., Sadowski, A.:** *Rozwój systemów informatycznych w logistyce*. Logistyka, 6/2006, pp. 53.
- [4] **Rawski, P.:** *CRM czy SFA? Do czego służą systemy Sales Force Automation?* Informatyka w firmie, 03.12.2016, <http://informatykawfirmie.pl/systemy-informatyczne/systemy-crm/135-crm-czy-sfa-do-czego-sluzu-systemy-sales-force-automation> [dostęp: 02.07.2018].
- [5] **Luber, A., Papiernik, M.:** *Narzędzia informatyczne dla biznesu*. Biznes benchmarking magazyn, 5/01.2014, pp. 6-8.
- [6] **Rogers, B., Stone, M., Foss, B.:** *Integrating the value of salespeople and systems: Adapting the benefits dependency network*. Database Marketing & Customer Strategy Management, 15/2008, pp. 221-232.
- [7] **Bugg Holloway B., Deitz, G. D., Hansen J. D.:** *The Benefits of Sales Force Automation (SFA): An Empirical Examination of SFA Usage on Relationship Quality and Performance*. Journal of Relationship Marketing, 12(4)/ 2013, pp. 223-242.
- [8] **LinkedIn:** *State of Sales in 2016*, pp. 3-4, <https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/sales-solutions/resources/pdfs/linkedin-state-of-sales-2016-report.pdf> [dostęp: 10.05.2018].
- [9] **Infinite SFA**, <https://infinite.pl/oferta/systemy-sfa.html> [dostęp: 20.10.2017].

- 
- [10] **Mobile Touch SFA**, <http://pl.mobiletouch-fmcg.com/platforma/rozwiązania/sales-force-automation.html> [dostęp: 20.10.2017].
  - [11] **4 Mobile Power**, <http://4mobilepower.com/> [dostęp: 09.07.2018].
  - [12] **Comarch SFA Mobile Sales Force**, <https://www.comarch.pl/handel-i-uslugi/sfa/mobile-sales-force/> [dostęp: 09.07.2018].
  - [13] **EMIGO**, <https://sagra.pl/platforma-emigo/mobilny-emigo/> [dostęp: 09.07.2018].
  - [14] **LEO SFA**, <https://www.assecods.pl/oferta/oprogramowanie-dla-finansow/leo-sfa/> [dostęp: 09.07.2018].
  - [15] **Cotteleer, M, Lee, F., Inderrieden, E.:** *Selling The Sales Force to Automation, Organisational Culture*. Harvard Bussines Rewiev, 07-08/2006 <https://hbr.org/2006/07/selling-the-sales-force-on-automation> [dostęp: 15.06.2018].

# **MODELOWANIE I OCENA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH PRZY POMOCY TECNOMATIX PLANT SIMULATION**

## **1. WPROWADZENIE**

Symulacja komputerowa jest sposobem przeprowadzania badań w celu przeanalizowania i wykrycia problemów w przebiegu procesów produkcyjnych. Metodę symulacji stosuje się po to, aby zwiększyć wydajność w tym wypadku wydajność konkretnego procesu produkcyjnego. Symulacja komputerowa procesu wytwarzania za pomocą narzędzi przeznaczonych do tego pozwala na szczegółową wizualizację procesu, co jest pomocne przy podejmowaniu decyzji w związku np. z modernizacją systemu produkcyjnego. Stworzenie modelu symulacyjnego oraz przetestowanie go zgodnie z danymi założonymi daje możliwość zaoszczędzenia czasu i pieniędzy. Dzięki symulacji można obserwować w warunkach "rzeczywistych" wpływ różnych czynników na jakość i efektywność procesu produkcyjnego. Czynniki wpływającymi bezpośrednio na wydajność procesu są m.in.: rozstawienie maszyn, czasy wykonania poszczególnych operacji, zdolność maszyn czy długość dróg transportowych i przenośników. Tworzenie takiego typu modeli symulacyjnych często stosowane jest przy projektach wdrożeniowych nowe wyroby.

Najbardziej pracochłonnym zadaniem przy tworzeniu modeli symulacyjnych jest wprowadzenie założeń, kolejnym etapem jest tylko analiza i porównywanie różnych wariantów, co w rezultacie pozwala na wybranie tego najbardziej korzystnego. W celu stworzenia rzeczywistego systemu produkcyjnego, wskazane jest określenie parametrów, które wiążą się nie tylko z operacjami wykonywanymi ale także z pracownikami czy środkami transportu. Symulację komputerową wykorzystuje się w przypadkach, kiedy rozwiązania metodami analitycznymi nie przynoszą rezultatów lub są bardzo skomplikowane. Często eksperymentowanie na rzeczywistym modelu nie jest praktykowane, gdyż generuje to wysokie koszty i jest pracochłonne. Metody analityczne często nie dają pewności, iż faktyczny system produkcyjny będzie przebiegał zgodnie z określonymi założeniami. Po każdej przeprowadzonej symulacji, na stworzonym modelu, generowany jest raport, który przedstawia wyniki odnoszące się do udziału produkcji czy też transportu w całym procesie. Na podstawie danych raportów użytkownik jest w stanie podjąć działania mające na celu podnieść wydajność produkcji czy też skrócić nie cyklu produkcyjnego [3,4].

## **2. SYMULACJA KOMPUTEROWA PRZY ZASTOSOWANIU PROGRAMU TECNOMATIX**

Tecnomatix Plant Simulation, produkt firmy Siemens, jest jednym z narzędzi do tworzenia modeli symulacji dostępnych na stronie internetowej firmy Siemens. Łączy on obszary technologiczne, inżynierię produkcji i logistykę, począwszy od planowania i projektowania, poprzez symulację i weryfikację procesu produkcyjnego, aż do produkcji. Służy do badania procesów produkcyjnych i logistycznych w oparciu o metodę symulacji komputerowej. Umożliwia tworzenie modeli logistycznych i systemów produkcyjnych oraz powiązanych procesów, co z kolei umożliwia sprawdzenie charakterystyki systemu i poprawę jego wydajności. Oprogramowanie to pozwala przeprowadzać eksperymenty i scenariusze testowania bez zakłóceń bieżących systemów produkcyjnych. W przypadku planowania umożliwia analizę przyszłych zdarzeń. Możliwe jest wybranie najbardziej korzystnego scenariusza realizacji przy użyciu funkcji analizy wąskich gardeł, statystyk i wykresów. Wyniki symulacji dostarczają informacji umożliwiających szybkie podejmowanie decyzji we wszystkich fazach projektowania, planowania i kontroli systemu produkcyjnego. Tecnomatix Plant Simulation składa się z okna edycji, gdzie można wyświetlić linie poleceń, pasek narzędzi lub przybornik. Po lewej stronie znajduje się biblioteka obiektów do tworzenia modeli symulacyjnych. Przesyłanie obiektów do biblioteki odbywa się poprzez przeciąganie obiektów z paska narzędziowego poprzez kliknięcie, najpierw na pasku narzędziowym, a następnie w oknie edycji w miejscu, w którym ma być obiekt zlokalizowany. Obiekty umieszczone w oknie edycji połączone są ze sobą za pomocą konektorów – łączników obiektów.

Symulacja procesu w programie Tecnomatix umożliwia:

- obserwację i eliminację potencjalnych problemów, które mogłyby spowodować kosztowne i pracochłonne modyfikacje procesu w przyszłości,
- minimalizacji kosztów danego przedsięwzięcia,
- optymalizację działalności istniejących systemów logistycznych i produkcyjnych poprzez wcześniejsze modyfikacje na modelu symulacyjnym.

Tecnomatix plant simulation jest narzędziem wielokrotnego użytku, poczynając od planowania procesów produkcyjnych, obejmujących poszczególne części, robotyzacja zadań, analiza i optymalizacja istniejących linii produkcyjnych, aż do zarządzania jakością projektowanie całych hal produkcyjnych. Zastosowanie takiego środowiska stwarza możliwość optymalizacji materiału. Przepływ, wykorzystując zasoby na wszystkich poziomach przedsiębiorstwa, począwszy od modelu globalnego, poprzez lokalne zakłady aż do poszczególne linie [2].

## **3. ANALIZA UŻYTECZNOŚCI MODELOWANIA I SYMULACJI W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH**

Wszystkie duże przedsiębiorstwa dążą do poprawy efektywności swoich procesów i do optymalizacji kosztów. Wybierają najlepsze oprogramowanie komputerowe, które im w tym pomaga. Takim przykładem jest między innymi firma Volkswagen AG. Firma,

która jest największym producentem samochodów w Europie. Podobnie jak producenci samochodów na całym świecie, firma ta zawsze szuka sposobów na poprawę wydajności. Dotyczy to wszystkich obszarów produkcji pojazdów, łącznie z planowaniem produkcji. Wymagania stawiane temu sektorowi obejmują ponowne użycie sprzętu operacyjnego, jednorazowe sporządzenie planów i ich wykorzystanie w kilku lokalizacjach, a także uwzględnienie aspektów produkcyjnych już na bardzo wczesnym etapie projektowania produktu. I wszystkie te cele muszą zostać osiągnięte bez zwiększania liczby pracowników i bez żadnej utraty jakości. Inżynierowie z Wolfsburga w Niemczech przeprowadzili kompleksowy proces benchmarkingu, zdając sobie sprawę z tego, że wykorzystanie oprogramowania do planowania produkcji może pomóc w osiągnięciu wymaganego wzrostu wydajności. Wyniki badań wykazały, że to firma Siemens PLM Software zaprezentowała się na szczycie z rozwiązaniami Tecnomatix. Rozwiązania Tecnomatix są stosowane w firmie Volkswagen od 2002 roku, wspierając takie zadania jak analiza produktu, planowanie instalacji i urządzeń produkcyjnych, nadzór nad budową instalacji i dostawców, uruchamianie instalacji i urządzeń produkcyjnych oraz optymalizacja jakości aż do rozpoczęcia produkcji. Pracownicy działu produkcji nadwozia zostali przeszkoleni w zakresie obsługi oprogramowania Tecnomatix. Od momentu wdrożenia rozwiązań Tecnomatix planowanie stało się znacznie prostsze i bardziej precyzyjne. Na przykład, planiści mogą teraz przeciągnąć i upuścić robota do scenariusza planowania, w którym jest on natychmiast widoczny w układzie instalacji 3D. W przeszłości, jeśli ktoś chciał wiedzieć, ile robotów jest używanych w fabryce nadwozi, dwie osoby musiały spędzić kilka godzin, intensywnie patrząc na układy. Teraz wystarczy nacisnąć przycisk, a Tecnomatix poda dokładną liczbę robotów i inne ważne szczegółowe informacje. Innym pozytywnym efektem oprogramowania, zdaniem planistów VW, jest to, że wszystkie informacje przepływają razem przez bazę danych. Na przykład, gdy trzeba utworzyć kalkulację kosztów, nie ma już góry plików do podbicia. Wszystko jest łatwo dostępne w systemie. Dobrym przykładem wartości Tecnomatix dla VW jest projekt o nazwie "Laser-Gross-Geo". Jednym z celów projektowych była wymiana szyny dachowej (występującej w prawie wszystkich pojazdach, w których można zamontować bagażnik dachowy) na bezpośrednie połączenie pomiędzy dachem a ścianą boczną. Konsekwencją tej zmiany była modyfikacja sekwencji szwów nadwozia. Projektanci wykorzystali firmę Tecnomatix do wprowadzenia zmian w procesie spawania, mając na uwadze cele, jakimi są zakończenie operacji spawania w jak najkrótszym czasie przy jednoczesnym zwiększeniu ilości pracy do wykonania na tej zrobotyzowanej stacji spawalniczej [20]. Narzędzie Tecnomatix pomogło planistom VW osiągnąć to wszystko bez zwiększania liczby pracowników. Rozwiązania Tecnomatix dały możliwość uzyskania lepszej jakości planowania w krótszym czasie, jednocześnie realizując kilka projektów przy prawie identycznej liczbie pracowników [1].

