



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

*Jakość  
i efektywność procesów*

Pod redakcją:  
Justyny Patalas-Maliszewskiej  
Michała Sąsiadka  
Juliana Jakubowskiego

# IIP

# 11

ISBN 978-83-65200-02-0

Uniwersytet Zielonogórski  
Zielona Góra 2016

# **INŻYNIERIA PRODUKCJI**

*Jakość  
i efektywność  
procesów*

Pod redakcją:  
Justyny Patalas-Maliszewskiej  
Michała Sąsiadka  
Juliana Jakubowskiego

Zielona Góra 2016

**UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI**  
**Rada Wydawnicza Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją**  
Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,  
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



**Autorzy rozdziałów:**

- Rozdział 1:** Tadeusz Szmigielski, Tomasz Strawczyński  
**Rozdział 2:** Tomasz Belica, DuyenAnh NguyenXuan  
**Rozdział 3:** Małgorzata Śliwa  
**Rozdział 4:** Julian Jakubowski, Dominik Golec  
**Rozdział 5:** Katarzyna Pejs, Justyna Patalas-Maliszewska  
**Rozdział 6:** Magdalena Harasim, Sławomir Kłos  
**Rozdział 7:** Tadeusz Szmigielski, Konrad Skibiński  
**Rozdział 8:** Katarzyna Skrzypek, Michał Wysocki

Redakcja naukowa:

**Justyna Patalas-Maliszewska**  
**Michał Sąsiadek**  
**Julian Jakubowski**

**Recenzenci:**

prof. **Irene Krebs**, prof. **Josef Basl**

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją  
Zielona Góra 2016

**ISBN: 978-83-65200-02-0**

## Spis treści

Przedmowa .....	5
<b>Rozdział 1</b>	
Ocena zdolności jakościowej procesu toczenia na podstawie wybranego detalu .....	7
<i>Tadeusz Szmigielski, Tomasz Strawczyński</i>	
<b>Rozdział 2</b>	
Możliwość poprawy efektywności produkcji na przykładzie wybranego procesu technologicznego .....	21
<i>Tomasz Belica, Duyen Anh Nguyen Xuan</i>	
<b>Rozdział 3</b>	
Analiza jakościowa jako źródło wiedzy ukrytej w procesie wytwórczym zaworu kontrolnego .....	31
<b>Małgorzata Śliwa</b>	
<b>Rozdział 4</b>	
Wdrażanie TPM w Oddziałach Zakłady Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A. wpływ wdrożonego systemu TPM na funkcjonowanie systemu zarządzania jakością – część II .....	43
<i>Julian Jakubowski, Dominik Golec</i>	
<b>Rozdział 5</b>	
Model przedsiębiorstwa produkcyjnego w formule 4.0 .....	53
<i>Katarzyna Pejs, Justyna Patalas-Maliszewska</i>	
<b>Rozdział 6</b>	
Analiza czynników wpływających na jakość wykonywanych wyrobów w branży motoryzacyjnej .....	65
<i>Magdalena Harasim, Sławomir Kłos</i>	
<b>Rozdział 7</b>	
Ocena przydatności metod stosowanych w kontroli zgrzein elementów nadwozi samochodowych w wybranej firmie .....	79
<i>Tadeusz Szmigielski, Konrad Skibiński</i>	
<b>Rozdział 8</b>	
Proces tworzenia innowacji – istota i znaczenie .....	91
<i>Katarzyna Skrzypek, Michał Wysocki</i>	
Bibliografia .....	102
Autorzy .....	107

## PRZEDMOWA

*Szanowni Państwo,*

*Jakość i efektywność procesów biznesowych zachodzących w przedsiębiorstwach produkcyjnych są definiowane na wielu płaszczyznach. Efektywność jest najczęściej relacją pomiędzy uzyskanym efektem do poniesionego nakładu, jakość procesów, zgodnie z koncepcją koncepcją Total Quality Management, to podejmowanie działań w celu ciągłego ich doskonalenia. Opracowanie i zastosowanie odpowiednich metod i technik pomiaru zarówno jakości jak i efektywności procesów w przedsiębiorstwie jest przedmiotem ciągłych rozważań i poszukiwań zarówno pracowników nauki, jaki praktyków.*

*Szpecially istotne w kontekście podejmowania działań w celu poprawy jakości i efektywności procesów biznesowych w przedsiębiorstwach wydaje się zwrócenie uwagi na skuteczność stosowanych metod i narzędzi. Powyższa problematyka została podjęta w niniejszej monografii, będącej zbiorem ośmiu rozdziałów, zawierających rzetelny przegląd literatury przedmiotu oraz analizę wyników badań przeprowadzonych w przedmiotowej tematyce w przedsiębiorstwach produkcyjnych. To efekt pracy i dyskusji podjętej przez studentów kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji oraz pracowników naukowych, zajmujących się przedmiotowym zagadnieniem.*

*W rozdziale pierwszym przedstawiono wyniki oceny procesu toczenia detalu wchodzącego w skład zespołu automatycznej skrzyni biegów. Ocenie jakościowej poddano 3 cechy z 25 cech wymiarowych uznanych, jako priorytetowe. Zawarta charakterystyka procesu obejmuje wybraną specyfikację jakościową, technologię oraz przebieg procesu wraz z oceną.*

*Rozdział drugi to przykład możliwości poprawy efektywności produkcji drewnianego elementu płafonu. Scharakteryzowano istniejący proces technologiczny oraz zaproponowano wybrane rozwiązania mające na celu jego usprawnienie. Zaprezentowano nowe rozwiązania konstrukcyjnych urządzeń, wykorzystywanych w procesie produkcji określonego elementu.*

*Trzeci rozdział stanowi opis działań przedsiębiorstwa produkcyjnego z branży motoryzacyjnej w zakresie zapewniania najwyższej jakości swoich wyrobów i bezpieczeństwa użytkownikom końcowym, poprzez wdrażanie narzędzi wspomagających zarządzanie jakością. Przydatnym narzędziem analizy jakościowej, w tym wypadku, okazały się powszechnie znane karty kontrolne Shewharda, wraz z histogramem, a także wskaźniki zdolności maszyn i procesu.*

*W rozdziale czwartym opisano proces wdrażania systemu TPM w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Przedstawiono wybrane efekty wdrożenia TPM, w szczególności aspekty związanych z funkcjonowaniem systemu zarządzania jakością.*

*Rozdział piąty to zaprezentowanie przedsiębiorstwa produkcyjnego w formule 4.0, w której kluczowe znaczenie ma implementacja i wykorzystywanie nowoczesnej technologii teleinformatycznej(ICT) przez pracowników firmy przy wykonywaniu procesów biznesowych. Zaprezentowano model wybranych procesów biznesowych wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego dążącego do formuły 4.0, które zostaną usprawnione dzięki wprowadzonej automatyzacji wybranych linii produkcyjnych.*

*W rozdziale szóstym zaprezentowano charakterystykę branży motoryzacyjnej ze szczególnym uwzględnieniem problematyki jakości wyrobów. W tym celu przedstawiona została norma ISO/TS 16949:2009. Jako narzędzie badawcze została zaprojektowana ankieta dotycząca czynników wpływających na jakość wyrobów w branży motoryzacyjnej. W ramach przeprowadzonych badań uzyskano wyniki od firm produkcyjnych należących do branży motoryzacyjnej rozmieszczonych na terenie Polski. Następnie opracowano i przeprowadzono analizę otrzymanych wyników badań ankietowych.*

*W rozdziale siódmym zaprezentowano zagadnienia dotyczące problematyki związanej z oceną wytrzymałości połączeń zgrzewanych punktowo i garbowo w elementach nadwozia samochodowego. Zaprezentowano wybrane metody w oparciu, o które dokonywany jest odbiór jakościowy podzespołów, sposób selekcji jak i przygotowanie elementów do prób jakościowych.*

*Rozdział ósmy obejmują rozważania dotyczące innowacyjności w gospodarce opartej na wiedzy w kontekście podniesienia jakości realizowanych procesów w przedsiębiorstwach produkcyjnych.*

*Mając nadzieję na życzliwe przyjęcie monografii, serdecznie zapraszamy do lektury,*

*Redaktorzy*

# **OCENA ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU TOCZENIA NA PODSTAWIE WYBRANEGO DETALU**

## **1. WPROWADZENIE**

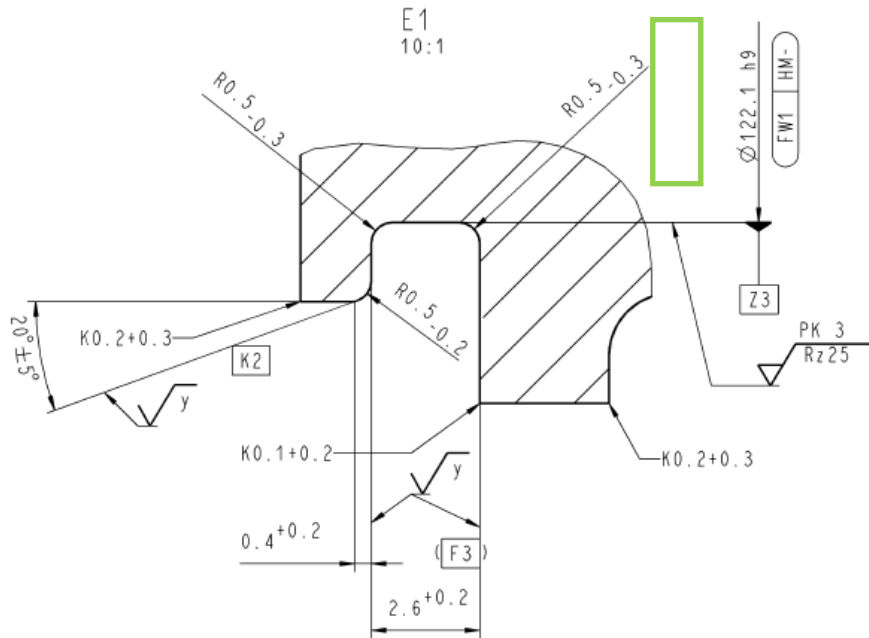
Warunkiem koniecznym egzystowania każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego jest nieustanne generowanie zysków poprzez ciągłą zmianę standardów. Aby to osiągnąć niezbędna jest znajomość potrzeb i wymagań klienta. Dzięki szerokiej wachlarzowi dostępnych narzędzi oraz wysokie możliwości technologiczne maszyn obróbczych sterowanych numerycznie stwarzają duże możliwości uzyskiwania cech wyrobów niedostępnych lub nieuzasadnionych z punktu widzenia ekonomiczności produkcji innymi metodami.

Perspektywa ciągłego doskonalenia wyrobów stworzyła nierozzerwalny związek pomiędzy klientem a postępem technologicznym [1]. Jednak przeważająca część rzeczywistych sytuacji nie pozwala zazwyczaj na opanowanie wszystkich istotnych danych w związku z tym dokonuje się analizy jakościowej o dane częściowe. Do interpretacji fragmentów rozpatrywanego zjawiska wykorzystywane są metody rachunku prawdopodobieństwa, natomiast w celu zbadania procesu produkcyjnego pod względem jego prawidłowości stosowane są metody statystyczne. Umożliwiają one nie tylko monitorować przebieg procesu, ale wykrywać i definiować zakłócenia powstałe w trakcie trwania procesu produkcyjnego [2, 3].

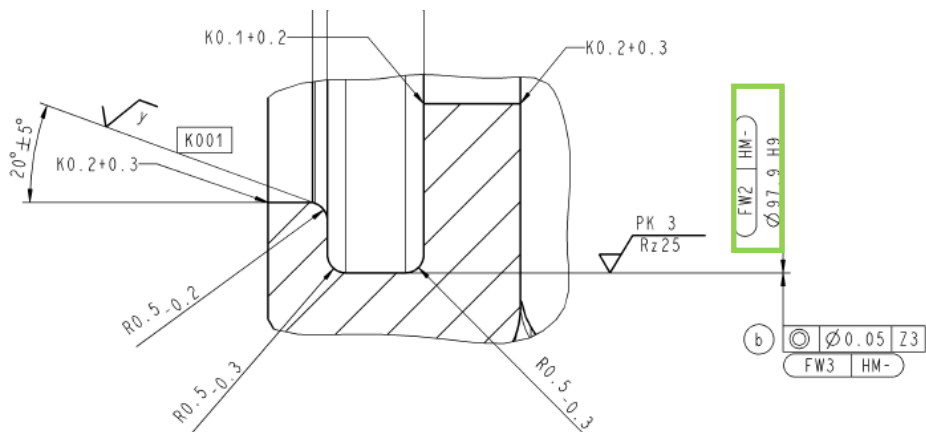
Motywnym przewodnim niniejszego artykułu jest empiryczne zastosowanie narzędzi kontroli statystycznej procesów do oceny zdolności jakościowej przebiegu procesu toczenia na przykładzie powstawania detalu w samochodowej branży Automotive.

## **2. SPECYFIKACJA JAKOŚCIOWA DETALU**

Dokumentacja techniczna dedykowana odpowiednim numerem wyznacza zbiór tolerowanych cech określających detal gotowy, jako zgodny z wymaganiami. Dokumentacja przedstawia zestaw 25 cech wymiarowych, z których 3 cechy priorytetowe poddawane są analizie zdolności jakościowej (rys.1, 2, 3).

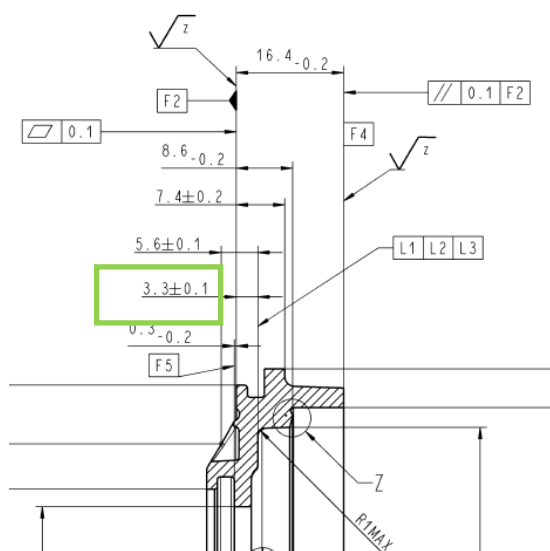


Rys. 1. Obszar kanalka zewnętrznego



Rys. 2. Obszar kanalka wewnętrznego





Rys. 3. Wysokość bazowa od obszaru nie skrawalnego

### 3. PRZEBIEG PROCESU PRODUKCYJNEGO

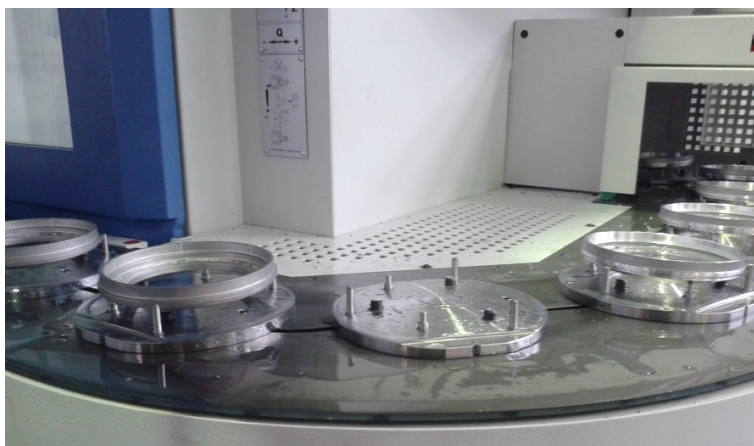
Od momentu przejścia materiału ze stadium wytopu poprzez odlewnie i na obróbkę mechaniczną kończą produkcję detali odbywa się zgodnie ze ściśle ustalonymi procedurami zapewniającymi bezzakłóceniu przebieg procesu.

Pierwszym etapem fazy produkcyjnej jest część przygotowawcza, w której jedną z istotnych czynności jest pobór materiału. Odlewy dostarczane są w pojemnikach na strefy znajdujące się między maszynami (rys. 4).



Rys. 4. Pobór materiału

Po dostarczeniu materiału na miejsce docelowego użytkowania następuje załadunek półfabrykatów na palety bazujące (rys. 5) skąd po uzbrojeniu podajnika maszyny w odlew następuje uruchomienie obrabiarki i obróbka według zaadaptowanego programu.



*Rys. 5. Załadunek półfabrykatów*

Obrobione w cyklu automatycznym detale trafiają na taśmę prowadzącą je do przelotowego urządzenia myjącego w celu utrzymania wymaganych klas czystości. Umyte elementy zostają pobierane od strony wylotowej transferu, gdzie przy oddzielnych stanowiskach poddawane są kontroli wizualnej (rys. 6) ze względu na porowatość, obicia, możliwe zarysowania oraz grad.



*Rys.6. Kontrola wizualna detalu*

Jeżeli sprawdzone detale spełniają wszystkie wymagane kryteria wówczas kontroler pakuje do odpowiednio przygotowanych pojemników na wyrób gotowy (rys.7), natomiast stwierdzone braki umieszcza się w czerwonych pojemnikach.



*Rys. 7. Pakowanie detali*

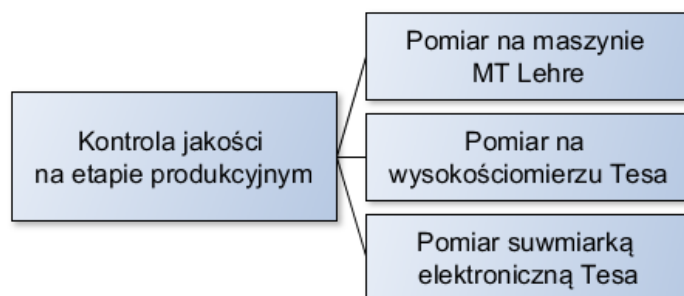
#### **4. KONTROLA JAKOŚCI NA ETAPIE PRODUKCYJNYM**

Bieżąca kontrola jakości w czasie przebiegu procesu produkcyjnego jest niezbędnym składnikiem gwarantującym zgodność jakościową procesu. Dzięki systematycznej kontroli możliwym staje się generowanie korekt maszynowych w czasie rzeczywistym. Badanie wyselekcjonowanych cech pozwala także na uzyskiwanie informacji o stanie zużycia płytek skrawających, poprawności pozycjonowania detali oraz o prawidłowości cech półfabrykatu. Ze względu na różnorodność urządzeń stosowanych w trakcie pomiarów, etap produkcyjny obejmuje 3 rodzaje badań jakościowych (rys. 8).

Pierwsza faza cyklu pomiarowego odbywa się na maszynie MT Lehre. Detale są mierzone przez indukcyjne czujniki przemieszczenia w dynamicznym procesie pomiaru. Podczas wykonywania pomiaru komputer przejmuje kontrolę nad systemem i oprogramowaniem urządzenia, rejestruje pomiary i wizualizuje je. Po uruchomieniu maszyny i wybraniu trybu mierzenia detal zostaje umieszczony w obrotowym gnieździe bazującym. Po zainicjowaniu pomiaru dwoma przyciskami (rys. 9) następuje pionowy ruch głowicy pomiarowej do detalu.

Podczas pomiaru gniazdo bazujące detal wykonuje pełny obrót wokół własnej osi dokonując co  $30^\circ$  pomiar czujnikami. Po pomiarze wyświetlany jest protokół (rys. 10), w którym są oznaczone wartości z pomiaru oznaczone kolorem zielonym = OK, lub czerwonym = NOK.

Protokół przedstawia wizualizację rozmieszczenia cech wymiarowych wraz z wynikami.



Rys. 8. Podział badań jakościowych



Rys. 9. Pomiar na maszynie MT Lehre

370_006		MIERZYC				8-26-2015	
Kolben 1090 370 006		Kalibrowac Lokal				11:32:57a	
FW1_Durchm.122,1h9 m		1				1.Zmiana	
Mr	Wym. nom.	Jedn.	-KT	+KT	Odch Wym. mist.	-KT	+KT NIO
1	122.050	mm	-0.005	0.005	-0.002	122.048	
2	122.050	mm	-0.005	0.005	-0.002	122.048	
4	0.000	mm	-0.005	0.005	0.000	0.000	
5	97.951	mm	-0.004	0.004	-0.004	97.947	
7	97.951	mm	-0.004	0.004	-0.004	97.947	
8	0.000	mm	-0.003	0.003	0.000	0.000	
9	0.000	mm	-0.002	0.002	0.000	0.000	
10	3.301	mm	-0.010	0.010	0.005	3.306	

W porządku

Rys. 10. Przykładowy protokół pomiarowy OK

Interfejs maszyny daje możliwość obserwacji trendu wykreślonego na podstawie 25 ostatnich pomiarów (rys. 11). Dzięki nakładaniu filtrów można przełączać trendy dla każdej zmierzonej cechy.



Rys. 11. Przykładowa linia trendu

Detale po sprawdzeniu na urządzeniu MT Lehre w celu zmierzenia pozostałych cech wysokościowych są przekazywane do kontroli na wysokościomierzu Tesa hite700. Po ustaleniu punktu zerowego dokonuje się pomiaru wskazanych cech detalu. Procedurą kończącą pomiary na etapie produkcyjnym jest wypełnienie przez pracownika dowodu kontroli.

## 5. KONTROLA POPRODUKCYJNA JAKOŚCI

Poprodukcyjna kontrola wymaga najwyższych standardów jakości i w tym celu do pomiaru detali wykorzystuje się współrzędnościową maszynę pomiarową Zeiss (rys. 12), dzięki której wyniki otrzymujemy z dokładnością do 0,001 mm. Pomiary dokonywane są w warunkach laboratoryjnych o stałej temperaturze i wilgotności powietrza.



Rys. 12. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa Zeiss

Maszyna mierzy wszystkie możliwe charakterystyki wymiarowe zawarte w dokumentacji technicznej. Protokół pomiarowy uzyskany z maszyny jest zarazem bezpośrednim dowodem poprawności trwania procesu. Z uwagi na najwyższą dokładność pomiarową uzyskane wyniki służą, jako podstawa do analizy zdolności jakościowej toczenia detalu.

## 6. ANALIZA ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU

Analizie poddano 42 protokoły pozyskane podczas kontroli poprodukcyjnej zarówno pierwszej jak i drugiej zmiany produkcyjnej, i obejmują okres całego miesiąca. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1.

Analiza zdolności jakościowej procesu toczenia detalu została przeprowadzona z uwzględnieniem specyfikacji klienta dla wymaganych współczynników  $C_{pk}$  o dopuszczalnych granicach rozbieżności  $1,15 < C_{pk} < 1,33$ .

Serię obliczeń dla trzech wymaganych charakterystyk wykonano przy pomocy programu Statistica 12. Uzyskane dane zestawiono na protokołach przedstawionych w tabelach 2, 3, 4.

Analizowane charakterystyki wymiarowe są najbardziej priorytetowymi obszarami detalu w zespole sprzęgła 8HP. Obszary kanałków (rys.1 i rys. 2) odpowiedzialne są za szczelność układu, natomiast wymiar bazujący (rys.3) definiuje poprawność pozycjonowania wszystkich wysokości względem powierzchni nie obrabianych mechanicznie.

Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, iż pomiar maszyny współrzędnościowej nie zawsze jest w stanie wychwycić odchyłeń na podstawie nieoczekiwanych wystąpień gradu na powierzchniach i przez to kontrola wizualna posiada także niebagatelne znaczenie w kwestiach jakościowych wyrobu gotowego.

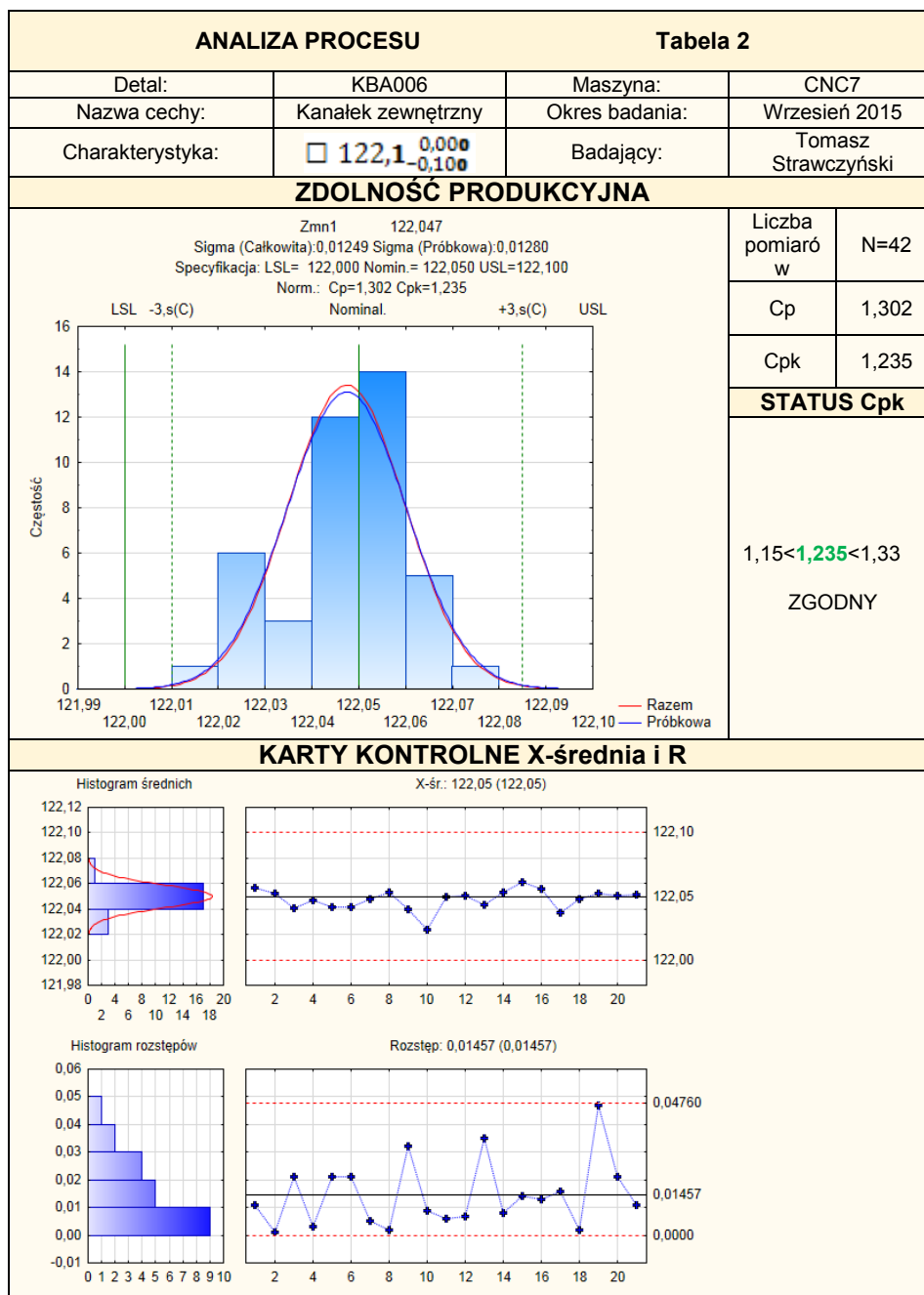
Tab.1. Wyniki pomiarów badanych cech z 42 protokołów pomiarowych

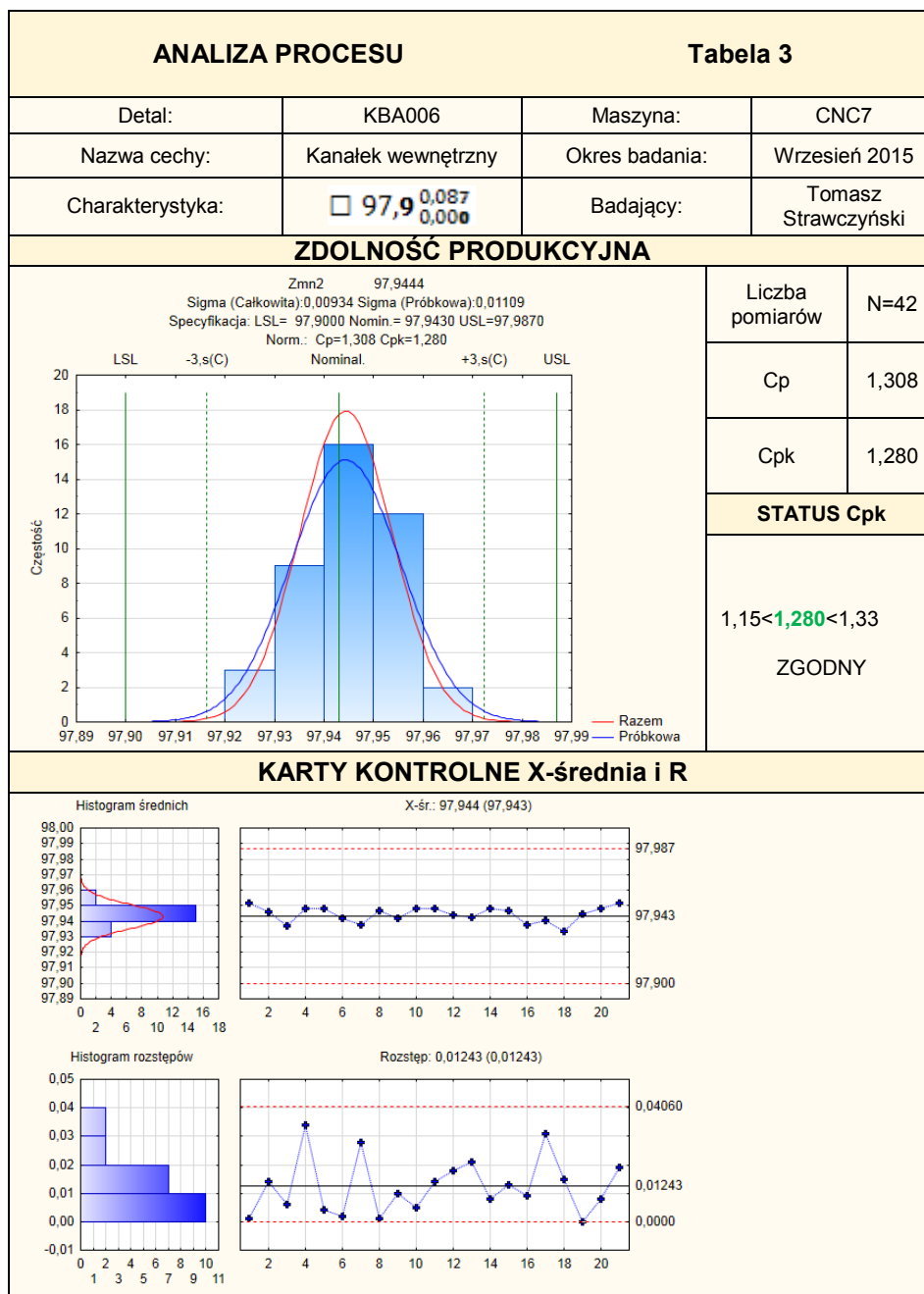
Lp	Data pomiaru	Badana Cecha		
		122,1 <sup>0,00</sup> <sub>-0,10</sub>	97,9 <sup>0,087</sup> <sub>0,00</sub>	3,3 <sup>0,10</sup> <sub>-0,10</sub>
1	02.09.15	122,062	97,951	3,324
2	02.09.15	122,051	97,952	3,289
3	03.09.15	122,053	97,939	3,300
4	03.09.15	122,052	97,953	3,29
5	04.09.15	122,030	97,940	3,309
6	04.09.15	122,051	97,934	3,287
7	07.09.15	122,048	97,965	3,304
8	07.09.15	122,045	97,931	3,299
9	08.09.15	122,052	97,946	3,317
10	08.09.15	122,031	97,950	3,285
11	09.09.15	122,052	97,943	3,305
12	09.09.15	122,031	97,941	3,311
13	10.09.15	122,045	97,952	3,301
14	10.09.15	122,050	97,924	3,291
15	11.09.15	122,054	97,946	3,312
16	11.09.15	122,052	97,947	3,295
17	14.09.15	122,024	97,937	3,346
18	14.09.15	122,056	97,947	3,237
19	15.09.15	122,028	97,951	3,302

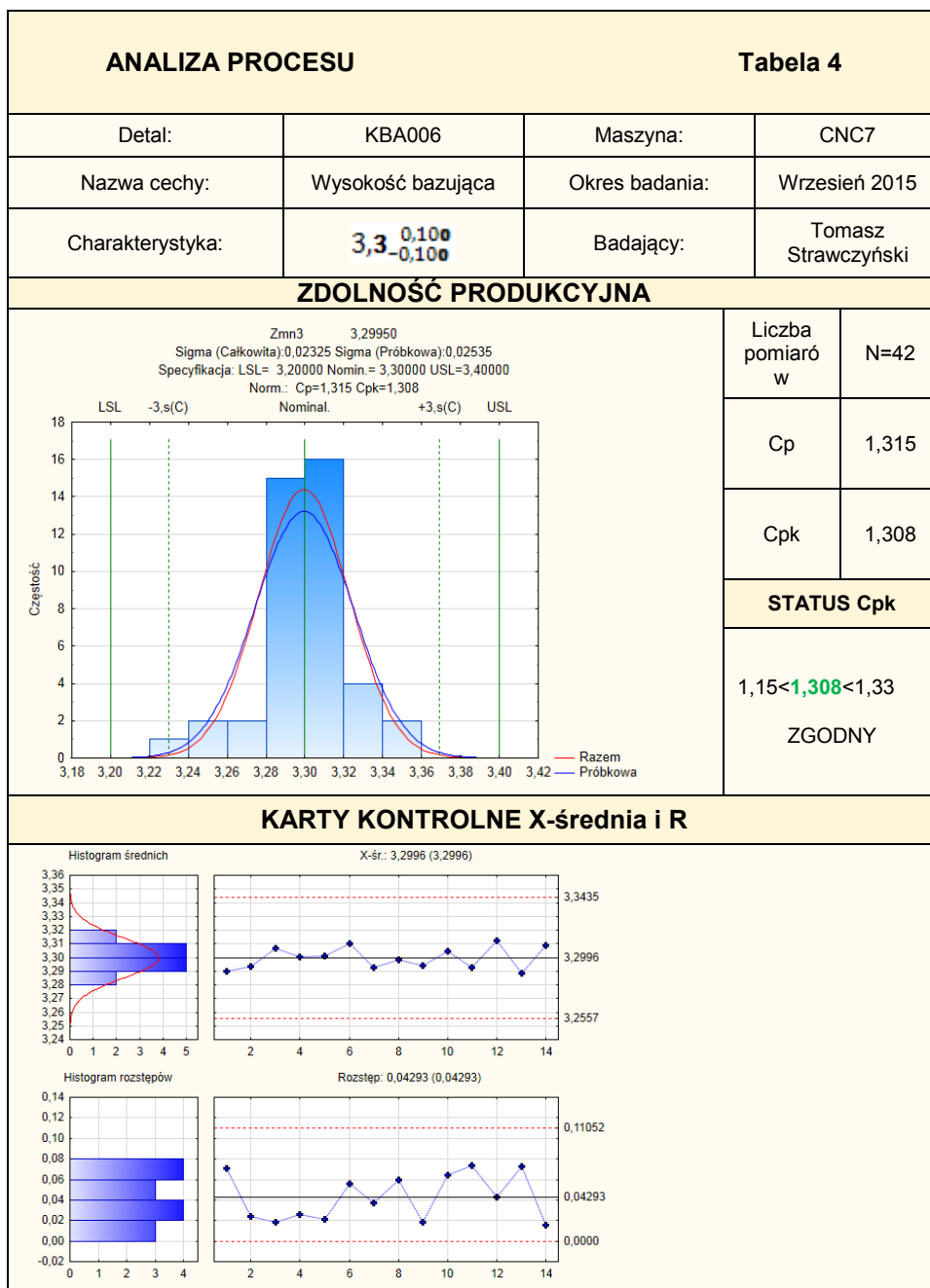
---

20	15.09.15	122,019	97,946	3,307
21	16.09.15	122,047	97,955	3,270
22	16.09.15	122,053	97,941	3,312
23	17.09.15	122,047	97,953	3,321
24	17.09.15	122,054	97,935	3,261
25	18.09.15	122,061	97,953	3,301
26	18.09.15	122,026	97,932	3,299
27	21.09.15	122,057	97,944	3,283
28	21.09.15	122,049	97,952	3,288
29	22.09.15	122,054	97,940	3,345
30	22.09.15	122,068	97,953	3,281
31	23.09.15	122,062	97,933	3,293
32	23.09.15	122,049	97,942	3,256
33	24.09.15	122,045	97,956	3,330
34	24.09.15	122,029	97,925	3,340
35	25.09.15	122,049	97,926	3,297
36	25.09.15	122,047	97,941	3,299
37	28.09.15	122,029	97,945	3,318
38	28.09.15	122,076	97,945	3,302
39	29.09.15	122,061	97,952	3,245
40	29.09.15	122,04	97,944	3,303
41	30.09.15	122,057	97,961	3,319
42	30.09.15	122,046	97,942	3,305









## 7. POSUMOWANIE

Ocena zdolności jakościowej procesu toczenia detalu wykazała, iż na przestrzeni miesiąca proces charakteryzował się wysokim stopniem stabilności. Na podstawie wyników pomiarowych z maszyny współrzędnościowej zawartych w tabeli 10 wykonano stosowne obliczenia.