Innym ciekawym przykładem jest firma Continental Automotive GmbH zajmująca się bezpieczeństwem i komfortem jazdy, poprzez wytwarzanie elementów które czynią jazdę bezpieczniejszą (tj.: poduszki powietrzne i czujniki, układy sterowania); elementów, które dają bardziej efektywne zużycie paliwa (układy wtrysku benzyny i oleju napędowego) i więcej wygody (systemy informacyjne wyświetlacze wielofunkcyjne). Firma ta zlokalizowana w Regensburgu w Niemczech jest jego największą fabryką elek-

troniki, na powierzchni 16 500 metrów kwadratowych (około 177 000 stóp kwadratowych) prawie 2000 pracowników produkuje około 67 milionów urządzeń elektronicznych rocznie. Zakład działa 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, pracując z 22 liniami dla urządzeń montowanych na powierzchni (SMD). Firma po przeglądzie dostępnego oprogramowania na rynku zdecydowała się na Tecnomatix Plant Simulation. Przeprowadzono symulację polegającą na zbadaniu przepływu materiału pomiędzy stanowiskami przerobu, począwszy od wstępnego montażu, poprzez montaż SMD, aż po niestandardowe opakowanie. Po modelowaniu procesu w Tecnomatix Plant Simulation (w ciągu dwóch tygodni) uzyskana symulacja zwyciężyła w zarządzaniu zakładem. Firma wykorzystuje funkcję symulacji przepływu materiału Tecnomatix do badania i optymalizacji nowych linii produkcyjnych, a także do już istniejących. Linie można oceniać i optymalizować pod kątem różnych parametrów, takich jak przepustowość, czasy cyklu, ograniczenia wydajności, zakłócenia itd. Problemem w tej firmie było to, że na przykład linia produktów z maksymalnie 100 wariantami nie osiągnęła teoretycznego docelowego wyniku. Nieprzewidziane wąskie gardło zakłóciło przepływ materiału. Symulacja Tecnomatix pokazała, że stacja przetwarzająca działała zbyt szybko, powodując zacięcia w kolejnych stacjach. Spowolnienie cyklu dla tej konkretnej stacji - zostanie odkryte znacznie później, gdyby symulacja nie była używana. Planiści opracowali cztery alternatywne scenariusze, zwracając uwagę na koszty każdej z możliwości. Oceniając cztery alternatywy za pomocą symulacji Tecnomatix, firma była w stanie przekonać się, że najbardziej ekonomiczne podejście spełni zamierzony cel i była w stanie rozwiązać problem znacznie wcześniej. Tecnomatix pozwala także zaoszczędzić pieniądze, eliminując potrzebę czasochłonnych testów na rzeczywistych liniach produkcyjnych. Symulacja Tecnomatix przyniosła rozwiązanie o krok dalej, pokazując, w jaki sposób bufor może również umożliwić wyższą wydajność. Zostało to określone bez wykonywania jakichkolwiek testów fizycznych. Możliwości jakie daje to narzędzie sprawiły, że firma zyskała niezbędną elastycznością i potrafi idealnie sprostać wymaganiom klientów [1].

Celem Międzynarodowego portu lotniczego Nowy Doha (NDIA) w Katarze było stworzenie sprawnie działającego, niezawodnego systemu logistycznego. NDIA wybrała firmę Eisenmann do zainstalowania systemu EMS, łączącego wszystkie stacje operacyjne w nowym, nowoczesnym skrzydle gastronomicznym i zapewniającego dostawy linii lotniczych przez linie lotnicze. Zadaniem wózków jest dostarczanie samolotom jedzenia, napojów, artykułów bezcłowych i gazet. Klient zapewnił firmie Eisenmann niezbędną macierz transportową, która w rzeczywistości jest przepustowością, którą obiekt musi obsługiwać, a także, w stosownych przypadkach, modelem czasu pracy. Dzięki firmie Eisenmann opracowano układ i zdefiniowano charakterystykę przenoszenia, na przykład prędkość przenośnika (na prostych szynach i łukach) oraz strategię trasowania. Zazwyczaj wyniki uzyskane z symulacji obejmowały potwierdzenie wymaganej przepustowości i wymaganej liczby wózków, które mają duży wpływ na koszty projektu; potwierdzenie projektu layoutu; wykorzystanie mocy elementów i stacji przenośników; obciążenie buforów i kolejek; oraz wpływ planowanych strategii routingu. Celem biznesowym Eisenmann było uzyskanie większy udział w rynku dzięki innowacyjnym produktom, dostarczenie systemu szyn jednoszynowych dla wózków gastronomicznych na lotnisku New Doha oraz skrócenie czasów dostaw. Zelektryfikowany system jednoszynowy

(EMS) to szynowy środek transportu z indywidualnie napędzanymi wózkami, które poruszają się niezależnie na systemie szynowym. Punkty rozgałęzień mogą być realizowane na linii za pomocą punktów przełączania. Rzeczywiste szyny są zazwyczaj przymocowane do sufitu sklepu. W przypadku awarii wózka można go bez większego wysiłku wsunąć z linii transportowej do stanowiska serwisowego. Firma Eisenmann zaprojektowała kilka scenariuszy jakby mogła wyglądać kolej jednoszynowa i zasymulowała to w programie Tecnomatix. Projekt kolei jednoszynowych okazał się skuteczny i wydajny, połączył różne etapy procesu związane z tym systemem dostaw, w tym wszystkie środki niezbędne do czyszczenia i wyposażenia wózków. Wózki przybywające w obszarze przychodzącym zostają ręcznie pchnięte na oczekujące wózki EMS i przetransportowane do stacji zaopatrzeniowej, gdzie są opróżniane. Puste wózki na wózkach EMS przejeżdżają przez strefę czyszczenia, a następnie przejeżdżają do różnych terminali. Odpowiednie miejsca docelowe zostają określone przez komputer przepływu materiałów (MFC) firmy Eisenmann. Korzystając z Tecnomatix Plant Simulation, firma stworzyła wirtualną konfigurację uruchamiania, w której zidentyfikowano i rozwiązano rzeczywiste problemy z programem kontroli strategii routingu. Problemy, które zidentyfikowano za pomocą wirtualnego zestawu uruchomieniowego, obejmowały na przykład wózek, który nie dotarł do wyznaczonej stacji i rozmiar buforów na puste wózki (co było nieprawidłowe). Skorzystanie z Plant Simulation firmy Siemens PLM Software z portfolio Tecnomatix® przez firmę Eisenmann Conveyor Systems (Eisenmann) pozwoliło zasymulować testy praktycznie, doprowadzić do wirtualnego rozruchu. Dzięki modelowaniu i optymalizacji operacji na długo przed rozpoczęciem budowy lub instalacji sprzętu zaoszczędzono znaczną ilość czasu i pieniędzy[1].

Modele symulacji wykonane za pomocą Tecnomatix Plant Simulation przyczyniły się do zwiększenia elastyczności; symulacja przepływu materiału zwiększyła również wydajność i zredukowała straty. Narzędzie Tecnomatix Plant Simulation spowodowało rozwój przedsiębiorstw oraz podniesienie jakości produkowanych wyrobów.

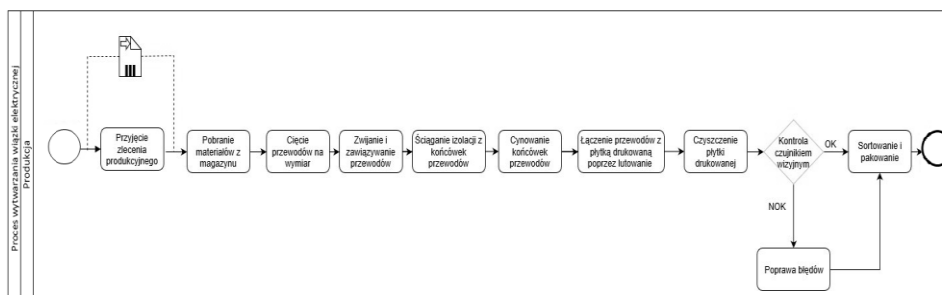
#### 4. MODEL SYMULACYJNY – ZAŁOŻENIA

Jako przykład procesu produkcyjnego przyjęto proces wytwarzania wiązek elektrycznych, które znajdują zastosowanie w elektrozaworach montowanych w dystrybutorach paliw na stacjach benzynowych. Zobrazowanie tego procesu pozwoli poznać działanie programu Tecnomatix Plant Simulation, pomocnego przy modelowaniu i symulacji procesów produkcyjnych. Model systemu produkcyjnego opiera się na przykładzie rzeczywistego działu produkcji. System obejmuje trzy identycznie przebiegające linie produkcyjne zasilane materiałami z osobnych magazynów, obrabione detale trafiają również do oddzielnych magazynów wyrobów. Przy każdej maszynie zdefiniowano operatora (brak operacji automatycznych), przy czym liczba operatorów odpowiada liczbie maszyn. Symulacja zostanie przeprowadzona w czasie jednej zmiany roboczej tj. 6:00-14:00 tj. 8h. Linie transportowe wynoszą min 4m – max 10m . Awaryjność maszyn określono na poziomie:

- w przypadku gilotyny – 85%,
- w przypadku maszyny odizolowującej przewody – 95%.