Dopuszczalne granice rozbieżności współczynnika  $1,15 < C_{pk} < 1,33$  zostały w pełni zachowane i wyniosły one odpowiednio dla średnic:  $\phi 122,1_{-0,100}^{0,000}$  - wskaźnik  $C_{pk}=1,235$  i  $\phi 97,9_{0,000}^{0,087}$  - wskaźnik  $C_{pk}=1,280$  oraz dla wysokości bazowej,  $3,3_{-0,100}^{0,100}$  - wskaźnik  $C_{pk}=1,308$ .

Dzięki dostępnym narzędziom kontroli jakościowej na etapie produkcyjnym, jak i poprodukcyjnym możliwym stało się osiągnięcie założonych celów specyfikacyjnych. Wysoce istotnym czynnikiem wpływającym na zdolność jakościową jest także świadomość i doskonała znajomość środowiska procesu pośród kadry zarządzającej i pozostałych członków załogi, którzy niemalże w sposób instynktowny zdolni są do wprowadzania natychmiastowych działań korygujących. Pomimo dobrze wypośrodkowanej zdolności należy mieć stale na uwadze, iż nie istnieje taki rodzaj procesu, którego nie można poddawać ciągłej poprawie.

Poddając analizie całość procesu toczenia można zaobserwować jak obszerne ramy zmiennych posiadają wpływ na efekt końcowy produkcji, której w tym przypadku wielkość dochodzi do nawet miliona detali produkowanych rocznie. Każda z możliwości ingerowania w proces wymaga, więc nienagannej weryfikacji, a należą do nich między innymi: jakość odlewów surowych, poprawność bazowania półproduktu w przyrządzie tokarskim, bezbłądność wprowadzanych korekt, regularna analiza zużywalności narzędzi jak i wiarygodność przeprowadzanych pomiarów. Systematyczny nadzór nad produkcją pozwala na uniknięcie błędów zdolnych do ujarzżenia i dzięki stabilności zmniejszony zostaje czas reakcji na błędy przypadkowe. Przeprowadzona ocena zdolności produkcyjnej z września 2015 jest niezaprzeczalnym potwierdzeniem, iż wszystkie z wyżej omawianych integralnych części wykazywały modelowe ukierunkowanie na proces.

## LITERATURA

- [1] **Dwiliński L.:** *Zarządzanie jakością i niezawodnością wyrobów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [2] **Lock D.:** *Podręcznik zarządzania jakością*, PWN, Warszawa 2002.
- [3] **Salaciński T.:** *SPC statystyczne sterowanie procesami produkcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.

# **MOŻLIWOŚĆ POPRAWY EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PROCESU TECHNOLOGICZNEGO**

## **1. WPROWADZENIE**

Wszystkie przedsiębiorstwa poważnie myślące o swojej przyszłości, począwszy od ich powstania, w jakimś stopniu dążą do doskonałości. Dążenie to ułatwia przedsiębiorstwom osiągać nowe i coraz wyższe cele, a tym samym skutecznie rywalizować na coraz bardziej wymagającym rynku. Ważnym środkiem osiągania celów, zwłaszcza w przedsiębiorstwach produkcyjnych, jest i powinno być w przyszłości, właściwe projektowanie i organizowanie procesów produkcyjnych, zapewniające im sprawny i ekonomiczny przepływ produkcji. Zagadnienia związane z projektowaniem oraz organizacją procesów produkcyjnych w różnych aspektach, były opisywane przez wielu autorów (Brzeziński M., 2002; Durlik I., 2007; Nowacki M., 2006; Pająk E., 2006; Rypulak K., 1985; Świć A., Taranienko W., 2003).

Projektowanie procesów technologicznych jest uwarunkowane skalą planowanej produkcji. W przypadku produkcji na skalę masową zazwyczaj projektuje się ściśle dedykowane pod określone wyroby linie produkcyjne, których celem jest osiągnięcie maksymalnej wydajności przy możliwie niskich kosztach produkcji. Linie takie zazwyczaj stosowane są przez duże przedsiębiorstwa produkcyjne, mające gwarancję płynności zamówień określonego wyrobu w dłuższym okresie czasu. Do produkcji wyrobów na skalę małoseryjną lub jednostkową, bez gwarancji długoterminowych zamówień, zazwyczaj wykorzystuje się typowe urządzenia wytwórcze, ustawione w określony ciąg technologiczny. Proces produkcji nie jest w tym przypadku wysoce zautomatyzowany. Tego typu procesy powinny charakteryzować się elastycznością, czyli zdolnością do dostosowania lub przebrojenia w krótkim okresie czasu do produkcji nowego wyrobu. W zależności od wielkości zamówień w określonej skali, wymagana jest tutaj ciągła optymalizacja procesu technologicznego (organizacja, czasy oraz parametry związane z produkcją, konstrukcja urządzeń wykorzystywanych w produkcji). Optymalizacja procesu powinna być uwarunkowana czynnikami ekonomicznymi i jakościowymi produktu, jak również aspektami związanymi z bezpieczeństwem pracy, ekologią, itp.

Optymalizacja procesu technologicznego poprzez zaprojektowanie lub modyfikację konstrukcji urządzeń wykorzystywanych w produkcji, wymaga szerokiej wiedzy z zakresu budowy maszyn, technik komputerowo wspomaganego projektowania i wytwarzania, wybranych narzędzi Lean Management stosowanych w procesach produkcyj-

nych, jak również samego procesu technologii produkcji określonego wyrobu. Należy również zwrócić uwagę na aspekty związane z technologicznością produkcji projektowanych urządzeń. Warto wspomnieć, że projektowaniu innowacyjnych urządzeń jak również uporządkowaniu szeregu czynników w jedną spójną całość sprzyja wiedza z zakresu inżynierskich metod twórczego rozwiązywania problemów (Branowski, 1999).

## 2. CHARAKTERYSTYKA WYBRANEGO PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Przedmiotem analizy jest proces produkcji drewnianego elementu plafonu i półplafonu (Rys. 1). Plafon jest to rodzaj lampy przysufitowej lub przyściennej, przeznaczony do oświetlenia wewnętrznych części pomieszczeń. Plafon składa się z drewnianej podstawy wewnątrz której przykręcona jest blaszana wytłoczka (do niej zamocowana jest jedna lub więcej opravek na żarówkę i przyłącze elektryczne). Do drewnianej obwódki, od strony zewnętrznej, przykręcony jest szklany klosz.



Rys. 1. Plafon i półplafon

Produkcja drewnianej obwódki odbywa się w zakładzie stolarskim na zlecenie jednej z firm produkującej elementy oświetleniowe. Zakład stolarski ma swoją siedzibę w Zielonej Górze. Produkcja odbywa się na klasycznych, uniwersalnych maszynach stolarskich: piła stołowa, heblarka, grubościówka, pilarka taśmowa, frezarka górno-wrzecionowa, szlifierka taśmowa, wiertarka stołowa. Maszyny te umożliwiają wprawdzie wykonanie analizowanego elementu, jednakże nie są dedykowane pod określony proces produkcji. Wpływ na to ma dotychczasowa, krótkotrwała i niepewna współpraca z firmą zlecającą wykonanie drewnianych elementów. Ze względu na niepewną przyszłość związaną ze zleceniami, właściciel zakładu stolarskiego nie chce ponosić znacznych kosztów związanych z budową dedykowanego pod określoną produkcję parku maszyn.

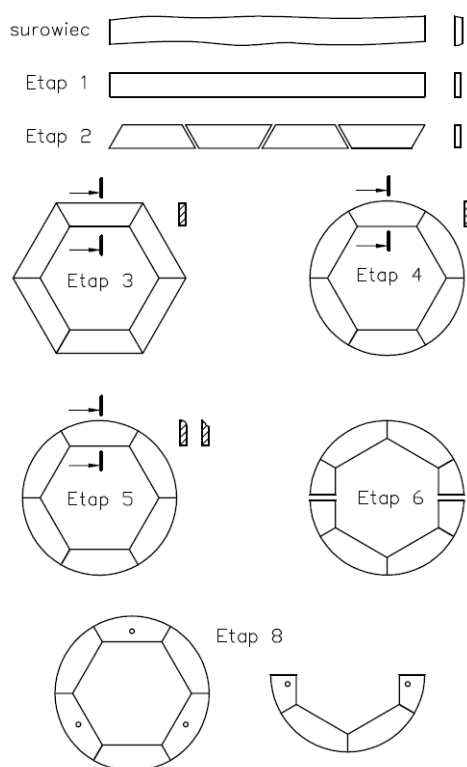
Proces produkcji drewnianego elementu plafonu składa się z kilku następujących po sobie etapów. Surowiec na drewnianą obwódkę jest zamawiany w postaci odpowiednio wysuszonych desek w suszarni, a następnie sezonowany przez okres ok. pół roku w danym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Proces ten ma na celu zminimalizowanie ryzyka rozsychania się elementów, w naturalny sposób likwiduje naprężenia występujące w drewnie po procesie suszenia. Tak przygotowany surowiec trafia do dalszej obróbki. Analizowany zakład stolarski produkuje elementy o pięciu różnych średnicach, z różnym wykończeniem zewnętrznej krawędzi obwódki, w różnej kolorystyce wykończenia. Produkcja odbywa się w niewielkich partiach (kilkadziesiąt – kilkaset sztuk)

o określonych rozmiarach, kształcie i kolorystyce, zamawianych w analizowanym Zakładzie przez producenta lamp. Taka specyfika zamówień wynika z niechęci tworzenia przez producenta dużych stanów magazynowych – produkuj tyle ile jest potrzebne. Proces produkcji elementów jest podzielony na 9 lub 10 etapów, w zależności czy produkowana jest obwódka plafonu czy półplafonu.

- 1) W pierwszej kolejności przygotowywane są na odpowiednią grubość oraz szerokość drewniane deski w liczbie umożliwiającej wykonanie całej zamówionej partii drewnianych elementów. Do tego celu wykorzystuje się piłę stołową, heblarkę oraz grubościówkę. Na wstępie, w zależności od wymaganych wymiarów, ustawia się piłę na cięcie odpowiedniej szerokości desek. Produktem wyjściowym z tego etapu są deski o określonej szerokości.
- 2) W kolejnym etapie, odpowiednio przygotowane deski są cięte na pile stołowej w kształt trapezów z których składa się analizowana część plafonu. Na wstępie danej operacji przezbrajana jest piła tarczowa – zakładany jest osprzęt ułatwiający cięcie pod określonym kątem. Należy zwrócić uwagę że w przedsiębiorstwie wykonuje się elementy drewniane opraw o różnych średnicach – 5 typoszeregów średnic. W zależności od średnicy elementów w danej partii przygotowuje się mniejsze lub większe elementy trapezowe.
- 3) W dalszym etapie produkcji poszczególne elementy trapezowe są sklejane w wielobok zamknięty. Do tego celu wykorzystywane są odpowiednio przygotowane formy. Elementy pokrywa się warstwą kleju, zaciska, od strony niewidocznej łączy za pomocą zszywacza i odstawia do wyschnięcia kleju (czas ok. 1 doby).
- 4) Na tym etapie nadawany jest kształt kołowy sklejonemu wielobokowi. W tym celu na sklejonych obwódkach, od strony zewnętrznej z wykorzystaniem wzorców, rysowany jest zarys kołowy (powierzchnia wewnętrzna w gotowym wyrobie pozostaje w kształcie wieloboku ponieważ jest niewidoczna – przykryta oprawą szklaną lampy). Następnie pracownik z wykorzystaniem pilarki taśmowej nadaje kształt kołowy powierzchni zewnętrznej plafonu. Operacja ta wykonywana jest ręcznie i wymaga dużej precyzji od pracownika.
- 5) W kolejnym etapie produkcji nadaje się kształt krawędzi zewnętrznej. W zależności od partii zamówienia krawędź zewnętrzna może być tylko zaokrąglona lub wystopniowana. Do tego celu wykorzystuje się frezarkę górno-wrzecionową z odpowiednim frezem.
- 6) Etap szósty jest uzależniony od zamówienia (obwódka na plafon/półplafon). W pierwszym przypadku dany etap nie istnieje. W przypadku produkcji elementów drewnianych przeznaczonych na półplafony po frezowaniu elementy cięte są na dwie połowki.
- 7) W dalszym etapie produkcji element jest szlifowany na szlifierce taśmowej – dzięki tej operacji uzyskuje się gładką powierzchnię zewnętrzną plafonu.
- 8) W tak przygotowanym produkcie wierci się trzy otwory na odpowiednią głębokość (lub dwa w przypadku półplafonu) z wykorzystaniem wiertarki kolumnowej. W tym celu pracownik za pomocą szablonu oznacza odpowiednio miejsca wierceń.
- 9) Następnie w otwory wciska się wykonane z tworzywa sztucznego odpowiednie korki z gwintem wewnętrznym (miejsca mocowania oprawy szklanej plafonu).

10) Na koniec procesu produkcyjnego elementy drewniane są malowane lakierem bezbarwnym lub na określony dla danej partii kolor.

Poszczególne etapy procesu produkcji zamieszczono na rysunku 2. W grafice pominięto etap 7, 9 i 10. Po wykonaniu określonej partii całość jest pakowana i wysyłana do zlecniodawcy.



Rys. 2. Etapy procesu produkcji analizowanego elementu

### 3. MOŻLIWOŚCI USPRAWNIENIA ANALIZOWANEGO PROCESU

Specyfika analizowanego procesu produkcji drewnianego elementu plafonu polega przede wszystkim na dużej nierównomierności zamówień zarówno pod względem ilości określonej partii, jak również rodzajów (różnorodność kształtu). Jest to przykład, stosowanej przez producenta lamp, techniki Just in Time wymagającej od dostawców dużej elastyczności (producent elementów drewnianych jest tutaj dostawcą). Wynika to ze specyfiki rynku oświetleniowego polegającej na produkowaniu dużej ilości modeli w stosunkowo niewielkich partiach. Przy takich warunkach zamówień, tworzenie dedykowanej linii produkcyjnej pod określone elementy, ze względu na znaczne koszty, jest



bardzo ryzykowne. Dlatego podstawowym założeniem dotyczącym modernizacji analizowanego procesu jest jej niski koszt. Przy takim założeniu prześledzono dany proces celem wskazania możliwości usprawnień. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można wskazać elementy które po poprawie znacznie by go usprawniły:

- proces cięcia elementów trapezowych plafonu (Etap 2),
- nadanie kształtu kołowego powierzchni zewnętrznej plafonu (Etap 4),
- proces wiercenia otworów (Etap 8).

#### Etap 2

Obecnie drewniane elementy trapezowe wykonywane są na stołowej pile tarczowej z wykorzystaniem osprzętu ułatwiającego cięcie pod określonym kątem oraz ogranicznika wyznaczającego długość cięcia. Podczas obserwacji danego procesu stwierdzono, że kłopotliwe i czasochłonne na tym etapie jest odpowiednie ustawienie maszyny (kąta, długość). Ponadto, podczas każdego cięcia element trzeba przekładać – w zależności od kąta cięcia. Zwrócono również uwagę, że w przypadku typowych dla drewna wad materiału (sęki, spękania, itp.) liczba cięć się zwiększa – stolarz usuwa te elementy poprzez odcięcie.

Propozycją modernizacji danego etapu jest zastosowanie piły dwutarczowej, z ustawionymi pod kątem tarczami. Urządzenie powinno mieć możliwość regulacji zarówno odległości pomiędzy tarczami jak i kąta ustawienia tarcz. Proces cięcia musiałby odbywać się na zasadzie działania piły ukośnicy. Ze względu na ograniczenia wynikające z wielkości ciętych elementów należałoby zastosować mniejsze tarcze tnące. Na podstawie analizy rynku stwierdzono że nie ma takiego urządzenia, dlatego należałoby je wykonać specjalnie pod określony proces. Urządzenie takie w znacznym stopniu usprawniłoby dany etap produkcji, jednakże konieczność regulacji odległości i kąta tarcz którą należałoby zastosować mocno komplikuje konstrukcję, co z kolei przekłada się na koszt wykonania urządzenia.

#### Etap 4

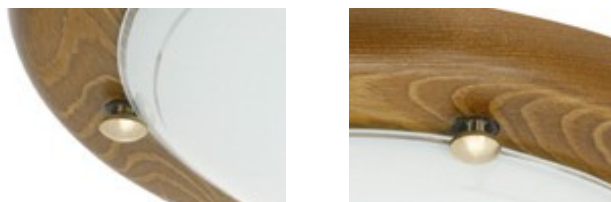
Nadanie kształtu kołowego sklejonemu wielobokowi odbywa się w sposób ręczny, z wykorzystaniem pilarki taśmowej, na podstawie odrysowanego ze wzorca na elemencie obrysu. Na tym etapie wymagana jest duża precyzja od pracownika. Przy takiej technologii wykonania niemożliwym jest uzyskanie dokładnego, kołowego kształtu. Nie wielkie niedokładności są korygowane poprzez szlifowanie krawędzi oraz ich zaokrąglenie poprzez frezowanie. W przypadku większych niedokładności, obrabiany element traktowany jest jako brak – przypadki sporadyczne.

Ten etap produkcji można usprawnić poprzez zaprojektowanie dodatkowego osprzętu, mocowanego na stole roboczym pilarki taśmowej, dedykowanego pod wycinanie okręgów. Osprzęt powinien być zaprojektowany w postaci obrotowej nakładki umożliwiającej zamocowanie różnej wielkości tarcz, do których z kolei mocowane będą elementy obrabiane. Ze względu na różne średnice ciętych okręgów, nakładka powinna mieć również możliwość regulacji odsunięcia od ostrza tnącego. Dodatkowo, nakładka powinna mieć możliwość dosuwu do ostrza tnącego w celu zainicjowania cięcia. Sposób mocowania powinien umożliwiać szybki montaż i demontaż elementu.

Na rynku występuje szereg niedrogich urządzeń wspomagających cięcie okręgów, w postaci prowadnic do wyrzynarek lub górno-wrzecionowych frezarek ręcznych. W analizowanym zakładzie testowano takie prowadnice, jednakże dla określonego procesu się one nie sprawdziły. Problemem był przede wszystkim wydłużony czas mocowania oraz pozycjonowania elementów obrabianych na stole roboczym (specyfiką prowadnic jest ich mocowanie wewnątrz elementu obrabianego). Alternatywnym rozwiązaniem może być projekt urządzenia opierającego się na danej technologii cięcia, jednakże w większym stopniu dostosowanego do analizowanego procesu – szybki montaż i demontaż prowadnicy, dosuw narzędzia w celu zainicjowania cięcia, szybkie pozycjonowanie.

#### Etap 8

Na tym etapie w elemencie wiercone są otwory umożliwiające zamocowanie szklanego klosza lampy. Otwory wiercone są za pomocą wiertarki kolumnowej w oznaczonych za pomocą szablonu miejscach. Pomimo prostoty operacji na tym etapie występuje najwięcej braków. Wynika to z niedokładności „przyłożenia” wiertła, ze specyfiki obrabianego materiału oraz małej tolerancji rozmieszczenia otworów. Drewno sosnowe, z którego jest wykonany element ma nierównomierną strukturę wynikającą z jego usłojenia. Nierównomierna struktura powoduje, że podczas wiercenia otworów zdarzają się przypadki „pociągnięcia” wiertła. Z kolei sposób mocowania klosza, stosowany przez zleceńdawcę (Rys. 3), wymusza dość dużą dokładność rozmieszczenia otworów. Problem ten nie występuje w przypadku półplafonu – inny sposób mocowania dający większą tolerancję rozstawu otworów.



Rys. 3. Sposób mocowania klosza

Ten etap produkcji można zoptymalizować poprzez zaprojektowanie oraz zastosowanie w procesie wiertarki trójosiowej – wykonującej 3 otwory jednocześnie. Urządzenie powinno mieć możliwość zmiany rozstawu osi głowic wierzących oraz szybkiego mocowania elementu obrabianego.

Możliwości usprawnień analizowanego procesu jest oczywiście znacznie więcej – przedstawiono tutaj tylko wybrane, najbardziej istotne spostrzeżenia. Analizując przedstawione możliwości usprawnień, wybrano do dalszych rozważań wiertarkę trójosiową. Wybór był uzasadniony wskazówkami przedsiębiorcy. Dodatkowym atutem przemawiającym za tym rozwiązaniem jest posiadanie przez właściciela odpowiedniego silnika.

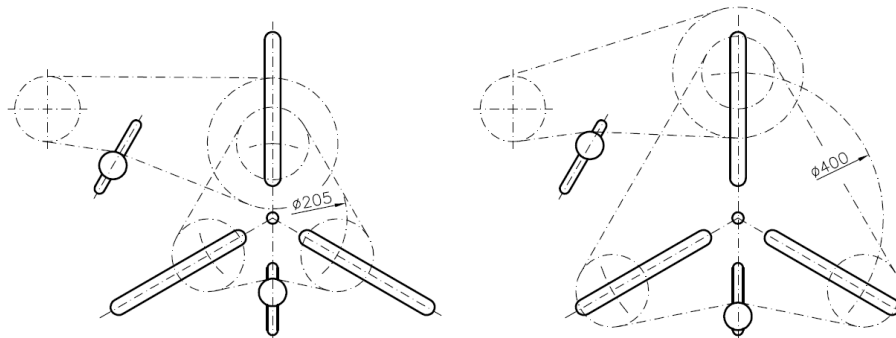
#### 4. PROJEKT URZĄDZENIA USPRAWNIAJĄCEGO PROCES PRODUKCJI

Propozycja usprawnienia procesu produkcji określonego elementu polega na zastąpieniu wiertarki stołowej jednokolumnowej wiertarką trójwrzecionową. Zaletą takiego rozwiązania jest wyeliminowanie braków występujących na tym etapie oraz skrócenie czasu produkcji. Na podstawie obserwacji oszacowano, że poprzez zastosowanie wiertarki trójwrzecionowej, czas produkcji na tym etapie ulegnie, przy wersji pesymistycznej, ok. pięcio/sześciu-krotnemu skróceniu. Taka prognoza wynika z wyeliminowaniu z procesu oznaczania za pomocą szablonu miejsc wierceń na elemencie (operacja zastąpiona poprzez jedno ustawienie wiertarki na odpowiedni rozstaw dla określonej partii), jak również samo wykonywanie trzech otworów jednocześnie. Urządzenie będzie miało również zastosowanie dla półplafonu, gdzie wykonuje się dwa wiercenia – w tym przypadku wykorzystywane będą tylko dwa wiertła. Przed przystąpieniem do wykonania projektu określono założenia projektowe które zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Lista żądań i życzeń klienta

ZD/ZC	Wymagania
ZD	Prostota konstrukcji, niski koszt wykonania
ZC	Zastosowanie ogólnodostępnych części
ZD	Zastosowanie w projekcie określonego silnika
ZD	Regulacja zmiany rozstawu osi głowic wierzących na średnice: D = 205; 250; 315; 390; 400 mm, w określonym skrajnym zakresie
ZD	Precyzyjne ustawienie maszyny na określone średnice
ZC	Łatwość zmiany rozstawienia osi głowic
ZC	Stabilna i wytrzymała konstrukcja
ZD	Łatwość naprawy w razie uszkodzenia lub zepsucia
ZC	Prosty montaż i demontaż
ZD	Prosta obsługa
ZD - żądania, ZC - życzenia	

W pierwszej kolejności wykonano niezbędne obliczenia, przeprowadzono symulację zmiany rozstawu osi głowic wierzących na określone średnice oraz określono podstawowe wymiary urządzenia. Zmianę rozstawu osi dla dwóch skrajnych położenia przedstawiono na rysunku 4.

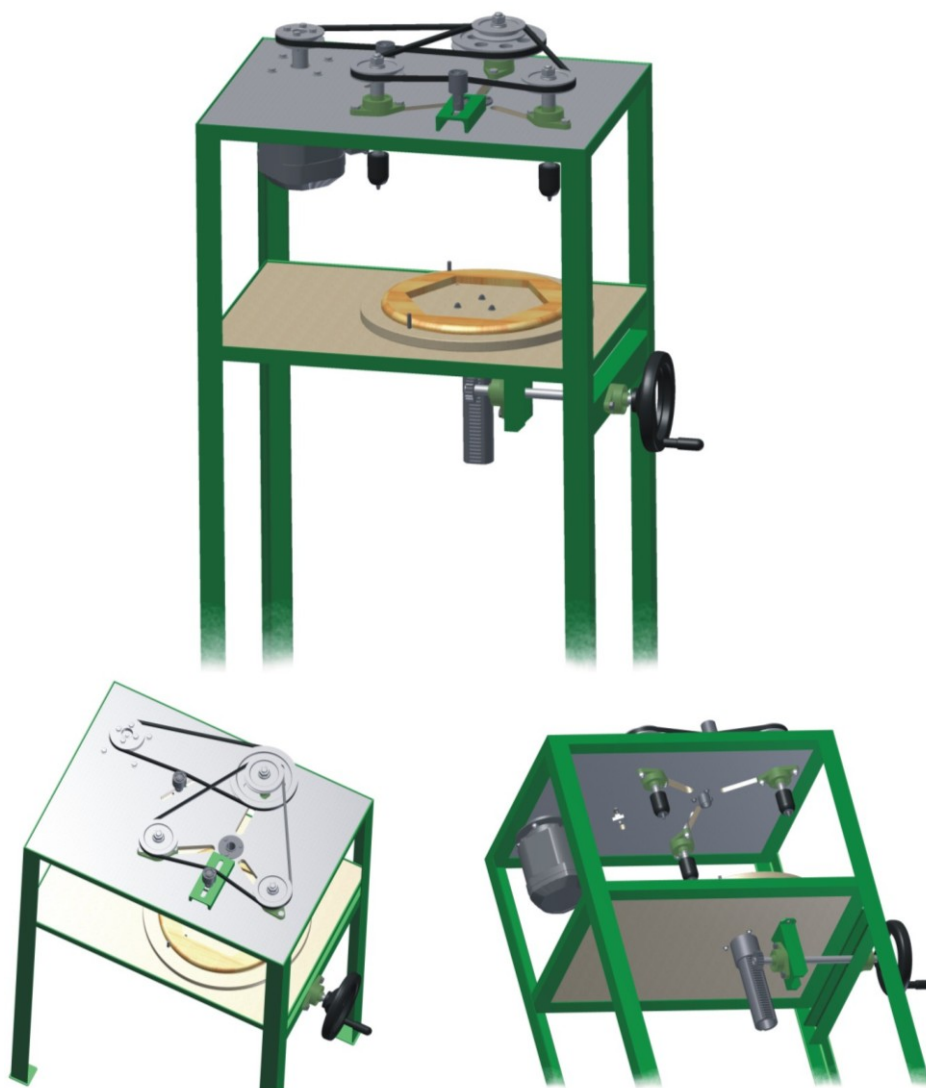


Rys. 4. Zmiana rozstawu osi dla dwóch skrajnych położeń

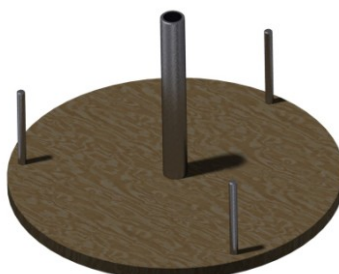
Następnie określono szereg możliwych wariantów rozwiązań konstrukcyjnych poszczególnych elementów analizowanego urządzenia, które zestawiono w tabelicę morfologiczną (opracowanie to, ze względu na znaczną obszerność pominięto w pracy). Na podstawie przeprowadzonych analiz, uwzględniających między innymi aspekty technologiczne, ekonomiczne i montażowe, spośród szeregu rozwiązań konstrukcyjnych wyznaczono sposób rozwiązania spełniający wszystkie założone kryteria. Opracowaną konstrukcję urządzenia, w postaci modelu 3D, przedstawiono na rysunku 5.

Konstrukcja wiertarki składa się z ramy głównej (wykonanej z kątowników) do której na górze zamocowana jest płyta z układem napędowym oraz głowicami wierzącymi oraz pośrodku płyta pośrednia. Ze względu na wymaganą sztywność płytę górną wykonano ze sklejki o grubości 22mm, obklejoną obustronnie ocynkowaną blachą stalową o grubości 0,5mm. Blacha ma na celu przede wszystkim zabezpieczyć sklejkę przed uszkodzeniami wynikającymi z częstej zmiany rozstawu głowic. Zwiększa również sztywność samej płyty. W płycie wykonane są otwory okrągłe – do zamocowania silnika oraz w kształcie fasoli – do zamocowania opraw łożyskowych w których osadzone są wałki z głowicami wierzącymi oraz napinacze pasa. Założono że napęd z silnika będzie przekazywany na jedną z głowic, a z niej na pozostałe, za pomocą przekładni pasowej z pasem klinowym. W środkowej części płyty umieszczono tuleję centrującą wykorzystywaną do szybkiej i precyzyjnej zmiany rozstawu osi głowic (technika SMED) oraz dla ogranicznika głębokości wiercenia. W przypadku zmiany rozstawu wykorzystuje się dodatkowy osprzęt (przygotowany dla każdego rozstawu osi głowic) w postaci tarczy z osadzonymi na obwodzie kołkami (dokładne odzwierciedlenie rozstawu wiertel) oraz osadzonym centralnie wałkiem spasowanym z tuleją umieszczoną w środkowej części płyty górnej (Rys. 6). Poniżej płyty górnej znajduje się płyta pośrednia, zamocowana na stałe w ramie, również wykonana ze sklejki o tej samej grubości. W centralnej części płyty osadzona jest tuleja prowadząca dla blatu roboczego, natomiast od dołu oprawy łożyskowe pod wałek z zębatką za pomocą której realizowany jest ruch pionowy blatu roboczego (podczas wiercenia otworów). Błat roboczy wykonany jest ze sklejki o grubości takiej samej jak płyta górna i pośrednia. W części górnej blatu wykonane są otwory wykorzystywane do szybkiego osadzenia obrabianych elementów (w otwory wkładane są kołki ustalające). Rozstawy otworów są dopasowane do wielkości poszczególnych

wyrobów. Od spodu, w części środkowej osadzony jest wałek prowadzący oraz listwa zębata. Ze względu na przejrzystość rozwiązania konstrukcyjnego, na rysunku 5 pominięto osłony związane z bezpieczeństwem użytkowania urządzenia.



Rys. 5. Model 3D opracowanego urządzenia



Rys. 6. Osprzęt wykorzystywany do zmiany rozstawu osi głowic

## 5. POSUMOWANIE

W pracy podjęto próbę optymalizacji procesu technologicznego poprzez przedstawienie propozycji trzech nowych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń, wykorzystywanych w produkcji określonego elementu. Dla jednej z przedstawionych propozycji wykonano projekt urządzenia, spełniającego założone kryteria, którego koncepcję rozwiązania konstrukcyjnego zamieszczono w pracy. Podstawowym warunkiem był tutaj niski koszt wykonania powiązany z prostotą konstrukcji przy jednoczesnym spełnieniu pełnej funkcjonalności. Tak postawione warunki wynikają ze specyfiki analizowanego procesu. Zastosowanie w procesie produkcji zaprojektowanego urządzenia nie tylko wyeliminuje braki powstałe na danym etapie, ale również spowoduje przynajmniej pięciokrotne skrócenie danego etapu (ponieważ urządzenie nie zostało jeszcze zastosowane w analizowanym procesie jest to wartość szacunkowa).