Produkcja wiązek elektrycznych odbywa się na hali o powierzchni ponad 1300m<sup>2</sup>, proces produkcji opiera się na bogato zaopatrzonym parku maszynowym. Przewody wykorzystywane do produkcji wiązek elektrycznych są dostarczane do magazynu w postaci szpul. Przy pomocy wózków widłowych są one lokowane na odpowiednim miejscu w magazynie. W momencie otrzymania zlecenia produkcyjnego odpowiedni rodzaj przewodu transportowany jest na halę produkcyjną. Wszelkie maszyny obsługują pracownicy produkcyjni – operatorzy maszyn. Czas operacji cięcia jednej sztuki zależy od grubości materiału. Proces wytwarzania wiązek elektrycznych polega w pierwszej kolejności na cięciu przewodów na określony wymiar, na urządzeniach zwanych gilotynami. Następnie następuje zwijanie i zawiązywanie przewodów. Kolejnym etapem produkcji jest ściąganie izolacji z zakończeń przewodów. Na następnym stanowisku roboczym wykonywane jest cynowanie końcówek przewodów, co umożliwia przylutowanie przewodu do płytki drukowanej, która jest dostarczana z magazynu do stanowiska montażowego za pomocą przenośników transportowych. Do montażu wiązek wykorzystywane są wielostanowiskowe stoły montażowe. Po połączeniu ze sobą przewodów oraz płytki drukowanej, na kolejnym stanowisku następuje czyszczenie płytki. Na stanowisku kontroli jakości sprawdzane jest czy przewody zostały prawidłowo przylutowane oraz czy spełniają swoje funkcjonalności. Kontrola ta przeprowadzana jest za pomocą czujnika wizyjnego, wyniki kontroli wyświetlane są na monitorze komputera. Wyroby, które zostały zaakceptowane przez kontrolera działu jakości przechodzą na stanowisko sortowania i pakowania opuszczając jeźli kontroler stwierdza niezgodność wyrobu z wymaganiami klienta, wyrób odsyłany jest do poprawy lub do analizy, gdzie rozwiązaniem problemu zajmują się specjaliści ds. Zapewnienia Jakości. Produkcja wiązek opiera się na dokumentacji powierzonej przez klienta, ponadto można samodzielnie dokonać opracowania dokumentacji na bazie przekazanego wzoru wiązki lub według wytycznych klienta. Według uzgodnień z klientem, przygotowane mogą być wiązki wzorcowe lub prototypowe. Proces wytwarzania wiązki elektrycznej został przedstawiony na rysunku 3.1. w notacji BPMN.



Rys.3.1 Proces wytwarzania wiązki elektrycznej w notacji BPMN [opracowanie własne]

Dla danego procesu zostały określone czasy wykonania poszczególnych operacji. Czasy operacji dotyczą wykonania jednej sztuki wyrobu. W tabeli 3.1 zostały przedstawione czasy wykonania operacji na określonym stanowisku roboczym.

Tab. 3.1 Jednostkowe czasy wykonania operacji na poszczególnych stanowiskach modelu wyjściowego [opracowanie własne]

Symbol wykonywanej operacji	Rodzaj operacji	Czasy wykonania operacji dla poszczególnych elementów		
		A	B	C
OPR_1 OPR_11 OPR_12	Cięcie na wymiar	0:30	0:28	0:30
OPR_2 OPR_21 OPR_22	Zwijanie i zawiązywanie	0:25	0:20	0:25
OPR_3 OPR_31 OPR_32	Ściąganie izolacji z końcówek przewodu	0:10	0:10	0:10
OPR_4 OPR_41 OPR_42	Cynowanie końcówek przewodu	0:38	0:35	0:35
Montaż Montaż_1 Montaż_2	Przylutowywanie przewodu do płytki drukowanej	0:30		
OPR_5 OPR_51 OPR_52	Czyszczenie płytki	0:08		
OPR_6 OPR_61 OPR_62	Kontrola czujnikiem wizyjnym	0:15		
OPR_7 OPR_71 OPR_72	Pakowanie	0:15		

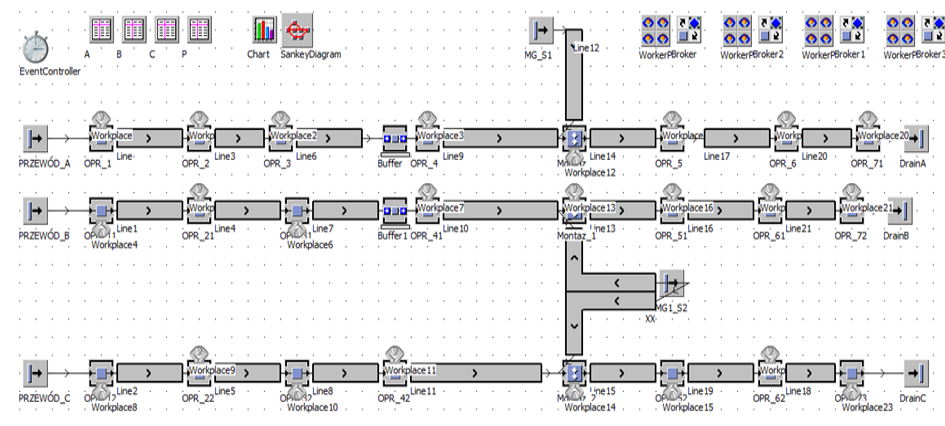
Model symulacyjny procesu produkcji wiązki elektrycznej wykonany za pomocą Tecnomatix Plant Simulation został przedstawiony na rysunku 2.2. Wszystkie elementy procesu wytwarzania są obrabiane niezależnie od siebie. Proces wytwarzania wiązek eklektycznych odbywa się na trzech równoległych liniach, na każdej z linii wykorzystywany jest inny typ przewodu. Przewody różnią się od siebie wg zlecenia produkcyjnego m. in. długością oraz przekrojem. W zależności od tych parametrów niektóre operacje mogą dla grubszych czy dłuższych przewodów mogą trwać dłużej. Wszystkie trzy linie zasilane są z różnych magazynów, natomiast obrobione już gotowe półwyroby trafiają również do oddzielnych magazynów. Na linii 1 produkowane są wiązki dwużyłowe,

składające się z 2x przewodu A oraz płytki drukowanej. Linia 2 i linia 3 jest to produkcja wiązek elektrycznych jednożyłowych, do których również przylutowywana jest płytka drukowana. Na poszczególnych liniach wykorzystywane są przewody o takich parametrach jak:

A - przewód o długości 250mm, o przekroju 2,5 mm,

B - przewód o długości 230mm, o przekroju 1,5 mm,

C - przewód o długości 230mm, o przekroju 1,5 mm.



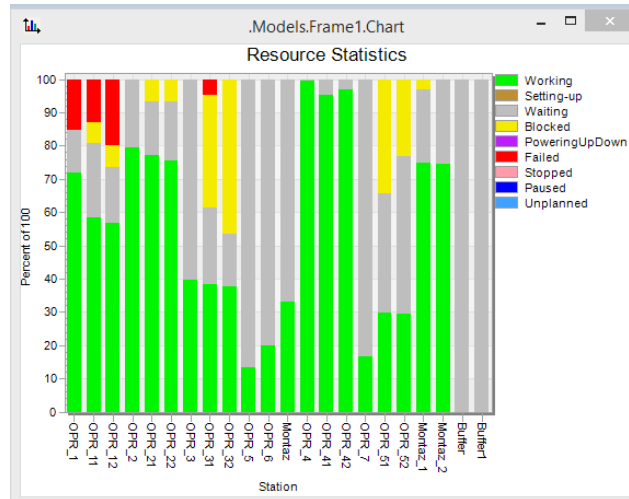
Rys. 3.2 Model symulacyjny wyjściowy procesu produkcji wiązki elektrycznej wykonany za pomocą Tecnomatix Plant Simulation [opracowanie własne]

Aby zobrazować ten proces wykorzystano obiekt Chart, gdzie za pomocą wykresu słupkowego oraz kolorów jest pokazane jak pracują dane pozycje robocze (tabela 4.3). Aby utworzyć taki wykres należy zdefiniować obszary, które mają być analizowane. W modelu wyjściowym analizie zostały poddane wszystkie stanowiska robocze (OPR\_1 – OPR\_7 oraz bufor) i stanowiska montażu.

Tab.3.3 Znaczenia kolorów przedstawionych na wykresie Chart [opracowanie własne]

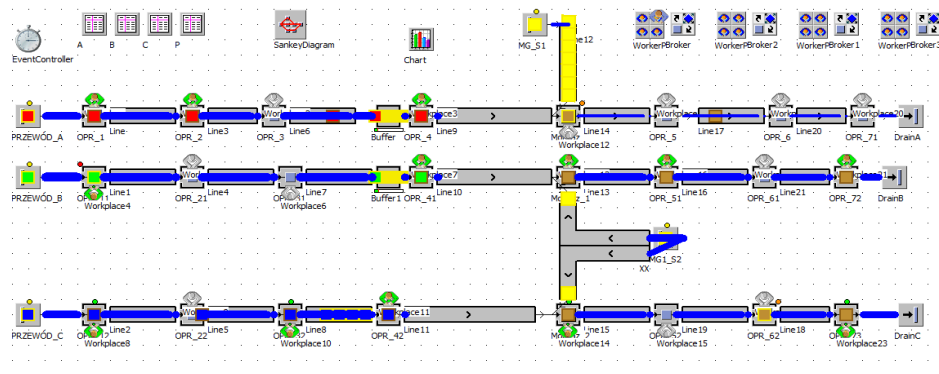
Kolor	Oznaczenie
Żółty	Stanowisko zaczyna się blokować
Zielony	Stanowisko pracuje
Czerwony	Stanowisko zablokowane
Szary	Stanowisko oczekuje

Jak wynika z wykresu jest duże obciążenie stanowisk i maszyn, przez awaryjność maszyn kolejne stanowiska zaczynają się blokować (rysunek 3.3).



Rys. 3.3 Wykres podsumowujący pracę stanowisk roboczych [opracowanie własne]

Inną funkcją programu, bardzo przydatną jest diagram Sankeya, który przedstawia miejsca gdzie jest największy przepływ produkcji (rysunek 3.4). Diagramy Sankeya umożliwiają łatwe odczytywanie przebiegów symulacji zdarzeń specjalnych i rozpoznawanie wzorców w celu wyciągnięcia właściwych wniosków. Kreator Sankey Symulacji Tecnomatix Plant umożliwia użytkownikom tworzenie wykresów Sankeya za pomocą poleceń przeciągania i upuszczania w ciągu kilku sekund. Największy przepływ przygotowanym modelu występuje od operacji nr 1 do operacji nr 4 na wszystkich liniach produkcyjnych oraz od Montaz\_1 aż do końca procesu na liniach B i C.



Rys. 3.4 Wykres Sankeya wygenerowany w programie [opracowanie własne]

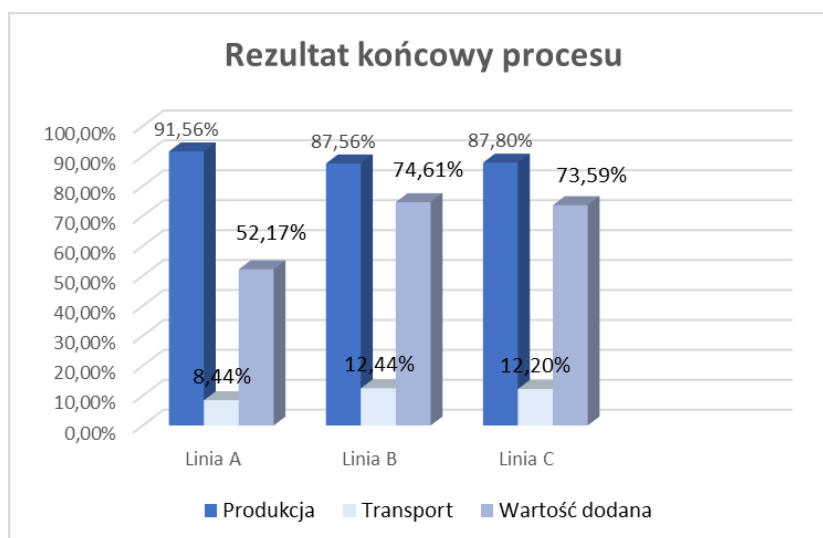
Podstawą analizy przedstawionego modelu danego procesu produkcyjnego jest tabela z rezultatem jaki został osiągnięty, którą generuje program Tecnomatix na zakończenie symulacji. Zaprojektowany wirtualny model wyjściowy w tym przypadku wyprodukował w ciągu ośmiogodzinnej zmiany 802 szt. – wiązek z przewodem B, 376 sztuk wiązek z przewodem A oraz 750 sztuk wiązek elektrycznych zbudowanych z przewodu C. Z tabeli wynika, że przepustowość na godzinę wynosi w tym przypadku dla A- 47 szt./h, dla B - 100 szt./h i dla C – 94szt./h (rysunek 3.1).