## 6. LITERATURA

- [1] **Branowski B.**, *Metody twórczego rozwiązywania problemów inżynierskich*, Wyd. Wielkopolska Korporacja Techniczna NOT, Poznań, 1999r.
- [2] **Brzeziński M.** (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją*, Wyd. Placet Warszawa, 2002r.
- [3] **Durlik I.**, *Inżynieria produkcji. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, Wyd. Placet, Warszawa, 2007r.
- [4] **Nowacki M.**, *Zarządzanie produkcją w praktyce*, Wiedza i Praktyka, Warszawa, 2006r.
- [5] **Pająk E.**, *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, Wyd. PWN, Warszawa, 2006r.
- [6] **Rypulak K.**, *Organizacja pomocniczych procesów produkcyjnych, Cz. I*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 1985r.
- [7] **Świć A., Taranienko W.**, *Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2003r.

# **ANALIZA JAKOŚCIOWA JAKO ŹRÓDŁO WIEDZY UKRYTEJ W PROCESIE WYTWÓRCZYM ZAWORU KONTROLNEGO**

## **1. WPROWADZENIE**

Rozwój przemysłu i konkurencyjne środowisko wymaga skupienia się zarówno na potrzebie klienta, jak i na maksymalizacji przychodów. Zainteresowanie jakością wynika z praktycznego uzasadnienia i nie wiąże się tylko i wyłącznie z finalnym produktem dostarczanym do konsumenta, a szeregiem procesów, usług i półproduktów wymaganych przy powstaniu wyrobu gotowego. Wdrażając popularne narzędzia do monitorowania jakości wyrobów przedsiębiorstwo jest w stanie obserwować proces wytwórczy na bieżąco i wyciągać z tego wnioski. W artykule postanowiono przeanalizować proces wytwórczy zaworu kontrolnego oraz działania przyczyniające się do zapewnienia jakości. Proponuje się również sposób zastosowania pozyskanych danych, celem utworzenia inteligentnego narzędzia monitorującego proces, opartego na wiedzy cichej pozyskanej od pracowników produkcyjnych (operatorów maszyn CNC) oraz pracowników wiedzy.

## **2. JAKOŚĆ W BRANŻY AMOTORYZACYJNEJ**

Według powszechnie obowiązującej normy PN-EN 9000 „jakość to stopień, w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania”, z kolei Platon stwierdził, że „jakość jest to pewien stopień doskonałości”. Norma ISO 9000 stanowi bazę do zrozumienia podstawowych wymagań zawartych w jej rozszerzeniu, czyli ISO 9001 „Systemy zarządzania jakością – Wymagania” oraz w ISO 9004 „Wytyczne doskonalenia funkcjonowania”.

W przypadku szczególnej branży jaką jest motoryzacyjna, spełnienie wymagań stawianych w ISO 9001 jest niewystarczające. Charakterystyczny rynek i potrzeba zapewnienia użytkownikom najwyższego bezpieczeństwa wymusiła doprecyzowanie wymagań określonych na poszczególnych rynkach europejskich (np. dla włoskiego przemysłu AVSQ'94 ANFIA z 1997, czy niemieckiego VDA 6.1 z 1998). Obecnie przedsiębiorstwa związane z branżą motoryzacyjną podporządkowują się wymaganiom stawianym przez ISO TS 16949, na każdym etapie ich wytwarzania, od miejsc produkcyjnych (uwzględniając oprzyrządowanie i uposażenie), do jednostek wspomagających produkcję jak: biura projektowe, laboratoria, centra dystrybucji oraz w finale dla całego łańcucha dostaw.

## 2.1. Pozyskiwanie danych dotyczących procesu

By zapewnić odpowiednią jakość wyrobów popartą wymaganiami prawnymi, a związaną z bezpieczeństwem końcowych odbiorców, należy skupić się na jak najlepszej kontroli procesu i jego monitorowaniu. Oznacza to wdrożenie sugerowanych przez normy narzędzi do zarządzania jakością. Dzięki nim możliwe jest zbieranie i archiwizowanie informacji o przebiegu procesu, bieżące identyfikowanie błędów czy występujących nieprawidłowości. Pozwalają one także na bezpośrednią wizualizację przebiegu produkcji wraz z potwierdzeniem efektywności działań naprawczych.

Podstawowym narzędziem służącym do bieżącej wizualizacji jest karta kontrolna, zwana także kartą Shewharta. Obrazuje przebieg procesu wytwórczego w zgodzie z wymaganiami klienta określonymi przez dopuszczalne odchyłki od wymiaru docelowego. Jest szczególnie przydatna przy produkcji seryjnej, czy masowej. Tam też należy skupić się na każdej nieprawidłowości ponieważ w przypadku pomiarów statystycznych, czyli losowo pobranych próbek reprezentujących partię, wszelkie niedociągnięcia powielane są na setkach sztuk wyrobu.

W przypadku zarządzania jakością wyrobu należy postarać się o zapewnienie optymalnego otoczenia, czyli właściwych warunków środowiska technologicznego, a także do ograniczenia zmienności procesowych, czyli poszczególnych etapów. Wskaźnik zdolności dla procesu lub maszyny określa się z reguły jako relacja tolerancji  $T$  parametru do pola rozrzutu – opisanego jako  $6\sigma$ . Ocena zdolności maszyn, oznaczona jako  $C_m$ , określa się w początkowej fazie uruchomienia nowej partii wyrobów, przy produkcji seryjnej. W tym przypadku należy doprowadzić maszynę do stanu normalnego i testować początkowo na 3-5 elementach, a następnie zbadać 50-100 sztuk.

Ocenę zdadności procesów, oznaczoną jako  $C_p$ , wykonuje się najczęściej po uzyskaniu satysfakcjonującego wskaźnika  $C_m$ . W tym wypadku analizuje się znacznie większą populację: od 300 do 1500 sztuk, aczkolwiek badanie odbywa się na losowych próbkach w liczbie 50-100 sztuk. Stwierdza się, że dla przemysłu motoryzacyjnego nie wystarczy osiągnięcie satysfakcjonującego w większości branż wskaźnika  $C_p \geq 1,33$ , ale winien on wynosić  $C_p \approx 2$  (dla strategii 6 sigma) [5]. Co jest powiązane z bardzo precyzyjnym wykonywaniem wyrobów, zapewnieniem wysokiej stabilności procesu o niewielkim rozstępie mierzonych w próbkach wartości. Graficzne przedstawienie wskaźnika  $C_p$  zawarto na rysunku 1 – w którym rozróżnia się  $C_p$  według wzoru 1 oraz  $C_{pk}$  informujący o wyśrodkowaniu procesu (wzór 2).

$$C_p = (USL - LSL) / 6\sigma = (B + C) / A, \quad (1)$$

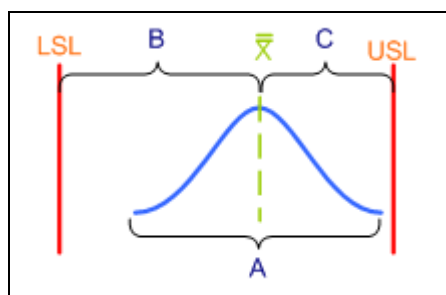
gdzie: USL – górna linia tolerancji,

LSL – dolna linia tolerancji,

$\sigma$  – odchylenie standardowe, czyli miara rozrzutu wyników badanego parametru.

$$C_{pk} = \min \{ (USL - X_{\bar{r}}) / (3\sigma); (X_{\bar{r}} - LSL) / (3\sigma) \} = \min \{ B/A; C/A \} \quad (2)$$





Rys. 1. Graficzne przedstawienie wskaźników zdolności procesu  $C_p$  i  $C_{pk}$

## 2.2. Interpretacja danych źródłem wiedzy ukrytej

Koźminski i Jemielniak definiują wiedzę jako: „wszelka treść (komunikat) docierający do nas ze świata zewnętrznego” [3]. Stąd też wszystkie dane i informacje, tu pozyskane w procesie produkcji, stanowią preludeum zbioru wiedzy, aczkolwiek nieuporządkowanej i rozproszonej. Michael Polanyi dokonał jednego z najbardziej upowszechnionych podziałów wiedzy i wyróżnił wiedzę jawną (*explicit knowledge*), czyli łatwą do pozyskania i zapisu w sposób graficzny, tekstowy lub za pomocą mediów, oraz wiedzę ukrytą (*tacit knowledge*) – trudną do pozyskania i zapisu w sposób sformalizowany [4].

Uważa się, że najcenniejsza jest wiedza jawna, która dzięki trwałemu zapisowi stanowi kapitał intelektualny firmy. Objawia się w formie zapisanych treści: broszur, instrukcji postępowania, podręczników czy innych materiałów szkoleniowych łatwych do rozpowszechniania [6]. Aczkolwiek to pozyskiwanie wiedzy cichej, a w następnym etapie jej konwersja na wiedzę jawną generuje postęp, usprawnia oraz wspiera rozwój.

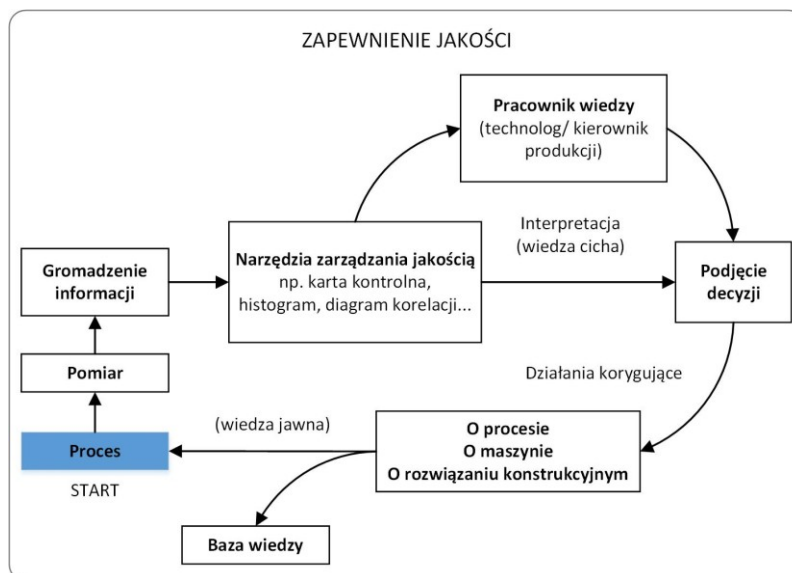
W przypadku przeprowadzenia analizy istotna jest szybkość i trafność podejmowanych decyzji w sprawie korekcji procesu. Pierwsze działania zapobiegawcze winny być sygnalizowane na bieżąco przez pracowników mających bezpośredni kontakt z procesem. Jednakże bardziej złożone wydaje się podjęcie działań korygujących w przypadku kiedy pomiary mieszczą się w granicach wyznaczonych przez dolne i górne granice wymiaru. Należałoby skupić się na całościowej ocenie jakości na podstawie archiwizowanych danych oraz ich wizualizacji celem obserwacji wzajemnych zależności i występowania trendu. Uwagę w procesie interpretacji danych należy zwrócić na akwizycję informacji, która stanowi jeden z początkowych etapów wytwarzania uporządkowanych informacji. Po określeniu jakie źródła danych będą interesujące przy interpretacji, należałoby zbadać również inne elementy produkcji korelujące z procesem. Ten ostatni podetap stosuje się w momencie kiedy nie można jednoznacznie i wprost zidentyfikować źródła danych potrzebnych do analizy jakościowej, i należy się wspierać samodzielnym ich uzupełnieniem w formie pytań, wywiadów, ankiet czy testów [8]. W wyniku powyższych działań pracownik wiedzy nadzorowałby proces powstawania wspomnianej bazy wiedzy, podejmując decyzje na podstawie interpretacji danych. W momencie zebrania

rzetelnych danych, można podjąć próbę sprzężenia bazy wiedzy z narzędziem do kontroli jakości (np. karty kontrolne) i stworzenia systemu uczącego się, wspomagającego podejmowanie decyzji, w postaci wyświetlania komunikatów w sytuacjach niepożądanych i odejściach od oczekiwanych wartości pomiarowych.

Powyższe działania mają na celu spełnienie założeń obecnych w normach jakościowych i będące w zgodzie z polityką każdej firmy, czyli stosowanie rozwiązań wspomagających nie tylko sprawniejszą produkcję ale i tańszą. Zatem w wyniku ustalenia źródeł niezbędnych informacji, ich kolekcjonowaniu, wprowadzaniu sprzężeniem z narzędziami do analizy danych należy spodziewać się poniższych korzyści [10]: wykrywanie lokalnych nieplanowanych odejść od celu, ocena zmienności, przewidywanie i wykrywanie trendów, analiza zmienności lokalnych i pomiędzy seriami.

Cykl działań zapewniających właściwą jakość wyrobu przedstawiono na rysunku 2, gdzie obserwuje się zależność między gromadzeniem informacji o procesie, czyli archiwizacją pomiarów, wizualizowanych za pomocą narzędzi zarządzania jakością. Przedstawione wyniki są interpretowane przez pracownika wiedzy, który próbuje podjąć określone działania korygujące. Zestawienie trafnych oraz niewłaściwych wniosków (opartych na pomiarach), a co za tym idzie kroków korekcyjnych winno być kolekcjonowane w postaci bazy wiedzy, choćby w prostym arkuszu kalkulacyjnym.

Powyższe działania doprowadziłyby do opisanie wskazówek postępowania w określonych sytuacjach. Zaimplementowane dane, współpracujące na bieżąco z narzędziem do zarządzania jakością pozwalałyby na stworzenie inteligentnego systemu, które ułatwiłyby proces decyzyjny, wyświetlając alerty pomocnicze.



Rys. 2. Cykl działań mających na celu zapewnienie jakości wyrobu

### 3. SPOSOBY ZAPEWNIENIA JAKOŚCI NA PRZYKŁADZIE ZAWORU KONTROLNEGO

Wyroby oferowane przez jednego z polskich producentów pneumatyki są projektowane we własnym biurze konstrukcyjnym. Szereg rozwiązań chronią stosowane patenty a sam produkt spełnia wymagane normy bezpieczeństwa. Wyroby są badane i certyfikowane w akredytowanych laboratoriach związanych z przemysłem motoryzacyjnym, a częściowo w nowopowstałej własnej bazie badawczej. Firma w obszarach swojej działalności skupia się na zapewnieniu właściwej jakości począwszy od procesów projektowych, poprzez produkcję do procesów obsługi sprzedażnej i posprzedażnej klientów. Od 2003 roku spółka działa w zgodzie z certyfikowanym systemem zarządzania jakością zgodną z wymaganiami normy ISO 9001. W 2015 roku wdrożono także system ISO/TS 16949 stanowiącą rozszerzenie „Systemów zarządzania jakością – Szczegółowe wymagania w zakresie stosowania ISO 9001:2008 w produkcji seryjnej oraz produkcji części zamiennych w przemyśle motoryzacyjnym”. Przedsiębiorstwo przestrzega także wymogów dla typowo niemieckiego klienta określonych w Automotive VDA. Wdrożenie i utrzymywanie wymienionych norm jest podstawą funkcjonowania. Wymaga tego rynek, na którym działa firma, a przede wszystkim oczekują tego kluczowi odbiorcy jej wyrobów.

#### 3.1. Analiza wyrobu

Przedmiotem pracy jest zawór kontrolny typu HPh M1/M2, produkowany w kilku wariantach wymiarowych. Każdy z nich charakteryzuje się analogiczną budową, różniącą się wymiarami korpusu podstawowego (głównie średnicą gwintów metrycznych), a w związku z tym rozmiarem nagwintowanej wkrętki mosiężnej. Wyrób może pracować w warunkach maksymalnego ciśnienia powietrza wynoszącego 1 [MPa], czyli 10,0 bar, a także w temperaturze od -40 do +80 [°C].

Gotowy wyrób składa się z mosiężnego korpusu oraz wkrętki, a także sprężyny, tulei oraz uszczelki typu oring. Zawór HPh, zwany także "testpoint'em", wchodzi w skład pneumatycznej instalacji hamulcowej, występującej w samochodach ciężarowych, również w przyczepach i naczepach. Rolą elementu jest głównie możliwość podłączenia manometru do układu pneumatycznego, celem sprawdzenia jego ciśnienia, bądź jako łącznik dodatkowych, zewnętrznych urządzeń zasilanych sprężonym powietrzem, pochodzącym z instalacji pojazdu. Rysunek 3 przedstawia budowę zaworu kontrolnego.



Rys. 3. Budowa zaworu kontrolnego: a – złożony zawór HPh M16/M12; b – elementy wchodzące w skład zaworu; gdzie: 1 – korpus zaworu, materiał: mosiądz, 2 – wkrętka zaworu, materiał: mosiądz, 3 – o-ring wkrętki, materiał: NBR, 4 – sprężyna, materiał: stal sprężysta

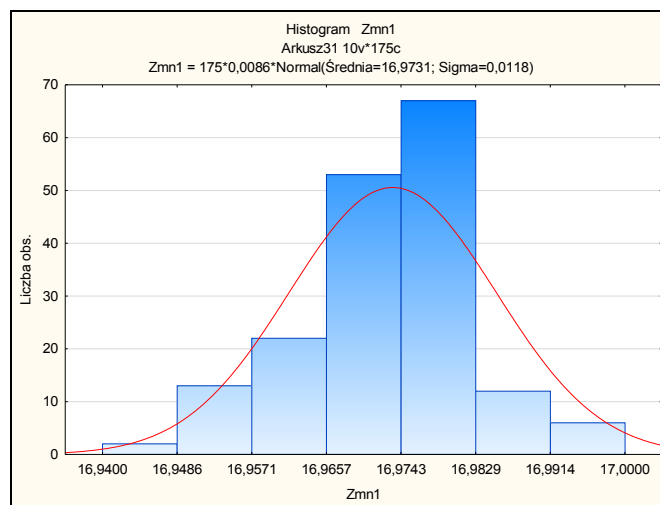
Wytwarzanie korpusów do zaworów kontrolnych HPh odbywa się na urządzeniach sterowanych numerycznie typu STAR 20 z automatycznymi podajnikami prętów. Wytworzenie jednego korpusu z pręta w kształcie sześciokąta o wielkości S17 trwa około 30 sekund. Przy kompletowaniu partii prowadzi się kontrolę co 50 elementu z partii, przy pomocy suwmiarki i sprawdzianów do gwintów. Wszystkie pomiary są obecnie wpisywane do protokołów pomiarów i archiwizowane w dziale planowania produkcji.



Rys. 4. Sprawdzone dedykowane korpusowi zaworu

### 3.2. Dwutorowa karta kontroli wartości średnich i rozstępu

Celem praktycznego zastosowania gromadzonych danych pomiarowych zaproponowano projekt karty kontrolnej dwutorowej wartości mierzalnych typu  $\bar{X}_{\text{sr}}-R$  dla wymiaru zewnętrznej średnicy  $\varnothing 17,00 \pm 0,1$  mm w korpusie HPh M16/M12. Zakłada się  $u_{\alpha/2}=3$ , przyjęto liczbę próbek 35, składającą się z 5 pomiarów każda. W pierwszym etapie sporządzono histogram, na podstawie którego określono rozkład wyników (rys. 5).



Rys. 5. Histogram sporządzony w programie Statistica

Następnie w programie Statistica wygenerowano z wprowadzonych danych wizualizację karty kontrolnej (rys. 6). Obliczono także dolną (DLK), górną linię kontroli (GLK) i linię centralną (LC) dla wartości pomiaru  $X$  oraz rozstępu  $R$ .

$$DLK_X = \bar{X}_{\text{sr}} - A_2 * R_{\text{sr}} = 16,97 - 0,577 * 0,01 = 16,96 \text{ [mm]} \quad (3)$$

$$GLK_X = \bar{X}_{\text{sr}} + A_2 * R_{\text{sr}} = 16,97 + 0,577 * 0,01 = 16,98 \text{ [mm]} \quad (4)$$

$$LC_X = \bar{X}_{\text{sr}} \quad (5)$$

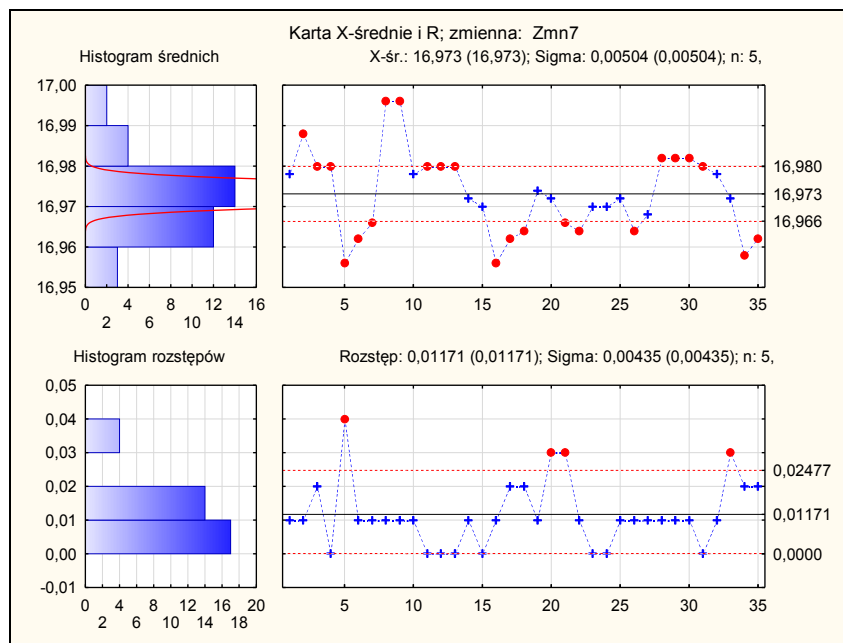
gdzie:  $A_2$  – współczynnik tablicowy  $A_2=0,577$  dla  $n=5$

$$DLK_R = D_{(1-\alpha/2)} * R_{\text{sr}} = D_3 * R_{\text{sr}} = 0 * 0,01 = 0,00 \text{ [mm]} \quad (6)$$

$$GLK_R = D_{(\alpha/2)} * R_{\text{sr}} = D_4 * R_{\text{sr}} = 2,114 * 0,01 = 0,02 \text{ [mm]} \quad (7)$$

$$LC_R = R_{\text{sr}} \quad (8)$$

gdzie:  $D_3, D_4$  – współczynniki tablicowe dla  $n=5$ :  $D_3=0$  oraz  $D_4=2,114$



Rys. 6. Karta kontroli typu  $X_{\bar{r}}-R$

Po analizie powyższych danych stwierdzono, że histogram nie wpasowuje się idealnie w krzywą rozkładu normalnego, aczkolwiek bardzo go przypomina. Wskazuje większą koncentrację przy niższej wartości pomiarów co sugeruje pewne zakłócenia w procesie. Jest bardziej rozłożysty z lewej strony, a większość pomiarów skupia się nie na środkowej wartości tolerancji tj. 16,95, mm, ale na 16,98mm. Może to oznaczać, że maszyna nie jest odpowiednio wyregulowana lub jest to celowy zabieg mając na uwadze dążenie do wartości nominalnej 17,00mm, której odchyłka jest jednostronna. Jak widać na histogramie każdy pomiar mieści się w granicy wymaganej tolerancji. Karta  $X_{\bar{r}}-R$  nie wykazuje określonego trendu co potwierdza stabilność i opanowanie procesu. Mogą tu jednak występować błędy związane z różnicami w strukturze pręta mosiężnego, która wpływa minimalnie na sposób skrawania i różnicę w wymiarze (czynniki przypadkowe) lub na błędy związane ze zdatnością maszyny, co może oznaczać potrzebę wyregulowania maszyny. Duża część pomiarów  $X_{\bar{r}}$  jest poza wyznaczoną statystycznie dolną i górną linią kontrolną, jednakże należy zaznaczyć, że wszystkie pomiary mieszczą się w tolerancji wymiaru.

### 3.3. Karta kontroli frakcji wyrobów niezgodnych

Projekt karty kontrolnej dla wartości niemierzalnych (tu: wadliwości) typu p wykonano metodą stabilizacyjną dla strategii  $6\sigma$ . Pokazuje ona zgodność na badanie sprawdzianem nieprzechodnim gwintu wewnętrznego M12x1,5 w korpusie zaworu. Kartę kontrolną

frakcji wyrobów niezgodnych  $p_{sr}$  stworzono dla jednej zmiany produkcyjnej (8 h), która jest w stanie wytworzyć ok. 1300 szt. wyrobu. Losowy pobór próbek odbywa się co 40 min. Kartę kontrolną przedstawiono na rysunku 7.

$$K=O/t= (8*60)/40=12 \quad (9)$$

gdzie:  $k$  – ilość pomiarów,  
 $O$  – okres organizacyjny: 8 h,  
 $t$  – średni czas między poborami próbek, przyjęto  $t=40$  min.

$$p_i=b_i/n_i \quad (10)$$

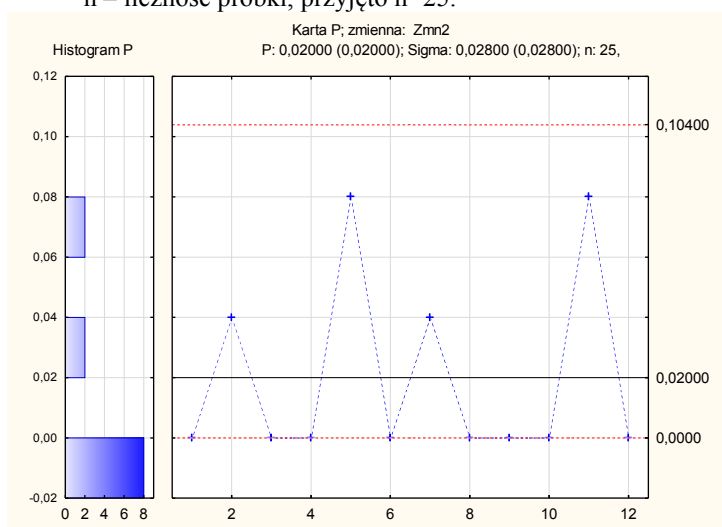
gdzie:  $b_i$  – liczba sztuk niezgodnych w  $i$ -tej próbce.

$$GLK=p_{sr}+3*(p_{sr}(1-p_{sr})/n)^{1/2}=0,104 \quad (11)$$

$$DLK=0,00 \text{ (przyjęto)} \quad (12)$$

$$LC=p_{sr} \quad (13)$$

gdzie:  $p_{sr}$  – średni stosunek wadliwych wyrobów w próbce do wszystkich wytworzonych wyrobów w danym przedziale czasowym,  
 $n$  – licznosc próbki, przyjęto  $n=25$ .



Rys. 7. Karta kontroli frakcji wyrobów niezgodnych  $p$

Wskaźnik średniego błędu wyniósł  $p_{sr}=0,020$ , a bacząc na fakt, że dopuszczalna granica równa się 0,104, proces jest opanowany i nie występuje niepokojący udział wyrobów wadliwych (żaden pomiar nie jest poza górną lub dolną linią kontroli). Wiąże się to głównie z wysoko zautomatyzowanym procesem produkcyjnym i małą ingerencją człowieka.

### 3.4. Ocena zdolności procesu

Pzy ocenie zdolności procesu założono losowy pobór próbek, przy seryjnej partii produkcyjnej, w podobnych odstępach czasowych. Dane zebrano dla kolejnych  $n=50$  próbek o liczności 5 szt., ich podstawowe parametry podano poniżej:

$$X_{\min} = 16,94 \text{ [mm]},$$

$$X_{\max} = 17,00 \text{ [mm]},$$

$$X_{\text{sr}} = 16,98 \text{ [mm]},$$

$$N = 17,00 \text{ [mm]},$$

$$T = 0,1 \text{ [mm]},$$

$$\sigma = 0,0148,$$

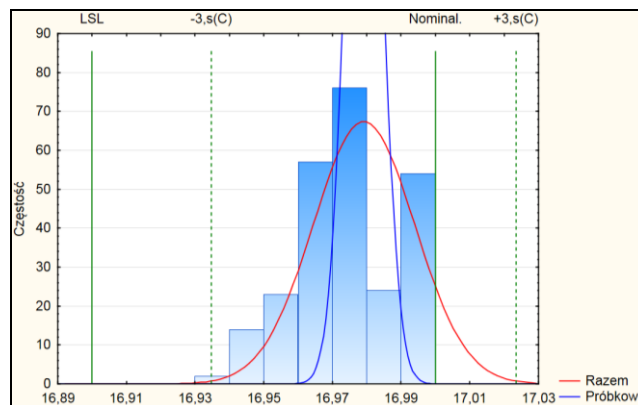
$$DLT = 16,90 \text{ [mm]}.$$

$$C_p = T/6\sigma = 0,1/(6*0,0148) = 1,13 < \mathbf{1,33 \text{ NOK}} \quad (14)$$

$$C_{pk} = (GLT - X_{\text{sr}})/(3\sigma) = (17,00 - 16,98)/(3*0,0148) = 0,45 < \mathbf{1,33} \quad (15)$$

**NOK (teoretycznie)**

$$C_{pk} = (X_{\text{sr}} - DLT)/(3\sigma) = (16,98 - 16,90)/(3*0,0148) = 1,82 > \mathbf{1,33 \text{ OK}} \quad (16)$$



Rys. 8. Analiza zdolności procesu: histogram porównujący

Na podstawie rys. 8 z histogramem porównującym rozkład próbkowy i oczekiwany stwierdza się, że zdolność procesu jest zadowalająca ( $C_p$ ). Teoretycznie można ocenić analizowany proces na wyższy wskaźnik zdolności, ponieważ tu porównywano go z nominalnym o górnej odchyłce 0,00mm. Wszystkie pomiary (a tym samym średnie) mieszczą się w dopuszczalnej granicy tolerancji, co potwierdza histogram z rysunku. Ponadto należy zwrócić uwagę na wysoki wskaźnik  $C_{pk}$  dla dolnej granicy tolerancji, który w tym wypadku jest wiodący z racji nominalnego równego 17mm, z dopuszczalną odchyłką dolną -0,1mm. Na rys. 8 zauważa się przesunięcie krzywej rozkładu w prawo. Jednak jest to spowodowane świadomym dążeniem do nominalnego, a nie skupieniem się na osiągnięciu wymiaru w centrum pola tolerancji.



#### 4. WYNIKI ANALIZY JAKOŚCIOWEJ JAKO ŹRÓDŁO WIEDZY UKRYTEJ

W przypadku przeprowadzenia analizy jakościowej opartej na kartach Shewharda z histogramem wartości pomiarowych, pierwsze działania zapobiegawcze winny być sygnalizowane na bieżąco przez pracowników produkcji, a szczególnie przez operatorów centrów obróbkowych. Równoległe należałoby się skupić na sygnalizacji nieprawidłowości przez kontrolerów jakości, czy osoby wprowadzające pomierzone dane do arkuszy kontrolnych. W tym momencie wszelkie niepokojące odchylenia od wartości tolerowanych powinny być przekazywane przełożonemu. Kierownictwo produkcji wskazując kluczowe parametry, stworzyłoby zbiór zależności w postaci bazy wiedzy opatrzonej uwagami sformułowanymi jako kroki korygujące. Na podstawie analizy zaworu kontrolnego z punktu 3 proponuje się, uwzględnienie jako danych źródłowych poniższych parametrów w formie tabelarycznej (tab. 1.).

Tab. 1. Baza wiedzy dotycząca interpretacji procesu produkcyjnego

Dane źródłowe										Interpretacja	
Nom.	Dop. odchyłka górna	Dop. odchyłka dolna	$X_{sr}$	Trend X	$R_{sr}$	Trend R	$C_p$	$C_{pk}$ (górny)	$C_{pk}$ (dolny)	Alert	Działania korygujące

Zaimplementowane dane, współpracujące na bieżąco z narzędziem do zarządzania jakością pozwalałyby na stworzenie inteligentnego systemu, które ułatwiłyby proces decyzyjny, wyświetlając określone alerty. Wpłynęło by to na:

- szybkie powiadomienie UR o awariach, podstawowej potrzebie konserwacji maszyny jak choćby smarowanie, kasowanie luzów,
- potrzebie wymiany narzędzi przez operatorów CNC lub technologów,
- korekcji programów obróbkowych w momencie zużycia narzędzia przez programistów i technologów,
- niezbędnych zmianach konstrukcyjnych, które wspomogłyby stabilność procesu.

W efekcie powyższych działań wzrasta wskaźnik zdolności maszyn czy procesu co wpływa na satysfakcję klienta, szybszy czas reakcji w momencie zagrożenia powstaniem braków, a tym samym mniej strat materiałowych.

#### POSUMOWANIE

W niniejszym opracowaniu zaproponowano wykonanie analiz jakościowych zaworu kontrolnego w postaci kart kontrolnych typu  $X_{sr}$ -R oraz frakcji wyrobów wadliwych p. Na ich podstawie stwierdza się, że wszystkie wyroby mieszczą się w ustalonym prze-

dziale tolerancji. Proces poddano ocenie zdolności jakościowej, z której wynika że jest opanowany i stabilny. Zauważa się przesunięcie krzywej rozkładu w prawo – jednak jest to spowodowane świadomym dążeniem do nominału, a nie skupieniu się na osiągnięciu wymiaru w centrum pola tolerancji. Dalsze prowadzenie kart kontrolnych wraz ze skróconą interpretacją jej wyników w wewnętrznej bazie wiedzy, a następnie implementacja algorytmu w elektronicznym karcie kontrolnej, mogłoby stanowić podstawę kreacji inteligentnego narzędzia. Prócz bieżącej wizualizacji procesu, w sposób automatyczny wyświetlano by alerty ostrzegawcze, które kierowano by do działu jakości, kierownika produkcji oraz do działów współpracujących (konstrukcja czy utrzymanie ruchu). Pozwoliłoby to na podjęcie każdorazowo szybszych działań korygujących, minimalizacji strat w postaci wyrobów niezgodnych, a także ograniczenie zasobów przeznaczonych na szkolenia pracowników jakości.

## LITERATURA

- [1] **Dahlgaard J., Kristensen K., Gopal K.:** *Podstawy zarządzania jakością*, PWN, Warszawa, 2000.
- [2] **Hamrol A., Mantura W.:** *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa-Poznań, 1998.
- [3] **Koźmiński A., Jemielniak D.:** *Zarządzanie od podstaw*, Wyd. Akademickie i Profesjonalne, Warszawa, 2008, s. 255
- [4] **Lajtner L., Śliwa M.,** *Atmosfera i kultura pracy w przedsiębiorstwie opartym na wiedzy, [w:] Metody i narzędzia zarządzania wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, red. S. Kłos, J. Patalas-Maliszewska, Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2014, s. 41-54.
- [5] **Łunarski J.:** *Zarządzanie jakością. Standardy i zasady*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
- [6] **Piotrowska A.:** *Wiedza jawna i niejawna jako zasób decyzyjny w zarządzaniu personelem, [w:] Procesy decyzyjne w warunkach niepewności*, red. A. Grzegorzczak, Wyższa Szkoła Promocji, Warszawa, 2012, str. 79-95.
- [7] **Śliwa M.,** *Praca inżynierska: Techniczne aspekty zapewnienia jakości wyrobów na przykładzie zaworu HPh M16/M12*, Zielona Góra, 2016.  
Źródła internetowe
- [8] <http://www.manperion.com/zarz%C4%85dzanie-informacj%C4%85-zi/informacja-w-biznesie/etapy-produkcji-informacji/> dostęp: 14.03.2016
- [9] **Tochman R.:** *TQM (Total Quality Management) – Kompleksowe zarządzanie jakością*, <http://www.jakosc.biz/tqm-total-quality-management/> dostęp: 15.12.2015.
- [10] **Zawadzki P.:** *Gromadzenie, integracja i analiza danych produkcyjnych i jakościowych*, StatSoft Polska Sp. z o.o., 2014. [http://www.statsoft.pl/portals/0/Downloads/Gromadzenie\\_integracja\\_i\\_analiza\\_danych\\_produkcyjnych\\_i\\_jakosciowych.pdf](http://www.statsoft.pl/portals/0/Downloads/Gromadzenie_integracja_i_analiza_danych_produkcyjnych_i_jakosciowych.pdf) dostęp: 14.03.2016

# **WDRAŻANIE TPM W ODDZIAŁACH ZAKŁADY WZBOGACANIA RUD KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. WPŁYW WDROŻONEGO SYSTEMU TPM NA FUNKCJONOWANIE SYSTEMU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ**

## **Część II**

### **WPROWADZENIE**

Jednym z najważniejszych obszarów, który wymagał zmian organizacyjnych oraz strukturalnych, była strefa produkcji. Wdrażanie TPM w tym miejscu, rozpoczęto w ostatnim etapie.

Kultura organizacyjna, mentalność pracowników i niechęć do zmian, to największy problem z jakim spotkano się podczas wdrażania TPM w ZWR. Dlatego też, działania związane z realizacją projektu TPM, rozpoczęto procesowo zaczynając przede wszystkim od szkoleń załogi, zmian organizacyjnych, wdrażania procedur w małych obszarach (pomieszczenia, magazyny, warsztaty). Zachowanie systematyki oraz standaryzacja kolejnych obszarów, pozwoliło na realizację projektu w strefie produkcji, obszarze który wymagał od pracowników jeszcze większego zaangażowania i nabytego doświadczenia. Na tym etapie nie można było pozwolić sobie na niepowodzenia.

Część produkcyjna, podobnie jak inne obszary Zakładów Wzbogacania Rud, była bardzo zaniedbanym miejscem. Maszyny i urządzenia produkcyjne, w większości eksploatowane przez ponad 30-lat, nadawały się do gruntownego remontu i modernizacji. Dlatego też na początku wdrażania TPM w obszarze produkcyjnym, system realizowany był w bardzo wąskim zakresie. Poniżej zmiany jakie wprowadzono na początku w ramach 5S/TPM:

- oznakowano maszyny i urządzenia produkcyjne,
- przeprowadzono szereg spotkań z pracownikami na temat poprawy sytuacji w obszarze produkcyjnym, odbyła się tzw. „burza mózgów” wśród całej załogi,
- sporządzono wykaz sytuacji potencjalnie zagrażających bezpieczeństwu pracy, opracowano harmonogram realizacji zaleceń oraz przystąpiono do usuwania nieprawidłowości,
- wyznaczono i oznakowano ciągi komunikacyjne,

- zmodernizowano i dostosowano do wymogów BHP systemy sterowania maszynami i urządzeniami produkcyjnymi,
- przygotowano podręczne stanowiska ze sprzętem pomocniczym oraz narzędziami (zgodnie z TPM – tablica cieni), tablicę cieni ze sprzętem pomocniczym oraz narzędziami obowiązującą w ZWR, przedstawiono na rys. 1.,



Rys. 1. Sprzęt pomocniczy dla pracowników produkcyjnych w ZWR, tablica cieni.

- opracowano i wdrożono instrukcję autonomicznej konserwacji dla pracowników produkcyjnych, rys. 2.

			
<b>Czynności konserwacyjne wykonywane przez technologa w trakcie postoju podajnika wózkowego.</b>		<b>Czynności kontrolno-sprawdzające-konserwacyjne wykonywane w trakcie pracy młyna prętowego:</b>	
<b>• CZASOKRES</b> - przy postoju urządzenia		<b>• CZASOKRES</b> - 3 razy na zmianę	
<b>• WARUNKI I ŚRODKI BHP:</b>		<b>• WARUNKI I ŚRODKI BHP:</b>	
- używać: 		- używać: 	
<b>• ZESTAW NARZĘDZI</b> pędzel do malowania, sorbent, szczotka, klucz oczkowy, breszka, farba,		<b>Młyn prętowy</b>	
<b>Przenośnik taśmowy</b>		<b>Młyn prętowy</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>wymień uszkodzone krążniki,</li> <li>zamocuj i dokręć poluzowane osłony taśm, zauważoną korozję pomaluj środkiem antykorozyjnym a następnie pomaluj farbą,</li> <li>Zamocuj poluzowane osłony sprzęgła oraz wyczyść i zabezpiecz powłoką antykorozyjną a następnie pomaluj farbą,</li> <li>Wyczyść zauważone wycieki oleju z przekładni, wyczyść przekładnię, zauważoną korozję zabezpiecz środkiem antykorozyjnym oraz pomaluj farbą,</li> <li>raz na 3 miesiące zabezpiecz antykorozyjnie konstrukcje przenośników oraz pomaluj farbą,</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Sprawdź stan oleju w łożyskach głównych oraz w osłonie wienca zębatego do poziomu uwidocznionego na</li> <li>Sprawdź oprawę łożyska przystawki, czy znajduje się smar, w razie braku uzupełnij.</li> <li>Sprawdź czy wszystkie osłony zabezpieczające części wirujące oraz pomosty i barierki są w należytym stanie i na swoich miejscach</li> <li>Kontrolować urządzenia smarujące oraz temperaturę łożysk (przy 60 stopni C powinno zadziałać zabezpieczenie i wyłączyć młyn)</li> <li>Sprawdź czy śruby mocujące wykładziny do walczaka i demca nie przeciekają lub nie są pourywane.</li> <li>Kontrolować słuchowo i wzrokowo pracę młyna i w przypadku stwierdzenia jakichkolwiek nieprawidłowości w pracy młyna /stuków w przekładni, w czepaku lub silniku należy natychmiast powiadomić o tym dozorę</li> <li>Zwrócić szczególną uwagę na poziom oleju w łożyskach i ilość podawanego oleju przez pierścienie smarujące</li> <li>Kontrolowanie stan nagrzania się łożysk silnika SAS, przystawki oraz ich pracę</li> </ul>	
<b>PAMIĘTAJ: SYSTEM 5S TO MIEJSCE NA WSZYSTKO I WSZYSTKO NA SWOIM MIEJSCU!!!</b>		<b>PAMIĘTAJ: SYSTEM 6S TO MIEJSCE NA WSZYSTKO I WSZYSTKO NA SWOIM MIEJSCU!!!</b>	

Rys. 2. Instrukcje autonomicznej konserwacji dla podajnika wózkowego oraz młyna prętowego ZWR.

Instrukcje przedstawione na rys. 2, zawierają czasookresy autonomicznej konserwacji, wytyczne BHP oraz dokładny opis czynności wraz ze zdjęciami, do wykonania dla pracownika produkcyjnego, (technologa, operatora).

W drugiej połowie 2012 roku, Zarząd ZWR podjął decyzję o przeprowadzeniu pilotażowo, gruntownego remontu i modernizacji po jednej z głównych sekcji produkcyjnych w poszczególnych Oddziałach. Decyzję taką uznano za konieczną do prawidłowej realizacji projektu TPM w obszarze produkcyjnym.

## **2. REALIZACJA PROJEKTU TPM NA PODSTAWIE I ORAZ II SEKCJI PRODUKCYJNEJ**

Znaczny rozwój projektu TPM w obszarze produkcyjnym nastąpił dzięki wprowadzonym kompleksowym remontom oraz modernizacjom głównych strumieni produkcyjnych. Jednym z takich miejsc były sekcje produkcyjne Rejonu Młynowni-Flotacji.

W Rejonie Młynowni-Flotacji odbywa się etap mielenia oraz flotowania rudy miedzi. Ruda miedzi trafia tam w postaci wstępnie skruszonej skały, gdzie jest mielona w młynach, klasyfikowana, flotowana przy pomocy odczynników chemicznych w maszynach flotacyjnych, a następnie w postaci płynnego koncentratu transportowana do suszenia.

Głównymi urządzeniami sekcji produkcyjnej Rejonu Młynowni-Flotacji, są:

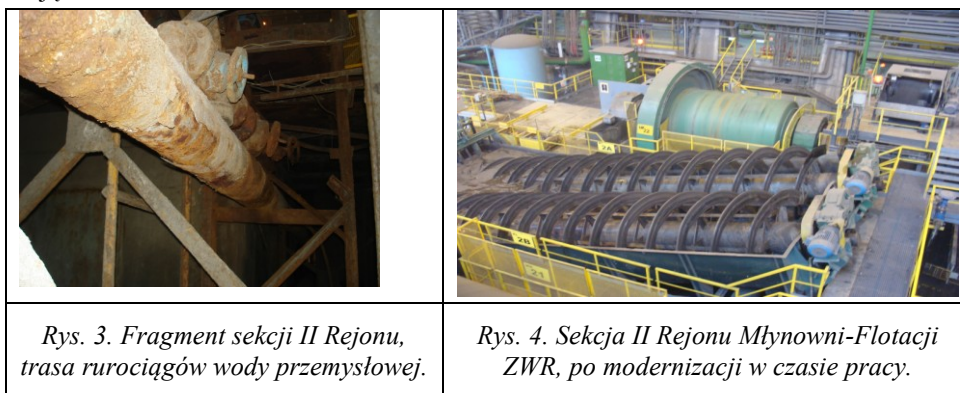
- podawacze wózkowe – podają na taśmy wstępnie skruszoną rudę miedzi, która znajduje się w zbiornikach zasypowych,
- przenośniki taśmowe poziome – transportują skruszoną rudę miedzi z podawaczy wózkowych na przenośniki taśmowe skośne,
- przenośniki taśmowe skośne – transportują skruszoną rudę miedzi bezpośrednio do młynów poziomych pierwszego mielenia,
- młyny poziome – wyróżnia się trzy typy młynów poziomych. Młyn prętowy, (pierwszego mielenia) którego mielnikami są pręty stalowe o średnicy od 80-120 mm; młyn kulowy – którego mielnikami są kule o średnicy 60 mm oraz młyn ostatniego mielenia (młyn cylpepsowy), którego mielnikami są kule o średnicy 30-40 mm;
- klasyfikator oraz baterie hydrocyklonu – urządzenia, za pomocą których ruda miedzi jest oddzielana na: gotową do flotowania oraz wymagającą dodatkowego mielenia,
- pompy szlamowe – które transportują rudę miedzi w postaci płynnego szlamu pomiędzy urządzeniami produkcyjnymi.

Proces rozwoju projektu TPM, zainicjowano od gruntownej modernizacji sekcji II Rejonu Młynowni-Flotacji, którą rozpoczęto w lipcu 2012, roku. W ramach modernizacji, przeprowadzono:

- całkowitą wymianę konstrukcji oraz poszycia pomostów obsługi,

- całkowitą wymianę instalacji rurociągów wodnych oraz szlamowych,
- kompleksowy remont wszystkich urządzeń strategicznych dla sekcji, tj. podawacze wózkowe, przenośniki taśmowe, młyny, klasyfikatory oraz pompy,
- całkowitą wymianę szaf sterowniczych urządzeń wraz z całą infrastrukturą elektryczną,
- wymianę istniejących urządzeń pomiarowych oraz zabudowę dodatkowych urządzeń automatycznych i pomiarowych

Na rys. 3. przedstawiono obraz sekcji II Rejonu Młynowni-Flotacji, przed modernizacją.



Na rys.3. widać mocno skorodowaną konstrukcję wsporczą pomostów, skorodowane rurociągi wodne oraz szlamowe, nie działające zasuwki klinowe rurociągów, uszkodzone oraz skorodowane drabinki przewodów zasilających urządzenia główne sekcji. Na rys. 4. przedstawiono obraz tej sekcji po modernizacji:

Ukończenie remontu oraz modernizacji sekcji, było początkiem do systemowego wdrażania projektu TPM. Główne maszyny i urządzenia, które poddane zostały generalnym remontom, a ich stan techniczny doprowadzono do wymogów dokumentacji technicznej, objęto działaniami związanymi z autonomiczną i planową konserwacją:

- wprowadzono obowiązek stosowania autonomicznej konserwacji – wdrożono tzw. check-list, czyli listy kontrolne zawierające wykaz czynności do zrealizowania dla operatora,
- opracowano harmonogram planowej konserwacji, w którym zaplanowano postoje głównych urządzeń sekcji oraz zawarto wykaz czynności do zrealizowania dla służb utrzymania ruchu – mechanicznych, elektrycznych oraz automatycznych. Planową konserwację zaimplementowano do systemu gospodarowania materiałami oraz częściami zamiennymi,
- wdrożono nowe urządzenia do diagnostyki dla operatorów, aby w porę reagować na pojawiające się problemy oraz w sposób precyzyjny dokonywać przeglądów maszyn i urządzeń w ramach autonomicznej konserwacji, (zastosowano kamerę termowizyjną do monitorowania pracy urządzeń i wczesnej diagnostyki w celu wyeliminowania powstawania awarii),

- zabudowano czujnik wsypu młyna prętowego (pierwszego mielenia). Czujnik umożliwił wczesne wykrycie zatkania wsypu do młyna oraz przekazanie informacji do systemu nadzorowania pracy maszyn i urządzeń. Dzięki temu operator mógł w bardzo szybkim tempie usunąć zator.
- - zastosowano lampę stroboskopową do diagnostyki maszyn i urządzeń podczas pracy. Lampa stroboskopowa umożliwiła podgląd przekładni zębatych podczas pracy, dzięki temu można wykonać regulację smarowania, sprawdzić stan techniczny kół zębatych oraz ustawić luzu wierzchołkowego. Zastosowanie kamery stroboskopowej umożliwiło podgląd obrazu koła zębatego o średnicy 4776 mm przy 16,54 obr/min.

## 2.1. Elektroniczne raportowanie prac, baza awarii oraz usterek

Remont oraz modernizacja sekcji II trwały przez okres 75 dni (trzy zmiany, siedem dni w tygodniu). Z chwilą uruchomienia procesu produkcji w obszarze sekcji II Rejonu Młynowni-Flotacji, rozpoczęto elektroniczne raportowanie prac utrzymania ruchu oraz ewidencję prac w bazie awarii i usterek. Elektroniczny system powstał podczas prac modernizacyjnych sekcji i zastąpił wcześniej stosowane książki raportowe.

Warto wspomnieć, że do końca 2012 roku, raportowanie i przekazywanie prac utrzymania ruchu, odbywało się w Zakładach Wzbogacania Rud za pośrednictwem, tzw. książek raportowych, nie istniały elektroniczne bazy, statystyki oraz inne narzędzia do zarządzania utrzymaniem ruchu.

Uruchomiono wówczas dwa narzędzia, które wspomagały działania w obszarze utrzymania ruchu maszyn i urządzeń:

- bazę danych, obsługiwaną przez służby ZWR w branży mechanicznej, elektrycznej oraz automatycznej,
- rejestr zmianowy Axapta, zaprojektowany przez firmę zewnętrzną KGHM Zanam, obsługiwany przez pracowników firmy, którzy realizowali prace utrzymania ruchu.

Oba powyższe narzędzia były namiastką do wdrożenia systemu SWUR (System Wspierania Utrzymania Ruchu), nad którego uruchomieniem, w tym samym czasie, trwały prace w zespole ds. TPM.

System SWUR, został napisany oraz wdrożony przez pracowników Zakładu Wzbogacania Rud, jedyny koszt jaki został poniesiony to zakup sprzętu komputerowego i montaż infrastruktury sieci wewnętrznej.

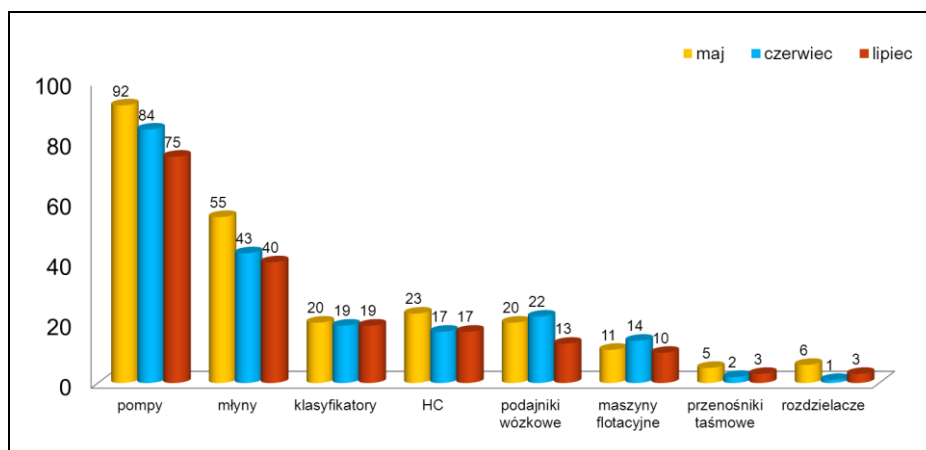
Prowadzenie elektronicznej bazy usterek oraz awarii, i elektronicznego rejestru prac utrzymania ruchu, pozwoliło na jeszcze lepszą kontrolę nad:

- gospodarką częściami zamiennymi,
- planową konserwacją oraz jej zakresem,
- harmonogramem prac remontowych.

Elektroniczna ewidencja, to nie tylko dostęp do danych, ale również analiza awarii, a co za tym idzie, poszukiwanie coraz to nowych rozwiązań. Okres sześciu miesięcy zbierania i analizowania informacji, bo tyle czasu minęło do rozpoczęcia modernizacji

kolejnej sekcji produkcyjnej, to otwarta droga do stosowania nowych rozwiązań i kreatywnych działań w obszarze inżynierii materiałowej.

Na rys.5. pokazano analizę usterek z podziałem na urządzenia.

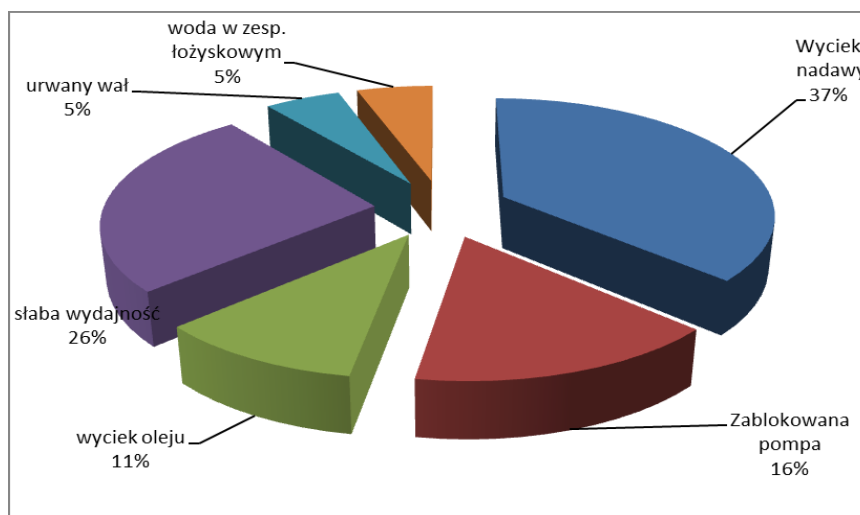


Rys. 5. Statystyka usterek maszyn z podziałem na grupy urządzeń – TPM w ZWR

Z analizy statystycznej przedstawionej na rys. 5 otrzymano informację, które z grup urządzeń są najbardziej usterkowe. Następnie przeanalizowano co jest przyczyną usterkowości danej grupy.

Poniżej pokazano analizę awarii, występujących w grupie urządzeń – pompy, rys. 6. Analiza pomaga wyeliminować awarię, poprzez stosowanie profilaktyki w zakresie wymiany części.





Rys. 6. Analiza awarii układów pompowych, TPM w ZWR.

Uruchomienie sekcji I, po procesie jej modernizacji, nastąpiło w I kwartale 2013 roku. Zakres remontu i modernizacji, tak jak w przypadku sekcji II, również był kompleksowy.

Analiza awarii, jaką prowadzono po uruchomieniu sekcji II, pozwoliła w czasie trwania prac remontowych sekcji I, wdrożyć wiele kreatywnych rozwiązań z zakresu inżynierii materiałowej. Poniżej kilka przykładów analizy problemu i zastosowanych rozwiązań:

- analiza awarii jaką przeprowadzono na podstawie zebranych danych wskazała, że 37% awarii zdiagnozowanych w obszarze pomp szlamowych, powstało ze względu na wytarcie króćca ssącego pompy. Króciec ssący pompy, to element stalowy zamontowany do korpusu pompy, w miejscu największych zawirowań transportowanego medium, bezpośrednio narażony na wpływ elementów abrazyjnych.
- 26% awarii pomp szlamowych, powstało na skutek uszkodzenia zespołu łożyskowego pompy. Przyczyną uszkodzenia zespołu łożyskowego pompy, okazała się nadawa (medium w procesie produkcyjnym wzbogacania rudy miedzi), która przedostawała się przez zamek wodny do zespołu łożyskowego, uszkadzając tym samym tuleję ochronną wału, wstrzymując dalszą eksploatację pompy.

Dzięki analizie problemu, na podstawie zebranych informacji, zmniejszono awaryjność w tym obszarze o 51%. Przeprowadzono następujące czynności: zwiększono ciśnienie wody dławikowej o 0,5 Bara w układzie, poprzez zamontowanie dwóch dodatkowych agregatów wodnych oraz wprowadzono oczyszczanie wody dławikowej poprzez montaż filtrów wodnych przy każdej pompie szlamowej.

- na podstawie prowadzonej analizy awarii, wykazano, że wśród wszystkich urządzeń produkcyjnych sekcji, najwięcej awarii wystąpiło w obszarze pomp szlamowych, tj. 32% oraz baterii hydrocyklonów, tj. 24%.

Najczęściej występującym problemem baterii hydrocyklonów, urządzenia w którym następuje klasyfikacja nadawy, było wytarcie króćców stalowych kolektora nadawczego.

Ze względu na małą średnicę króćca ( $\text{\O}159\text{mm}$ ) i brak możliwości zastosowania kompozytu trudnościeralnego, wykonano króćce napoiną wewnętrzną o twardości w skali Rockwella na poziomie 62-65 HRC, w firmie Castolin.

Stosując takie rozwiązanie, awaryjność w tym obszarze spadła o 76%.

### **3. WPŁYW WDROŻONEGO SYSTEMU TPM NA ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ**

Zarządzanie jakością, do chwili rozpoczęcia procesu wdrażania TPM, odbywało się w strukturach Zakładów Wzbogacania Rud, wyłącznie w obszarze sterowania procesem produkcyjnym. Parametry jakie miały wpływ na spełnianie wymogów dot. produkcji koncentratu, to:

- procent odpadu z przetworzonego surowca – zawartość Cu w odpadzie nie większa niż 0,18%,
  - procent uzyskanego koncentratu miedzi – na poziomie 26%,
  - stopień wilgotności wysyłanego koncentratu, nie przekraczający 8,5%.
- Powyższe parametry uzyskiwano m.in. za pomocą czynników, takich jak:
- ilość wody użytej w procesie produkcji,
  - ilość odczynników chemicznych, użytych w procesie flotacji,
  - ilość gazu zużytego w procesie suszenia koncentratu.

Osiąganie zakładanych parametrów produkcyjnych, ale przede wszystkim optymalizacja i zwiększanie wielkości produkcji, uzależnione było również od jeszcze jednego bardzo istotnego czynnika produkcji - zakładanej dostępności maszyn i urządzeń.

Na tym etapie okazało się jednak, że to nie produkcja steruje i zarządza parkiem maszyn, tylko maszyny zarządzają produkcją. To spostrzeżenie było bodźcem do zmian, podjęto wówczas decyzję, że do zarządzania w procesie produkcyjnym koncentratu miedzi w ZWR, niezbędne jest wdrożenie systemu TPM.

Zmiany, jakie wprowadzono w sferze zarządzania, dzięki wdrażaniu systemu TPM:

- optymalizacja procesu produkcyjnego,
- stabilizacja wielkości produkcji oraz możliwości jej zwiększenia,
- kontrola nad dostępnością maszyn i urządzeń – sposób na rozliczanie służb utrzymania ruchu,
- zmniejszenie kosztów Utrzymania Ruchu,
- zmniejszenie kosztów w gospodarce częściami zamiennymi – stosowanie prewencji, autonomicznej konserwacji, planowych przeglądów, pozwoliło zminimalizować straty ponoszone z tytułu poważnych awarii maszyn i urządzeń,

- zwiększenie jakości realizowanych prac, poprzez stosowanie odbiorów operatorski, to operator decyduje o jakości wykonywanych usług.
- mierzenie efektywności wykorzystania maszyn – prewencja, planowanie, podjęcie systemowe na podstawie OEE. Na rys. 1. przykład posługiwania się międzynarodowym wskaźnikiem OEE w jednym z Oddziałów ZWR:

WSKAŹNIKI OEE ZA MIESIĄC PAŹDZIERNIK 2014											
Sekcje	111	121	131	211	221	231	311	321	331	341	
<b>OEE<sub>d</sub></b>	<b>98,1%</b>	<b>99,1%</b>	<b>62,2%</b>	<b>100%</b>	<b>98,3%</b>	<b>90,7%</b>	<b>99,9%</b>	<b>98,8%</b>	<b>97,6%</b>	<b>98,8%</b>	
Awarie technol.	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Awarie automatyczne	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Awarie elektryczne	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Awarie mechaniczne	1,1%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	5,9%	0,1%	0,3%	0,7%	0,0%	
Planowa konserwacja	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	3,2%	0,0%	0,9%	1,7%	1,2%	
Postoje planowe	0,0%	0,0%	37,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
<b>OEE<sub>w</sub></b>	<b>92,9%</b>	<b>93,2%</b>	<b>94,4%</b>	<b>94,2%</b>	<b>95,3%</b>	<b>94,1%</b>	<b>92,5%</b>	<b>95,7%</b>	<b>94,3%</b>	<b>93,3%</b>	
CEL:	=>90	=>90	=>55	=>90	=>90	=>90	=>90	=>90	=>90	=>90	
<b>OEE</b>	<b>91,1%</b>	<b>92,4%</b>	<b>58,7%</b>	<b>94,2%</b>	<b>93,7%</b>	<b>85,3%</b>	<b>92,4%</b>	<b>94,6%</b>	<b>92,0%</b>	<b>92,1%</b>	

PLAN PRZERObU: 762 280  
WYKONANIE: 785 420

Remont Sekcji MK-131  
6 - 17.10.2014

Rys. 7. OEE dla zarządzania produkcją w jednym z Oddziałów Zakładów Wzbogacania Rud.

- zmiana mentalności wszystkich pracowników ZWR, zaangażowanie całego personelu do efektywnych i kreatywnych działań oraz ciągłego doskonalenia,
- wyznaczenie wspólnych standardów dla wszystkich Oddziałów ZWR i kontrola nad ich utrzymaniem. Rejonizacja audytów 5S oraz TPM, audyty przeprowadzane są wspólnie dla wszystkich branż i obszarów, wszyscy pracują na jeden wynik, przez co stają się jeszcze bardziej zdeterminowani do działań.

Wprowadzenie TPM, jako podstawowego i niezbędnego systemu od zarządzania w strukturach ZWR, pozwoliło na kontrolę działań we wszystkich obszarach Zakładu. TPM stał się najistotniejszym czynnikiem w zarządzaniu jakością, czynnikiem który wyznacza jakość Zakładów Wzbogacania Rud i w chwili obecnej jest najważniejszym projektem realizowanym przez wszystkich pracowników.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Proces TPM wdrażany jest w Zakładach Wzbogacania Rud od 2012 roku, od tego okresu zaszło wiele zmian, przede wszystkim organizacyjnych, mentalnych, zmian w sposobie

zarządzania. Terminu zakończenia wdrażania systemu TPM w ZWR, nie określono. Nie określono, ponieważ zakończenia wdrażania nie będzie, TPM to proces, który trwa nieprzerwanie, a motywem przewodnim jest ciągle doskonalenie.

## LITERATURA

- [1] Monografia KGHM Polska Miedź S.A. – Lubin 2007
- [2] **Seiichi Nakajima**, „*TPM Development Program*”, Productivity Press, 1989.
- [3] **Masaaki Imai**, „Kaizen, klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii”.
- [4] **Mark R. Hamel**, „*Warsztaty Kaizen*”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [5] **Arai K., Sekine K.**, „TPM for the Lean Factory”, Productivity Press, 1998.
- [6] **Freddy Balle, Michael Balle**, „Dyrektor firmy jako Lean Menadżer”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [7] **Mike Rother**, „Toyota Kata”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [8] **John Shook**, „Zarządzać znaczy uczyć”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [9] **Taiichi Ohno, Eiji Toyoda**, „Lean Management”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [10] **Tokutaro Suzuki**, „TPM In Process Industries”, Japan Institute of Plant Maintenance.
- [11] **Kunio Shirose**, „TPM for Worskhop Leaders”, Japan Institute of Plant Maintenance.
- [12] Zakłady Wzbogacania Rud, KGHM Polska Miedź S.A., projekt wdrażania TPM.

# **MODEL PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO W FORMULE 4.0**

## **1. WPROWADZENIE**

Przedsiębiorstwo produkcyjne w formule 4.0 charakteryzuje się dążeniem do zaspokajania indywidualnego zapotrzebowania na produkt przy zastosowaniu nowoczesnych technologii informacyjnych (ICT). Do bazowych elementów przemysłu 4.0 należą systemy cyberfizyczne (CPS, ang. Cyber Physical System) oraz Internet przedmiotów (IoT, ang. Internet of Things). System cyberfizyczny składa się z sieci sensorowych WSN, infrastruktury Internetowej, systemów czasu rzeczywistego oraz przetwarzania autonomicznego AC [4]. Internet przedmiotów (IoT – Internet of Things) jest to nadawanie adresu obiektom tak, aby mogły się ze sobą porozumiewać jak również przechowywać i przekształcać informacje. IoT składa się z dwóch elementów: Internetu usług oraz Internetu mediów.

W celu przygotowania przedsiębiorstwa produkcyjnego do funkcjonowania w formule 4.0 konieczne jest zidentyfikowanie potrzeb firmy w aspekcie wdrożenia jednego z rozwiązań, tj. np. Smart Factory, Real Time Systems czy Internet of Things. Przygotowanie modeli wybranych procesów biznesowych umożliwia przeprowadzenie automatyzacji tych procesów.

W artykule podjęto próbę sformułowania modeli dwóch procesów w rozpatrywanym przypadku przedsiębiorstwa produkcyjnego: (1) procesu termoformowania tworzywa sztucznego oraz (2) procesu formowania wtryskowego. Pokazano, za pomocą notacji BPMN, przebieg procesów produkcyjnych przed wprowadzeniem automatyzacji oraz symulację tych procesów po wprowadzeniu elementów przemysłu 4.0.

W rozdziale drugim zaprezentowano szczegółową charakterystykę przedsiębiorstwa 4.0, w szczególności takich elementów jak: Smart Factory, Real Time Systems oraz Internet of Things. W rozdziale trzecim zaprezentowano modele wybranych procesów biznesowych w rozpatrywanym przedsiębiorstwie produkcyjnym. W rozdziale czwartym sformułowano model przedsiębiorstwa produkcyjnego w formule 4.0.

## **2. PRZEDSIĘBIORSTWO 4. 0: SMART FACTORY, REAL TIME SYSTEMS ORAZ INTERNET OF THINGS**

Zastosowanie narzędzi Smart Factory, tzw. Inteligentnej Produkcji w przedsiębiorstwie produkcyjnym jest kluczowym elementem idei Industry 4.0. W myśl tej koncepcji rozproszone zakłady produkcyjne powinny zostać połączone sieciowo, natomiast w zakła-

dach produkcyjnych powinny zostać wdrożone inteligentne systemy produkcyjne. Wdrożenie Inteligentnej Produkcji obejmuje m. in. [7]:

modernizację istniejącego parku maszynowego tak, aby posiadał on czujniki podłączone sieciowo,

wdrażanie sieci hybrydowych, przewodowych i bezprzewodowych, łączących środowisko produkcyjne z biurowym,

zapewnienie pełnego zabezpieczenia systemu podłączonych do sieci urządzeń,

optymalizację w wykorzystaniu dużej ilości danych wygenerowanych przez maszyny i procesy produkcyjne,

wdrażanie platformy Big Data, która oferuje automatyzację przemysłu oraz analizę zebranych danych,

optymalizację procesów produkcyjnych tak, aby podnieść wydajność produkcyjną, jakość produktów oraz zapewnić bezpieczeństwo ich wytwarzania.

Oprogramowanie Smart Factory połączone jest trzema warstwami logicznym: warstwą aplikacji (m.in. aplikacje związane z Internet of Things, wspólne aplikacje do planowania) warstwą oprogramowania (m.in. usługi na sieciach bezprzewodowych, dostęp kontrolowany, rozwiązania 4G dla urządzeń i czujników) oraz warstwą urządzeń i czujników (m. in. odbiór i przekazanie danych audio i wideo z odległych sieci sensorowych) [7].