Simulation time: 8:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
DrainB	Entity	1:31.1383	802	100	87.56%	12.44%	0.00%	74.61%	
DrainA	Entity	2:10.3336	376	47	91.56%	8.44%	0.00%	52.17%	
DrainC	Entity	1:32.4068	750	94	87.80%	12.20%	0.00%	73.59%	

Rys. 3.5 Końcowy rezultat symulacji generowane przez program [opracowanie własne]

Wynioskować można, iż najlepszy rezultat biorąc pod uwagę produktywność osiągnięto na linii A, gdzie poziom produkcji wyniósł 91,56% w stosunku do całości procesu, transport tylko 8,44%. Jednak wartość dodana ukształtowała się na poziomie tylko 52,17%. Dlatego można stwierdzić, że bardziej efektywne wyniki osiągnięto na liniach B i C. Za pomocą wykresu przedstawiono jak kształtuje się proces wytwarzania wiązek elektrycznych na poszczególnych liniach produkcyjnych (rysunek 3.4).



Rys. 3.4 Wykres TPH dla modelu wyjściowego i dla modelu po eksperymencie [opracowanie własne]

W celu ulepszenia procesu wytwarzania wiązek elektrycznych można zastosować dodatkowe maszyny, do których należałoby przypisać nowych operatorów. Maszyny byłyby w 100% niezawodne. Zainstalowane zostały bufory magazynujące półwyroby, które oczekiwały pomiędzy stanowiskami. Skrócenie czasu wykonywania poszczególnych operacji również pozwoliło zyskać na produkcji, czasami kosztem transportu. Innym rozwiązaniem mogłoby być stworzenie nowego rozkładu linii produkcyjnych [5,6,7].

## PODSUMOWANIE

Po przeprowadzonej symulacji komputerowej za pomocą programu Tecnomatix stwierdzono, iż proces ten okazał się mało efektywny. Dlatego też można by go ulepszyć, po to by stał się on lepszym i wydajniejszym w porównaniu z modelem wyjściowym. Zmiana mogłaby polegać na tym, że do modelu wyjściowego dodano by sprawne maszyny oraz zostałyby one dostawione też w miejscach, gdzie produkcja się blokowała oraz skrócenie czasów wykonania operacji na stanowiskach roboczych, co pozwoliłoby na zwiększenie produktywności. W celu poprawy zdolności procesu wymagane jest systematyczne doskonalenie. Nie tylko odnosi się to do badań diagnostycznych poszczególnych przyczyn ale stawia to wymagania dotyczące zarządzania na rzecz poprawy takich czynników jak: wydajność maszyn, niezawodność i konserwacja, zwiększenie wydajności na stanowiskach pracy. Wykorzystanie symulacji komputerowych pozwala na wykrycie niestabilności produkcji wyrobu przed lub w trakcie jego wytwarzania. Pozwala to nie tylko na zmniejszenie kosztów, lecz także na zwiększenie niezawodności produktu, a co za tym idzie zadowolenia klienta i zdobycia przewagi na rynku.

## LITERATURA

- [1] [https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/Plant-Simulation-Tecnomatix/181/1/Plant\\_Simulation\\_Fact\\_Sheet\\_book\\_HQ.pdf](https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/Plant-Simulation-Tecnomatix/181/1/Plant_Simulation_Fact_Sheet_book_HQ.pdf) (dostęp z dnia 07.04.18 r.)
- [2] [http://isz.weii.tu.koszalin.pl/ISZ5/Informatyczne%20Systemy%20Zarzadzania%205\\_03%2](http://isz.weii.tu.koszalin.pl/ISZ5/Informatyczne%20Systemy%20Zarzadzania%205_03%2)
- [3] Janisz, K., Mikulec A., Górka K., *Symulacja procesu technologicznego w aspekcie jego logistyki i wydajności*, Logistyka, 2017
- [4] Kłos S., Patalas-Maliszewska J., *Symulacja przebiegu procesów produkcyjnych w systemach przepływowych w oparciu o oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation w: R. Knosala (red.), Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Opole, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2016
- [5] Kłos S., *The simulation of manufacturing systems with Tecnomatix Plant Simulation*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2017
- [6] Kłos, S., Kuc P., pod redakcją: Kłos, S., Patalas-Maliszewska, J., Jakubowski J., *Modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych w oparciu o oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation, Inżynieria produkcji. Planowanie, modelowanie.*, Zielona Góra, 2015,

- [7] **Małcki K., Szarafińska M.**, *Modelowanie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie wirtualnym*, Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Politechnika Szczecińska, 2018.

# **ZNACZENIE HANDLU ELEKTRONICZNEGO W ROZWOJU PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH**

## **1. WPROWADZENIE**

Rozwój rynku e-commerce jest wynikiem dynamicznego rozwoju sieci. Najnowsze dane (Eurostat) wskazują, że w roku 2017 ponad 72% (około 27.92 mln) Polaków korzystało z Internetu, a aż 68% internautów dokonało zakupów online. O tym, że Polski rynek e-commerce to dynamiczny segment sprzedaży, potwierdza fakt, że w 2018 roku odpowiadał za 7% zakupów przy globalnej średniej na poziomie 10% [13]. W tym samym roku oszacowano, że ponad 16 mln polskich konsumentów robi zakupy w sieci, a Polska jest jednym z krajów, w których najszybciej rośnie rynek e-commerce.

Przedstawione dane przedłożyły się również na wzrost popularności dokonywanych transakcji kupna drogą on-line. Jedną z najbardziej popularnych form działalności w Internecie jest dokonywanie zakupów. Wpływ na to mają m.in. następujące czynniki:

- usługa jest dostępna z właściwie dowolnego miejsca,
- usługa może być dokonana o dowolnej porze dnia i nocy [1].

Pojęcie e-commerce funkcjonuje od wielu lat, a pomimo tego nie została sformułowana jedna ogólna i powszechnie uznawana definicja. Światowa Organizacja Handlu definiuje pojęcie handlu elektronicznego jako produkcję, reklamę, sprzedaż i dystrybucję produktów za pomocą sieci teleinformatycznych [5].

Definicja ta jest bardzo ogólna, jeżeli chodzi o obszar produkcji i reklamy, które to narzędzia stanowią wspólnie odrębne elementy marketingowe. Według Ph. Kotlera handel elektroniczny to termin ogólny używany do określenia procesów kupna i sprzedaży wspieranych przez urządzenia elektroniczne [3], natomiast w rozumieniu A. Hartmana e-commerce to szczególny rodzaj przedsięwzięć w zakresie e-biznesu, skupiający się wokół pojedynczych transakcji wykorzystujących sieć jako medium wymiany. Jednakże słowo „pojedynczych” jest nieadekwatnym określeniem, ponieważ dynamika i potencjał współczesnego sektora e-commerce wykazuje masowość transakcji. M. Niedźwiedziński. Pojęcie handel elektroniczny (ang. Electronic commerce) jest stosowane i interpretowane w różnorodny i niejednoznaczny sposób. Zakres przedmiotowy e-commerce obejmuje treść merytoryczną pojęcia działalności gospodarczej w rozumieniu ustawy z dnia 2 lipca 2004 roku o swobodzie działalności gospodarczej. Dla kwalifikacji wszystkich przejawów aktywności gospodarczej do e-commerce najważniejsze jest użycie do kontaktów zewnętrznych, elektronicznych

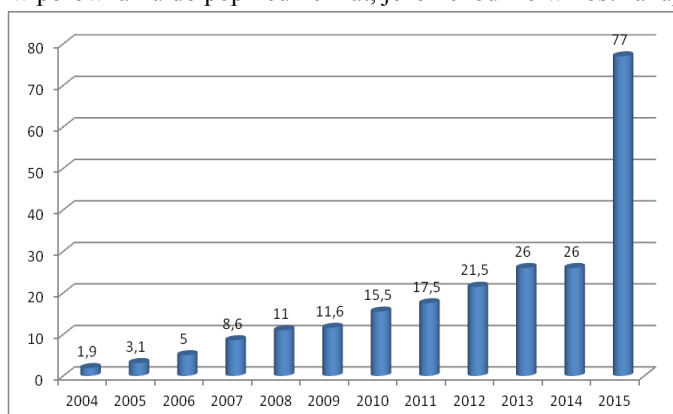


nośników informacji. Przytoczone definicje posiadają jednak rozbieżności w związku z czym występują trudności ze sprecyzowaniem pojęć związanych z gospodarką elektroniczną, w tym handlu elektronicznego. Występują one w charakterze sfery, która ulega ciągłym przeobrażeniom razem z rozwojem nowych technologii informatycznych, a także zależności od kontekstu sytuacji, w której są używane [2].

Celem artykułu jest dokonanie analizy trendów na rynku e-commerce w Polsce oraz określenie wpływu e-commerce na rozwój przedsiębiorstw produkcyjnych.

## 2. ROZWÓJ E-HANDLU

Rozpowszechnienie Internetu oraz umożliwienie dostępu do sieci internetowej nawet w najmniejszych miejscowościach w Polsce przyczyniło się do wzrostu handlu elektronicznego. Wartość internetowej sprzedaży na koniec 2013 roku wyniosła 26 mld zł. Bazując natomiast na danych Izby Gospodarki Elektronicznej wartość polskiego rynku e-commerce z każdym rokiem wrasta. W roku 2004 wartość rynku oszacowano na 1,9 mld zł, w roku kolejnym na 3,1 mld zł. Na koniec 2014 roku wartość ta została oszacowana na 26 mld zł (patrz Rys.1). Z danych wynika, że rok 2015 był przełomowym w porównaniu do poprzednich lat, jeżeli chodzi o wzrost zakupów.



Rys. 1. Wartość rynku e-commerce (w mld PLN) [źródło: opracowanie własne na podstawie: 8]

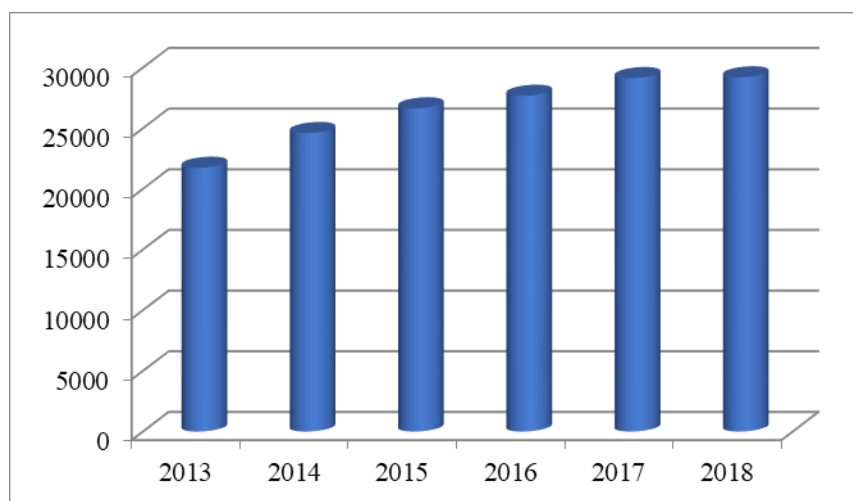
O rozwoju e-commerce świadczy jego wartość szacowana w 2017 roku w Polsce na 36-40 mld zł [9]. Wynika to z systematycznie rosnącej liczbie internautów kupujących w Internecie.

Rozwój rynku e-commerce jest również wynikiem zmian jakie zaszły w społeczeństwie. Obecnie mówi się o tzw. społeczeństwie informacyjnym, społeczeństwie wiedzy. Ewolucję społeczeństwa można zobrazować w formie graficznej (patrz Rys. 2).



Rys. 2. Ewolucja społeczeństwa [źródło: opracowanie własne na podstawie: 6]

W ostatnich latach można także zaobserwować ciągle wzrastającą liczbę zarejestrowanych sklepów e-commerce – co pozwala przedsiębiorstwom pozyskiwać coraz to szersze kręgi konsumentów. Liczbę zarejestrowanych sklepów obrazuje Rys.3.

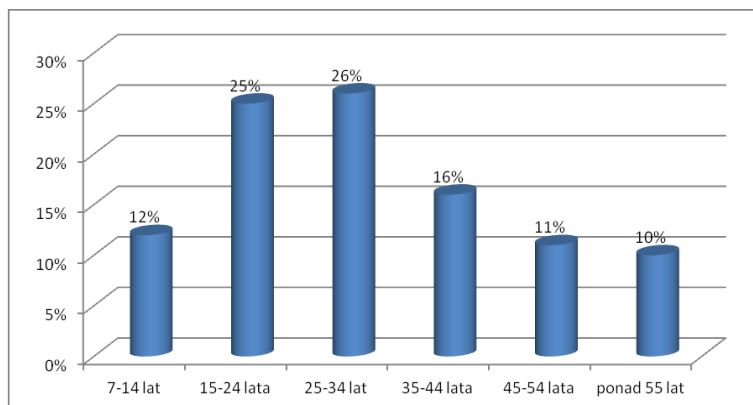


Rys. 3. Liczba zarejestrowanych sklepów e-commerce [źródło: opracowanie własne na podstawie: 7]

## 2.1. Strony zakupowe w oczach internautów

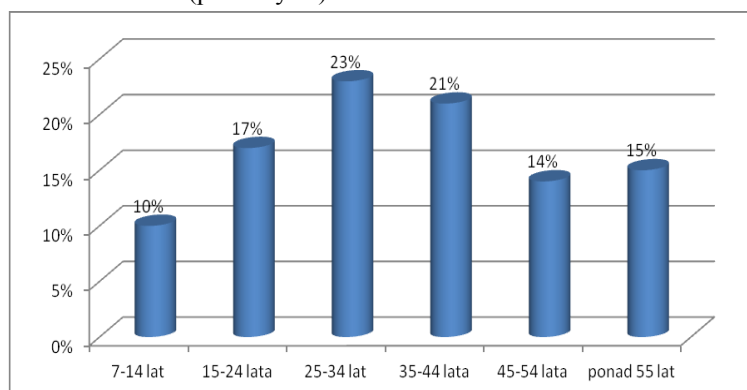
Sklepy internetowe klasyfikują się jako najbardziej znane spośród wszystkich form jakie przybierać może handel elektroniczny i najprościej rzecz ujmując, są to specjalne witryny internetowe z katalogami produktów, na których można je nabywać. To co umożliwia funkcjonowanie takiej strony oraz zapewnia te wszystkie możliwości wybierania i nabywania produktów to oprogramowanie zwane e-koszykiem, czy też zwyczajnie koszykiem. Na koniec 2013 roku liczba działających sklepów internetowych wyniosła 12 tys., czego zdecydowaną większość stanowiły sklepy w kategorii „Dom i Ogród”. Niespełna 75% sklepów internetowych zatrudnia do 5 osób. Około 1/3 sklepów działających na rynku polskim oferuje sprzedaż także na rynkach zagranicznych. Dane opublikowane przez Izbę Gospodarki Elektronicznej wskazują również, iż 78% Polaków odwiedza serwisy e-commerce, natomiast 59% internautów odwiedza e-sklepy. Największy odsetek kobiet (26%) odwiedzających serwisy e-commerce stanowią osoby

znajdujące się w przedziale wiekowym między 25 a 34 rokiem życia. Drugą grupę stanowią kobiety w przedziale od 15 do 24 roku życia. Do trzeciej zaliczają się kobiety między 35 a 44 rokiem, 11% to kobiety w wieku od 45 do 54 lat. W przedziale między 7 a 14 rokiem jest 12% kobiet, natomiast 10% stanowią kobiety mające ponad 55 lat (patrz Rys.3).



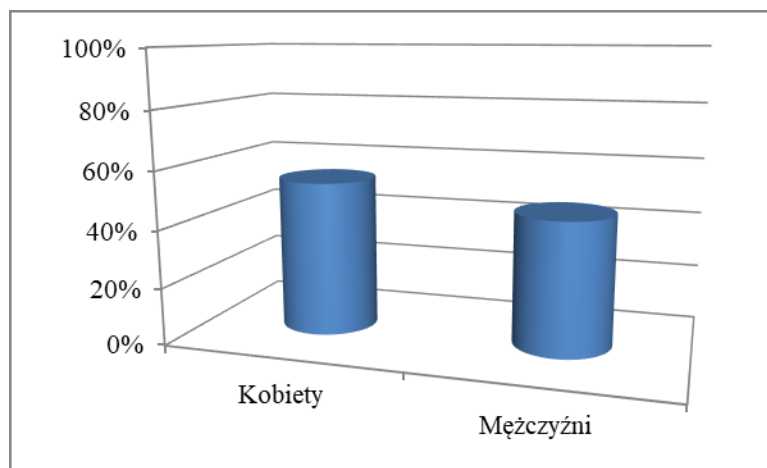
Rys. 4. Demografia w e-commerce (kobiety) [źródło: opracowanie własne na podstawie: 8]

Podobna struktura demograficzna przedstawia się w stosunku do mężczyzn korzystających z serwisów e-commerce. Tak samo jak w przypadku kobiet największy odsetek mężczyzn stanowią osoby znajdujące się w przedziale od 25 do 34 lat. Drugą grupą są natomiast mężczyźni w przedziale od 35 do 44 lat. Stanowią oni 21% ogółu mężczyzn korzystających z takich serwisów. Mężczyźni powyżej 55 lat stanowią natomiast 15% internautów (patrz Rys.4).



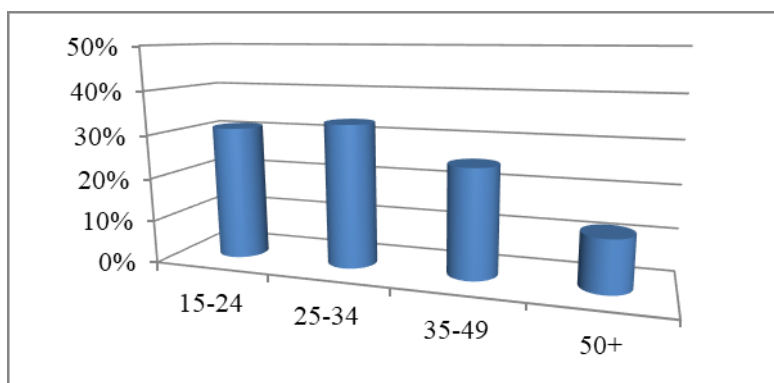
Rys. 5. Demografia w e-commerce (mężczyźni) [źródło: opracowanie własne na podstawie: 8]

Najnowsze badania wskazują, że w 2018 roku to kobiety stanowiły ponad połowę (54%) osób kupujących w sieci, natomiast procentowy udział mężczyzn wynosił 46% (patrz Rys.5).



Rys.6. Demografia w e-commerce [źródło: opracowanie własne na podstawie: 10]

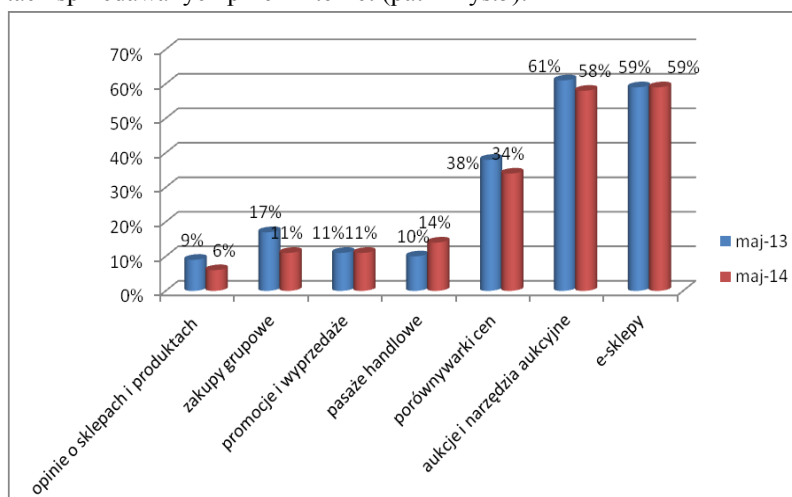
Raport wskazał, że największą grupą kupujących były osoby w przedziale wiekowym 34-49 lat, które stanowiły 33% wszystkich kupujących w sieci, natomiast najmniejszy udział miały osoby w wieku 50+, które stanowiły zaledwie 12% (patrz Rys.6.).