Systemy czasu rzeczywistego (ang. Real Time Systems) działają jako reakcja na bodźce wysyłane z obiektu lub od operatora w odstępach czasu narzuconych przez środowisko. Real-Time System dzieli się na podsystemy, które oddziałują pomiędzy sobą: (1) obiekt kontrolowany, (2) system komputerowy działający w czasie rzeczywistym oraz operator/człowiek [6]. Moment, w którym wytworzony zostaje rezultat nazywany jest deadline (termin ostateczny). W zależności od czasu, w którym wynik jest użyteczny po upływie terminu ostatecznego systemy czasu rzeczywistego można podzielić na Soft(miękkie), Hard(ostre) i są to określenia mocy ograniczeń. Klasyfikację można rozszerzyć o jeden rodzaj Firm(mocne), który jest odmianą ograniczenia typu miękkiego. Systemy te definiuje się następująco:

Soft Real-Time oznacza to, że po upłynięciu terminu ostatecznego, (deadline) jest ciągle użyteczność wyników otrzymanych z systemu jest, ale zmniejsza się wraz z ilością przemijanego czasu,

Firm Real-Time - jeśli minie deadline to wyniki są nieprzydatne i nie powodują one skutków ubocznych,

Hard Real-Time gdzie przekroczenie terminu ostatecznego powoduje katastrofalne skutki takie jak zagrożenie dla zdrowia czy uszkodzenia maszyn i urządzeń.

Internet of Things (Internet Przedmiotów) charakteryzuje się następującymi elementami [2]:

kluczowym standardem, tj. możliwością łączenia urządzeń produkcyjnych do sieci opartych na Internecie,

szybszym podejmowaniem decyzji odnośnie działań na halach produkcyjnych, tj. dzięki utworzonym jednostkom informacyjnym można podejmować skuteczne decyzje na podstawie aktualnych informacji,

wzrostem wartości człowieka, tj. człowiek będzie odgrywał ważną, aktywną rolę w produkcji, ponieważ oprogramowanie Internet of Things skupia się na zbieraniu, analizowaniu i zarządzaniu informacjami pochodzącymi z urządzeń, a pracownik będzie podejmował decyzje,

cyber bezpieczeństwem, tj. konieczne jest przygotowanie i wdrożenie procedur bezpieczeństwa dla przemysłowych systemów sterowania,

czujnikami nowej generacji, których to zadaniem jest wykrycie i pomiar właściwości fizycznych lub stanu fizycznego urządzenia.

maszynami jako układami cyberfizycznymi, tj. układami posiadającymi wbudowany komputer zdolny do monitorowania i kontroli procesów fizycznych poprzez możliwość sprzężenia zwrotnego,

przetwarzaniem w chmurze (ang. Cloud Computing) i Big Data, tj. aplikacje/oprogramowanie będzie działać na komputerach zdalnych a nie na fizycznie odsadzonych na terenie hali produkcyjnej.

W celu przeprowadzenia zmiany przedsiębiorstwa produkcyjnego do formuły 4.0 dokonano charakterystyki działu produkcji, w tym linii produkującej wypraski formowane z granulatu PS oraz linii produkującej wytłoczki formowane z folii PP/PS, a następnie pokazano symulację przebiegu tych procesów przy implementacji rozwiązania typu Smart Factory, tj. przy wdrożeniu urządzeń manipulujących oraz czujników nowej generacji.

### **3. MODEL PROCESÓW BIZNESOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM**

Przedsiębiorstwo produkcyjne funkcjonuje na rynku wyrobów tworzyw sztucznych, produkując sztucce oraz opakowania jednorazowe. Produkty przeznaczone są zarówno do użytku w branży spożywczej, medycznej i innych.

Produkcja opiera się na dwóch rodzajach maszyn, tj. (1) wtryskarce do tworzywa sztucznego i przeznaczonych do niej form wtryskowych oraz (2) pompie próżniowej i przeznaczonych do niej form aluminiowych. W procesach produkcji elementów z tworzywa sztucznego stosowane są czujniki, które są przeznaczone do odczytywania temperatury nagrzewania, ciśnienia formowania oraz czasu formowania. Materiały używane w produkcji to głównie granulaty polistyrenu białego, folia polistyrenowa (orientowany polistyren, Spieniony polistyren – oznaczenie recyklingu: PS 06) czy folia polipropylenowa (oznaczenie recyklingu: PP 05). Produkcja jest zgodna z wymogami HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System - System Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli).

Pakowanie odbywa się systemem flow-pack, automatycznie po wyprodukowaniu elementów. Opakowania jednorazowe, kubki i sztucce pakowane są w zależności od tego, jaki rodzaj elementów i ile sztuk wchodzi w skład opakowania jednostkowego. Zazwy-

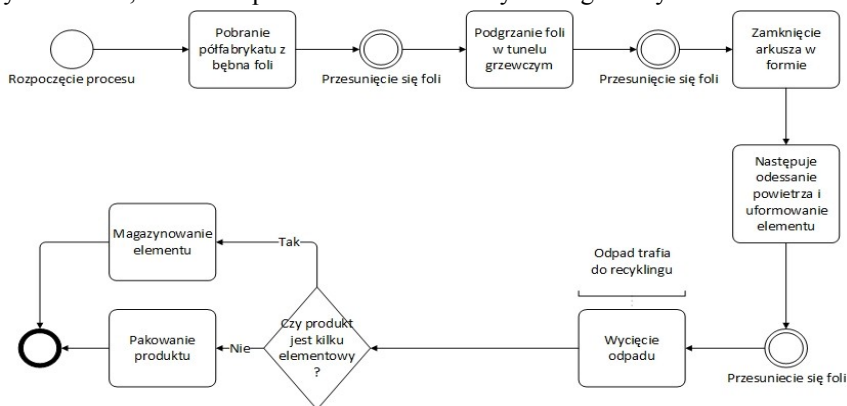
czas pakowanie odbywa się dużymi partiami chyba, że w opakowaniu jest mix elementów wtedy pakowanie odbywa się jednostkowo.

Pracownicy hali produkcyjnej pracują dwuzmianowo. Czas pracy jednego pracownika to 8 godzin dziennie. Procesy produkcyjne zachodzące w przedsiębiorstwie dzielą się na:

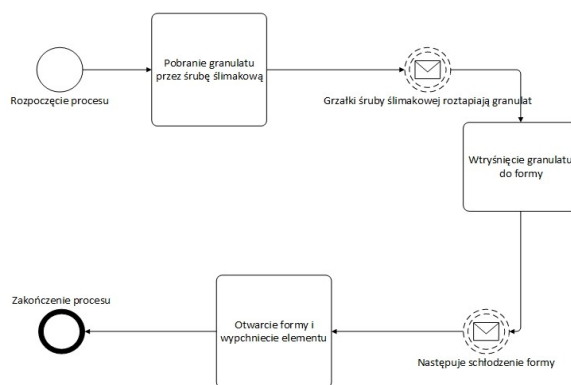
termoformowanie i formowanie wtryskowe,

procesy pomocnicze: transport (foli, granulatu, produktów gotowych), kompletowanie i magazynowanie zamówień czy produktów gotowych.

Proces technologiczny, jakim jest termoformowanie wytłoczki został przedstawiony na rysunku nr 1, natomiast proces formowania wtryskowego na rysunku nr 2.



Rys. 1. Proces termoformowania wytłoczki w przedsiębiorstwie produkcyjnym (opr. własne)



Rys. 2. Proces formowania wtryskowego w przedsiębiorstwie produkcyjnym (opr. własne)



W celu wprowadzenia rozwiązania Smart Factory rozpatrywane są dwie linie produkcyjne: linia wtryskowa produkująca sztućce z tworzywa sztucznego (1), wyposażona w maszynę ogólnego użytku, (2) linia wytłaczająca kubki o pojemności 200ml, które jest półautomatyczna.

Linia (1) pracuje w ruchu ciągłym półautomatycznym. Na rysunku nr 3 została zaprezentowana linia produkcyjna łyżek jednorazowych białych pakowanych po 10 szt. W skład wyposażenia linii technologicznej częściowo zautomatyzowanej wchodzi obrabiarka do formowania wtryskowego tworzyw sztucznych oraz urządzenie pakujące. Do obsługi maszyny wtryskującej potrzebny jest jeden pracownik, który odbiera wyroby gotowe z kosza i umieszcza je na jednostce paletowej. Następnie produkty są transportowane do stanowiska pakującego typu flow-pack, przy którym pracuje co najmniej 5 osób, które to segregują wyroby gotowe w odpowiednie ilości i układają je na taśmie urządzenia szybko pakującego, następuje zgrzewanie opakowania. Na końcu podajnika taśmowego pracownicy odbierają gotowe wyroby, umieszczają je w opakowaniach transportowych a następnie na jednostce paletowej.

Wymagany personel do obsługi linii produkcyjnej, produkującej łyżki z tworzywa polistyrenowego to:

- 1 osoba sterująca pracą wtryskarki i odbierająca wyrób gotowy,
- 3 osoby segregujące i wprowadzające wyrób gotowy do maszyny flow-pack,
- 2 obsługujące końcowy odcinek maszyny pakującej, formacje jednostkę paletową.

Do ilości osób obsługujących linię produkcyjną nie został wliczony pracownik przemieszczający wyroby z jednego stanowiska do drugiego gdyż zajmuje się tym personel działu Logistyki i Magazynowania jest to tzw. Osoba kompletująca zamówienia wewnętrzne.

Czas pracy pracownika produkcji to 8 godzin. Ustawowa przerwa i 5 minut na odalenie się i powrót pracownika na stanowisko daje 7h i 40 min na obsługę maszyny. Czas obsługi poszczególnych maszyn to [5]:

na stanowisko obsługi obrabiarki do formowania wtryskowego tworzyw sztucznych czas przygotowawczo zakończeniowy pracownika wynosi 80 minut, co daje 6 godzin i 20 minut pracy maszyny na zmianę.

na stanowisku pakowania w czas obsługi pakowania wlicza się, oględziny stanu maszyny oraz początkowe wprowadzenie parametrów pracy (około 10 minut) oraz trzykrotną-cztero krotną, w ciągu jednej zmiany, wymianę zużytej rolki laminatu na nową (każdorazowo 5 minut). Czas obsługi maszyny szybko pakującej to 7h i 15 minut.

Możliwości produkcyjne maszyny wtryskującej oraz pakującej takich jak: wtryskarka 570 H [3] oraz maszyna typu flow-pack GZB 450 [1] wylicza się z ich parametrów technicznych. Wydajność obliczona została przy następujących założeniach:

- maszyna wtryskująca ma możliwość co 5 sekund wyprodukować 24 szt. łyżek polistyrenowych,
- urządzenie typu flow-pack pakuje 30 opakowań łyżek po 10szt. w ciągu minuty pracy, jest to dostosowane do możliwości ruchowych człowieka.

Możliwości produkcyjne na jednej zmianie 8 godzinnej wynoszą: dla wtryskarki powyżej 109 tys. sztuk łyżek z tworzywa sztucznego a dla urządzenia szybko pakującego przy pakowaniu po 10 łyżek wynosi ponad 130 tys. elementów (13,05 tyś. sztuk opakowań).

Linia (2) pracuje w ruchu ciągłym półautomatycznym. Produkuje ona sterylne i wysokiej jakości wytłoczki PS i PP do przeznaczenia gastronomicznego. Na rysunku nr 5 została zaprezentowana linia produkcyjna wytwarzająca kubki z tworzywa sztucznego o pojemności 200 ml. W skład wyposażenia linii technologicznej półautomatycznej wchodzi maszyna termoformująca oraz maszyna zaokrąglająca brzegi. U wylotu maszyny termoformującej znajduje się stanowisko pobierające półwyroby i umieszczające je w opakowaniach transportowych. Następnie produkty są transportowane do maszyny zaokrąglającej brzegi typu cup curling, po czym następuje transport do maszyny pakującej typu flow-pack. Maszynę tą obsługują dwaj pracownicy, jeden pracownik wprowadza wyroby gotowe w celu zapakowania, drugi pracownik odbiera produkt w opakowaniu jednostkowym i pakuje je do opakowania zbiorczego lub transportowego.

Wymagany personel do obsługi linii produkcyjnej produkującej kubki:

- 1 osoba sterująca pracą termoformierki,
- 2 osoby odbierające półwyroby i odkładające na miejsce paletowe,
- 1 osoby wprowadzające półwyroby do maszyny zaokrąglającej brzegi oraz 2 odbierające produkt gotowy i układając na jednostce paletowej,
- 2 osoby obsługujące maszynę pakującą i formację jednostkę paletową.

Do ilości osób obsługujących linie produkcyjną nie został wliczony pracownik przemieszczający wyroby z jednego stanowiska do drugiego gdyż zajmuje się tym personel działu Logistyki i Magazynowania jest to tzw. Osoba kompletująca zamówienia wewnętrzne. Do niej należy odbiór półwyrobów, magazynowanie i przekazywanie ich do kolejnych stanowisk zgodnie z wyznaczonym wcześniej harmonogramem, ponieważ możliwości produkcyjne nie są na każdym stanowisku tożsame i część półwyrobów jest czasowo magazynowana.

Na jednej zmianie pracownicy produkcji pracują 8 godzin, z czego należy im się 15 minut przerwy. Czas obsługi maszyny kształtuje się następująco, jest to 7 godzin i 40 minut. Czas pracy poszczególnych maszyn to:

- termoformowanie – czas przygotowawczo zakończyłowy pracownika sterującego termoformierką to 70 min. Czas faktyczny obsługi maszyny to 6 h i 30 min,
- zaokrąglanie brzegów - czas przygotowawczo-zakończyłowy, maszyny obrabiającej brzegi to 25 minut. Czas główny wynosi 7 godzin i 15 minut,
- pakowanie – sprawdzenie parametrów pracy maszyny, przebrojenie, próbne laminowanie około 10 minut oraz co najmniej czterokrotną wymianę folii laminującej (każdorazowo po 5 minut). Główny czas obsługi maszyny laminującej przez pracownika to 7h i 10 min.

Możliwości produkcyjne maszyn produkujących wytłoczki kubków plastikowych takich jak: termoformierka TQC-650B, maszyna zaokrąglająca brzegi TJ-135, maszyna pakująca LT-1000, wlicza się z ich parametrów technicznych. Wydajność obliczona została przy następujących założeniach:

- maszyna termoformująca ma możliwość powtórzyć cykl formowania i wycinania do 30 razy w ciągu minuty a forma aluminiowa przeznaczona jest do wyprodukowania 36 elementów,
- maszyna zaokrąglająca brzegi w ciągu minuty ma możliwość obrobić 300 elementów,
- urządzenie typu flow-pack ma możliwość zapakowania 26 opakowań kubków po 50 szt. w ciągu minuty pracy.

Średnio na jednej, 8 godzinnej zmianie, pracownik ma możliwość wyprodukować 405 tys. sztuk wytłoczek z tworzywa sztucznego. W tym samym czasie inne stanowisko jest w stanie przerobić 130 500 sztuk półprodukty na wyroby gotowe. Na jedną zmianę pracowniczą urządzenie licząco-pakujące ma możliwość zapakować 559 tys. szt. wyrobów gotowych w opakowania zbiorcze.

#### **4. MODEL PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO W FORMULE 4.0.**

Proces produkcji wyprasek i wytłoczek z tworzywa sztucznego w formule Przedsiębiorstwa 4.0 zostanie ulepszony o urządzenia manipulujące oraz czujniki nowej generacji. Ma to na celu wyeliminowanie czynnika ludzkiego i zautomatyzowanie produkcji tak, aby sterowanie linią produkcyjną nie wymagało fizycznego pobytu pracownika na terenie hali produkcyjnej. Automatyzacja i robotyzacja przedsiębiorstwa, począwszy od jednostkowego wytworzenia produktu aż do uformowania jednostki paletowej, jest przykładem rozwiązania typu Smart Factory. Linie produkcyjne starszej generacji, produkujące wytłoczki oraz wypraski opierały się na kilku oddzielnych stanowiskach. Urządzeniami na każdym stanowisku z osobna sterowała inna osoba dodatkowo stanowiska obsługiwało kilka osób. Po zautomatyzowaniu produkcji do obsługi jednej linii produkcyjnej potrzebny będzie jeden pracownik. Będzie on dokonywał wstępnej kontroli stanu technicznego linii, osobiście lub za pomocą czujników audio-wizualnych. Kontrola polegać będzie na sprawdzeniu blokad osłon bezpieczeństwa, uszkodzeń w instalacjach, stanie otoczenia maszyn i urządzeń (plam z płynów, rozsypanego granulatu, niepożądanych elementów itp.). W trakcie pracy linii produkcyjnej w zależności od tego czy linia wytwarza wytłoczki z folii PP czy wypraski z granulatu PP/PS będzie on kontrolował poziom granulatu w podajniku lub okresowo wymieniał folię termoformowalną. Jeżeli zajdzie potrzeba dokona serwisu urządzenia lub wezwie osoby odpowiedzialne za naprawę urządzeń. Obsługa linii produkcyjnej przez pracownika to sterowanie maszynami produkcyjnymi, kontrola parametrów czujników oraz kontrola fizyczna, którą pracownik dokonuje wraz z urządzeniem mobilnym pozwalającym mu na wgląd do systemu sterującego urządzeniami produkcji.

Skład wyposażenia linii technologicznej (1) w pełni zautomatyzowanej w formule 4.0 należy uzupełnić o następujące elementy :

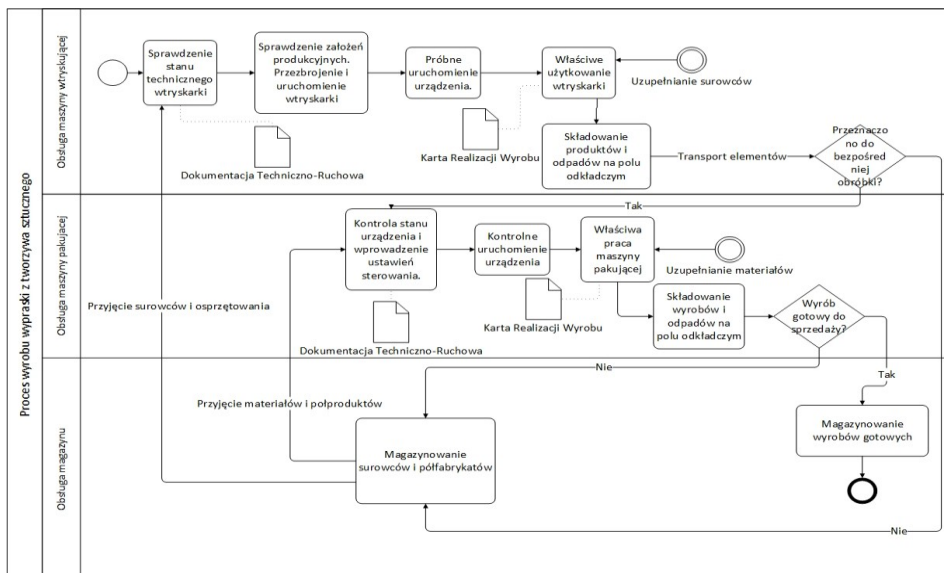
- obrabiarkę do formowania wtryskowego ARBURG ALLROUNDER 570 H wraz z formą aluminiową,
- dwa manipulatory Fanuc M-430iA (John Hart, 2016),
- stół obrotowy do między składowania,

- maszynę szybko-pakującą Abra Pack GZB 450,
- przenośnik taśmowy TTP,
- system zrobotyzowanego pakowania w kartony.

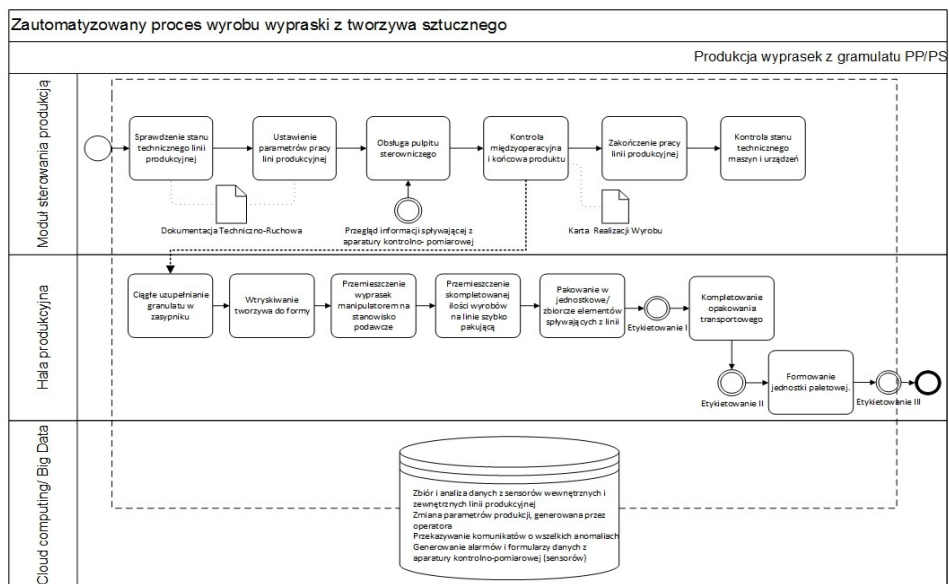
Skład wyposażenia linii technologicznej (2) w pełni zautomatyzowanej w formule 4.0 należy uzupełnić o następujące elementy:

- maszynę formującą folię PP z granulatu PP,
- manipulatory,
- dodatkową maszynę do zaokrąglania brzegów.

Na rysunku nr 4 oraz na rysunku nr 6 pokazano zautomatyzowane linie produkcyjne.

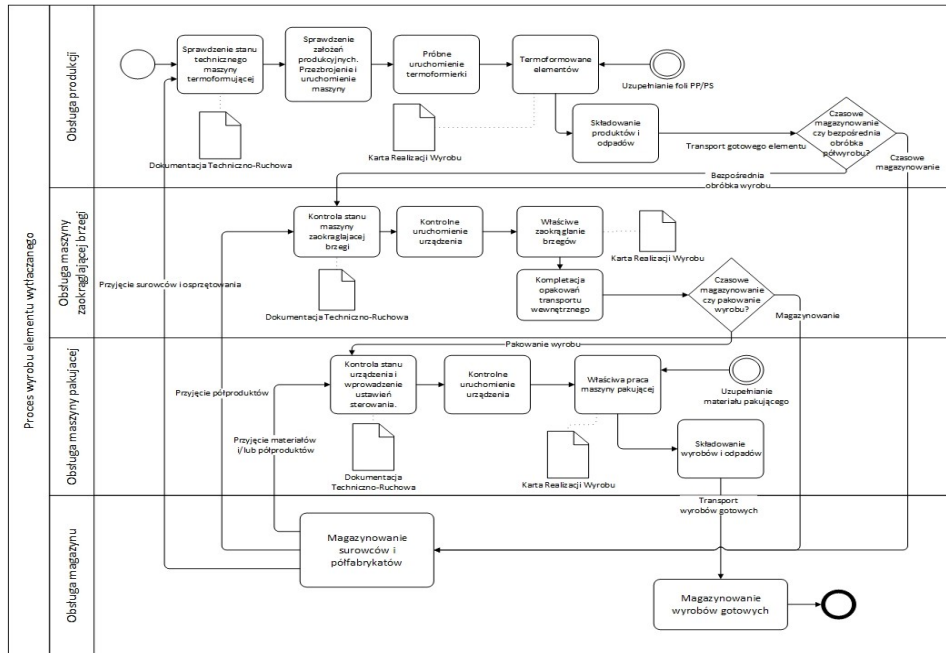


Rys. 3. Linia produkcyjna łyżek jednorazowych białych pakowanych po 10 szt. w przedsiębiorstwie produkcyjnym, (opr. Własne)

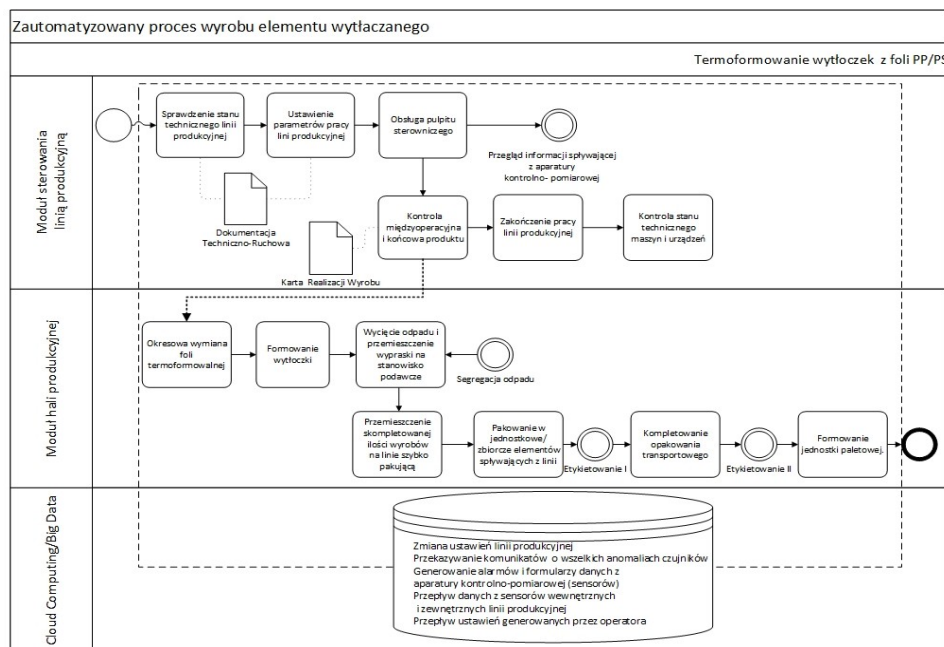


Rys. 4. Linia produkcyjna łyżek jednorazowych białych pakowanych po 10 szt. w przedsiębiorstwie produkcyjnym w formule 4.0, (opr. Własne)

W wyniku automatyzacji linii produkcyjnej (1) skrócił się czas wyprodukowania gotowych do sprzedaży pakietów łyżek, ponieważ na linii zautomatyzowanej, maszyny pracują jednocześnie, a możliwości produkcyjne zostały dostosowane do wyprodukowania ponad 247 tysięcy sztuk w ciągu jednego dnia.



Rys. 5. Linia produkcyjna kubki z tworzywa sztucznego o pojemności 200 ml, (opr. własne)



Rys. 6. Linia produkcyjna kubki z tworzywa sztucznego o pojemności 200 ml w przedsiębiorstwie produkcyjnym w formule 4.0, (opr. własne)

W linii zautomatyzowanej przepływ z jednej maszyny do drugiej następuje w sposób ciągły i dostosowany jest do maszyn TJ-135, w ciągu dnia pracy linii przetwarzają jedną partię wytłoczek kubków z tworzywa sztucznego.

## 5. POSUMOWANIE

Zaprezentowane rozważania na temat funkcjonowania przedsiębiorstwa produkcyjnego w formule 4.0 wskazują na aktualność i konieczność implementacji rozwiązań typu Smart Factory, Internet of Things czy Real Time Systems. Pokazana symulacja wdrożenia rozwiązania Smart Factory w dziale produkcji obrazuje korzyści wynikające z wdrożenia tego typu rozwiązań, m.in. wyeliminowanie pomyłek i błędów ludzkich dzięki raportom generowanym przez czujniki nowej generacji. Przedsiębiorstwo produkcyjne w formule 4.0 to firma, w której jest możliwa wymiana danych w czasie rzeczywistym, udoskonalanie jednostki na podstawie aktualnych informacji oraz to, że wraz z produktem tworzy się sieć powiązanych z nim technologii i obiektów.

## LITERATURA

- [1] Abra Pack, <http://www.abrapack.com.pl>, 2014.
- [2] **M. Albert**, *7 things to Know about the Internet of Things and Industry 4.0*, Modern Machine Shop, Gardner Business Media Inc. 88 (4), 2015.

- [3] ARBURG Polska Sp. z o.o., 2016.
- [4] **Badurek J.**, *System ERP dla wytwórczości nowej generacji*, Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce - teoria i praktyka, 2, 2014.
- [5] **Chabowski P., K. Żywicki**, *Wpływ organizacji przebrojeń na efektywność zasobów*, *Inżynieria Maszyn*, Wrocław, Agenda Wydawnicza Wrocławskiej Rady FSNT NOT, 18 (1), 2013.
- [6] **Juvva K.**, *Real-Time System*, Electrical & Computer Engineering, Carnegie Mellon University, 1998.
- [7] **Qiming T.**, *Are You Ready for Industry 4.0?*, ICT Insights, Huawei Enterprise 02, 2015.



# **ANALIZA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA JAKOŚĆ WYKONYWANYCH WYROBÓW W BRANŻY MOTORYZACYJNEJ**

## **1. WPROWADZENIE**

Branża motoryzacyjna jest prężnie działającym i rozwijającym się sektorem gospodarki. Przeglądając podsumowania Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego dla 2015 roku bardzo wyraźnie można zauważyć, że każdy właściwie każdy sektor branży motoryzacyjnej zanotował spory wzrost procentowy. Dla przykładu w 2015 roku zarejestrowano w Polsce ponad 5%, więcej pojazdów niż ubiegłym roku, wyprodukowano ponad 13% więcej pojazdów, a sprzedano prawie 10% więcej. Dane z 2016 roku są jeszcze bardziej obiecujące dla rynku motoryzacyjnego, a to dopiero początek roku.

Widoczne zyski i perspektywy na rozwój napędzają powstawanie nowych przedsiębiorstw produkujących części samochodowe w Polsce. Według danych z końca 2014 roku, w Polsce było zarejestrowane ponad 900 firm produkujących części motoryzacyjne. Dawało to ponad 116 tysięcy miejsc pracy w sektorze produkcji części według GUS. Wytworzono prawie 60 milionów części samochodowych, a przychód wynosił blisko 107 miliardów.

Celem artykułu było przeprowadzenie analizy czynników mających wpływ na jakość wyrobów w przemyśle motoryzacyjnym. Przedstawiono w nim charakterystykę normy ISO/TS 16949:2009 oraz zagadnienia związane z klasyfikacją środowiska motoryzacyjnego, omówieniu głównych etapów procesu wytwórczego oraz przegląd czynników wpływających na jakość wyrobów w branży motoryzacyjnej [4].

W ramach artykułu wykonano badania, które następnie zostały przedstawione oraz zinterpretowane. Badania przeprowadzono na terenie Polski za pomocą anonimowej ankiety. Na pytania zawarte w kwestionariuszu odpowiedziały 32 firmy z branży motoryzacyjnej. Ankieta zawierała 15 pytań. Na podstawie wyników i ich analizy wyciągnięto odpowiednie wnioski. Badania dotyczyły wpływu różnych czynników na jakość wyrobów branży motoryzacyjnej.

## **2. SYSTEM ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ WEDŁUG NORMY ISO 13485**

### **2.1 Charakterystyka normy**

Pierwsza edycja standardu ISO/TS 16949 powstała w 1999 roku. Kolejna została wydana w 2002 roku i została przebudowana na podstawie ośmiu punktów normy ISO

9001:2000. Trzecią (i jak do tej pory ostatnią) edycję wyemitowano w 2009 roku, a powodem jej wydania było dostosowanie się nowej normy ISO 9001:2008. Najnowsze wydanie kładzie nacisk na wprowadzenie działań korygujących oraz pomiar ich efektywności oraz ciągle doskonalenie procesów oraz zwiększenie satysfakcji Klienta. Specyfikacja ISO/TS 16949:2009 nakłada specjalnie wymagania w zakresie [7]:

- przygotowania dokumentacji technicznej,
- planowania jakości,
- zakupów,
- analizy systemów pomiarowych,
- badania wyrobów nie spełniających wymagań,
- realizowania audytów [5].

Warunkiem standardu jest stosowanie konkretnych narzędzi i metod wspomagających zarządzanie jakością. Zalicza się do nich [1], [4]:

- FMEA (ang. Failure Mode and Effects Analysis) - analiza rodzajów i skutków możliwych błędów,
- MSA (ang. Measurement System Analysis) - Analiza Systemu Pomiarowego,
- SPC (ang. Statistical Process Control) - Statystyczne sterowanie procesem,
- APQP (ang. Advanced Product Quality Planning) - Zaawansowane planowanie jakości wyrobów,
- PPAP (ang. Production Part Approval Process) - proces zatwierdzania części do produkcji seryjnej,
- QSA (ang. Quality System Assessment) - Ocena systemu jakości,
- plan kontroli wyrobów.

Producentom ciężko jest uzyskać zgodność w przypadku wielu punktów normy TS. W przypadkach, gdzie było to możliwe wymagania zostały precyzyjnie sformułowane. W innych punktach norma odwołuje się do wymagań Klienta. Aby sprostać wymaganiom specyfikacji technicznej ISO/TS 16949:2009, przedsiębiorstwa branży motoryzacyjnej są zobowiązane zaprojektować i wdrożyć system spełniający następujące zasady [6]:

- koncentrowanie się na kliencie - aby spełniać i wyprzedzać oczekiwania klientów należy dobrze zrozumieć teraźniejsze oraz przyszłe potrzeby konsumentów,
- przywództwo - trafne sprecyzowanie celów, zakresu działania oraz tworzenie wewnętrznego środowiska organizacji,
- zaangażowanie ludzi - całkowite zaangażowanie umożliwi wykorzystanie w pełni umiejętności pracowników,
- procesowe podejście - stosowanie systemu procesów w organizacji wraz z ich identyfikacją oraz wzajemnymi oddziaływaniami między tymi procesami i zarządzanie nimi w celu osiągnięcia zamierzonych wyników,
- systemowe podejście do zarządzania - rozeznanie systemu wzajemnie zależnych procesów, zrozumienie ich współzależności oraz wprawne zarządzanie wpływające na zwiększenie skuteczności i efektywności funkcjonowania organizacji,
- ciągle doskonalenie - jest to niezmienny cel wszelkich organizacji, które dążą ku rozwojowi,

- opieranie się na faktach przy podejmowaniu decyzji - konsekwentna i logiczna analiza danych warunkuje podejmowanie skutecznych decyzji,
- wzajemne korzystne powiązania dostawców - wpływa na wzrost generowania zysków.

Wdrożenie standardu niesie za sobą szereg korzyści zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych. Do korzyści wewnętrznych zaliczyć można:

- systematyzowanie wewnętrznych działań i procesów zarządzania,
  - wdrożenie i udoskonalenie dokumentacji,
  - całkowite ukierunkowanie na klienta,
  - usprawnienie procesów,
  - poprawa jakości wyrobów,
  - zmniejszenie ilości braków oraz napraw,
  - zwiększenie efektywności i produktywności,
  - poprawa komunikacja w firmie,
  - zmniejszenie kosztów i zwiększenie zysków,
  - konsolidacja pracowników z celami firmy.
- Do korzyści zewnętrznych zaliczyć można:
- wzrost zadowolenia klientów z jakości wyrobów lub usług,
  - poprawa stosunków z klientami,
  - lepsze dojście do rynku krajowego oraz zagranicznego,
  - możliwość zdobycia większej liczby sektorów na rynku krajowym oraz zagranicznym,
  - redukcja auditów klientów,
  - narzędzie dla marketingu,
  - przewaga konkurencyjna.

## 2.2 Przegląd czynników decydujących o jakości wyrobu

Na jakość wyrobów w branży motoryzacyjnej ma wpływ wiele różnorodnych czynników. Czynniki te można dzielić na wiele sposobów. Czynniki wpływające na jakość wyrobu można podzielić na:

- jakość materiałów bezpośrednich,
  - jakość materiałów pośrednich,
  - jakość maszyn i urządzeń,
  - jakość obsługi.
- Innymi czynnikami są cechy jakościowe:
- cechy techniczne - można do nich zaliczyć wymiary geometryczne, właściwości fizykochemiczne, techniczne parametry działania,
  - cechy użytkowe - funkcjonalność, dogodność i bezpieczeństwo użytkowania, niezawodność.
  - cechy estetyczne - wygląd zewnętrzny, staranność wykonania,
  - cechy ekonomiczne - koszty nabycia, koszt zainstalowania, koszty eksploatacji, przechowywanie, amortyzacja, naprawa, konserwacja,

- cechy logistyczne - optymalny przepływ, towarów, surowców, materiałów oraz informacje, które są z nimi związane,
- cechy ekologiczne - relacje produktu z środowiskiem naturalnym. Uwzględnia się zużycie surowców, energii oraz uciążliwość odpadów produkcyjnych,
- cechy ergonomiczne.

Determinanty wpływające na jakość wyrobów:

- wzrost oczekiwań klientów,
- nowe uregulowania prawne,
- cele i strategię przedsiębiorstwa,
- zaostrzona konkurencja.
- Jakość produktów jest powiązana z jakością rynkową:
- stopień zgodności z wzorcem lub wyspecyfikowanymi wymaganiami,
- widoczność zespołu cech istotnych dla produkcji,
- ekskluzywność,
- estetyczność,
- prezentacja,
- koszt nabycia,
- usatysfakcjonowanie użytkownika.

Wpływ czynników związanych z procesem wytwórczym:

- sprawność maszyn i dokładność obróbki,
- jakość wykończenia,
- jakość montażu,
- wytrzymałość materiałów konstrukcyjnych.

### 3. WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH

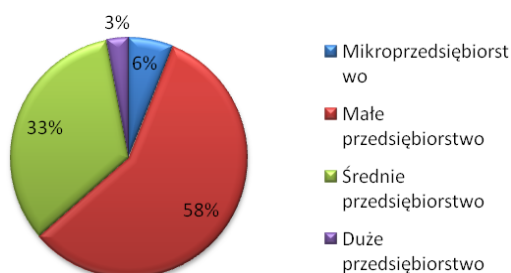
Czynniki wpływające na jakość wyrobów są zróżnicowane i ciężko jednoznacznie określić, które mają największy wpływ. Dlatego też przeprowadzono badania, których celem było uzyskanie informacji dotyczących czynników wpływających na jakość wyrobów w przedsiębiorstwach produkcyjnych branży motoryzacyjnej. Zadano pytania odnośnie specyfikacji technicznej ISO/TS 16949:2009 oraz jej wpływu na jakość wyrobów, a także szereg pytań dotyczących czynników, cech i determinantów mogących mieć wpływ na jakość wyrobów przemysłu motoryzacyjnego. W celu przeprowadzenia badań odnośnie czynników wpływających na jakość wyrobów w branży motoryzacyjnej przeprowadzono ankietę. Metodę tą wybrano z powodu niskiego kosztu przeprowadzenia badania, łatwego dostępu do narzędzi generujących ankietę, możliwości trafienia bezpośrednio do ankietowanego, a także możliwie szybkiego przebadania licznych przedsiębiorstw.

Ankiety rozesłano drogą mailową, w tym celu skorzystano z darmowej witryny umożliwiającej tworzenie ankiet online [www.interankiety.pl](http://www.interankiety.pl). Ankieta zawiera 15 pytań.

Ankieta została przeprowadzona w okresie od 4.01-01.02.2016 roku. Była to ankieta anonimowa. Rozesłana została do 120 przedsiębiorstw produkcyjnych branży motoryza-

cyjnej rozmieszczonych na terenie Polski. Uzyskano w tym okresie 32 odpowiedzi. Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono poniższą analizę.

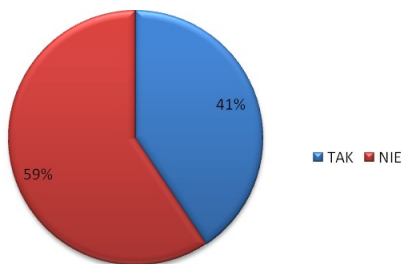
Wśród 32 ankietowanych firm, które odpowiedziały na pytania znalazły się przedsiębiorstwa o różnej wielkości. Rozłożenie procentowe ankietowanych ze względu na wielkość przedsiębiorstwa przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Charakterystyka ankietowanych firm ze względu na wielkość przedsiębiorstwa

Z rys. 1 wyraźnie widać, że w badaniach przeważającą grupą były firmy będące małymi przedsiębiorstwami (58%). W grupie znajdowało się także 33% średnich przedsiębiorstw, 6% mikroprzedsiębiorstw i 3% dużych przedsiębiorstw.

W następnej kolejności do respondentów skierowana pytania odnośnie standardu ISO/TS 16949:2009. Rys. 2 przedstawia procentowe informacje na temat wdrożenia, bądź też nie, specyfikacji technicznej w firmie.

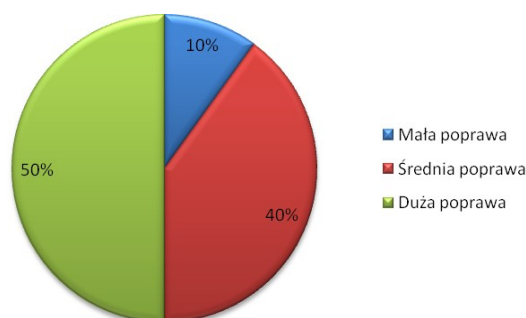


Rys. 2. Procent badanych firm, w których została wprowadzona norma ISO/TS 16949:2009

Rys. 2 pokazuje, że tylko 41% ankietowanych posiada wprowadzony standard ISO/TS 16949:2009. Nie jest to imponujący wynik, jednak po przeglądzie prasy związanej z przemysłem motoryzacyjnym, a głównie sektorem produkcyjnym zauważa się wzrost zainteresowania posiadania certyfikatu ISO/TS 16949. Związane jest to m.in. z tym, że koncerny samochodowe chcące współpracować z przedsiębiorstwami zalecają

posiadanie ISO/TS 16949. Wiąże się to z chęcią zredukowania kosztów poprzez tworzenie zewnętrznych sieci dostawców części i materiałów eksploatacyjnych [7].

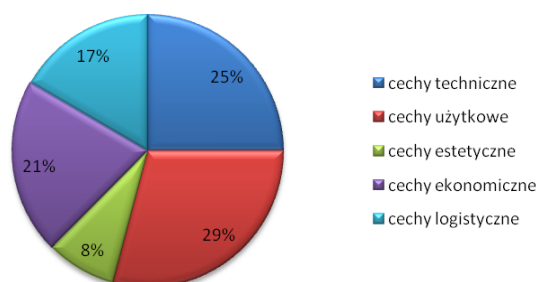
Dodatkowo zapytano ankietowanych, którzy odpowiedzieli twierdząco na poprzednie pytanie w jakim stopniu zauważono zmiany związane z jakością wyrobów. Wyniki przedstawione zostały na rys.3.



Rys. 3. Charakterystyka stopnia zmian jakości wyrobów po wprowadzeniu ISO/TS 16949:2009

Aż połowa ankietowanych odpowiedziała, że zaobserwowała dużą poprawę w jakości wyrobów po wprowadzeniu normy ISO/TS 16949:2009. Kolejno 40% zauważyło średnią poprawę, a tylko 10% małą. Wnioskując na otrzymanym wyniku można stwierdzić, że wdrożenie systemu zarządzania jakością według tej specyfikacji technicznej niesie za sobą znaczące korzyści. System ten co prawda nie jest obligatoryjny, ale staje się niezbędny dla każdego przedsiębiorstwa, które stawia sobie za cel zwiększenie konkurencyjności na rynku krajowym, a także zagranicznym.

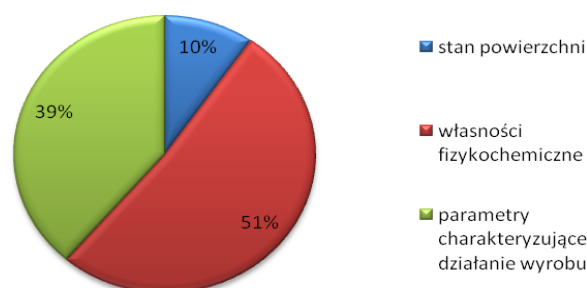
Następnie respondenci odpowiedzieli na szereg pytań dotyczących cech, czynników czy determinantów wpływających na jakość wyrobów w firmie produkcyjnej. Na wstępie zapytano jakie cechy jakościowe najbardziej wpływają na jakość wyrobów. Odpowiedzi przedstawiono na rys.4.



Rys. 4. Charakterystyka cech jakościowych wpływających na jakość wyrobów

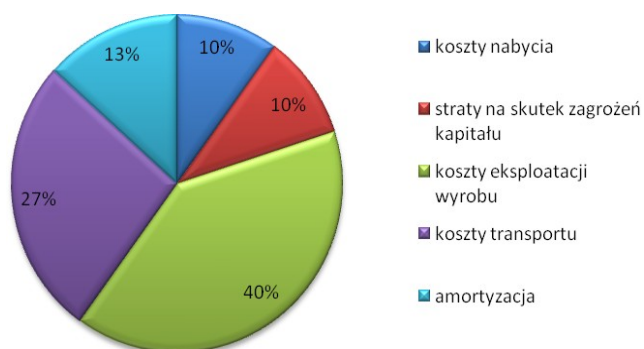
Według odpowiedzi ankietowanych wynika, że największy wpływ na jakość wyrobu mają cechy użytkowe (29%), zaraz za nimi znajdują się cechy techniczne (25%) oraz cechy ekonomiczne (21%). Najmniejszy wpływ mają jednak cechy estetyczne (8%). Na podstawie tych wyników potwierdza, że na pierwszym miejscu stoi zaspokajanie potrzeb klienta. Później cechy ekonomiczne, które obejmują koszty nabycia, zainstalowania, eksploatacji, przechowywania, konserwacji czy remontów. Dopiero wtedy znajdują się wymagania dotyczące transportu, magazynowania, opakowania. Na końcu znalazły się cechy estetyczne, które związane są z wyglądem zewnętrznym oraz precyzją wykończenia produktu.

Następnie ankietowani zostali poproszeni o sprecyzowanie, które czynniki techniczne (rys. 5), ekonomiczne (rys. 6), użytkowe (rys.7), estetyczne (rys.8) i logistyczne (rys.9) mają największy wpływ na jakość wyrobu.



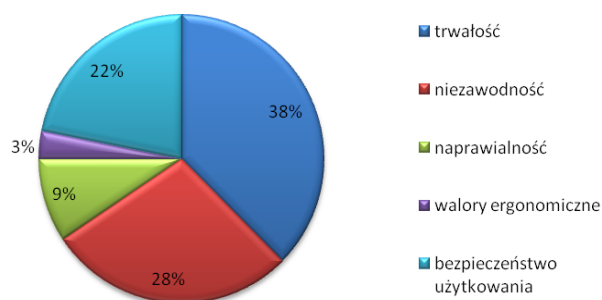
Rys. 5. Charakterystyka czynników technicznych wpływających na jakość wyrobów

W przypadku czynników technicznych ankietowani wyraźnie wskazali, że największe znaczenie mają własności fizykochemiczne (51%), następnie parametry charakteryzujące działanie wyrobu (39%), a na samym końcu stan powierzchni (10%).



Rys. 6. Charakterystyka czynników ekonomicznych wpływających na jakość wyrobów

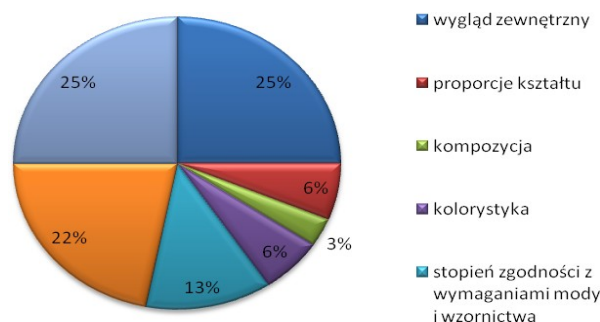
Wśród czynników ekonomicznych cechą najwyraźniej warunkującą cechą są koszty eksploatacji wyrobu (40%), następnie koszt transportu (27%), a na końcu amortyzacja, koszty nabycia oraz straty na skutek zagrożeń kapitału.



Rys. 7. Charakterystyka czynników użytkowych wpływających na jakość wyrobów

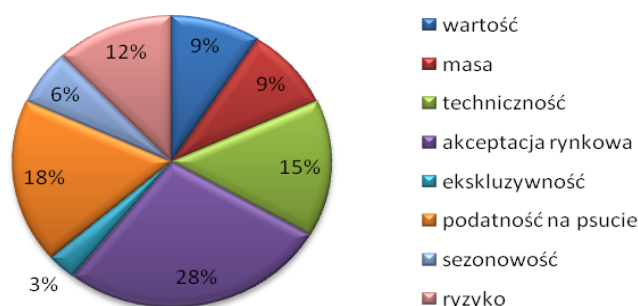
Wśród czynników użytkowych ankietowani odpowiedzieli, że czynnikiem mającym największy wpływ na jakość wyrobu ma trwałość (38%), następnie niezawodność (28%), bezpieczeństwo użytkowania (22%), naprawialność (9%) i na samym końcu walory ergonomiczne (3%).





Rys. 8. Charakterystyka czynników estetycznych wpływających na jakość wyrobów

Wśród czynników estetycznych aż 25% ankietowanych odpowiedziało, że nie mają one wpływu, tyle samo procent uzyskał także wygląd zewnętrzny, a następnie staranność wykonania (22%). Na dalszych pozycjach znajdują się stopień zgodności z wymaganiami mody i wzornictwa (13%), kolorystyka i proporcje kształtu (po 6%) i kompozycja (3%).

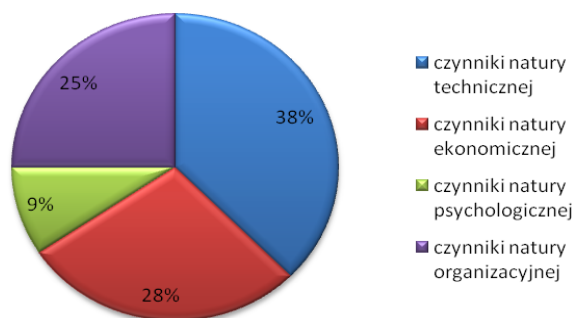


Rys. 9. Charakterystyka czynników estetycznych wpływających na jakość wyrobów

Wśród czynników logistycznych ważną rolę odgrywa akceptacja rynkowa (28%), podatność na psucie (18%), techniczność (15%), a następnie ryzyko (12%), wartość (9%), masa (9%) oraz ekskluzywność (3%).

Jakość wyrobu zależy od wielu czynników, począwszy od samej jego koncepcji, przez właściwe przygotowanie produkcji, proces produkcji oraz cały zespół czynników, z jakimi towar wchodzi w bezpośredni kontakt na drodze od producenta do konsumenta.

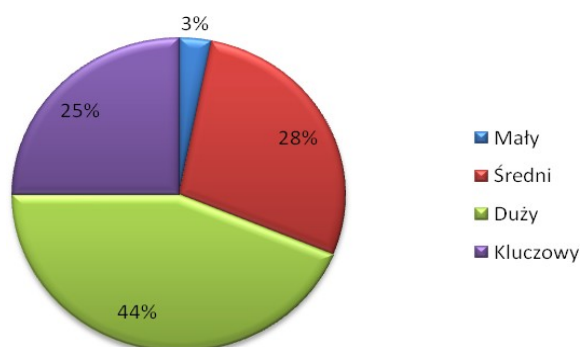
Dlatego następne pytanie dotyczy czynników determinujących jakość wyrobów (Rys.10) [2].



Rys. 10. Charakterystyka czynników determinujących jakość wyrobów

Ankietowani określili, że czynniki natury technicznej mają największy wpływ (38%), następnie czynniki natury ekonomicznej (28%), czynniki natury organizacyjnej (25%) i na końcu czynniki natury psychologicznej (9%). Wyniki są stosunkowo wyrównane (z wyjątkiem czynnika natury psychologicznej odbiegającego znacząco od pozostałych).

Cały przebieg procesu wytwórczego wpływa na jakość wyrobów. Zapytano więc ankietujących o to jak poszczególne etapy procesu wytwórczego podstawowego wpływają na jakość produktów w ich przedsiębiorstwach. Na początku zapytano o wpływ sprawności maszyn na jakość wyrobów. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 11.

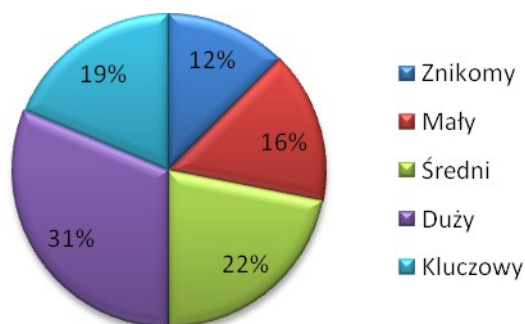


Rys. 11 Charakterystyka wpływu sprawności maszyn na jakość produktu

Ankietowani odpowiedzieli, że ma sprawność maszyn ma duże znaczenie (44%), średnie (28%) oraz kluczowe (25%). Tylko 3% ankietowanych odpowiedziało, że

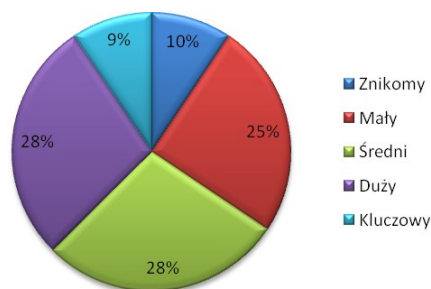
sprawność maszyn ma mały wpływ na jakość wyrobu. Wyraźnie jednak widać, że w przebadanych przedsiębiorstwach odpowiednia wydajność maszyn przekłada się na jakość produktu.

W następnej kolejności zadano pytanie o wpływ wykończenia produktu na jego jakość. Wyniki przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12 Charakterystyka wpływu wykończenia na jakość wyrobów

W przypadku pytania o wpływ wykończenia na jakość wyrobu ankietowani odpowiedzieli w bardziej zróżnicowany sposób. Prawie 1/3 badanych odpowiedziało, że wykończenie ma duży wpływ, następnie średnie (22%), kluczowe (19%), małe (16%), ale aż 12% odpowiedziało, że wykończenie produktu ma znikomy wpływ na jakość produktu. Następnie zapytano o wpływ montażu, a wyniki przedstawiono na rys. 6.13.

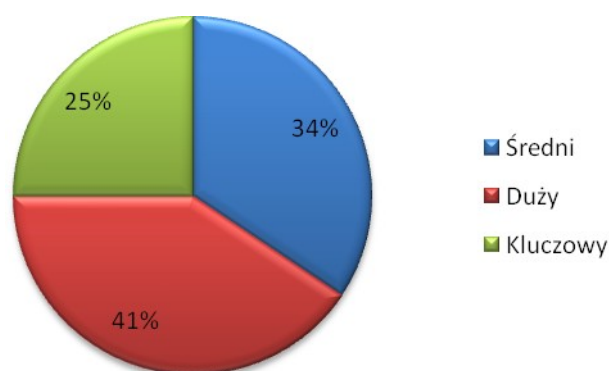


Rys. 13 Charakterystyka wpływu montażu na jakość wyrobów

Tak jak w przypadku wykończenia, tak i teraz w przypadku montażu otrzymane wyniki wykazują większe zróżnicowanie wyników. Ankietowani wykazali, że montaż ma średnie i duże znaczenie (po 28%), ale także dla 25 % ma ono małe znaczenie. Tylko

9% odpowiedziało, że montaż ma kluczowe znaczenie wobec jakości wyrobu, a pozostałe 10% odpowiedziało, że znikome. Nasuwa się pytanie skąd takie zróżnicowanie wyników? Branża motoryzacyjna jest bardzo obszernym sektorem i obsługuje produkuje różne wyroby. W ankiecie wzięły udział przedsiębiorstwa losowe, które najprawdopodobniej produkują zróżnicowane produkty, a co za tym idzie odpowiedzi ankietowanych są zróżnicowane i sprecyzowane do ich konkretnego rodzaju wyrobu.

Na koniec zapytano o wpływ wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych. Wyniki zostały przeprowadzone na rys. 14.

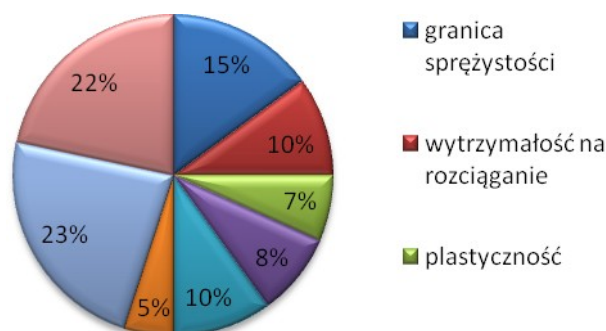


Rys. 14 Charakterystyka wpływu wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych na jakość wyrobów

W tym przypadku ankietowani odpowiedzieli bardziej jednomyślnie. Odpowiedzi wahają się od wpływu średniego do kluczowego, gdzie ankietowani wykazali, że w 41% wpływ jest duży, w 34% średni, a w 25% kluczowy.

Na samym końcu dodatkowo zapytano ankietowanych, które z właściwości mechanicznych i technologicznych mają największy wpływ na jakość wyrobów. Wyniki przedstawiono na rys. 15.

Ankietowani odpowiedzieli, że największe znaczenie ma spawalność (23%), tuż za nią odporność na działanie środowiska (22%) i granica sprężystości (15%). Dalej sklasyfikowano wytrzymałość na rozciąganie i udarność (po 10%), ciągliwość (8%) oraz plastyczność (7%).



Rys. 15 Charakterystyka wpływu poszczególnych właściwości mechanicznych i technologicznych na jakość wyrobów

#### 4. POSUMOWANIE

Przeprowadzone badania i otrzymane wyniki pozwoliły na wysunięcie następujących wniosków:

Ankietowane firmy, które posiadają w swoich firmach certyfikat ISO/TS 16949:2009 zaobserwowały głównie dużą i średnią poprawę w jakości wyrobów po wdrożeniu systemu. Taki wynik pozwala na stwierdzenie, że wdrożenie standardu niesie za sobą znaczące korzyści związane z jakością produktów. Standard ISO/TS 16949:2009 nie jest obligatoryjny, ale dla każdej firmy, która w przyszłości chce rozwijać przedsiębiorstwo na skalę krajową i międzynarodową będzie ona niezbędna.

Wśród cech jakościowych ankietowani odpowiedzieli, że największy wpływ na jakość wyrobów mają cechy użytkowe, jednak cechy techniczne. Wśród czynników użytkowych producenci stwierdzili, że największy wpływ ma trwałość produktu, niezawodność oraz bezpieczeństwo użytkowania. Wśród czynników technicznych największy wpływ na jakość wyrobu mają własności fizykochemiczne, parametry charakteryzujące działanie wyrobu oraz stan powierzchni. Dla czynników ekonomicznych wyniki wykazały, że największy wpływ mają koszty eksploatacji i koszty transportu, a dopiero daleko z tyłu reszta czynników takich jak amortyzacja, koszty nabycia, straty na skutek zagrożeń kapitału.

W trakcie oceny procesu wytwórczego respondenci określili, że sprawność maszyn ma duże, średnie i kluczowe znaczenie. Daje to jasny obraz, że sprawne maszyny są niezbędne, aby otrzymywane produkty były dobre jakościowo. Na pytanie o wpływ wykończenia odpowiedzieli, że ma ono średni, kluczowy i mały wpływ. W przypadku montażu ankietowani odpowiedzieli, że ma on duże i średnie znaczenie, ale aż 1/4 odpowiedziała że montaż ma małe znaczenie. Jeśli chodzi o wytrzymałość materiałów konstrukcyjnych respondenci odpowiedzieli, że mają one duży, średni i kluczowy

wpływ. Zróżnicowanie wyników może wynikać z bardzo zróżnicowanych wyrobów produkowanych w branży motoryzacyjnej.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że wśród cech jakościowych największy wpływ mają cechy użytkowe, wśród determinantów są to cele i strategie firmy, a wśród procesu wytwórczego największe znaczenie ma sprawność maszyn oraz wytrzymałość materiałów konstrukcyjnych.

## 5. LITERATURA

- [1]. **Devaraj S., Matta K.F., Conlon E.**: Product and Service Quality: The Antecedents of Customer Loyalty in the Automotive Industry, *Production and Operations Management*, 2001, 10, 424-439.
- [2]. **Idzior M.**: Kierunek zmian materiałowych w motoryzacji w świetle wymogów ekologii. *MOTROL* 2007, 9, s.72-87.
- [3]. **Lupo Ch.**: ISO/TS 16949 the Clear Choice For Automotive Suppliers, *Quality Progress*, 2002, 44-49.
- [4]. International Automotive Task Force: *Automotive certification scheme for ISO/TS 16949 Rules for achieving and maintaining IATF recognition, 4th Edition for ISO/TS 16949*, 2015, Dostęp w Internecie: <http://www.iatfglobaloversight.org/publications.aspx> (4.01.2016).
- [5]. <http://www.iso.org.pl/> (6.12.2015).
- [6]. Specyfikacja Techniczna ISO/TS 16949:2009.
- [7]. Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego PZPM (2015), Branża motoryzacyjna. *Automotive industry Q4/2015*, Warszawa. Dostęp w Internecie: <http://www.pzpm.org.pl/Rynek-motoryzacyjny/Roczniki-i-raporty/Raport-kwartalny-KPMG-w-Polsce-i-PZPM-Branza-motoryzacyjna-Edycja-Q4-2015> (03.02.2016).

# **OCENA PRZYDATNOŚCI METOD STOSOWANYCH W KONTROLI ZGRZEIN ELEMENTÓW NADWOZI SAMOCHODOWYCH W WYBRANEJ FIRMIE**

## **1. WPROWADZENIE**

Koncerny motoryzacyjne wymagają od swoich dostawców coraz to wyższej jakości produktów i ciągłego ich doskonalenia. Aby to osiągnąć wymaga się od dostawców posiadania i stosowania do wymogów normy ISO/TS 16949 [3] oraz standardów wymaganych przez poszczególne koncerny jak choćby standard VDA 6.3 [6], w którym określono minimalne wymagania niemieckich firm samochodowych. Przykładem takiego koncernu jest Volkswagen. Standard znowelizowany w 1999 dotyczy dwóch obszarów funkcjonowania, a mianowicie odpowiedzialności kierownictwa i strategii biznesowej i wymagań dotyczących wyrobu oraz procesu w zakresie nadzorowania, projektowania, kontroli procesu, działań zapobiegawczych i korygujących. Oznacza to, że firmy produkcyjne muszą zabezpieczać odpowiednie zasoby w zakresie urządzeń produkcyjnych ale również w zakresie pomiarów uzyskanych efektów swojej działalności poprzez stosowanie różnych metod i technik badań niszczących i nieniszczących [4].

## **2. PROBLEMY Z ZAPEWNIENIEM STABILNOŚCI PROCESU ZGRZEWANIA PUNKTOWEGO**

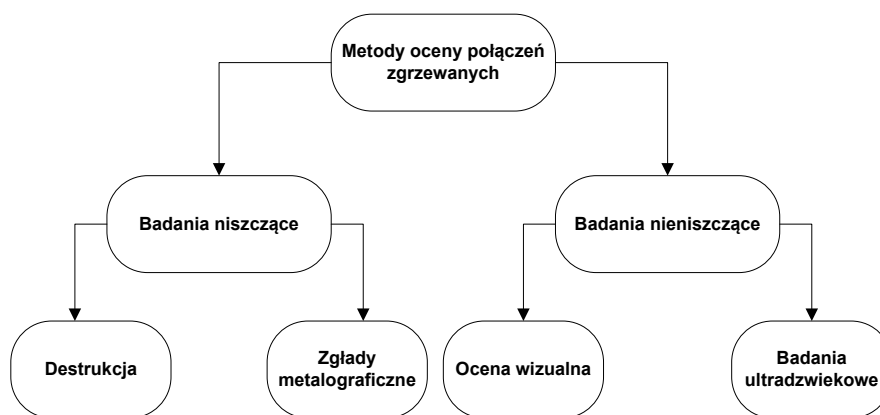
Osiągnięcie najwyższego poziomu jakości zgrzewania związane jest z przestrzeganiem podstawowych zasad, dotyczących [2]:

- konstrukcji złączy,
- charakterystyki technicznej urządzeń i oprogramowania do zgrzewania,
- stosowanych parametrów i programów zgrzewania,
- materiału i kształtu elektrod,
- przygotowania materiałów do zgrzewania itp.

Niedotrzymanie jednego lub kilku z podanych warunków rodzi możliwość powstania niezgodności spawalniczych w złączu zgrzewanym.

Wraz z rozwojem technik łączenia konieczne było wprowadzenie metod, które pozwalałyby na identyfikację i ocenę jakości wykonanego połączenia. Istnieje kilka technik pozwalających określić jakość zgrzeiny jednak ze względu na czas trwania lub też stopień zaawansowania ich wykorzystywanie uzależnione jest od potrzeb. Metody oceny

połączeń zgrzewanych można podzielić na dwie grupy. Podział taki przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Podział metod badawczych złączy zgrzewanych

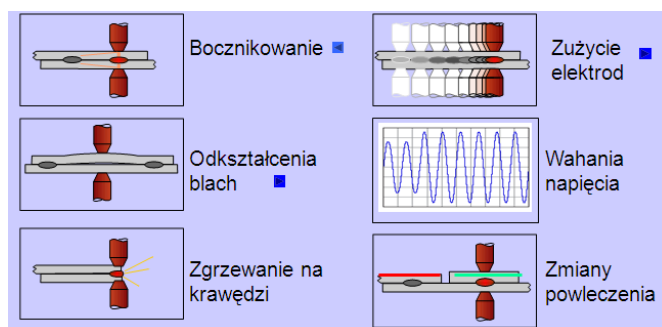
Wyrobami produkowanymi w omawianej firmie są elementy nadwozia samochodowego zgrzewane oporowo punktowo na wyspecjalizowanych robotach. Głównymi parametrami mającymi wpływ na wytrzymałość złącza punktowego są:

- natężenie prądu w kA,
- siła docisku w kN,
- czas zgrzewania w s,
- wymiar roboczy elektrody mm.

Celem zastosowania techniki zgrzewania punktowego jest wykonanie zawsze dobrej zgrzeiny w jak najkrótszym czasie. Jednak istnieją pewne czynniki zakłócające proces mające negatywny wpływ na jakość wykonanych połączeń. Jednym z nich jest stopień zużycia elektrod, który wpływa na powtarzalność wykonywanych zgrzein w zakresie geometrii, powierzchni połączenia metalicznego między elementami zgrzewanymi a to z kolei wpływa na wytrzymałość połączenia. Taki stan rzeczy stwarza poważne problemy na przykład w kwalifikowaniu próbek do badań wytrzymałościowych. W przypadku części zgrzewanych punktowo ważne jest, aby nie były to części pobrane bezpośrednio po wymianie elektrod zgrzewalniczych, ponieważ ze względu na niski stopień zużycia nakładek punkty takie często mogą zafałszować rzeczywisty obraz stanu wytrzymałości zgrzein. Sytuacją idealną jest, gdy próbki tego typu selekcionowane były bezpośrednio przed wymianą zużytych elektrod. Niestety sytuacja taka różnie wygląda w świecie realnym ze względu na stopień zaawansowania technologicznego stanowisk roboczych. W przypadku rozbudowanych stanowisk zgrzewalniczych trudno zsynchronizować roboty zgrzewające tak, aby wszystkie elektrody wymieniane były w tym samym czasie.



Inne czynniki zakłócające stabilność procesu zgrzewania punktowego zestawiono na rysunku 2 [2].



Rys. 2. Czynniki zakłócające proces zgrzewania

### 3. METODY KONTROLI POŁĄCZEŃ ZGRZEWANYCH STOSOWANE W WYBRANEJ FIRMIE

W procesie tworzenia zgrzein punktowych szczególnie w branży motoryzacyjnej bardzo ważna jest kontrola. Zapewnienie wysokiej jakości zgrzeiny ma bardzo duże znaczenie w szczególności w produkcji masowej. Duże zainteresowanie możliwością kontroli połączeń punktowych ma znaczenie ze względu na brak możliwości wyeliminowania czynników zakłócających w niektórych sytuacjach (stan powierzchni, bocznikowanie, skoki napięcia). Dlatego coraz szersze zastosowanie mają narzędzia umożliwiające kontrolę wykonywanych połączeń zgrzewanych. Istnieją dwa sposoby na określenie wymaganej średnicy danego punktu. Pierwszy z nich to odczytanie wymaganej średnicy z rysunku konstrukcyjnego danego elementu. Konstruktor przy tworzeniu elementu karoserii określa jego wymagania wytrzymałościowe - średnice minimalną punktu zgrzewalniczego. W przypadku, gdy w rysunku nie ma określonych wymagań jakościowych stosuje się przyjęty wzór na średnice minimalną punktu zgrzewalniczego, np [2]:

$$dp_{\min} = 1.13 \cdot 3.15 \cdot \sqrt{T} \quad (1)$$

gdzie:

T- najmniejsza grubość blachy

np. dla najcieńszej blachy o grubości 2 mm średnica zgrzeiny wynosi odpowiednio

$$dp_{\min} = 1.13 \cdot 3.15 \cdot \sqrt{2} = 5.69 \text{ mm}$$

Rozpatrywany przedmiot badań, produkowany jest w jednym z przedsiębiorstw branży automotive ulokowany na lokalnym rynku. Przedsiębiorstwo to wykorzystuje do produkcji w pełni zautomatyzowane wysoce zaawansowane technologicznie stanowiska zrobotyzowane.

Produkcja elementów karoserii to proces skomplikowany, w którym nic nie dzieje się z przypadku. Często przed obróbką końcową elementy mają za sobą szereg dodatkowych operacji. Przykładem takiej części jest element o oznaczeniu klienta 13 256 240.

Pierwszą operacją jest operacja zgrzewania nakrętki M6. Proces ten polega na zgrzewaniu garbowym nakrętek. Zgrzewanie odbywa się na przystosowanym do tego przyrządzie (rys.3).



*Rys.3. Element 13 256 240 na przyrządzie do zgrzewania garbowego nakrętek [5]*

Już na tym etapie część musi spełniać określone wymagania jakościowe takie jak na przykład wytrzymałość połączenia, centryczność położenie nakrętki.

Kontrola wytrzymałości połączenia wykonywana jest dwoma metodami. Pierwsza z nich to badanie siły skręcającej(rys.4). Dokonuje się jej kluczem dynamometrycznym. Na dogrzaną nakrętkę nakłada się odpowiednio dobraną kocówkę klucza i dokręca się do osiągnięcia minimalnej siły lub zniszczenia dogrzanego elementu. W naszym przypadku jest to 40 NM.

Przykładowo w tabeli 2 zestawione zostały wyniki dla 5 detali.

Kolejną metodą badań wytrzymałości jest badanie siły na wyciskanie (rys.5). Wykonywana jest na prasce hydraulicznej z elektronicznym czujnikiem siły ścisku, który wskazuje osiągniętą wartość maksymalną. W badanym przypadku minimum to 5 KN, osiągnięto 9,6 KN (tabela 2).



Rys.4. Kontrola momentu skręcającego nakrętki M6 za pomocą klucza dynamometrycznego [opracowanie własne]



Rys.5. Kontrola siły wyciskania na prasce hydraulicznej i odczyt osiągniętej siły [5]

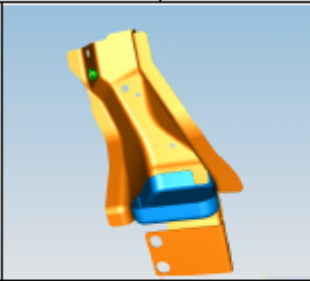
Tabela.2 . Wyniki wytrzymałości dla 5 próbek.

Nr próbki	Skręcanie >40 NM	Wyciskanie >5KN
1	56	9.6
2	47	9,8
3	45	8.9
4	50	7.5
5	52	8.8

Na stanowisku pracy oprócz planu kontroli znajduje się dodatkowa dokumentacja wspomagająca bezpośrednio proces produkcji. Są to: instrukcji pakowania, Arkusz Operacji Standardowej (AOS) i Karta Elementu Pracy( KEP). AOS jest to swoistego rodzaju layout stanowiska roboczego jak również wskazuje, w jaki sposób obsługa maszyny powinna się poruszać w celu przestrzegania narzuconych standardów.

Karta Elementu Pracy wskazuje, w jaki sposób operator powinien bazować części na przyrządzie. Już na tym etapie pokazuje potencjalne zagrożenie, dla jakości produkowanych komponentów związane z nieprawidłowym bazowaniem części.

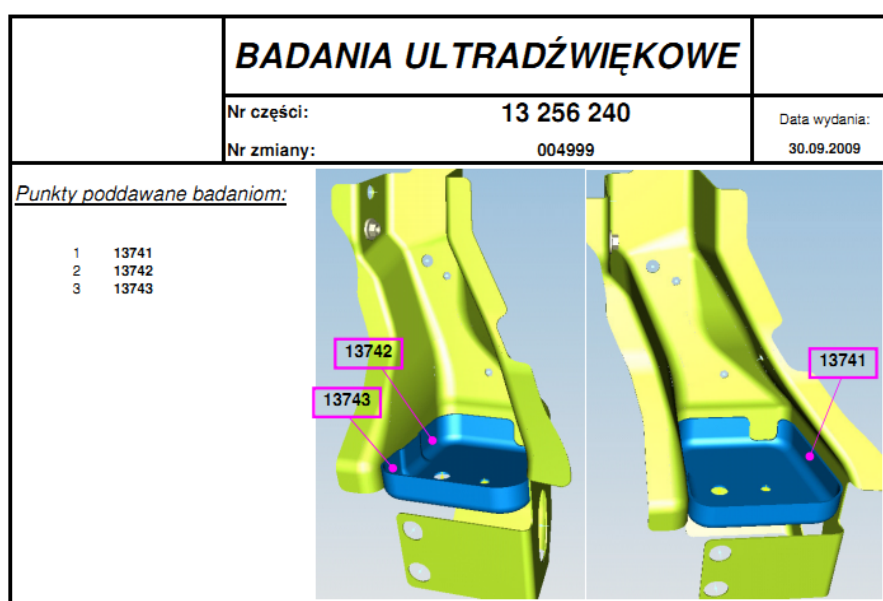
Części zgodne jakościowo trafiają na pierwsze stanowisko zrobotyzowane, na którym dogrzewany punktowo jest pierwszy z elementów. Wykonywane są trzy punkty zgrzewalnicze o określonej w planie kontroli (rys. 6) wytrzymałości.

Plan kontroli							Data wydruku	02.02.2016		Strona	z	1
Material	120233604											
Nazwa	SUPPORT ASM F END UPR TIE BAR LH											
Nr rysunku	13256240											
DTyp	N											
Ważny od:	24.10.2014						Ważny do:	24.10.2014				
Uwagi:												
NrOP	NrCH	Charakterystyka	W. Nomina na	GG	DG	Jedn.	Sposób kontr.	Częst.	Rodzaj	Uwagi		
0011	0001	Parametry procesu					Kontrola wzualna	1/1440	A	Parametry procesu Dopuszczenie procesu odbywa sie przez lidera i jest udokumentowane		
0012	0011	Brak deformacji, pęknieć,					Kontrola wzualna	2/120	A	Brak deformacji, pęknieć, wgniecen- dotyczy wszystkich powierzchni		
0012	0012	Brak odprysków					Kontrola wzualna	2/120	A	Brak odprysków i przepalen po zgrzewaniu		
0013	0010	Pasowanie do sprawdzianu					Sprawdzian 13.256 240 LH	2/240	A	Pasowanie do sprawdzianu Po 1 sztuce ze stołu A i B wg. Instrukcji sprawdzianu 140059000		
0013	0020	Zgodność kształtu		0,7	-0,7	MM	Czujnik	2/240	V	Zgodność kształtu sprawdzona czujnikiem zagarowym w punkcie MP1 wg. Instrukcji sprawdzianu 140059000 po 1 sztuce ze stołu A i B N: 0.00 mm UT: -0.70 OT: -0.70		
0015	0010	Jakość zgrzewów					Badanie Ultradźwiękowe	4/1440	A	Jakość zgrzewów wg. Instrukcji UT czesed 13256240 Na III zmianie po 1 sztuce ze stołu A i B		
0016	0010	Wymiar jądra zgrzewy 3X	4		4	MM	Suwmiarka	2/3	V	Wymiar jądra zgrzewy 3X Po 1 sztuce ze stołu A i B Destrukcja wg wytycznych GMW 14057- odnotować wymiar najmniejszy Dodatkowo kontrola po każdej zmianie parametrów N: 4.00 mm UT: -0.00 OT:		

Rys. 6. Plan kontroli operacji zgrzewania punktowego dwóch komponentów[5]

Każdy punkt ma też określoną nazwę numeracyjną, dzięki której w przypadku braku wytrzymałości danej zgrzeiny dokonywane są korekty parametrów danego punktu. Do

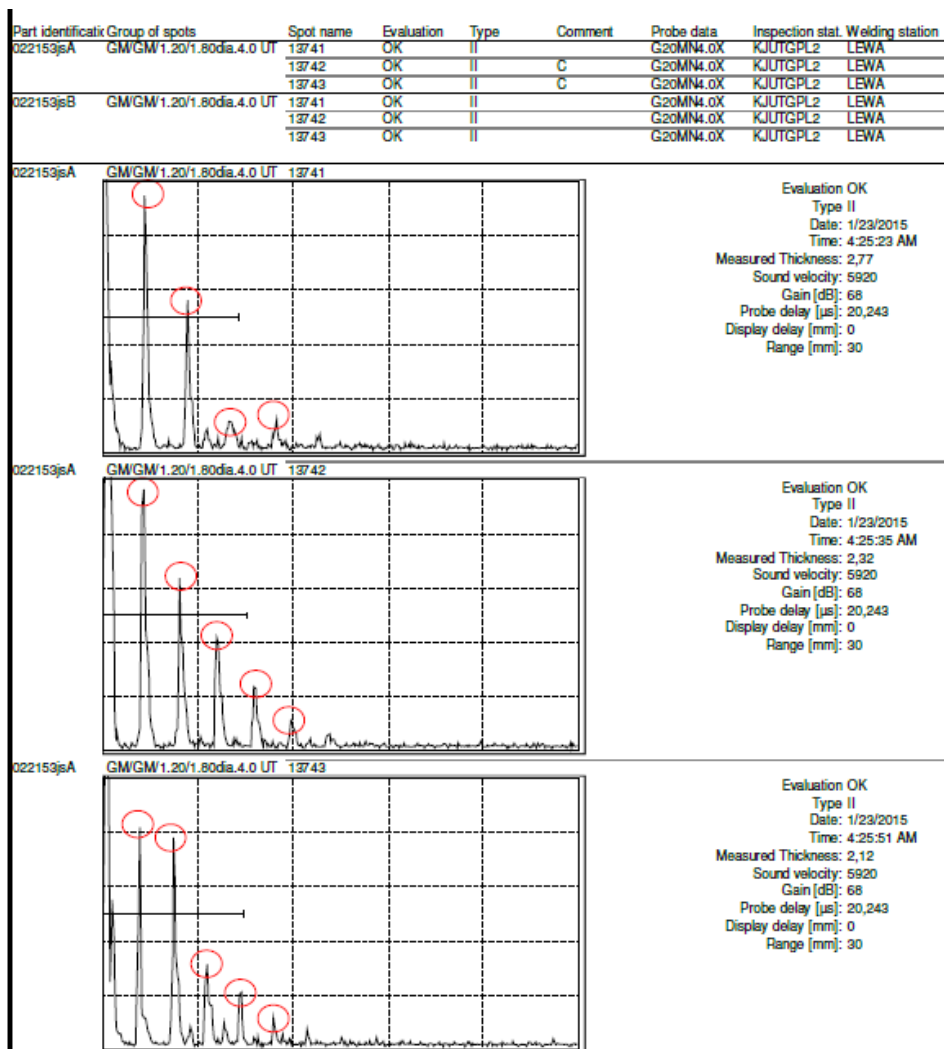
identyfikacji nr. punktu służą rysunki techniczne lub też wizualizacje (rys.7) przedstawiające daną część z zaznaczonymi miejscami i numerami punktów zgrzewalniczych. Z uwagi na fakt iż wykonywane są połączenia punktowe do ich oceny oprócz destrukcji wykorzystuje się badania ultradźwiękowe.



Rys. 7. Wizualizacja identyfikująca numery punktów zgrzewalniczych[5]

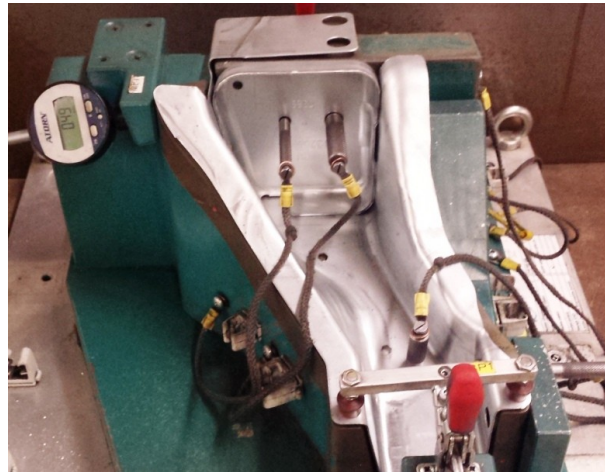
Przed rozpoczęciem badań należy dobrać średnicę głowicy ultradźwiękowej do średnicy zgrzeiny stosując zasadę, która mówi, że średnica powierzchni membrany powinna być co najmniej równa minimalnej wymaganej średnicy zgrzeiny punktowej. Z kolei tworząc program badania UT, ważne jest ustalenie kolejności pomiaru. Ma to na celu ułatwienie badania na przykład przy częściach dużych gabarytów wymagających częstego obracania, co jest dość uciążliwe, jak również narzucona kolejność pomiaru pozwala na łatwą identyfikację numeru punktu. W przypadku pominięcia operacji zgrzewania pozwala na odpowiednio szybkie zareagowanie, co w pewien sposób zabezpiecza nas przed wysłaniem części z niezgodną ilością zgrzein do następnej operacji lub klienta zewnętrznego.

Raport badań ultradźwiękowych zawiera podstawowe dane takie jak imię i nazwisko osoby przeprowadzającej badania, termin wykonania badania, oznaczenia części. W raporcie przedstawione są przebiegi ech z uzyskanych pomiarów. Oprócz tego odczytać można dla każdego z punktów, z jakich grubości materiałów dany punkt powstał, jaką średnicą głowicy ultradźwiękowej był mierzony i jakie rezultaty otrzymano. Wygląd fragmentu takiego raportu przedstawia rys.8.



Rys. 8. Uproszczony raport z badań ultradźwiękowych dla trzech zgrzein

Kolejnym etapem w kontroli danego elementu jest ocena geometrii, która przeprowadzana jest na specjalnym przyrządzie (rys.9). W przypadku, gdy części przekraczają narzucone tolerancje w fazie montażu końcowego może okazać się, że część będzie nie montowalna i danej serii produkcyjnej nie można wykorzystać na kolejnym etapie montażu. Kontroli tej dokonuje się na sprawdzianie kształtu.



Rys.9. Element założony na sprawdzanie geometrii[5]

Badaniom poddawane są położenia poszczególnych elementów, nakrętek otworów. Detal uznaje się zgodny, jeżeli wszystkie kolki pozycjonujące są swobodnie montowane w punktach kontrolnych, jak również w miejscu poddawanych kontroli za pomocą czujnika elektronicznego nie jest przekroczona odchyłka tolerancji kształtu  $\pm 0,7\text{mm}$ . Wyniki z pomiarów przechowywane są w systemie komputerowym (rys.10).



Rys.10. System komputerowy do wprowadzania danych z pomiarów[5]

Z uwagi na to, że analizowany element jest jednym z wielu wchodzących elementów w skład gotowego wyrobu, proces produkcyjny realizowany jest na 5 powiązanych ze sobą stanowiskach roboczych, każda z operacji ma indywidualny charakter i określony czas cyklu zgrzewania. W związku z tym, że każda z operacji jest ściśle ze sobą powiązana konieczne jest, aby każdy z pracowników tak wykonywał swoje zadania, aby czas nakładania był możliwie jak najkrótszy. Ma to wpływ na ilości wyprodukowanych części a co za tym idzie na zaspokojenie potrzeb klienta.

Najważniejszym obowiązkiem operatorów jest dbanie o jakość wyprodukowanych komponentów, każdy z operatorów zobowiązany jest do kontroli części wchodzących w skład gotowego wyrobu.

Plan Kontroli wymusza na operatorze wizualną kontrolę 100 % wykonanych części, między innymi takich cech kontrolnych jak obecność komponentów, wytrzymałość dogrzewanych sworzni, centryczność nakrętek itp.. Kontroler dokonujący obserwacji części powinien zauważyć potencjalne zgrzeiny niezgodne. Na przykład przepalenie lub tzw. błade zgrzeiny, co może wskazywać na brak połączenia, przyklejenie. W momencie wykrycia potencjalnie niezgodnej zgrzeiny część ta poddawana jest destrukcji. Jest to narzędzie, które pozwala na fizyczne skontrolowanie zgodności połączenia punktowego. To znaczy, że po rozerwaniu złącza dokonywany jest pomiar średnicy jądra zgrzeiny i ocena jakościowa wykonanych badań. Pomiaru dokonuje się w dwóch płaszczyznach (rys. 10), a wynik wpisuje do raportu z destrukcji.



*Rys.10. Pomiar średnic zgrzeiny zerwanych próbek[5]*

Jednak osobą, na której spoczywa największa odpowiedzialność to pracownik stanowiska końcowej operacji. Jego zadaniem jest kontrola części zgodnie z planem kontroli, jak również dbanie o zachowanie ciągłości produkcji. Po skontrolowaniu części pracownik dopuszcza ją do zwolnienia na magazyn.

Oprócz przypadków skrajnych, w których to przypadek wymusza przeprowadzenie kontroli takiej jak destrukcja lub UT tego typu badania wymusza plan kontroli (rys.6). Jest w nim uwzględniona częstotliwość wykonania danej metody kontroli. W przypadku



badan ultradźwiękowych częstotliwość narzucona przez PK 2/7 oznacza, że kontroli poddawane są 2 części w ciągu jednego tygodnia. Części z danej maszyny pobierane są dwa razy w tygodniu i poddawane badaniom ultradźwiękowym. Ze względu na ilość wykonanych punktów badanie UT jest dość czasochłonne. Dodatkowymi czynnikami zakłócającymi są na przykład odpryski powstające w procesie zgrzewania. W przypadku destrukcji badaniom poddaje się jedną sztukę na 90 dni (1/90). Dla danej części przygotowywany jest raport z kontroli, w którym zapisywane są średnice wyrwań danego punktu.

#### 4. POSUMOWANIE

Rozwój nowoczesnych technik łączenia wymusza wdrożenia systemu nadzoru, który pozwala na kontrolę wytrzymałości wykonanego połączenia w zależności od sposobu jego wykonania. W czasach wysokowydajnych automatów zgrzewalniczych stosowanych do łączenia cienkościennych elementów stalowych[1], konieczne jest wdrażanie różnych metod kontroli jakości wykonanych połączeń. Każdy z wyżej opisanych w powyższym artykule sposobów badań przynosi wartość dodaną, jednak mają też swoje mankamenty.

W przypadku destrukcyjnych badań metalograficznych jest nim przebieg procesu wykonywania badania. W przypadku części o złożonej budowie i wysokim stopniu zaawansowania (mowa tu o ilości punktów zgrzewalniczych-może ich być kilkadziesiąt albo i kilkaset) badanie takie niestety zajmuje dużo czasu. Wyobraźmy sobie sytuację, w której na zmianę produkujemy kilkaset sztuk pewnego podzespołu. Nie czekając na wyniki badania rozpoczynamy produkcję, w trakcie trwania zlecenia produkcyjnego okazuje się, że jakość wykonanych połączeń jest znikoma. Ponosimy straty związane, z postojem maszyny, naprawą części i złomowaniem braków. A więc metoda ta daje wysokie rezultaty związane z oceną jakości wykonywanych połączeń, ale ze względu na czasochłonność jej przeprowadzania ograniczona jest tylko do pojedynczych przypadków.

Metoda jaką jest destrukcja daje fizyczny obraz stanu rzeczywistego. Badania te, pozwalają na dokładne zweryfikowanie połączenia zgrzewanego, możliwy jest pomiar średnicy jądra zgrzeiny. W przypadku przestrzegania zasad dotyczących sposobu selekcji części poddawanych badaniom destrukcyjnym, daje wysoki poziom jakości wykonanych połączeń. W przypadku tego badania, w sytuacji, gdy mamy do czynienia ze skomplikowanymi elementami staje się czasochłonna. Jednak daje pewność wykonywania zgodnych jakościowo zgrzein.

W przypadku badań ultradźwiękowych dużo czasu zajmuje proces przygotowania programu pomiarowego. Samo badanie jest już dużo szybsze niż destrukcja a tym bardziej badanie metalograficzne. Minusem tego sposobu jest fakt, że nie daje stuprocentowej pewności wytrzymałości zgrzeiny zgodnie z założonym minimum. Badanie UT poddaje wątpliwość jakości zgrzein nawet w przypadku wewnętrznych wad. Pozwala jednak na wytypowanie potencjalnych niezgodności i ich dalsze badania metodą de-

strukcji. Wynikiem tego jest możliwość zaoszczędzenie czasu i poddanie badaniom tylko zgrzein, co do których są pewne wątpliwości.

Wprowadzenie systemów eksperckich do regulacji warunków zgrzewania, które pozwalają na uzyskanie optymalnych zgrzein w szerokim zakresie zmian warunków zgrzewania, spowodowanych typowymi zakłóceniami (rys. 2), jak niepoprawne pasowanie, bocznikowanie prądu zgrzewania, zmiana grubości blach i ich zanieczyszczenie, zużycie elektrod, wahania napięcia zasilania. To sposób na stabilizację warunków i kontroli jakości zgrzewania.

W najnowszych systemach służących do oceny jakości zgrzewania wprowadza się programy komputerowe[4] co ma miejsce również w omawianej firmie. Nowa technika klasyfikowania jakości złączy w czasie rzeczywistym (kontrola czynna) prawdopodobnie stanowić będzie w najbliższej przyszłości jedno z podstawowych narzędzi wykrywania niezgodności w zgrzeinach przyczyniając się do poprawy stabilności procesu.

## LITERATURA

- [1] **Ambroziak A., Kisiel A., Korzeniowski M.**, *Zastosowanie badań ultradźwiękowych do oceny zgrzein w cienkościennych elementach stalowych*. Spajanie metali i tworzyw w praktyce, nr 5-7, 2004.
- [2] **Papkała H.**, *Zgrzewanie odporowe metali*. Wydawnictwo KaBe, Krosno 2003.
- [3] **Praca pod redakcją Sikory T.**, *Wybrane koncepcje i systemy zarządzania jakością*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2010.
- [4] **Łomozik M.**, *Makroskopowe i mikroskopowe badania metalograficzne materiałów konstrukcyjnych i ich połączeń spajanych*. Wydawca Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2009.
- [5] **Materiały wewnętrzne firmy.**
- [6] **PN-EN 473:2002** *Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne*.
- [7] **PN-EN ISO 6520-2:2005** *Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 2: Zgrzewanie*.

# **PROCES TWORZENIA INNOWACJI – ISTOTA I ZNACZENIE**

## **1. WPROWADZENIE**

Innowacyjność jest pojęciem, które dotyczy zarówno przedsiębiorstw, naukowców i przedstawicieli władzy. Jak pisze J. Fagerberg i B. Verspagen „innowacyjność jest jednym z tych słów, które jest na ustach wszystkich. Przedsiębiorstwa dbają o zwiększenie swojego potencjału innowacyjnego, ponieważ od tego zależy ich pozycja konkurencyjna na rynku. Politycy skupiają swoją uwagę na tworzeniu odpowiednich polityk stymulujących innowacyjność. Komisja Europejska stworzyła zaś z polityki innowacyjnej główne narzędzie w procesie ożywienia gospodarek krajów członkowskich Unii Europejskiej” [Fagerberg, Verspagen, 2009]. Literatura przedmiotu wskazuje innowacje, jako narzędzie umożliwiające przedsiębiorstwu osiągnięcie korzystniejszych wyników prowadzonej działalności. W przypadku widocznej obecnie w Polsce tendencji do oparcia gospodarki na wiedzy, innowacjach i kreatywności staje się to podstawowym wymogiem współczesności, uznawanym na całym świecie za kluczowy warunek ekonomicznego sukcesu [Stowarzyszenie Grup, 2014].

Proces tworzenia innowacji jest przedsięwzięciem bardzo złożonym, co wynika ze skomplikowanego charakteru tego zagadnienia. Badania przeprowadzone przez autorów niniejszego artykułu wskazują, że pomimo powszechnego stosowania pojęcia innowacji, nadal jest ono różnie rozumiane. Istotnym, zatem staje się dokładne zgłębienie definicji innowacji w celu określenia roli, jaką pełnią w działalności przedsiębiorstw.

W niniejszym artykule dokonano charakterystyki pojęcia innowacji. Przeprowadzone szczegółowe studia literaturowe umożliwiły zidentyfikowanie istotnych cech procesu tworzenia innowacji.

## **2. DEFINICJA INNOWACJI**

„W lutym 2007 roku, podczas forum Consumer Analyst Group of New York, przedstawiciele kierownictwa firmy Procter & Gamble w odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób potrafią utrzymać stopę wzrostu przedsiębiorstwa w obliczu wzrastających wydatków konkurencji, odpowiedzieli trzema słowami: innowacje, innowacje, innowacje...” [Holtzman, 2008], [Dymitrowski, 2014]. „Pojęcie innowacja ma w potocznym odbiorze bardzo pozytywny wydźwięk. Kojarzy się z wprowadzeniem czegoś nowego, co powoduje znaczące polepszenie istniejącego stanu” [Knosala, Boratyńska – Sala, Jurczyk-Bunkowska, Moczala, 2014]. Innowacja postrzegana jest również, jako zdolność przed-

siębiorstw do generowania nowej wiedzy i podejmowania decyzji, co do zastosowania jej do nowych produktów i odmian produktów, procesów, projektów organizacyjnych [Tavassoli, Karlsson, 2015].

Jednak pomimo powszechnego stosowania tego terminu, jego zakres nie został do końca usystematyzowany i przez wielu badaczy jest różnie definiowany [Knosala, Boratyńska-Sala, Jurczyk-Bunkowska, Moczala, 2014]. Samo pojęcie innowacji pochodzi od łacińskiego słowa „innovatio”, które oznacza w języku polskim odnowienie [Weir, 1994], [Zięba, Oster, 2011], [Kopaliński, 2014]. Tabela 1 zawiera zestawienie wybranych definicji innowacji, proponowanych przez różnych badaczy, w odniesieniu do przedsiębiorstw.

Tab. 1. Przegląd wybranych definicji - pojęcie innowacji

Definicja
„Innowacja jest to wprowadzenie nowego lub znacząco ulepszanego produktu/procesu, zastosowanie nowego lub znacząco ulepszanego rozwiązania marketingowego / organizacyjnego / technologicznego” [Marciniak, Głodziński, Krwawicz, 2013].
„Innowacja jest to proces przekształcania wiedzy w wartość przez zastosowanie nowych lub udoskonalonych produktów, procesów i systemów. Pojęcie innowacji autorzy odnoszą do tworzenia nowej wartości dla przedsiębiorstwa, jego interesariuszy i klientów. Wbrew głoszonym przez niektórych uczonych poglądom, idea lub wynalazek stają się innowacją dopiero wtedy, kiedy ich gospodarczy potencjał jest efektywnie zrealizowany” [Ferraresi, Quandt, dos Santos, Frega, 2012].
„Innowacja jest to każda nowa idea lub podejście, które jest zastosowane w zasadniczo różny sposób do wytworzenia wartości dla organizacji i interesariuszy (klienci, dostawcy, partnerskie organizacje, społeczności, rządy, a nawet ogólnego dobra ludzkości). Innowacja jest bezpośrednio związana z tworzeniem wartości” [Lee, Olson, Trimi, 2012].
„Innowacja jest to celowe przedstawianie i zastosowanie w pracy, zespole roboczym lub organizacji, pomysłów, procesów, produktów lub procedur, które są nowe dla tej pracy, zespołu roboczego lub organizacji, a które są zaprojektowane, aby przynosić korzyści pracy, zespołowi roboczemu lub organizacji. Innowacja obejmuje kreatywność i zastosowanie jej produktów” [Schippers, West, Dawson, 2012].
„Innowacja jest to celowo zaprojektowana przez człowieka zmiana dotycząca: produktu (pierwsze wprowadzenie do produkcji i na rynek nowych lub istotnie ulepszonych wyrobów lub usług), metod wytwarzania (pierwsze zastosowanie w produkcji metod nowych lub istotnie ulepszonych), organizacji pracy oraz produkcji (pierwsze wprowadzenie nowych rozwiązań organizacyjnych w znaczeniu strukturalnym i procesowym lub istotnie udoskonalonych), metod zarządzania, metod marketingu, po raz pierwszy zastosowanych w danej społeczności (najmniejszą społecznością jest przedsiębiorstwo) celem osiągnięcia korzyści społeczno-gospodarczych, spełniająca określone kryteria techniczne, ekonomiczne i społeczne” [Baruk, 2009].
„Innowacją jest proces wprowadzania dużych i małych zmian, radykalnych i stopniowych (przyrostowych) w produktach, procesach i usługach” [O’Sullivan, Dooley, 2009].

„Innowacja jest to fundamentalna lub radykalna zmiana, obejmująca transformację nowej idei lub wynalazku technologicznego w rynkowy produkt lub proces, pierwsze zastosowanie nauki i technologii w nowy sposób zapewniający sukces komercyjny, pierwsze handlowe wprowadzenie na rynek nowego produktu, procesu, systemu lub urządzenia, pierwsze zastosowanie wynalazku” [Santarek, Bagiński, Buczacki, Sobczak, Szerenos, 2008].
„Innowacja jest to w wąskim ujęciu wynalazek, który znalazł określone wykorzystanie. W szerszym zakresie jest to cały proces, czyli ciąg różnorodnych czynności, prowadzących do tworzenia, rozwijania oraz wdrażania nowych dla przedsiębiorstwa wartości w produktach lub nowych połączeń środków i zasobów” [Niedzielski, Rychlik, 2006].
„Innowacja jest to wdrożenie nowego lub znacząco udoskonalonego produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacyjnej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub stosunkach z otoczeniem” [OECD, 2005].
„Innowacje są to wszelkie procesy badań i rozwoju zmierzające do zastosowania i użytkowania ulepszonych rozwiązań w dziedzinie techniki, technologii i organizacji” [Pomykalski, 2001].
„Innowacja jest to każda myśl, zachowanie lub rzecz, która jest nowa, tzn. jakościowo różna od form istniejących” [Grudzewski, Hejduk, 2000].
„Innowacje są to twórcze zmiany w systemie społecznym, strukturze gospodarczej, technice oraz przyrodzie” [Marciniak, 2000].
„Innowacja stanowi ukierunkowany wysiłek organizacji na rzecz opanowania nowych produktów i usług bądź też nowych zastosowań dla już istniejących produktów i usług” [Griffin, 1996].
„Innowacje są to działania systemowe, które polegają na aktywnym identyfikowaniu zmian w otoczeniu oraz na systematycznej analizie możliwości ich wykorzystania dla tworzenia kolejnych innowacji” [Drucker, 1992].
„Innowacja jest to pierwsze handlowe wprowadzenie (zastosowanie) nowego produktu, procesu, systemu lub urządzenia” [Freeman, 1986].
„Innowacja jest to wprowadzenie do produkcji nowych wyrobów lub doskonalenie już istniejących, udoskonalenie lub wdrożenie nowego procesu produkcji (innowacja procesowa), opracowanie nowego sposobu dystrybucji produktów, otwarcie nowego rynku, zastosowanie nowych materiałów, surowców do produkcji, wprowadzenie nowej organizacji produkcji” [Schumpeter, 1960].

*Źródło: opracowanie własne*

### **3. RODZAJE INNOWACJI I ICH KLASYFIKACJA**

Różne sposoby definiowania innowacji w literaturze przedmiotu znajdują odzwierciedlenie w próbach wyróżnienia różnych typów innowacji. Klasyfikacja innowacji jest zadaniem złożonym i bardzo istotnym. Charakteryzując różne typy innowacji, podkre-

ślona zostaje wielość sposobów rozumienia omawianego pojęcia. Dodatkowo określone typy innowacji powodują różne skutki dla przedsiębiorstw [Dymitrowski, 2014]. Tabela 2 przedstawia wybrane sposoby podziału innowacji na różne typy, które zostały opisane w literaturze przedmiotu.

Tab. 2. Klasyfikacja innowacji wg wybranych kryteriów

Kryterium klasyfikacji	Typy innowacji
Zakres wpływu	– funkcjonujące w ramach przedsiębiorstwa – funkcjonujące poza przedsiębiorstwem
Charakter zmian	– radykalne – przyrostowe
Pozycja konkurencyjna	– zaburzające – podtrzymujące
Zakres czasowy efektów	– strategiczne – taktyczne
Liczba osób zaangażowanych w proces tworzenia	– sprzężone – niesprzężone
Źródła tworzenia innowacji	– zamknięte – otwarte
Pochodzenie	– wytworzone przez przedsiębiorstwo samodzielnie – zakupione przez przedsiębiorstwo – wytworzone przez przedsiębiorstwo dzięki współpracy z innymi podmiotami gospodarczym
Poziom nowości	– nowe w skali świata – nowe w skali kraju lub branży – nowe w skali przedsiębiorstwa
Zakres przedmiotowy	– produktowe – procesowe / technologiczne – organizacyjne – marketingowe

Źródło: [Dymitrowski, 2014], [Knosala, Boratyńska – Sala, Jurczyk-Bunkowska, Moczala, 2014], [Zięba, Oster, 2011], [OECD/Eurostat, 2005], [Freeman, 1986]

W niniejszej pracy scharakteryzowano tylko wybrane klasyfikacje innowacji wg kryterium zakresu przedmiotowego, charakteru zmian, zakresu czasowego efektu, pozycji konkurencyjnej, liczby osób zaangażowanych w proces tworzenia oraz źródła tworzenia innowacji.

W klasyfikacji innowacji ze względu na ich obszar (przedmiot), spotyka się podział na innowacje produktowe, procesowe zwane również technologicznymi, organizacyjne i marketingowe [Oslo Manual, 2005]. Poniższe tabele (3, 4, 5 i 6) przedstawiają przykładowe definicje innowacji charakteryzowanych ze względu na ich obszar.

Tab. 3. Przykładowe definicje innowacji produktowej

Definicja innowacji produktowej
„Innowacja produktowa jest to wprowadzanie na rynek nowych lub znacznie ulepszonych produktów” [Mierzejewska, 2010].
„Innowacje w obrębie produktów wiążą się ze znaczącymi zmianami w zakresie wyrobów lub usług. Do tego typu zalicza się zarówno całkowicie nowe wyroby i usługi, jak i znaczące udoskonalenia istniejących produktów” [OECD, 2005].
„Innowacja produktowa jest to każda nowa postać produktu, stanowiąca ofertę rynkową przedsiębiorstwa” [Rockwell, Particelli, 1982].

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 4. Przykładowe definicje innowacji procesowej / technologicznej

Definicja innowacji procesowej / technologicznej
„Innowacja procesowa jest to wprowadzenie nowych lub ulepszonych procesów technologicznych, oprogramowania, sposobów tworzenia oraz świadczenia usług itp.” [Mierzejewska, 2010].
„Innowacje w obrębie procesów to znaczące zmiany w metodach produkcji i dostarczania produktów” [OECD, 2005].
„Pojęcie innowacji technologicznej obejmuje nowe produkty i procesy oraz znaczące zmiany technologiczne w produktach i procesach” [Pomykalski, 2001].

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 5. Przykładowe definicje innowacji organizacyjnych

Definicja innowacji organizacyjnych
„Innowacje organizacyjne polegają na zmianie w sposobie funkcjonowania przedsiębiorstwa, zmianie organizacji pracy, czy organizacji zarządzania. Mają często charakter bezkosztowy i związane są z racjonalizacją organizacji lub dostosowaniem jej do zmieniających się przepisów prawa, czy wymogów ze strony klientów” [Jarus, 2014].
„Innowacja organizacyjna jest to wprowadzenie nowych metod organizacji, w tym organizacji miejsc pracy lub relacji z dostawcami i dystrybutorami” [Mierzejewska, 2010].

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 6. Przykładowe definicje innowacji marketingowych

Definicja innowacji marketingowych
------------------------------------

„Innowacja marketingowa jest wprowadzeniem nowej metody marketingu, włączając w to znaczące zmiany w projektowaniu produktu i opakowania, strategii cenowej, dystrybucyjnej czy promocyjnej, dopóki jest to pierwsze zastosowanie dla przedsiębiorstwa” [Pilarczyk, 2011].

„Innowacja marketingowa jest to wprowadzenie nowych metod, strategii marketingowych związanych z produktem, opakowaniem, pozycjonowaniem, promocją lub polityką cenową” [Mierzejewska, 2010].

*Źródło: Opracowanie własne*

Literatura przedmiotu dzieli innowacje również według innych jej cech. Analizując rodzaje innowacji można skupić się na ich znaczeniu dla organizacji. To podejście wyróżnia innowacje przyrostowe (ang. incremental innovations) oraz radykalne (ang. radical innovations) [Perez-Bustamante, 1999]. Pierwsze z pojęć dotyczy innowacji, które powstają w wyniku usprawniania procesów produkcyjnych lub komercyjnych. W związku z tym, że zwykle są one tworzone krok po kroku, ich charakter jest mniej rewolucyjny niż w przypadku innowacji radykalnych [Zięba, Oster, 2011]. „Innowacja przyrostowa polega na nowym wykorzystaniu znanych już form czy technologii. Stanowi ona udoskonalenie czegoś, co już istnieje, albo jest jakąś rekonfiguracją istniejących form czy technologii przeprowadzoną w taki sposób, by służyła nowym celom. Jest to innowacja na krańcach znanych już obszarów” [Portal, 2015]. Innowacje radykalne polegają na stworzeniu całkowicie nowych produktów lub procesów, które całkowicie zmieniają tradycyjne funkcjonowanie rynku oraz pozycje firmy względem konkurencji. „Innowacja radykalna jest czymś nowym, stanowi odejście od znanych wcześniej technologii czy metod. Często nazywa się ją również innowacją przełomową czy innowacją nieciągłą. Profesor Clayton Christensen z Harvardu użył terminu technologia burząca. Określając nim innowację techniczną potencjalnie zakłócającą cały dotychczasowy model działalności gospodarczej danej firmy czy nawet branży. Innowacje takie niemal zawsze mają charakter radykalny. Technologie burzące wypierają zastaną technologię i przyspieszają schyłek firm opierających na niej swój model działalności. W wielu wypadkach technologie burzące tworzą nowe rynki. Rynki te są początkowo niewielkie, lecz niekiedy rozrastają się do znacznych rozmiarów” [Portal, 2015]. Innowacje radykalne w literaturze przedmiotu określane są, jako narzędzie dające możliwość osiągnięcia wzrostu wydajności i skuteczności działania [O'Connor, Veryzer, 2001]. Przyjmuje się również, że przeważnie dotyczą one nowej technologii będącej w posiadaniu przedsiębiorstwa [Vercauteren, 2015]. Przykładem innowacji radykalnych był swego czasu telefon komórkowy, aparat cyfrowy [Hagenhoff, 2008] oraz silnik odrzutowy w latach 40 XX w., kiedy to lotnictwo było zdominowane przez samoloty śmigłowe [Portal, 2015]. Przykładem obrazującym działanie innowacji przyrostowej był rozwój procesora [Zięba, Oster, 2011]. Procesor Pentium IV firmy Intel stanowił innowację przyrostową w stosunku do swojego bezpośredniego poprzednika procesora Pentium III. W zasadzie oba urządzenia opierały się na tej samej technologii i różniły się tylko poprawionym projektem [Portal, 2015].

Innowacje w istotny sposób wpływają na pozycję przedsiębiorstwa na rynku i dzięki temu regulują sposób funkcjonowania firmy oraz charakter jej otoczenia. Mając to na



uwadze, należy wyróżnić, zatem innowacje zaburzające (ang. disruptive) oraz podtrzymujące (ang. sustaining) pozycję konkurencyjną firmy [Dymitrowski, 2014]. Pojęcie innowacji zaburzających zostało stworzone przez C. M. Christensena [Christensen, Bower, 1995] i odnosi się do dokonywania ważnych odkryć technologicznych. „Innowacje te odnoszą się do nowych, dotychczasowych ignorowanych grup klientów i radykalnie zmieniają sposoby wykorzystywania znanych produktów. Ich wystąpienie może być źródłem zmiany struktury rynku i strategicznej porażki wcześniejszych jego liderów” [Jemieliński, Koźmiński, 2012]. Fakt ten sugeruje konieczność prowadzenia w sposób ciągły działalności innowacyjnej, ponieważ jej brak może doprowadzić do utraty pozycji konkurencyjnej na rynku [Wziątek-Kubiak, 2011].

Tworzenie innowacji jest procesem niezwykle złożonym, który wymaga zaangażowania dużej ilości czasu i przede wszystkim zasobów będących w posiadaniu przedsiębiorstwa ze szczególnym uwzględnieniem kapitału. „Innowacje mogą realizować zarówno długo, jak i krótkoterminowe cele firmy. Należy, więc wyróżnić innowacje strategiczne (tzw. innowacje duże), które powstają, aby zapewnić firmie odpowiednią pozycję konkurencyjną w przyszłości oraz innowacje taktyczne (tzw. innowacje małe), które stanowią narzędzie realizacji bieżących potrzeb przedsiębiorstwa i odpowiedź na aktualne wymagania rynkowe” [Kalisiak, 1975], [Dymitrowski, 2014], [Poznańska, 2015]. Innowacje strategiczne dotyczą przedsięwzięć o charakterze długofalowym i służą realizacji celów strategicznych. Innowacje taktyczne natomiast dotyczą wszelkich bieżących zmian w wyrobach, technologii produkcji i organizacji pracy, pozwalających podnieść efektywność gospodarowania i skorygować dotychczasowe tendencje” [Portal Innowacji, 2014].

Tradycyjne podejście do powstawania innowacji w przedsiębiorstwach, które było popularne w XX w., zostało określone przez H. W. Chesbrougha [Chesbrough, 2003] pojęciem zamkniętych innowacji (ang. closed innovations). W podejściu tym zakładano, że proces innowacji oparty jest wyłącznie na własnych zasobach i że należy go silnie chronić przed konkurencją oraz ciągle poddawać kontroli [Rojek, 2014]. Współcześnie, w czasie swobodnego przepływu informacji, globalizacji oraz powszechnie widocznego postępu technologicznego, model ten przestaje być już popularny. Przedsiębiorstwa coraz częściej nabywają technologie od zewnętrznych firmy w celu uzupełnienia posiadanych zasobów technicznych. Przedsiębiorstwa nawiązują również współpracę z innymi firmami przy realizacji nowych projektów np. badawczo-rozwojowych i dzięki temu dzielą się ze sobą wiedzą oraz zasobami. W związku z tym wewnątrz firmy przestaje być wyłącznym źródłem tworzenia innowacji dla danego przedsiębiorstwa. Innowacje mogą być inspirowane również w otoczeniu, w którym funkcjonuje firma. Od pewnego czasu powszechną koncepcją staje się idea innowacji otwartych [Chesbrough, 2001]. Koncepcja ta zakłada, że przedsiębiorstwa powinny poszukiwać źródeł powstawania innowacji zarówno wśród własnych zasobów i pracowników, jak i na zewnątrz w celu minimalizacji kosztów i ryzyka działalności. Innowacyjne firmy powinny wykorzystywać posiadane relacje i kontakty z innymi przedsiębiorstwami oraz nawiązywać współpracę z uczelniami wyższymi, stowarzyszeniami przedsiębiorców i innymi organizacjami okołobiznesowymi. „Otwarte innowacje są, więc odzwierciedleniem kompleksowego (holistycznego) podejścia do zarządzania innowacjami” [Rojek, 2014]. Według A. Sopińskiej, efek-

tywne oraz umiejętne połączenie rozwiązań wewnętrznych i zewnętrznych w modelu otwartych innowacji jest kluczem do tworzenia nowych kombinacji wiedzy, które pozwalają wyróżnić się firmie na tle przedsiębiorstw konkurencyjnych, a dzięki temu wykorzystać szansę na osiągnięcie sukcesu na rynku [Sopińska, 2013], [Rojekt, 2014]. „Im większa jest otwartość, tym większa jest liczba zewnętrznych źródeł aktywności innowacyjnej firmy” [Laursen, Salter, 2004].

#### 4. PODSUMOWANIE

Tematyka innowacji zajmuje obszerne miejsce w nauce, a samo jej definiowanie nie jest sprawą jednoznaczną. „Podsumowując, innowację można przedstawić w wąskim zakresie, jako komercyjne wprowadzenie nowości, lub w szerokim zakresie, jako wieloetapowy, celowy proces i jego efekt, którym jest korzystna zmiana” [Knosala, Boratyńska – Sala, Jurczyk-Bunkowska, Moczala, 2014]. Analizując definicję innowacyjności, za najważniejszy czynnik charakteryzujący to pojęcie można uznać nowość (np. produkt, proces, strukturę, procedurę), przynoszącą istotne zmiany w skali przedsiębiorstwa, lokalnego rynku czy też całego sektora [Zięba, Oster, 2011]. Rozbieżności pomiędzy definicjami wynikają z faktu, że temat innowacji na całym świecie zgłębiają specjaliści z różnych dziedzin naukowych zarówno ekonomicznych jak i technicznych. Dodatkowo badania naukowe prowadzone przez badaczy zawsze uwzględniają różne doświadczenia i toczą się w innych warunkach gospodarczych, politycznych i ekonomicznych. Mając to na uwadze, autorzy definicji często uściślają na początku swoich publikacji, co rozumieją pod pojęciem innowacji. W tym miejscu należy zgodzić się ze zdaniem wypowiedzianym przez J. Robinsona – „łatwiej pokazać, co jest innowacją, niż ją zdefiniować” [Robinson, 1983].

#### LITERATURA

- [1] **Baruk J.**, *Istota innowacji. Podatność społeczeństw na innowacje*, Marketing i Rynek nr 3, 2009
- [2] **Chesbrough H. W.**, *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, 2003
- [3] **Christensen, C.M., Bower, J. L.**, *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, Harvard Business Review, vol. 73, no. 1, 1995
- [4] **Drucker P. F.**, *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady.*, PWE, Warszawa, 1992
- [5] **Drucker P. F.**, *Natchnienie i fart, czyli innowacja i przedsiębiorczość*, Studio Emka, Warszawa, 2004, s. 35–37.
- [6] **Dymitrowski A.**, *Znaczenie innowacji tworzonych w procesie internacjonalizacji dla wyników przedsiębiorstwa*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, 2014
- [7] **Fagerberg J., Verspagen B.**, *Innovation studies – The emerging structure of a new scientific field*, “Research Policy” 2009, t. 38, no 2, s. 218–233

- [8] **Ferraresi A.A., Quandt C.O., dos Santos S.A., Frega J.R.**, *Knowledge management and strategic orientation: leveraging innovativeness and performance*, Journal of Knowledge Management, nr 5, 2012
- [9] **Freeman Ch.**, *The Role of Technical Change in National Economic Development, in Technological Change, Industrial Restructuring and Regional Development*, Allan&Unwin, London, 1986
- [10] **Griffin R.W.**, *Podstawy zarządzania organizacjami*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1996
- [11] **Grudzewski W., Hejduk I.**, *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach*, Difin, Warszawa, 2004
- [12] **Hagenhoff S.**, *Innovationsmanagement für Kooperationen*, Universitätsverlag Göttingen, Göttingen, 2008
- [13] **Holtzman, Y.**, *Innovation in Research and Development: Tool of Strategic Growth*, Journal of Management Development, vol. 27, no 10, 2008
- [14] **Jarus T.**, [http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter\\_95851.asp](http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter_95851.asp), dostęp: 06.09.2015
- [15] **Jemielniak D., Koźmiński A. K.**, *Zarządzanie wiedzą wyd. II*, Wolters Kluwer Polska, Sp. z o.o.m Warszawa, 2012
- [16] **Kalisiak, J.**, *Nowy produkt. Planowanie i organizacja.*, PWN, Warszawa, 1975
- [17] **Knosala R., Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.**, *Zarządzanie Innowacjami*, PWE, Warszawa, 2014
- [18] **Kopaliński W.**, *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych - pierwsze wydanie w Internecie*, [dostęp z dnia: 26.08.2015], <http://www.slownik-online.pl>
- [19] **Laursen K., Salter A.**, *Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?*, Research Policy, Volume 33, Issue 8, Pages 1201–1215, 2004
- [20] **Lee S.M., Olson D.L., Trimi S.**, *Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values*, Management Decision, no 5, 2012
- [21] **Marciniak S., Głodziński E., Krwawicz M.**, *Ekonomika przedsiębiorstw produkcyjnych dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013
- [22] **Marciniak S.**, *Innowacje i rozwój gospodarczy*, Kolegium Nauk Społecznych i Administracji Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000
- [23] **Mierzejewska B.**, *Innowacje – trendy, wyzwania strategii*, [w:] Aluchna M. (red.): *Współczesne wyzwania dla przedsiębiorstw*. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2010
- [24] **Niedzielski P., Rychlik K.**, *Innowacje i kreatywność*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2006
- [25] **O’ Sullivan D., Dooley L.**, *Applying Innovation*, Sage Publishing, 2009
- [26] **O’Connor, G. C., Veryzer, R.W.**, *The Nature of Market Visioning for Technology-Based Radical Innovation*, Journal of Product Innovation Management, vol. 18, no. 4, 2001

- [27] **Oslo Manual**, *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat, 2005
- [28] **Perez-Bustamante G.**, *Knowledge management in agile innovative organizations*, Journal of Knowledge Management, t. 3, no 1, 1999
- [29] **Pilarczyk B.**, *Innowacje w komunikacji marketingowej*, Zeszyty Naukowe Nr 9, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Kraków, 2011.
- [30] **Pisany B.**, *Zarządzanie wiedzą w organizacjach gospodarczych*, Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, 2001, nr 10
- [31] **Pomykański A.**, *Innowacje*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2001.
- [32] **Portal „Inwestycje w innowacje”**, *Rodzaje innowacji*, [dostęp: 20.09.2015], <http://www.inwestycjewinnowacje.pl/czytaj,49,rodzaje-innowacji.html>
- [33] **Portal Innowacji**, *Słownik innowacji - Leksykon haseł*, [dostęp: 20.09.2015], [http://www.pi.gov.pl/parp/chapter\\_96055.asp?soid=8B0471C08A33440899F405DAFCB5A6B3](http://www.pi.gov.pl/parp/chapter_96055.asp?soid=8B0471C08A33440899F405DAFCB5A6B3)
- [34] **Poznańska K.**, *Zarządzanie innowacjami*, [dostęp: 20.09.2015], <http://spir.sggw.pl/files/files/wykl-zarzadzanie-innowacjami>
- [35] **Robinson J.**, *Economics Philosophy*, London, 1983
- [36] **Rockwell J. R., Particelli M. C.**, *New Product Management for the 1980's*, Booz Allen & Hamilton, New York, 1982
- [37] **Rojek D.**, *Otwarte innowacje, jako model interaktywnego zarządzania innowacjami*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach Nr 101 Seria: Administracja i Zarządzanie, Siedlce, 2014
- [38] **Santarek K., Bagiński J., Buczacki A., Sobczak D., Szerenos A.**, *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Warszawa, 2008
- [39] **Schippers M.C., West M.A., Dawson J.F.**, *Team Reflexivity and Innovation: The Moderating Role of Team Context*, Journal of Management, no 10, 2012
- [40] **Schumpeter J. A.**, *Teoria rozwoju gospodarczego*, PWN, Warszawa, 1960
- [41] **Sopińska A.**, *Otwarte innowacje bazujące na mądrości „thumu” – podstawa sukcesu współczesnego przedsiębiorstwa*, „Zarządzanie i Finanse” 2013, Nr 4/1, Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2013
- [42] **Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego "Dolina Lotnicza"**, [dostęp z dnia: 09.06.2014], <http://www.dolinalotnicza.pl/en/130/130/art1.html>
- [43] **Tavassolia S., Karlsson Ch.**, *Persistence of various types of innovation analyzed and explained*, Research Policy, Volume 44, Issue 10, Pages 1887–1901, 2015
- [44] **Vercauteren, A.**, *Customer Supplier Interaction for Radical Technological Innovation Inhibitor or Facilitator*, *Industrial Marketing and Purchasing Group*, [dostęp: 20.09.2014]. <http://impgroup.org/uploads/papers/6817.pdf>

- 
- [45] **Weir A. D.**, *The Importance of Innovation and Information*, in: Weir, A. D. (ed.), *Information Services for Innovative Organizations*, Library and Information Science, vol. 94, Emerald Group Publishing Limited, 1994
- [46] **Wziętek-Kubiak, A. (red.)**, *Zarządzanie innowacjami a konkurencyjność*, Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, Dąbrowa Górnicza, 2011
- [47] **Zięba M., Oster P.**, *Innowacyjność w małych i średnich przedsiębiorstwach*, E-mentor nr 3 (40), 2011

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Albert M.**, *7 things to Know about the Internet of Things and Industry 4.0*, Modern Machine Shop, Gardner Business Media Inc. 88 (4), 2015.
- [2] **Ambroziak A., Kisiel A., Korzeniowski M.**, *Zastosowanie badań ultradźwiękowych do oceny zgrzein w cienkościennych elementach stalowych*. Spajanie metali i tworzyw w praktyce, nr 5-7, 2004.
- [3] **Arai K., Sekine K.**, „TPM for the Lean Factory”, Productivity Press, 1998.
- [4] **Badurek J.**, *System ERP dla wytwórczości nowej generacji*, Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce - teoria i praktyka, 2, 2014.
- [5] **Balle Freddy, Michael Balle**, „Dyrektor firmy jako Lean Menadżer”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [6] **Baruk J.**, *Istota innowacji. Podatność społeczeństw na innowacje*, Marketing i Rynek nr 3, 2009
- [7] **Branowski B.**, *Metody twórczego rozwiązywania problemów inżynierskich*, Wyd. Wielkopolska Korporacja Techniczna NOT, Poznań, 1999r.
- [8] **Brzeziński M.** (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją*, Wyd. Placet Warszawa, 2002r.
- [9] **Chabowski P., K. Żywicki**, *Wpływ organizacji przebrojeń na efektywność zasobów, Inżynieria Maszyn*, Wrocław, Agenda Wydawnicza Wrocławskiej Rady FSNT NOT, 18 (1), 2013.
- [10] **Chesbrough H. W.**, *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, 2003
- [11] **Christensen, C.M., Bower, J. L.**, *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, Harvard Business Review, vol. 73, no. 1, 1995
- [12] **Dahlgaard J., Kristensen K., Gopal K.**: *Podstawy zarządzania jakością*, PWN, Warszawa, 2000.
- [13] **Dąbrowski K., Leksycki K.**, *Porównanie narzędzi obróbczych MS200M D6.0C oraz MS131 D6.0/6.0T w procesie frezowania materiału – laminat hpl*, Inżynieria Produkcji, Zeszyt 10, Rozdział 5, Zielona Góra, 2016.
- [14] **Devaraj S., Matta K.F., Conlon E.**: *Product and Service Quality: The Antecedents of Customer Loyalty in the Automotive Industry*, Production and Operations Management, 2001, 10, 424-439.
- [15] **Drucker P. F.**, *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady.*, PWE, Warszawa, 1992
- [16] **Drucker P. F.**, *Natchnienie i fart, czyli innowacja i przedsiębiorczość*, Studio Emka, Warszawa, 2004, s. 35–37.
- [17] **Dymitrowski A.**, *Znaczenie innowacji tworzonych w procesie internacjonalizacji dla wyników przedsiębiorstwa*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, 2014

- [18] **Durlik I.**, *Inżynieria produkcji. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych*, Wyd. Placet, Warszawa, 2007r.
- [19] **Dwiliński L.**: *Zarządzanie jakością i niezawodnością wyrobów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [20] **Fagerberg J., Verspagen B.**, *Innovation studies – The emerging structure of a new scientific field*, "Research Policy" 2009, t. 38, no 2, s. 218–233
- [21] **Feldshtein E.**: *Wybrane zagadnienia obróbki skrawaniem*. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 2013.
- [22] **Ferraresi A.A., Quandt C.O., dos Santos S.A., Frega J.R.**, *Knowledge management and strategic orientation: leveraging innovativeness and performance*, Journal of Knowledge Management, nr 5, 2012
- [23] **Freeman Ch.**, *The Role of Technical Change in National Economic Development, in Technological Change, Industrial Restructuring and Regional Development*, Allan&Unwin, London, 1986
- [24] **Griffin R.W.**, *Podstawy zarządzania organizacjami*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1996
- [25] **Grudzewski W., Hejduk I.**, *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach*, Difin, Warszawa, 2004
- [26] **Hagenhoff S.**, *Innovationsmanagement für Kooperationen*, Universitätsverlag Göttingen, Göttingen, 2008
- [27] **Hamel Mark R.**, „Warsztaty Kaizen”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [28] **Hamrol A., Mantura W.**: *Zarządzanie jakością. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa-Poznań, 1998.
- [29] **Holtzman, Y.**, *Innovation in Research and Development: Tool of Strategic Growth*, Journal of Management Development, vol. 27, no 10, 2008
- [30] **Idzior M.**: Kierunek zmian materiałowych w motoryzacji w świetle wymogów ekologii. MOTROL 2007, 9, s.72-87.
- [31] **Jarus T.**, [http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter\\_95851.asp](http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter_95851.asp), dostęp: 06.09.2015
- [32] **Jemieliński D., Koźmiński A. K.**, *Zarządzanie wiedzą wyd. II*, Wolters Kluwer Polska, Sp. z o.o.m Warszawa, 2012
- [33] **Juvva K.**, *Real-Time System*, Electrical & Computer Engineering, Carnegie Mellon University, 1998.
- [34] **Kalisiak, J.**, *Nowy produkt. Planowanie i organizacja.*, PWN, Warszawa, 1975
- [35] **Knosala R., Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.**, *Zarządzanie Innowacjami*, PWE, Warszawa, 2014
- [36] **Kopaliński W.**, *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych - pierwsze wydanie w Internecie*, [dostęp z dnia: 26.08.2015], <http://www.sloownik-online.pl>
- [37] **Koźmiński A., Jemieliński D.**: *Zarządzanie od podstaw*, Wyd. Akademickie i Profesjonalne, Warszawa, 2008, s. 255
- [38] **Kunio Shirose**, „TPM for Worskhop Leaders”, Japan Institute of Plant Maintenance.

- [39] **Lajtner L., Śliwa M.**, *Atmosfera i kultura pracy w przedsiębiorstwie opartym na wiedzy*, [w:] *Metody i narzędzia zarządzania wiedzą i innowacją w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, red. S. Kłos, J. Patalas-Maliszewska, Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2014, s. 41-54.
- [40] **Lock D.**: *Podręcznik zarządzania jakością*, PWN, Warszawa 2002.
- [41] **Laursen K., Salter A.**, *Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation?*, *Research Policy*, Volume 33, Issue 8, Pages 1201–1215, 2004
- [42] **Lee S.M., Olson D.L., Trimi S.**, *Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values*, *Management Decision*, no 5, 2012
- [43] **Łomozik M.**, *Makroskopowe i mikroskopowe badania metalograficzne materiałów konstrukcyjnych i ich połączeń spajanych*. Wydawca Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2009.
- [44] **Lupo Ch.**: *ISO/TS 16949 the Clear Choice For Automotive Suppliers*, *Quality Progress*, 2002, 44-49.
- [45] **Łunarski J.**: *Zarządzanie jakością. Standardy i zasady*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
- [46] **Marciniak S., Głodziński E., Krwawicz M.**, *Ekonomika przedsiębiorstw produkcyjnych dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013
- [47] **Marciniak S.**, *Innowacje i rozwój gospodarczy*, Kolegium Nauk Społecznych i Administracji Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000
- [48] **Masaaki Imai**, „*Kaizen, klucz do konkurencyjnego sukcesu Japonii*”.
- [49] **Matuszak M.**, *Charakterystyka systemów pomiarowych do badań parametrów dynamicznych procesu mikrofrezowania*, *Automatyka*, Tom 15, Zeszyt 2, 2011.
- [50] **Mierzejewska B.**, *Innowacje – trendy, wyzwania strategii*, [w:] Aluchna M. (red.): *Współczesne wyzwania dla przedsiębiorstw*. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2010
- [51] **Monografia KGHM Polska Miedź S.A.** – Lubin 2007
- [52] **Nowacki M.**, *Zarządzanie produkcją w praktyce*, Wiedza i Praktyka, Warszawa, 2006r.
- [53] **Niedzielski P., Rychlik K.**, *Innowacje i kreatywność*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2006
- [54] **O’ Sullivan D., Dooley L.**, *Applying Innovation*, Sage Publishing, 2009
- [55] **O’Connor, G. C., Veryzer, R.W.**, *The Nature of Market Visioning for Technology-Based Radical Innovation*, *Journal of Product Innovation Management*, vol. 18, no. 4, 2001
- [56] **Oslo Manual**, *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat, 2005
- [57] **Pająk E.**, *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*, Wyd. PWN, Warszawa, 2006r.



- [58] **Papkała H.**, Zgrzewanie oporowe metali. Wydawnictwo KaBe, Krosno 2003.
- [59] **Perez-Bustamante G.**, *Knowledge management in agile innovative organizations*, Journal of Knowledge Management, t. 3, no 1, 1999
- [60] **Pilarczyk B.**, *Innowacje w komunikacji marketingowej*, Zeszyty Naukowe Nr 9, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Kraków, 2011.
- [61] **Piotrowska A.**: *Wiedza jawna i niejawną jako zasób decyzyjny w zarządzaniu personelem*, [w:] *Procesy decyzyjne w warunkach niepewności*, red. A. Grzegorzczak, Wyższa Szkoła Promocji, Warszawa, 2012, str. 79-95.
- [62] **Pisany B.**, *Zarządzanie wiedzą w organizacjach gospodarczych*, *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, 2001, nr 10
- [63] **Pomykański A.**, *Innowacje*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2001.
- [64] **Portal „Inwestycje w innowacje”**, *Rodzaje innowacji*, [dostęp: 20.09.2015], <http://www.inwestycjewinnowacje.pl/czytaj,49,rodzaje-innowacji.html>
- [65] **Portal Innowacji**, *Słownik innowacji - Leksykon haseł*, [dostęp: 20.09.2015], [http://www.pi.gov.pl/parp/chapter\\_96055.asp?soid=8B0471C08A33440899F405DAFCB5A6B3](http://www.pi.gov.pl/parp/chapter_96055.asp?soid=8B0471C08A33440899F405DAFCB5A6B3)
- [66] **Poznańska K.**, *Zarządzanie innowacjami*, [dostęp: 20.09.2015], <http://spir.sggw.pl/files/files/wykl1-zarządzanie-innowacjami>
- [67] **Praca pod redakcją Sikory T.**, *Wybrane koncepcje i systemy zarządzania jakością*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2010.
- [68] **PN-EN 473:2002** *Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.*
- [69] **PN-EN ISO 6520-2:2005** *Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach. Część 2: Zgrzewanie.*
- [70] **Qiming T.**, *Are You Ready for Industry 4.0?*, ICT Insights, Huawei Enterprise 02, 2015.
- [71] **Robinson, J.**, *Economics Philosophy*, London, 1983
- [72] **Rockwell J. R., Particelli M. C.**, *New Product Management for the 1980's*, Booz Allen & Hamilton, New York, 1982
- [73] **Rojek D.**, *Otwarte innowacje, jako model interaktywnego zarządzania innowacjami*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach Nr 101 Seria: Administracja i Zarządzanie, Siedlce, 2014
- [74] **Rother Mike**, „Toyota Kata”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [75] **Rypulak K.**, *Organizacja pomocniczych procesów produkcyjnych, Cz. I*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 1985r.
- [76] **Salaciński T.**: *SPC statystyczne sterowanie procesami produkcji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [77] **Santarek K., Bagiński J., Buczacki A., Sobczak D., Szerenos A.**, *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Warszawa, 2008

- [78] **Schippers M.C., West M.A., Dawson J.F.**, *Team Reflexivity and Innovation: The Moderating Role of Team Context*, *Journal of Management*, no 10, 2012
- [79] **Schumpeter J. A.**, *Teoria rozwoju gospodarczego*, PWN, Warszawa, 1960
- [80] **Seiichi Nakajima**, „*TPM Development Program*”, Productivity Press, 1989.
- [81] **Shook John**, „Zarządzać znaczy uczyć”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [82] **Sopińska A.**, *Otwarte innowacje bazujące na mądrości „thumu” – podstawa sukcesu współczesnego przedsiębiorstwa*, „Zarządzanie i Finanse” 2013, Nr 4/1, Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2013
- [83] **Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego "Dolina Lotnicza"**, [dostęp z dnia: 09.06.2014], <http://www.dolinalotnicza.pl/en/130/130/art1.html>
- [84] **Śliwa M.**, *Praca inżynierska: Techniczne aspekty zapewnienia jakości wyrobów na przykładzie zaworu HPh M16/M12*, Zielona Góra, 2016.
- [85] **Świć A., Taranienko W.**, *Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2003r.
- [86] **Taiichi Ohno, Eiji Toyoda**, „Lean Management”, Lean Enterprise Institute Polska.
- [87] **Tavassolia S., Karlssonb Ch.**, *Persistence of various types of innovation analyzed and explained*, *Research Policy*, Volume 44, Issue 10, Pages 1887–1901, 2015
- [88] **Tochman R.**: *TQM (Total Quality Management) – Kompleksowe zarządzanie jakością*, <http://www.jakosc.biz/tqm-total-quality-management/> dostęp: 15.12.2015. **Tokutaro Suzuki**, „TPM In Process Industries”, Japan Institute of Plant Maintenance.
- [89] **Vercauteren, A.**, *Customer Supplier Interaction for Radical Technological Innovation Inhibitor or Facilitator*, *Industrial Marketing and Purchasing Group*, [dostęp: 20.09.2014]. <http://impgroup.org/uploads/papers/6817.pdf>
- [90] **Weir A. D.**, *The Importance of Innovation and Information*, in: Weir, A. D. (ed.), *Information Services for Innovative Organizations*, Library and Information Science, vol. 94, Emerald Group Publishing Limited, 1994
- [91] **Wziętek-Kubiak, A. (red.)**, *Zarządzanie innowacjami a konkurencyjność*, Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, Dąbrowa Górnicza, 2011
- [92] **Zawadzki P.**: *Gromadzenie, integracja i analiza danych produkcyjnych i jakościowych*, StatSoft Polska Sp. z o.o., 2014. [http://www.statsoft.pl/portals/0/Downloads/Gromadzenie\\_integracja\\_i\\_analiza\\_danych\\_produkcyjnych\\_i\\_jakosciowych.pdf](http://www.statsoft.pl/portals/0/Downloads/Gromadzenie_integracja_i_analiza_danych_produkcyjnych_i_jakosciowych.pdf) dostęp: 14.03.2016
- [93] **Zięba M., Oster P.**, *Innowacyjność w małych i średnich przedsiębiorstwach*, E-mentor nr 3 (40), 2011

## AUTORZY

**Tomasz Belica**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: t.belica@iizp.uz.zgora.pl

**Dominik Golec** Absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Magdalena Harasim** Absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**DuyenAnh NguyenXuan** absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria produkcji

**Julian Jakubowski**, dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: j.jakubowski@iizp.uz.zgora.pl

**Sławomir Klos**, dr hab. inż., prof. UZ, Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: s.klos@iizp.uz.zgora.pl

**Kamil Leksycki**, Park Naukowo-Technologiczny Uniwersytetu Zielonogórskiego Sp. z o.o. e-mail: K.Leksycki@pnt.uz.zgora.pl

**Justyna Patals-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.patals@iizp.uz.zgora.pl

**Katarzyna Pejs** absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Konrad Skibiński** absolwentka Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

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

**Tomasz Strawczyński** absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Mechaniczny, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

**Tadeusz Szmigielski** dr inż., Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją, ul. Szafrana 4, 65-246 Zielona Góra, e-mail: t.szmigielski@iizp.uz.zgora.pl

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