Rys.7. Demografia w e-commerce ze względu na wiek [źródło: opracowanie własne na podstawie: 10]

Odnosząc się natomiast do najbardziej popularnych kategorii e-commerce w 2014 roku należy wymienić dwie, tj.: e sklepy (59%) oraz aukcje i narzędzia aukcyjne (95%). Trzecią najpopularniejszą kategorią są serwisy oferujące porównywanie cen. W roku 2013 ich popularność stanowiła 38%, w 2014 spadła do 34%. Inne kategorie to pasaze

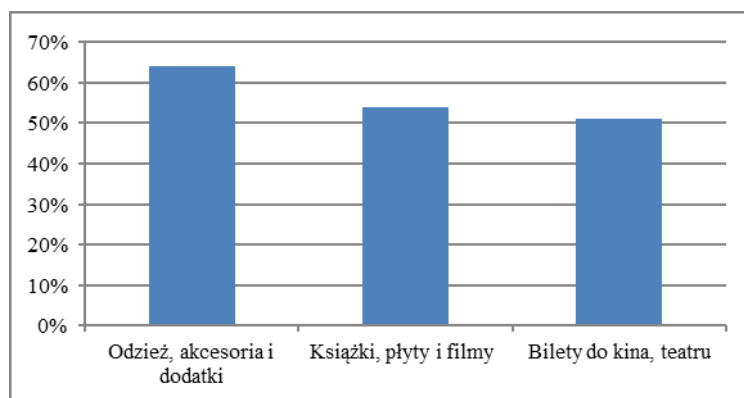
handlowe (w 2014: 14%, w 2013: 10%), promocje i wyprzedaże: 11% w 2013 oraz w 2014 roku. Zakupy grupowe w roku 2013 cieszyły się popularnością na poziomie 17%, natomiast w roku 2014 ich popularność oszacowano na poziomie 11%. Najmniejszą popularnością cieszą się serwisy, gdzie można poznać opinie o sklepach oraz o produktach sprzedawanych przez Internet (patrz Rys.5).



Rys. 8. Najbardziej popularne kategorie e-commerce w Polsce w 2014 roku [źródło: opracowanie własne na podstawie: 8]

Raport z roku 2018 obejmował także wskazanie e-serwisów, w których można dokonać zakupów online w konkretnych kategoriach. W kategorii perfumeria/drogeria internetowa najczęściej wskazywane nazwy to: Rossmann (podobnie jak w roku 2014 roku zajął pierwsze miejsce w rankingu najbardziej znanych perfumeriach/drogeriach), iPerfумы, Douglas oraz Sephora. W kategorii e-serwisów oferujących sprzęt RTV/AGD internauci wskazywali: RTVEuroAGD, Mediamarkt, Mediaexpert oraz Allegro. Podobnie jak w przypadku e-serwisów zajmujących się sprzedażą odzieży porównując rok 2014 z rokiem 2018 widoczne jest pojawienie się nowych, konkurencyjnych e-serwisów oferujących sprzęt RTV/AGD (Mediaexpert, Mediamarkt). W kategorii serwisów internetowych sprzedających artykuły do domu i ogrodu największa liczba internautów wskazała takie serwisy jak: Allegro, Castorama, Ikea, Leroy Merlin. W tym obszarze nazwy wymienianych przez internautów serwisów w 2018 były powtarzalne z rokiem 2014.

Przeprowadzone badania w 2018 roku wskazują, że najczęściej kupowane kategorie produktów w sieci to: odzież, akcesoria i dodatki (64%), książki, płyty i filmy (54%) oraz bilety do kina, teatru (51%).



Rys.9. Najbardziej popularne kategorie produktów wśród kupujących w 2018 roku [źródło: opracowanie własne na podstawie: 10]

### 3. E-COMMERCE W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH

Rozwój rynku e-commerce jest ściśle związany ze zmianą stylu życia społeczeństwa i powszechnym dostępem technologii. Istnienie na współczesnym rynku skierowanym na pełną automatyzację i cyfryzację wymaga od przedsiębiorców pełnej integracji świata rzeczywistego ze światem wirtualnym, co pozwala na skuteczną reakcję na wyzwania, które są przed nimi stawiane. Światowe rynki podejmują inicjatywy skierowane na ciągłą optymalizację procesów pracy poprzez gromadzenie i przetwarzanie informacji w czasie rzeczywistym. Związane jest to głównie z wzmocnieniem konkurencyjności na dynamicznym rynku. Przemysł skierowany jest na budowanie inteligentnych fabryk (*Smart Factory*), zautomatyzowanych i samoopimalizujących wytwarzane produkty. Rozwiązania te umożliwią zindywidualizowaną produkcję dostosowaną do oczekiwań i potrzeb klienta. Rozszerzenie działalności przedsiębiorstw produkcyjnych o sprzedaż w Internecie wydaje się, więc działaniem nieuniknionym, aby sprostać współczesnym trendom. Wprowadzenie e-commerce należy rozpocząć od analizy rynku, określeniu możliwych rozwiązań logistycznych i dochodowości przedsięwzięcia. Najistotniejszym kryterium zastosowania e-commerce w branży produkcyjnej jest określenie potencjału sprzedaży drogą elektroniczną oferowanych towarów. Potencjał ten zależy przede wszystkim od oddziaływania poszczególnych towarów na zmysły potencjalnego klienta. Wyższy potencjał digitalizacji przypisuje się bowiem produktom, które oddziałują na zmysły wzroku i słuchu [15]. Jednak dynamiczny rozwój technologii i rozwój e-commerce sprawił, że w sprzedaży internetowej znajdują się produkty, których sukces w digitalizacji jeszcze do niedawna był abstrakcją, a dziś stanowi główny kanał ich dystrybucji. Przedsiębiorstwa produkcyjne decydując się na poszerzenie swojej działalności o sprzedaż internetową, pozostając jednocześnie na rynku „tradycyjnym” - przedsiębiorstwo tradycyjno-internetowe (*brick and click/click and mortar*) - tworzą nowy, alternatywny kanał dystrybucji swoich produktów. Internet nie stanowi jedynej i

podstawowej płaszczyzny transakcyjnej, a jedynie usprawnia proces sprzedaży poprzez poszerzenie grona potencjalnych klientów. Badania wskazują, że rozwój e-commerce skierowany jest na personalizację, czyli zindywidualizowanie ofert i przekazów marketingowych, co w branży produkcyjnej staje się dziś normalnością, dzięki stosowaniu nowoczesnych technologii informatycznych w całym procesie wytwórczym. Nowoczesne oprogramowania cyfrowe mogą skrócić czas realizacji zamówienia klienta, poprzez przekazywanie danych z komputera (zamówienie) na linię produkcyjną. Rozwiązania te pozwalają na redukcję czasu związanego z przyjęciem zamówienia zgodnego z indywidualnymi oczekiwaniami klienta. Ze względu na odejście od typizacji produktów i globalnych możliwości sprzedaży produktów wejście na rynek e-commerce przez przedsiębiorstwa produkcyjne wydaje się, więc niezbędnym krokiem do ich dalszego rozwoju. Jest to ściśle związane z zachodzącą cyfryzacją w przedsiębiorstwach produkcyjnych, która jest procesem wielowymiarowym napędzanym przez wiele czynników, w tym przez wielokanałowe (multi-channel) oraz wszechkanałowe (omni-channel) modele dystrybucji produktów, a także przez wszechobecną łączność z dostawcami i odbiorcami [13].

Nieustanna transformacja w handlu wymaga od przedsiębiorców szybkiej reakcji na zmiany. Wdrożenie e-commerce wydaje się być kolejnym krokiem zwiększającym jakość obsługi klienta przez przedsiębiorstwa produkcyjne i zdobycie nowych klientów poprzez umożliwienie im zakupów w dowolnym czasie i miejscu. Jednak duże obroty w tradycyjnej sprzedaży często zniechęcają przedsiębiorstwa do wdrożenia nowych kanałów dystrybucji sprzedaży w formie handlu elektronicznego. Dobre wyniki sprzedaży tradycyjnej świadczą o potrzebie pozostawienia dotychczasowego kanału dystrybucji i jedynie uzupełnienie go o e-commerce. Zauważalny trend multikanałowości w dużym stopniu pomaga w prowadzeniu biznesu, dywersyfikuje ryzyko przedsiębiorstw, a także pomaga w dotarciu do klienta pozwalając tym samym na bezpośredni kontakt.

#### **4. PILOTAŻOWE BADANIA ANKIETOWE**

Badania ankietowe przeprowadzone zostały w marcu 2016 r. Badania zostały przeprowadzone za pomocą kwestionariusza ankiety składającego się z pięciu pytań zamkniętych. Ankiety zostały przeprowadzone w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjno-usługowym.

Ankiety zostały przeprowadzone w formie anonimowej. Ankietowani to kobiety i mężczyźni w wieku od 20 do 60 roku życia. Uzyskane wyniki zostały przedstawione poniżej.

Badani zostali poproszeni o wskazanie według ich opinii jakie są najważniejsze kryteria charakteryzujące sklepy e-biznes. Z uzyskanych odpowiedzi wynika, że dla wszystkich badanych najważniejsze jest, aby sklepy e-biznes były przejrzyste, jasno sformułowane, łatwo dostępne oraz czytelne.

W kolejnym pytaniu ankietowani zostali zapytani czy cena jest jedynym czynnikiem, który decyduje o ich zakupie produktu w sklepie internetowym. Respondenci w 67% oświadczyli, że cena nie jest jedynym czynnikiem, który odgrywa kluczową rolę w zamawianiu produktów.

Zgodne były także odpowiedzi dotyczące twierdzenia ankietowanych, że powrót do sklepu jest uzależniony od pozytywnego doświadczenia zakupowego - to zdanie zostało potwierdzone przez wszystkich uczestników ankiety.

Kolejne pytanie dotyczyło częstotliwości odwiedzania stron internetowych przez ankietowanych. Wszyscy uczestnicy ankiety uważają, że odwiedzają sklepy internetowe przynajmniej raz w tygodniu oraz, że jest to dogodna forma zakupów przewyższająca tradycyjne zakupy w sklepach.

Przeprowadzone badania pozwoliły na zebranie opinii pracowników firmy na temat sklepów e-biznes. Zebrane wyniki mogą posłużyć przedsiębiorstwom produkcyjnym we wdrożeniu e-commerce dostosowanego do potrzeb potencjalnych klientów. Przedstawienie wymagań stawianych przez badanych charakteryzujących e-biznes wskazuje konieczność zaprojektowania strony o przejrzystym interfejsie, jasności sformułowania i czytelności oferty oraz łatwości dostępu. Opinia badanych jest ważnym elementem stworzenia skutecznej strony internetowej. Kolejnym ważnym aspektem jest określenie czynników motywujących do zakupów w Internecie. Przeprowadzona ankieta wskazuje na konieczność zagwarantowania konkurencyjnych cen, które są istotnym, lecz nie jedynym czynnikiem decydującym o zakupie na danej stronie internetowej. Badania wykazały także potrzebę zapewnienia wysokiej jakości usług pozwalającej na budowanie pozytywnego doświadczenia zakupowe wśród klientów. Takie zabiegi zapewnią powrót do sklepu i ponowne zakupy, tym samym budując bazę stałych klientów. Ważną wiadomością dla przedsiębiorstw produkcyjnych jest także fakt, że wszyscy badani odwiedzają strony internetowe przynajmniej raz w tygodniu, uważając, że zakupy internetowe są wygodniejsze w przeciwieństwie do zakupów tradycyjnych. Wskazuje to na potrzebę poszerzenia swojej oferty ze względu na rosnące zapotrzebowanie na zakupy internetowe i rosnący udział społeczeństwa w rynku e-commerce.

## 5. PODSUMOWANIE

Powyższe rozważania wskazują, iż rynek handlu elektronicznego w Polsce rozwija się dynamicznie. Z przedstawionych raportów wynika, że wartość rynku e-commerce ciągle rośnie. Wdrożenie e-commerce w przedsiębiorstwie produkcyjnym pozwoli na globalną reklamę i sprzedaż oferowanych produktów. Stanowi także szeroki obszar działań przedsiębiorstw, umożliwiających wzajemną komunikację i transakcje. Wygodna i szybka możliwość dokonania zakupów, a także zasięg oferty przedsiębiorstwa produkcyjnego w połączeniu ze sprzedażą tradycyjną w znacznym stopniu może wpłynąć na wzrost całkowitej sprzedaży.

## LITERATURA

- [1] **Chelstowski D., Szewczyk A.**, Problemy rozwoju handlu elektronicznego w Polsce, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego NR 733, Studia Informatica nr 30, 2012.
- [2] **Chmielarz W.**, *Systemy biznesu elektronicznego*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2007.



- 
- [3] **Kolbusz E.**, *Inżynieria systemów informatycznych w gospodarce*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005.
  - [4] **Niedźwiedziński M.**, *Globalny handel elektroniczny*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2004.
  - [5] **Olszak C., Ziemba E.**, *Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2007.
  - [6] **Bisonde Polska**, *Rynek e-commerce w Polsce w 2017/2018 r.*
  - [7] **E-Commerce Polska Izba Gospodarki Elektronicznej**, *Kupuję w Internecie 2014.*
  - [8] **Gemius dla e-Commerce Polska**, *E-commerce w Polsce 2017.*
  - [9] **Gemius dla e-Commerce Polska**, *E-commerce w Polsce 2018. E-commerce w Polsce oczami internautów.*
  - [10] **PMR**, *Handel internetowy w Polsce 2014.*
  - [11] **Raport Internet Standard**, *E-commerce 2011.*
  - [12] [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk\\_pdf\\_2018/T2/2018\\_t2\\_641.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2018/T2/2018_t2_641.pdf)
  - [13] <https://www.the-first.pl/raport-wyzwania-e-commerce-rynek-e-commerce-w-polsce-warty-prawie-50-mld-zlotych/>
  - [14] [http://www.wbc.poznan.pl/Content/251091/M.Lewicki-Instrumenty\\_tworzenia\\_wartosci\\_dla\\_klienta\\_w\\_handlu%20elektronicznym.pdf](http://www.wbc.poznan.pl/Content/251091/M.Lewicki-Instrumenty_tworzenia_wartosci_dla_klienta_w_handlu%20elektronicznym.pdf)

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Arsecularatne J.A., Zhang L.C., Montross C., Mathew P.**, *Machining of hardened AISI d2 steel with PCBN tools*. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 171 (2006), pp. 244-252.
- [2] **Astakhov V.P, Outeiro J.C.:** *Metal Cutting Mechanics, Finite Element Modeling*, in: *Machining. Fundamentals and Recent Advances*. J. Paulo Davim (Ed.), Springer-Verlag Limited, London, 2008.
- [3] **Axinte D.A., Dewes R.C.**, *Surface integrity of hot work steel after high speed milling- experimental data and empirical model.*, Journal of Material Processing Technology, vol. 127 (2002), pp. 325-335.
- [4] **Babica H., E. Pająk:** *Koncepcja metody eliminacji niezgodności w procesach produkcyjnych*. Zeszyt naukowy Politechniki Poznańskiej nr 3, 2006r.,
- [5] **Bagaber S. A., Yusoff A.R.:** *Multi-objective optimization of cutting parameters to Minimize power consumption in dry turning of stainless steel 316*. Journal of Cleaner Production, Vol. 157, 2017, pp. 30-46.
- [6] **Bisonde Polska**, Rynek e-commerce w Polsce w 2017/2018 r.
- [7] **Błażewicz S., Stoch L.:** *Biomateriały*. Wydawnictwo Exit, Warszawa, 2003.
- [8] **Bouacha K., Yallese M.A., Mabrouki T., Rigal J.-F.**, Statistical analysis of surface roughness and cutting forces using response surface methodology in hard turning of AISI 52100 bearing steel with CBN tool. International Journal of Refractory Metal & Hard Materials, vol. 28 (2010), pp. 349-361.,
- [9] **Bouchelaghem H., Yallese M.A., Amirat A., Belhadi S.**, *Wear behavior of CBN tool when turning hardened AISI D3 steel.*, Mechanika nr 3 (2007), pp. 57-65.
- [10] **Bouzakis K.D., Batsiolas M., Sagris D., Michailidis N., Pappa M., Pavlidou E.**, Diffusion and oxidation phenomena at elevated temperatures in the contact area between hardened steel and various PVD coatings. Surface and Coatings Technology, vol. 205 (2011), pp. 115-118.,
- [11] **Brito R.F., de Carvalho S.R., de Lima e Silva S.M.M., Ferreira J.R.**, *Thermal analysis in coated cutting tools*. International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 36 (2009), pp. 314-321.,
- [12] **Bugg Holloway B., Deitz, G. D., Hansen J. D.:** *The Benefits of Sales Force Automation (SFA): An Empirical Examination of SFA Usage on Relationship Quality and Performance*. Journal of Relationship Marketing, 12(4)/ 2013, pp. 223-242.
- [13] **Burakowski T., Roliński E., Wierzchoń T.**, *Inżynieria powierzchni metali.*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1992.
- [14] **Chelstowski D., Szewczyk A.**, *Problemy rozwoju handlu elektronicznego w Polsce*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego NR 733, Studia Informatica nr 30, 2012.
- [15] **Chmielarz W.**, *Systemy biznesu elektronicznego*, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2007.
- [16] **Chen Q, Thouas G.A.:** *Metallic implant biomaterials*. Materials Science and Engineering R, Vol. 87, 2015, pp. 1-57.

- [17] **Chou K.Y., Evans C.J., Barash M.M.**, *Experimental investigation on CBN turning of hardened AISI 52100 steel.*, Journal of Materials Processing Technology, 124 (2002), pp. 274-283.
- [18] **Chou K.Y.**, *Wear mechanism of cubic boron nitride tools in precision turning of hardened steels.*, Purdue University, West Lafayette, 1994.
- [19] **Chwesiuk, K.**: *Analiza zastosowań systemów informatycznych klasy ERP w logistyce.* Logistyka, 4/2011, pp. 162-171.
- [20] **Czermiński A, M. Grzybowski, K. Ficoń**: *Podstawy organizacji i zarządzania*, Wyższa Szkoła Administracji i Biznesu w Gdyni, Gdynia 1999,
- [21] **Dawson T.G.**, *Machining hardened steel with polycrystalline cubic boron nitride cutting tools.*, Georgia Institute of Technology, 2002.
- [22] **Dawson G., Kurfess T.**, *Wear trends of PCBN cutting tools in hard turning.*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2002.
- [23] **Dobrzyński M., Marszałek P.**, *Wybrane aspekty zużycia ostrzy skrawających wykonanych z PcBN.*, Postępy Nauki i Techniki nr 6, 2011, pp. 50-57.
- [24] **Dobrzański L.A.**: *Podstawy kształtowania struktury i właściwości materiałów metalowych.* Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
- [25] **Durlik L.**, *Inżynieria zarządzania strategia i projektowanie systemów produkcyjnych - część I*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „PLACET”, Warszawa 2000, Polska
- [26] E-Commerce Polska Izba Gospodarki Elektronicznej, *Kupuję w Internecie 2014.*
- [27] **Enomoto T., Sugihara T.**, *Improving anti-adhesive properties of cutting tool surface by nano/micro-textures.* CIRP Annals Manufacturing Technology, vol. 59/1 (2010), pp. 597-600.,
- [28] **Fazel-Rezai R.**: *Biomedical engineering – from theory to applications.* In Tech, Rijeka, 2011.
- [29] **Feldshtein E.**: *Wybrane zagadnienia obróbki skrawaniem.* Oficyna wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra, 2013.
- [30] **Galanis N.I., Manolakos D. E.**: *Surface roughness prediction in turning of femoral head.* Int J Adv Manuf Technol, Vol. 51, 2010, pp. 79-86.
- [31] **Gemius dla e-Commerce Polska**, *E-commerce w Polsce 2017.*
- [32] **Gemius dla e-Commerce Polska**, *E-commerce w Polsce 2018.* E-commerce w Polsce oczami internautów.
- [33] **Hamrol A.**: *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka.* , Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2015.
- [34] **Huang Y., Chou K.Y., Liang S.Y.**, *CBN tool wear in hard turning: a survey on research progresses.* International Journal of Advanced Manufacturing Technologies, vol. 35 (2007), pp. 443-453.
- [35] **Islak S., Kir D., Celik H.**, *Wear characteristics of circular CBN/diamond saws produced by hot pressing.*, Materials Testing, vol. 56 (3), 2014, pp. 213-217.
- [36] **Iwasiewicz A.**: *Zarządzanie jakością w przykładach i zadaniach*, Śląskie Wydawnictwo Naukowe, Tychy 2005, s.202-203,

- [37] **Janisz, K., Mikulec A., Górka K.**, *Symulacja procesu technologicznego w aspekcie jego logistyki i wydajności*, Logistyka, 2017
- [38] **Jazdon J.**: *Doskonalenie zarządzania jakością.*, Oficyna Wydawnicza Ośrodku Postępu Organizacyjnego Sp. z o. o., Bydgoszcz 2001, s.46-48,
- [39] **Jenek M.**, *Stan warstwy wierzchniej części maszyn po skrawaniu ostrzami z powłokami PVD*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2016, Monografia, 190.,
- [40] **Kłos S., Patalas-Maliszewska J.**, *Symulacja przebiegu procesów produkcyjnych w systemach przepływowych w oparciu o oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation* w: R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Opole, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2016
- [41] **Kłos S.**, *The simulation of manufacturing systems with Tecnomatix Plant Simulation*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2017
- [42] **Kłos, S., Kuc P.**, pod redakcją: Kłos, S., Patalas-Maliszewska, J., Jakubowski J., *Modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych w oparciu o oprogramowanie Tecnomatix Plant Simulation*, Inżynieria produkcji. Planowanie, modelowanie., Zielona Góra, 2015,
- [43] **Ko T.J., Kim H.S.**, *Surface integrity and machineability in intermittent hard turning.*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18 (2001), pp. 168-175.
- [44] **Kolbusz E.**, *Inżynieria systemów informatycznych w gospodarce*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2005.
- [45] **KPMG**, *Global Executive Survey 2017*. KPMG, 2017.
- [46] **KPMG, PZPM**, *Branża motoryzacyjna – raport kwartalny edycja Q2/2017*. PZPM, Warszawa, 2017.
- [47] **Kraśniński, M., Sadowski, A.**: *Rozwój systemów informatycznych w logistyce*. Logistyka, 6/2006, pp. 53.
- [48] **Kwiecień R.**, *Komputerowe systemy automatyki przemysłowej*, Helion, 2012.
- [49] **Liew W.Y.H., Yuan S., Ngoi B.K.A.**, *Evaluation of machining performance of STAVAX with PCBN tools.*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 23 (2004), pp. 11-19.
- [50] **Liker J. K.**, *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*. MT-Biznes, Warszawa, 2016
- [51] **Luber, A., Papiernik, M.**: *Narzędzia informatyczne dla biznesu*. Biznes benchmarking magazyn, 5/01.2014, pp. 6-8.
- [52] **Łężniak, R., Nosala, R.**: *Analiza możliwości zastosowania idei CRM dla małych przedsiębiorstw*. red. R. Knosala: *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*. Zakopane, 14-16 stycznia 2002, WNT, Warszawa 2002, pp. 83.
- [53] **Malecki K., Szarafińska M.**, *Modelowanie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie wirtualnym*, Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Politechnika Szczecińska, 2018.
- [54] **Marciniak J.**: *Biomateriały*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002.

- [55] **Matejun M., S. Szczepańczyk, red.:** *Współczesne metody zarządzania w praktyce gospodarczej*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2009, s.85-96.,
- [56] **Mathivathanan D., Kannan D., Haq N. A.,** *Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view*. Resources, Conservation and Recycling, RECYCL-3446, Elsevier, 2017.
- [57] **Mazur A., Gołaś H.,** *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
- [58] **Miller B.A., C. Bisdikian,** Bluetooth, Helion, 2003, Polska
- [59] **Niedźwiedziński M.,** *Globalny handel elektroniczny*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2004.
- [60] **Nowacki J., Dobrzaski L.A., Gustavo F.:** *Implanty śródszpikowe w osteosyntezie kości długich*. Open Access Library, Vol. 11, 2012, pp. 1-150.
- [61] **Nur R., Noordin M.Y., Izman S., Kurniawan D.:** *Machining parameters effect in dry turning of AISI 316L stainless steel using coated carbide tools*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, Vol. 231, 2017, pp. 676-683.
- [62] **Obikawa T., Kamio A., Takaoka H., Osada A.,** *Microtexture at the coated face for high performance cutting*. International Journal of Machine Tools and Manufacturing, vol. 51 (2011), pp. 966-972.
- [63] **Olszak C., Ziemba E.,** *Strategie i modele gospodarki elektronicznej*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2007.
- [64] **Pacella M., Axinte D.A., Butler-Smith P.W., Shipway P., Daine M., Wort C.,** An assessment of the wear characteristics of microcutting arrays produced from polycrystalline diamond and cubic boron nitride components., *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 138 (2), 2015.
- [65] **Pavel R., Sinram K., Combs D., Deis M., Marinescu I.,** Surface quality and tool wear in interrupted hard turning of 1137 steel shafts., 2003.
- [66] **Pignatello R. Ed.** *Biomaterials science and engineering* In Tech, Rijeka 2011.
- [67] **PMR,** Handel internetowy w Polsce 2014.
- [68] **Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego,** *Branża motoryzacyjna – raport 2015*. PZPM, Warszawa, 2015.
- [69] **Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego,** *Branża motoryzacyjna – raport 2016*. PZPM, Warszawa, 2016.
- [70] **PricewaterhouseCoopers,** *Automotive News. Top Suppliers*, 2013.
- [71] **Poulachon G., Bandyopadhyay B.P., Jahawir I.S., Pheulpin S., Seguin E.,** *The influence of the microstructure of hardened tool steel workpiece on the wear of PCBN cutting tools*. International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 43 (2003), pp. 139-144.
- [72] **Pytlak B.,** *Optymalizacja wielokryterialna operacji toczenia stali 18HGT w stanie zahartowanym*. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, 2006
- [73] **Rai G.,** *The metallurgy of CBN and its wear in high speed machining of ferrous materials.*, International Conference on Machining of Advanced Materials, Gaithersburg MD, 1993, pp. 501-514.

- [74] **Ramsden J.J., Allen D.M., Stephenson D.J., Alcock J.R., Peggs G.N., Fuller G., Goch G.:** *The Design and Manufacture of Biomedical Surfaces*. Annals of the CIRP, Vol. 56, 2007, pp. 687-711.
- [75] **Rawski, P.:** *CRM czy SFA? Do czego służą systemy Sales Force Automation?* Informatyka w firmie.
- [76] **Rogers, B., Stone, M., Foss, B.:** *Integrating the value of salespeople and systems: Adapting the benefits dependency network*. Database Marketing & Customer Strategy Management, 15/2008, pp. 221-232.
- [77] **Ross J.,** *Sieci bezprzewodowe*. Przewodnik po sieciach Wi-Fi i szerokopasmowych sieciach bezprzewodowych. Wydanie II, Helion, 2009, Polska
- [78] **Sadik I.M.,** Wear development and cutting forces on CBN cutting tool in Hard Part turning of different hardened steels. 5<sup>th</sup> CIRP Conference on High Performance Cutting, 2012, pp. 232-237.
- [79] **Sandvik Coromant.** *Narzędzia tokarskie*. Katalog, 2017.
- [80] **Siwiec J.,** *Obróbka materiałów w stanie utwardzonym*., Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, zeszyt 15, 2011.
- [81] **Spurgeon C.E., J. Zimmerman,** *Ethernet: The Definitive Guide*. 2nd Edition, O'Reilly Media
- [82] **Supriya S. B., Srinivasa S.:** *Machinability Studies on Stainless steel by abrasive water jet – Review*. Materials Today: Proceedings, ICAMA 2016, Vol. 5, 2018, pp. 2871-2876.
- [83] **Statnikov R.B., Matusov J.B.:** *Multicriteria Analysis in Engineering*. Springer, 2002.
- [84] **Stein L.D., Perl.** *Tworzenie aplikacji sieciowych*, Helion, 2002, Polska
- [85] **Surowska B.:** *Biomateriały metalowe oraz połączenia metal – ceramika w zastosowaniach stomatologicznych*. Wydawnictwa uczelniane, Lublin, 2009.
- [86] **Szczeptańska K.:** *Zarządzanie jakością w dążeniu do doskonałości*. C.H.Beck, Warszawa 2011.
- [87] **Trent E.M., Wright P.K.:** *Metal Cutting*. fourth ed., Butterworth-Heinemann, Woburn, 2000.
- [88] **Urbaniak M.:** *Zarządzanie jakością środowiskiem oraz bezpieczeństwem w praktyce gospodarczej*. Difin Sp.zo.o. Warszawa 2007r.,
- [89] **Walczak M.,** *Rozwój organizacji procesów produkcyjnych przemysłu motoryzacyjnego w XX w.* Studia i Materiały. Miscellanea Oeconomicae, Kielce, 2013.
- [90] **Wiatrak A. P.,** *Zarządzanie jakością*. Problemy Zarządzania, vol. 10, nr 2, 2012.
- [91] **Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.,** *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem*. PWE, Warszawa, 2013.

**Strony internetowe**

- [92] [http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk\\_pdf\\_2018/T2/2018\\_t2\\_641.pdf](http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2018/T2/2018_t2_641.pdf)
- [93] <https://www.the-first.pl/raport-wyzwania-e-commerce-rynek-e-commerce-w-polsce-warty-prawie-50-mld-zlotych/>
- [94] [http://www.wbc.poznan.pl/Content/251091/M.Lewicki-Instrumenty\\_tworzenia\\_wartosci\\_dla\\_klienta\\_w\\_handlu%20elektronicznym.pdf](http://www.wbc.poznan.pl/Content/251091/M.Lewicki-Instrumenty_tworzenia_wartosci_dla_klienta_w_handlu%20elektronicznym.pdf)
- [95] **EMIGO**, <https://sagra.pl/platforma-emigo/mobilny-emigo/> [dostęp: 09.07.2018]
- [96] **LEO SFA**, <https://www.assecods.pl/oferta/oprogramowanie-dla-finansow/leo-sfa/> [dostęp: 09.07.2018].
- [97] **Cotteleer, M, Lee, F., Inderrieden, E.:** *Selling The Sales Force to Automation, Organisational Culture.* Harvard Bussines Rewiew, 07-08/2006 <https://hbr.org/2006/07/selling-the-sales-force-on-automation> [dostęp: 15.06.2018].
- [98] [https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/Plant-Simulation-Tecnomatix/181/1/Plant\\_Simulation\\_Fact\\_Sheet\\_book\\_HQ.pdf](https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/Plant-Simulation-Tecnomatix/181/1/Plant_Simulation_Fact_Sheet_book_HQ.pdf) (dostęp z dnia 07.04.18 r.)
- [99] [http://isz.weii.tu.koszalin.pl/ISZ5/Informatyczne%20Systemy%20Zarzadzania%205\\_03%2](http://isz.weii.tu.koszalin.pl/ISZ5/Informatyczne%20Systemy%20Zarzadzania%205_03%2)
- [100] **LinkedIn:** *State of Sales in 2016*, pp. 3-4, <https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/sales-solutions/resources/pdfs/linkedin-state-of-sales-2016-report.pdf> [dostęp: 10.05.2018].
- [101] **Infinite SFA**, <https://infinite.pl/oferta/systemy-sfa.html> [dostęp: 20.10.2017].
- [102] **Mobile Touch SFA**, <http://pl.mobiletouch-fmcg.com/platforma/rozwiązania/sales-force-automation.html> [dostęp: 20.10.2017].
- [103] **4 Mobile Power**, <http://4mobilepower.com/> [dostęp: 09.07.2018].
- [104] **Comarch SFA Mobile Sales Force**, <https://www.comarch.pl/handel-i-uslugi/sfa/mobile-sales-force/> [dostęp: 09.07.2018].
- [105] [www.isomnia.pl/definicje-jakosci/](http://www.isomnia.pl/definicje-jakosci/), dostęp: 20.10.2018.;
- [106] [www.lean-management.pl/](http://www.lean-management.pl/); dostęp: 10.12.2014r,
- [107] [www.inzynierbudownictwa.pl/drukuj,5566](http://www.inzynierbudownictwa.pl/drukuj,5566) dostęp: 21.04.2018
- [108] Materiały informacyjne firmy Sandvik Coromant, [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com).

## AUTORZY

**Karol Dąbrowski** mgr, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.dabrowski@iizp.uz.zgora.pl

**Gabriela Gadecka-Musiałowska**, mgr inż. studentka studiów doktoranckich kierunku „Inżynieria Produkcji”, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski, email: gabriela\_w@poczta.onet.pl

**Julian Jakubowski**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Zamiejscowy w Sulchowie, Instytut Energetyki, e-mail: j.jakubowski@wzs.uz.zgora.pl

**Mariusz Jenek**, dr hab. inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji maszyn, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: m.jenek@ibem.uz.zgora.pl

**Anna Kuryś**, inż., absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Kamil Leksycki** mgr inż., student studiów doktoranckich, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski

**Michał Ociepa** mgr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji maszyn, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: M.Ociepa@ibem.uz.zgora.pl

**Michał Patalas**, inż., absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Justyna Patał-Maliszewska**, dr hab. inż., prof. UZ, Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.patalas@iizp.uz.zgora.pl

**Katarzyna Skrzypek**, dr, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: k.skrzypekk@iizp.uz.zgora.pl

**Malgorzata Śliwa**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: m.sliwa@iizp.uz.zgora.pl

**Marek Salamaj**, dr inż. Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: m.salamaj@iizp.uz.zgora.pl



**Anna Tadeusz**, inż., absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny,  
kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Krzysztof Wasylewicz**, inż., absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział  
Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji