



Innowacyjne technologie w inżynierii produkcji

*redakcja
Antoni Świć
Arkadiusz Gola*

MONOGRAFIE

Innowacyjne technologie w inżynierii produkcji

Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 LUBLIN

Innowacyjne technologie w inżynierii produkcji

redakcja
Antoni Świć
Arkadiusz Gola



Politechnika Lubelska
Lublin 2015

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Miron Czerniec, Politechnika Lubelska

dr hab. inż. Marian Marek Janczarek, prof. Politechniki Lubelskiej

Opracowanie redakcyjne: Łukasz Sobaszek

Publikacja zawiera materiały z III Warsztatów Naukowych dla Doktorantów w Dyscyplinie Inżynieria Produkcji dofinansowanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2015

ISBN: 978-83-7947-154-6

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36C, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatom.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

SPIS TREŚCI

Joanna Krajewska-Śpiewak

WYKORZYSTANIE EMISJI AKUSTYCZNEJ DO MONITOROWANIA
STREFY SKRAWANIA 9

Tomasz Małysa, Krzysztof Nowacki

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH POLIMERÓW DO REDUKCJI
HAŁASU EMITOWANEGO PODCZAS OBRÓBKI MECHANICZNEJ 20

Łukasz Poloczek, Bartłomiej Dybowski, Robert Jarosz, Andrzej Kielbus

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA
SKOMPLIKOWANYCH WIELKOGABARYTOWYCH ODLEWÓW
MONOLITYCZNYCH DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO 32

Przemysław Chabowski

WPLYW SKRACANIA CZASÓW PRZEBROJEŃ NA ELASTYCZNOŚĆ
PROCESÓW WYTWARZANIA 41

Karol Dąbrowski

DETERMINANTY ROZWOJU INNOWACJI
PRODUKTOWYCH I PROCESOWYCH W MAŁYCH I ŚREDNICH
PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH Z BRANŻY
METALOWEJ – KONCEPCJA BADAŃ 54

Aleksandra Sulerz, Artur Ściana

OCENA INNOWACYJNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW
ENERGETYCZNYCH NA PODSTAWIE WYBRANYCH KRYTERIÓW 66

Katarzyna Skrzypek

KONCEPCJA BADAŃ NAD PROCESEM ZARZĄDZANIA
INNOWACJAMI W SIECI PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH
W OPARCIU O SYSTEMY ERP ZINTEGROWANE TECHNOLOGIĄ
CLOUD COMPUTING 79

Małgorzata Zalewska-Traczyk

BADANIE UWARUNKOWAŃ ZARZĄDZANIA WŁASNOŚCIĄ
INTELEKTUALNĄ W UCZELNI TECHNICZNEJ 91

Dorota Warżolek

METODA UODPARNIANIA HARMONOGRAMÓW PRODUKCJI
NA NIEPLANOWANE PRZESTOJE MASZYN W WARUNKACH
PRODUKCJI WIELOASORTYMENTOWEJ 104

Paulina Rewers, Krzysztof Żywicki

ZWIĘKSZENIE DOSTĘPNEGO CZASU PRACY MASZYN 118

Józef Matuszek, Kinga Byrska-Bienias

CIĄGŁE DOSKONALENIE ERGONOMICZNE STANOWISKA
DO TERMOFORMOWANIA..... 132

W monografii zaprezentowano wybrane materiały z III Warsztatów Naukowych dla Doktorantów w Dyscyplinie Inżynieria Produkcji.

Organizatorzy warsztatów to:

- Lubelskie Towarzystwo Naukowe,
- Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk,
- Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej,
- Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Lubelskiej.

Warsztaty umożliwiły zdefiniowanie tematyki prac doktorskich w dyscyplinie Inżynieria Produkcji, również z uwzględnieniem ich aspektu użytecznego, co jest szczególnie istotne w związku z nowymi zasadami prac naukowych w perspektywie lat 2014–2020 oraz odpowiednie metodyczne ukierunkowanie, przez znanych profesorów – członków Komitetu Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, prowadzonych przez młodych naukowców badań. Przekazanie im wielu cennych wskazówek, sugestii i odpowiedzi w zakresie rozwiązywanych problemów, powinno zaowocować lepszą jakością przygotowywanych przez nich prac doktorskich oraz publikacji naukowych, w tym o znaczeniu użytecznym.

Zagadnienia prezentowane na warsztatach dotyczyły ważnych obszarów gospodarki narodowej, a niektóre z przedłożonych rozwiązań mogą znaleźć zastosowanie w przedsiębiorstwach.

Warsztaty przyczyniły się do:

- udoskonalenia przez doktorantów warsztatu pracy naukowej, zasad formułowania problemów badawczych i ich rozwiązywania,
- nawiązania kontaktów z profesorami z dyscypliny inżynieria produkcji jako ewentualnymi promotorami prac doktorskich,
- nawiązania wzajemnych kontaktów i wymiany informacji naukowych pomiędzy doktorantami z zakresu inżynierii produkcji,
- nawiązania współpracy związanej z efektywnym wykorzystywaniem funduszy unijnych.

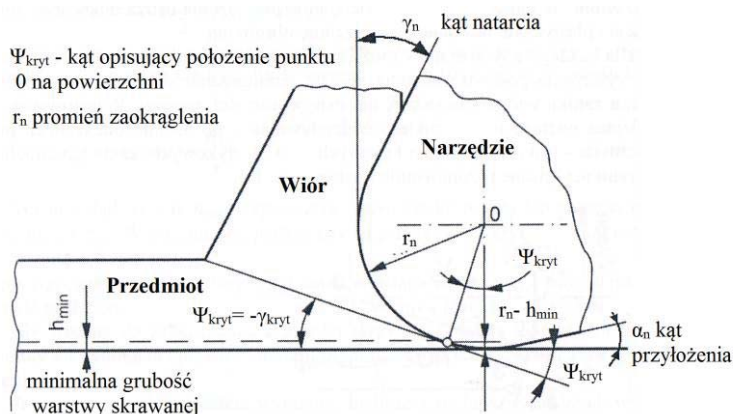
Przewodniczący
Komitetu Organizacyjnego Warsztatów
Prof. dr hab. inż. Antoni Świć

WYKORZYSTANIE EMISJI AKUSTYCZNEJ DO MONITOROWANIA STREFY SKRAWANIA

1. CHARAKTERYSTYKA PROCESU SKRAWANIA

1.1. PROCES DEKOHEZJI

Proces skrawania polega na oddzieleniu warstwy skrawanej na skutek działania sił skrawania. W strefie skrawania następuje kształtowanie materiału obrabianego poprzez oddzielenie od niego zewnętrznej warstwy w postaci wióra. Podczas skrawania ostrze, o zaokrąglonej krawędzi skrawającej r_n , oddziałuje na materiał obrabiany powodując w nim odkształcenia sprężyste oraz deformacje plastyczne, a w konsekwencji utworzenie wióra Rys.1.



Rys. 1. Proces skrawania [9]

¹ Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Politechnika Krakowska, 31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37, e-mail: joannakrajewska.pk@gmail.com

Wykazano, że procesy odkształceń materiału oraz tarcie na powierzchni kontaktu ostrze – wiór oddziałują na siebie wzajemnie i są zależne od następujących czynników: rodzaju obrabianego materiału, gatunku materiału i stereometrii ostrza skrawającego, parametrów skrawania, warunków chłodzenia [3, 10, 11].

1.2. DRGANIA PODCZAS SKRAWANIA

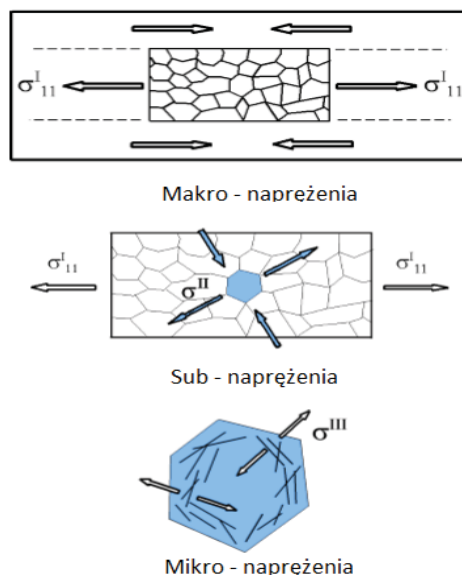
W procesie skrawania występuje szkodliwe i niepożądane zjawisko drgań, które negatywnie wpływa na stan WW oraz na pogorszenie dokładności wymiarowo-kształtowej obrabianych elementów. Ze względu na sposób powstawania drgań dzieli się je następująco [1]:

- *swobodne* – występują w momencie chwilowego zakłócenia równowagi układu, gdy na układ nie działają żadne wymuszenia. Są to drgania tłumione, ponieważ w układzie OUPN (obrabiarka – uchwyt – przedmiot – narzędzie) występuje rozproszenie energii. Częstotliwość tych drgań jest równa częstotliwości drgań własnych np. przy toczeniu przerywanym;
- *wymuszone* – powstają w skutek działania siły zewnętrznej. Częstotliwość tych drgań jest zbliżona lub równa częstotliwości siły wymuszającej, a amplituda natomiast zależy od częstotliwości drgań własnych układu. Drgania powstają, gdy na układ OUPN oddziałują zmienne w czasie wymuszenia, np. podczas frezowania siła wymuszająca jest pulsującą siłą skrawania;
- *samowzbudne* – ten rodzaj drgań powstaje wskutek utraty stabilności układu OUPN, która następuje w momencie: sprzężenia zwrotnego w układzie OUPN między siłą i drganiami (sprzężenia przez przemieszczenia); modulacji grubości warstwy skrawanej powodującej zmienność siły skrawania.

1.3. NAPRĘŻENIA W WARSTWIE WIERZCHNIEJ

W wyniku zjawisk zachodzących w procesie dekohezji w WW mogą powstawać naprężenia (Rys.2):

- *makro-naprężenia* – które równoważą się w obszarze o wielkości porównywalnej z wielkością przedmiotu obrabianego;
- *sub-naprężenia* – działają w obrębie kilku sąsiednich ziaren;
- *mikro-naprężenia* – działają w obrębie jednego ziarna lub kilku odległości atomowych i pochodzą od defektów sieci krystalicznej.



Rys. 2. Podział naprężeń ze względu od zasięgu oddziaływania [8]

Wiedza na temat rozkładu i charakteru naprężeń, które występują w materiale obrabianym jest bardzo ważna. Naprężenia mają istotny wpływ na zachowanie się elementów pod obciążeniem m. in.: kruche pękanie, wytrzymałość zmęczeniową, zużycie tribologiczne oraz na odporność na obciążenia mechaniczne.

2. SYGNAŁ EMISJI AKUSTYCZNEJ

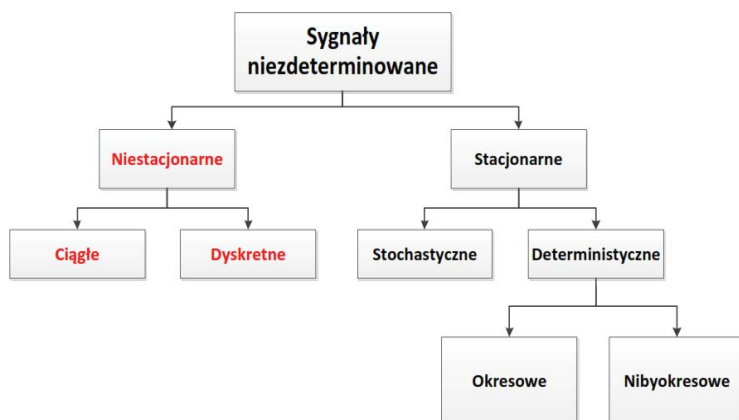
Jednym ze specyficznych zjawisk, które występują podczas skrawania w materiałach sprężystych jest fala sprężysta, która jest identyfikowana przez sygnał emisji akustycznej o częstotliwości powyżej 20 Hz [2]. Przy wykorzystaniu systemów diagnostycznych otrzymywany jest sygnał pochodzący z zachodzących podczas obróbki procesów. Istotne jest scharakteryzowanie tego sygnału, gdyż posiada on bardzo ważne informacje dotyczące procesu skrawania. Odpowiedni dobór przekształcenia sygnału pozwala na wydobywanie z surowego sygnału wielu istotnych informacji.

Sygnał AE jest funkcją niezależnych zmiennych, zawierającą informacje na temat procesu. Cechy sygnału są reprezentowane przez amplitudę oraz przez częstotliwość. Kształt sygnału nazywany jest przebiegiem. Sygnały dzielą się na zdeterminowane i niezdedeterminowane (Rys. 3). Sygnał zdeterminowany (stacjonarny) jest przewidywalny oraz okresowy i może być opisany za pomocą

funkcji matematycznych. Istnienie sygnału zdeterminowanego jest założeniem teoretycznym, gdyż w rzeczywistości nie istnieje czysty przebieg sygnału, ponieważ zawsze obecne są szумы i zakłócenia. Sygnały niezdeterminowane to inaczej sygnały nieokreślone/losowe, których prawdopodobieństwo można oszacować.

2.1. ZMIENNE SYGNAŁU

Większość przebiegów może być zapisana w formie sumy funkcji sinus i cosinus. Przed badaniem bardziej złożonych przebiegów sygnałów, zmienne występujące w prostych przebiegach muszą zostać zdefiniowane. Sygnały mogą być ciągłe lub dyskretne. Sygnały dyskretne powstają wskutek przetwarzania cyfrowego sygnału ciągłego. Istnieje duża liczba parametrów statystycznych dla sygnałów ciągłych i dyskretnych. Najczęściej występującymi parametrami są: wartość średnia, wariancja, odchylenie standardowe, wartość skuteczna (RMS). Podczas skrawania materiałów powstający sygnał ciągły związany jest i towarzyszy procesom ciągłym bądź stałym. Natomiast sygnał dyskretny pojawia się w momencie zaburzenia spójności materiału, np., gdy wiór ma wpływ na proces obróbki. Wybór okresu czasu używanego do określenia statystycznych parametrów sygnału jest zdefiniowany, jako okres próbkowania sygnału i zależy od przebiegu. Jeśli przebieg jest okresowy złożony lub prosty, to okres próbkowania sygnału powinien być okresem podstawowym. Jeśli przebieg jest prawie okresowy lub niezdeterminowany, to żadna wartość okresu próbkowania nie będzie dawała rzeczywistych wyników. W takim przypadku najlepiej jest utrzymywać wzrostowy trend okresu próbkowania do czasu, gdy interesująca wartość parametru statystycznego będzie stałą w granicach akceptowalnych ograniczeń.



Rys. 3. Podział sygnałów pomiarowych

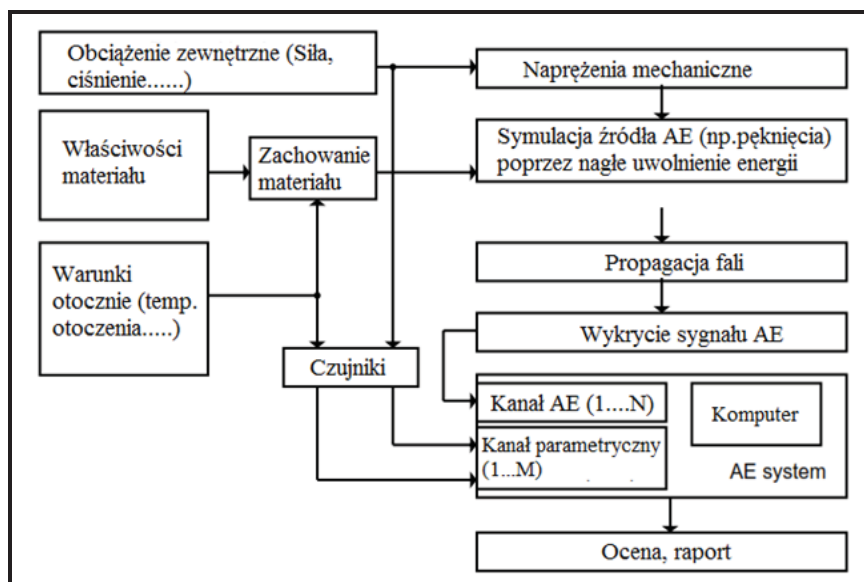
2.2. PRZETWARZANIE SYGNAŁU AE

W celu wyznaczenia miar sygnałów należy wybrać właściwe fragmenty sygnału oryginalnego, zwane segmentami. Do przykładowych miar sygnału w dziedzinie czasu zalicza się przede wszystkim miary statystyczne: wariancję, wartość średnią, skośność, kurtozę, moment, współczynnik szczytu, moc i energię sygnału, wartość skuteczną (RMS – root mean square) i odchylenie standardowe.

Miarą w dziedzinie częstotliwości może być energia widma, natomiast miarami w dziedzinie czasowo-częstotliwościowej są: liczba przekroczeń progu, procentowy udział przebywania sygnału ponad progiem dla określonych trzech różnych progów, czas przebywania sygnału ponad określonym progiem oraz określony czas uderzenia, który określa koniec uderzenia (HDT hit definition time).

Pierwszym etapem przetwarzania sygnału jest jego parametryzacja. Istotnym elementem jest wydobycie specyficznych cech sygnału (eng. feature extraction), umożliwiające efektywny opis jego właściwości. W tym celu skuteczna jest Analiza Falkowa. Pozwala ona na zastosowanie długich okresów czasu, gdy potrzebne są bardzo precyzyjne dane oraz dane o małej częstotliwości. Umożliwia również stosowanie krótkich okresów, gdy potrzebne są dane o wysokich częstotliwościach. Kluczowym punktem analizy Falkowa, jest wydobycie informacji z oryginalnego sygnału, poprzez rozkład tego sygnału na serie przybliżeń oraz rozmieszczenie danych na różnych pasmach częstotliwości. Charakterystyki w dziedzinie czasu oraz częstotliwości są zachowane. Kolejnym etapem przetwarzania sygnału, jest wybranie kilku sekwencji rozkładu, odpowiednich dla danej aplikacji. Częstotliwość sygnału AE znajduje się powyżej granicy słyszalności ($>20\text{kHz}$). Częstotliwość sygnału AE zawiera się w przedziale od 50 – 400 kHz [6].

Schemat zastosowania metody wykorzystującej AE został przedstawiony na Rys.4.



Rys. 4. Ścieżka procesu AE [7]

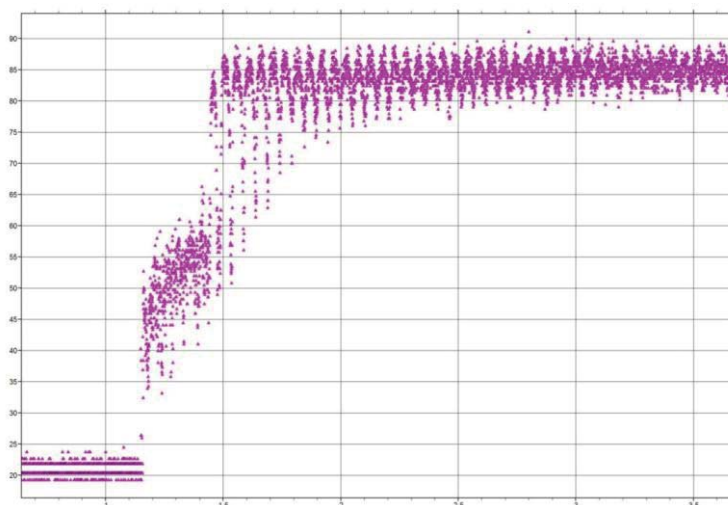
3. BADANIA PROCESU SKRAWANIA Z WYKORZYSTANIEM CZUJNIKÓW AE

Wstępne badania przeprowadzono na próbkach wykonanych ze stali nierdzewnej OH17 oraz stopu tytanu WT3. Obydwa materiały zaliczane są do grupy materiałów trudnoskrawalnych, stosowanych do produkcji elementów pracujących w ekstremalnych warunkach przy bardzo dużych obciążeniach. Największy problem podczas obróbki tych materiałów wiąże się z generowaniem wysokiej temperatury skrawania, która wpływa na szybsze zużycie narzędzi skrawających. Słaba przewodność cieplna materiałów trudnoskrawalnych utrudnia swobodny rozływ ciepła i jego odprowadzanie ze strefy skrawania, powodując powstawanie wysokiej temperatury na ostrzu narzędzia, zwłaszcza w pobliżu krawędzi skrawającej. Podczas przeprowadzonych badań promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej wynosił $r_e=0,4$ oraz $r_e=0,8$ zarówno dla OH17 oraz WT3. Parametry skrawania zostały przedstawione w Tab.1.

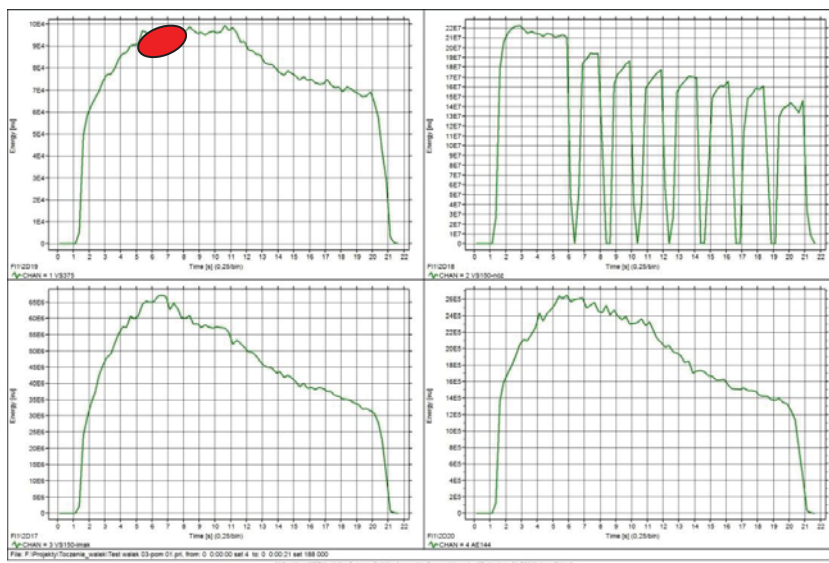
Tab. 1. Parametry skrawania

Materiał obrabiany	I próba	II próba
Stal nierdzewna OH17	$V_c=240 \text{ obr/min}$	$V_c=240 \text{ obr/min}$
	$f=0,105 \text{ mm/obr}$	$f=0,211 \text{ mm/obr}$
	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$
	$r_\epsilon=0,8$	$r_\epsilon=0,8$
Stal nierdzewna OH17	III próba	IV próba
	$V_c=240 \text{ obr/min}$	$V_c=240 \text{ obr/min}$
	$f=0,105 \text{ mm/obr}$	$f=0,211 \text{ mm/obr}$
	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$
	$r_\epsilon=0,4$	$r_\epsilon=0,4$
Materiał obrabiany	V próba	VI próba
Tytan WT3	$V_c=70 \text{ obr/min}$	$V_c=70 \text{ obr/min}$
	$f=0,105 \text{ mm/obr}$	$f=0,105 \text{ mm/obr}$
	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$	$a_p=0-0,5 \text{ mm}$
	$r_\epsilon=0,4$	$r_\epsilon=0,8$

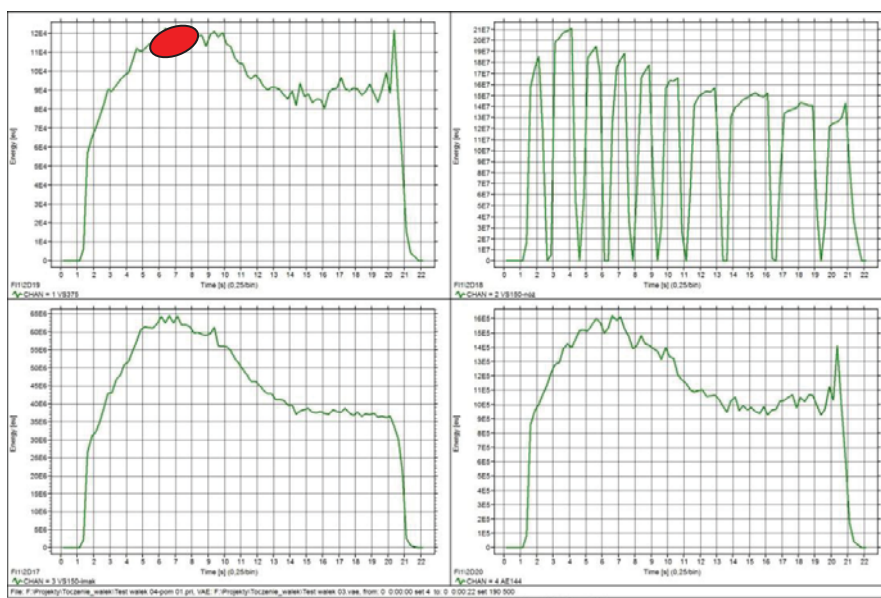
W celu rejestracji sygnału AE zamontowane zostały czujniki AE firmy Vallen. Wszystkie czujniki zamocowane były w okolicach strefy skrawania: na górnej powierzchni imaka; na tylnej ścianie imaka; na powierzchni bocznej imaka oraz na powierzchni bocznej narzędzia skrawającego. Zostały zastosowane czujniki AE typu: AE144A; VS150M oraz VS375 o zakresie temperatury od -50°C do 100°C . Wykorzystano czujniki rezonansowe z wbudowanym przedwzmacniaczem o wzmocnieniu (gain) równym 34dB. Przykłady otrzymanych sygnałów AE oraz moc sygnału AE zostały przedstawione na Rys.5.



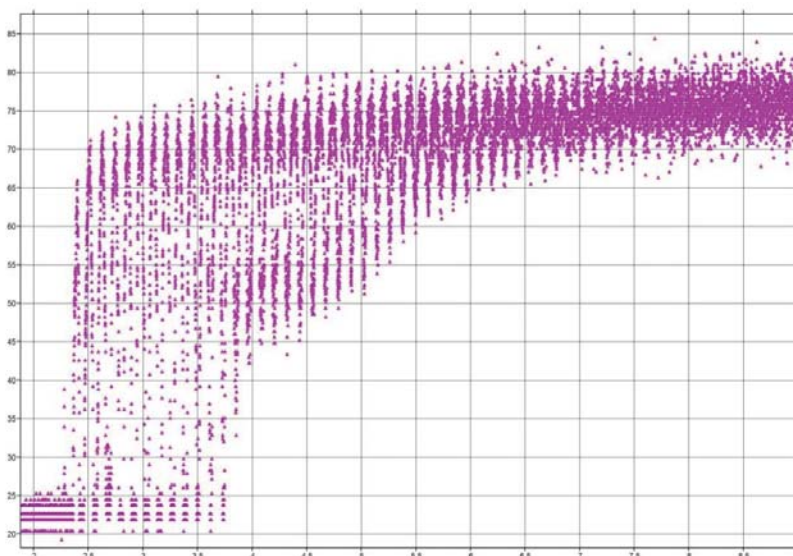
Rys. 5. Zarejestrowany surowy sygnał AE: stal nierdzewna H17 posuw = $0,1 \text{ mm/obr}$, promień zaokrąglenia = $0,8 \text{ mm}$



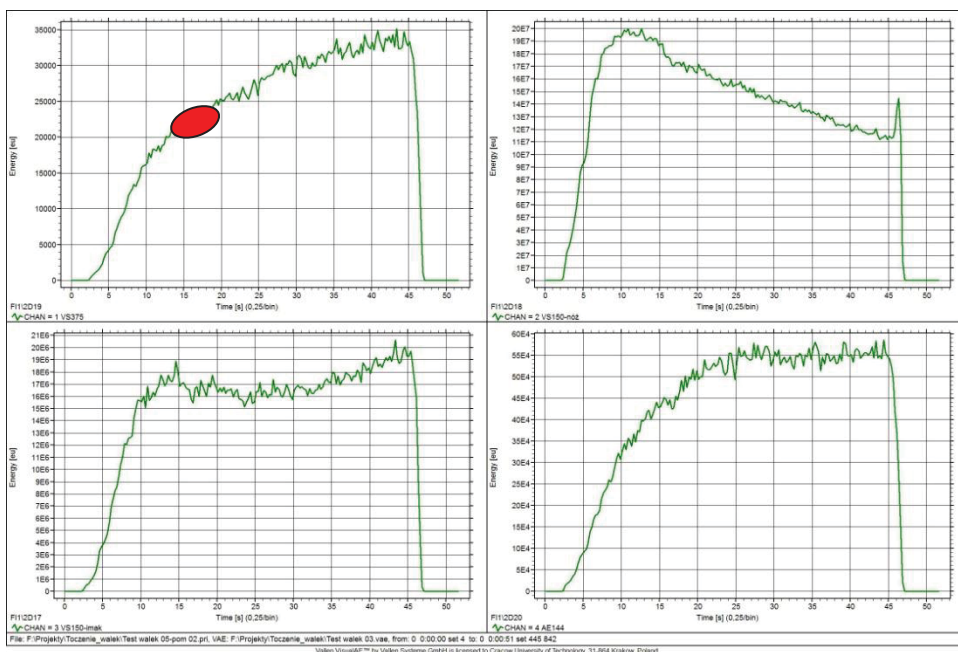
**Rys. 6. Moc sygnału AE zarejestrowana przez cztery czujniki: stal nierdzewna H17
posuw = 0,1mm/obr, promień zaokrąglenia = 0,8mm**



**Rys. 7. Moc sygnału AE zarejestrowana przez cztery czujniki: stal nierdzewna H17
posuw = 0,1mm/obr, promień zaokrąglenia = 0,4mm**



Rys. 8. Zarejestrowany surowy sygnał AE: tytan – WT3, posuw = 0,105mm/obr, promień zaokrąglenia = 0,8mm



Rys. 9. Moc sygnału AE zarejestrowana przez cztery czujnik tytan – WT3, posuw = 0,105mm/obr, promień zaokrąglenia = 0,8mm

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość wykorzystania czujników AE do wyznaczenia początku procesu dekohezji, a zatem i minimalnej wartości grubości warstwy skrawanej. Konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań w celu uściślenia metodyki wykorzystującej emisję akustyczną. Istotne są aspekty dotyczące lokalizacji czujników AE oraz ich liczby. Z przeprowadzonych wstępnych badań można stwierdzić, iż sygnał AE może służyć do identyfikacji wybranych wskaźników stanu strefy obróbki w procesie skrawania.

LITERATURA

- [1] BARTOSZUK M.: *Modelowanie przepływu ciepła i rozkładu temperatury w strefie skrawania dla ostrzy węglkowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2013.
- [2] DUNN P.F.: *Measurement and data analysis for engineering and science*. CRC Press, USA, 2010.
- [3] LIUBYMOV V.: *Rozważania nad fenomenem skrawania*. Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2012.
- [4] PRZYBYLSKI L.: *Strategia doboru warunków skrawania współczesnymi narzędziami*. Politechnika Krakowska; Kraków 1999.
- [5] ZAWORA J.: *Podstawy technologii maszyn*. WSIP, Warszawa 2001
- [6] KRAJEWSKA J.: *Wybrane problemy diagnostyki procesu obróbki materiałów trudno-skrawalnych*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014.
- [7] *The Acoustic Emission Company, Acoustic Emission Sensors, Specification*, Vallen System, 12-2012.
- [8] WIERZBANOWSKI K.: *Dyfrakcyjne wyznaczanie naprężeń wewnętrznych*.
- [9] STORCH B.: *Zjawiska przykrawędziowe i monitorowanie chropowatości powierzchni po obróbce jednostrzowej*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2006.
- [10] GRZESIK W.: *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
- [11] OLSZAK W.: *Obróbka skrawaniem*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.

THE USE OF ACOUSTIC EMISSION FOR CUTTING ZONE MONITORING DURING MACHINING PROOCCESS

Abstract

Machining process is carried out under different load and under variable cutting parameters, which cause microstructure changes in the workpiece. As a result of changes in the subsurface layer a physical phenomenon of residual stresses occurs. The residual stresses can be divided into three groups: macro-residual stresses, sub-residual stresses and micro-residual stresses. The article focuses on the use of the acoustic emission method for decohesion process identification which is defined as a minimal thickness of the cutting layer.

Keywords: acoustic emission, residual stresses, cutting zone

WYKORZYSTANIE EMISJI AKUSTYCZNEJ DO MONITOROWANIA STREFY SKRAWANIA

Streszczenie

Podczas procesu skrawania, pod wpływem obciążeń oraz zmiennych parametrów skrawania, w obrabianym materiale dochodzi do zmian mikrostruktury. W wyniku zjawisk zachodzących w procesie dekohezji w WW mogą powstawać makro-naprężenia, sub-naprężenia oraz mikro-naprężenia. Artykuł skupia się na przybliżeniu metody emisji akustycznej, wykorzystanej do identyfikacji zaistnienia procesu dekohezji, a więc minimalnej grubości warstwy, po której przekroczeniu występuje proces skrawania.

Słowa kluczowe: emisja akustyczna, naprężenia, strefa skrawania

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH POLIMERÓW DO REDUKCJI HAŁASU EMITOWANEGO PODCZAS OBRÓBKİ MECHANICZNEJ

1. WSTĘP

Szeroki asortyment materiałów stosowanych do ochrony przed hałasem środowiska pracy nie zawsze znajduje zastosowanie przemysłowe. Kluczowym elementem staje się właściwy dobór materiału, który spełni wymagania zależne od profilu technologicznego przedsiębiorstwa (np. zapylenie, wysoka temperatura) oraz właściwości samego materiału, np. mechanicznych, palnych czy też związanych z jego utylizacją.

Pracodawcy zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi zostali zobowiązani do ograniczania negatywnego oddziaływania na człowieka czynników materialnego środowiska pracy. Jednym z wielu czynników, który tworzy materialne warunki pracy jest hałas. Ustawodawca w przepisach prawnych wskazuje na obowiązek eliminacji lub ograniczania zagrożeń, wykorzystując przy tym rozwiązania techniczne jak i organizacyjne – właściwie dobrane na podstawie szczegółowej analizy warunków akustycznych.

Grupą materiałów, które mogą znajdować zastosowanie do ograniczania hałasu na stanowiskach pracy są poliuretany spienione. Należą one do grupy materiałów o porowatej strukturze, dzięki której możliwa jest realizacja zjawisk fizycznych związanych z interferencją oraz dyfrakcją fali dźwiękowej. W artykule przedstawiono właściwości akustyczne wybranych poliuretanów spienionych pierwotnie i wtórnie, które mogą znaleźć zastosowanie do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych w przedsiębiorstwach przemysłowych.

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Politechnika Śląska, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, tel. 32 603 43 41, e-mail: tomasz.malysa@polsl.pl

² Katedra Inżynierii Produkcji, Politechnika Śląska, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, tel. 32 603 43 41, e-mail: krzysztof.nowacki@polsl.pl

2. HAŁAS I JEGO WPŁYWA NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

W literaturze zagadnienia [1–11] poprzez pojęcie hałasu rozumie się dźwięki o dowolnym charakterze akustycznym, które są nieprzyjemne, niepożądane w danych warunkach i dla danej osoby. Fale dźwiękowe nie tylko oddziałują na narząd słuchu, ale również na inne zmysły oraz elementy organizmu człowieka (droga przewodnictwa kostnego lub jako efekt drgań rezonansowych gałek ocznych, nerek, wątroby, serca i innych organów wewnętrznych wzbudzanych energią fali akustycznej). W zależności od częstotliwości drgań fal akustycznych, hałas dzieli się na [1–11]:

- infradźwiękowy, którego widmo zawarte jest w paśmie częstotliwości od 1 Hz do 20 Hz;
- słyszalny, którego częstotliwość drgań fal akustycznych zawiera się w przedziale od 20 Hz do 20 kHz;
- ultradźwiękowy, którego widmo zawarte jest w paśmie częstotliwości od 20 kHz do 10^9 Hz.

Ludzie narażeni są na działanie hałasu w różnym stopniu – w miejscu zamieszkania, pracy, wypoczynku, dlatego też problem wpływu hałasu na organizm człowieka jest złożony. Szkodliwość, uciążliwość hałasu zależy od jego cech fizycznych oraz czynników charakteryzujących te zmiany w czasie, tj. charakterystyka widmowa, częstotliwość występowania, wartość poziomu hałasu, długość interwałów czasowych oddziaływania oraz charakter tego działania – ciągły, przerywany, impulsowy. Szkodliwe działanie czynnika fizycznego, jakim jest hałas powoduje nie tylko skutki zdrowotne, ale i funkcjonalne. Nadmierna jego wartość wpływa negatywnie nie tylko na narząd słuchu, ale także na ogólny stan zdrowia, psychiki, emocjonalny jak i somatyczny – powodując tym samym brak poczucia bezpieczeństwa, niezależności, możliwości porozumiewania się [2, 5].

Analizując wpływ negatywnego oddziaływania hałasu na pracownika należy uwzględnić zarówno oddziaływanie na narząd słuchu, ale również pozasłuchowe skutki jego oddziaływania. Długotrwałe oddziaływanie hałasu na narząd słuchu przyczynia się do powstawania zmian patologicznych i fizjologicznych. Zmiany patologiczne dotyczą procesu odbioru fal dźwiękowych w narządach słuchu i powodują nieodwracalne ubytki słuchu, natomiast zmiany fizjologiczne polegają na tym, że z kilku tonów o różnych częstotliwościach słyszany jest ton silniejszy, gdyż słabszy ton ulega zagłuszeniu. Pozasłuchowe skutki oddziaływania hałasu są wynikiem powiązań drogi słuchowej z innymi układami centralnymi i wegetatywnymi. Bodźce słuchowe mogą wpływać na wszelkie funkcje organizmu, nawet wtedy, gdy nie dochodzi do powstania wrażeń słuchowych oraz w stanach ograniczonej świadomości [1, 2, 5].

3. METODY OGRANICZANIA HAŁASU W ŚRODOWISKU PRACY

Ograniczanie hałasu w środowisku pracy jest związane z kształtowaniem odpowiedniego klimatu akustycznego. Przez pojęcie klimatu akustycznego rozumie się zespół zjawisk akustycznych, zachodzących w danym środowisku, wywołanych źródłami dźwięków znajdującymi się wewnątrz (maszyny, urządzenia) lub na zewnątrz danego środowiska [2, 5].

Istnieją różne metody, sposoby ograniczania hałasu środowiskowego. Najskuteczniejsze jego ograniczenie uzyskuje się na etapie projektowania hal przemysłowych, maszyn, urządzeń. Metody i sposoby ograniczania hałasu dzieli się na dwie grupy [2,5]:

- administracyjno – prawne, które obejmują ustawy sejmowe, uchwały Rady Ministrów, zarządzenia i rozporządzenia właściwego ministra;
- techniczne – obejmują zagadnienia związane z ograniczaniem lub minimalizacją emisji hałasu przez źródła, ograniczanie emisji na określone obszary środowiska oraz na człowieka poprzez stosowanie rozwiązań technicznych, czynną redukcję hałasu.

Ograniczanie transmisji energii akustycznej polega na wprowadzaniu ograniczeń na drogach jej propagacji pomiędzy źródłem a odbiorcą. Ograniczenia fali dźwiękowej stosować można zarówno na drodze powietrznej – bezpośrednio, jak i na drodze materiałowej. Metody ograniczania transmisji energii wibroakustycznej nazywane są metodami biernymi. Polegają one na stosowaniu rozwiązań konstrukcyjnych, czy też budowlanych. Zastosowanie właściwych rozwiązań konstrukcyjnych hal, przestrzenne izolowanie źródeł dźwięku, stosowanie materiałów na ściany o pożądanej izolacyjności, materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych pozwala na pochłanianie energii fali dźwiękowej padającej na powierzchnię materiału [2,5].

4. METODY OCENY WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNYCH MATERIAŁÓW

Pochłanianie dźwięku przez materiał charakteryzowane jest przez współczynnik pochłaniania dźwięku α , który zmienia się wraz z zmianą częstotliwości. Jego wartość zawiera się w przedziale od 0 do 1, to znaczy od 0% do 100% dźwiękochłonności. Współczynnik pochłaniania dźwięku definiowany jest jako iloraz energii akustycznej pochłoniętej przez badany materiał E_d do energii akustycznej fali padającej E_p , co przedstawia następująca zależność matematyczna [8, 12]:

$$\alpha = \frac{E_d}{E_p} \quad (1)$$

Współczynnik pochłaniania dźwięku umożliwia ocenę właściwości dźwiękochłonnych materiałów. Opisuje on straty mocy akustycznej, która rozproszona jest w badanym materiale. Do opisu właściwości akustycznych materiałów można posługiwać się dwoma rodzajami współczynnika pochłaniania dźwięku: fizycznym i pogłosowym. Jeżeli współczynnik ten określony zostanie zgodnie z zależnością matematyczną (1) mowa jest o pomiarze metodą fali stojącej, której metodykę określono w normie [14]. W przypadku, gdy jego wartość zostanie obliczona na podstawie pomiaru metodą pogłosową, wówczas ma się do czynienia z pogłosowym współczynnikiem pochłaniania dźwięku. Wybór metody pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku uzależniony jest od wielkości próbek materiałowych. W przypadku próbek materiałowych o małych średnicach sprawdza się metoda fali stojącej, natomiast dla próbek o większych średnicach metoda pogłosowa [13].

W praktyce stosuje się wiele technik pomiarowych do wyznaczenia charakterystyk pochłaniania, np. [8,13,14]:

- badania w polu pogłosowym – w komorach pogłosowych działa się na badany materiał rozproszoną falą akustyczną;
- badania w polu swobodnym – fala źródłowa pada ukośnie na powierzchnię badanego materiału, stosując wymuszenie impulsowe;
- badania w rurach impedancyjnych, w rurach wytwarza się fale stojące lub technikę opartą na wyznaczeniu funkcji przejścia;
- metody natężeniowe.

5. BADANIA WŁASNE

5.1. ZASTOSOWANIE WYBRANYCH POLIMERÓW DO REDUKCJI HAŁASU

Pochłanianie dźwięku przez materiały poliuretanowe związane jest z ich porowatą strukturą. Substancje stałe w materiałach porowatych zajmują tylko część objętości, natomiast pozostała część komórki wypełniona jest powietrzem. Powietrze drga w porach i kanalikach, a ponieważ przekroje porów lub kanalików są bardzo małe, ruch powietrza jest hamowany, a drgania zanikają proporcjonalnie do oporów tarcia. Część energii fali dźwiękowej wnika do materiału porowatego przechodząc nieodwracalnie w energię cieplną, pozostała część ulega zjawiskom dyfrakcji, interferencji oraz przechodzi przez badany materiał [2, 5].

Materiały poliuretanowe zaliczane są do polimerów segmentowych, składających się z naprzemiennych segmentów sztywnych i elastycznych. Nie są one czystymi tworzywami sztucznymi, lecz polimerami o zróżnicowanym składzie chemicznym i strukturze [15]. Właściwości poliuretanu zależne są przede wszystkim od ich postaci i przeznaczenia. Wyróżnia się następujące formy użytkowe [16]:

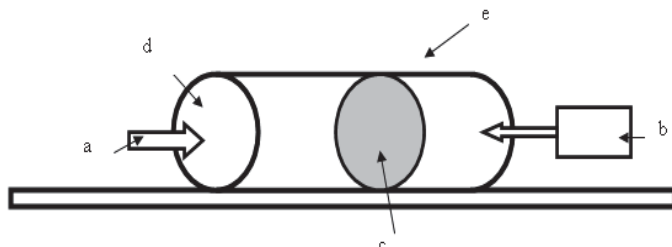
- pianki miękkie, które charakteryzują się otwartymi porami i pod naciskiem wykazują niewielki opór odkształceniowy;
- pianki twarde, które odznaczają się dużym oporem odkształceniowym pod naciskiem i charakteryzują się małym przewodnictwem cieplnym oraz łatwością ich łączenia z okładzinami;
- pianki integralne różniące się strukturą w zależności od przebiegu procesu przetwórczego;
- maszynowe tworzywa poliuretanowe wytwarzane w postaci kształtek, płyt, foli i grubych powłok.

5.2. OCENA WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNYCH WYBRANYCH POLIMERÓW

Szeroka grupa materiałów charakteryzujących się właściwościami akustycznymi nie zawsze znajduje zastosowanie do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych. Wynika to z właściwości i postaci materiałów (palność, porowatość, granulat), jak i profilu technologicznego przedsiębiorstwa. Z uwagi na profil technologiczny przedsiębiorstwa, w którym prowadzono badania, materiałami do ochrony pracowników przed hałasem są pianki poliuretanowe spienione pierwotnie oraz wtórnie.

Wstępnej analizie poddano piętnaście pianek poliuretanowych różniących się gęstością, z czego dwie pianki (oznaczone „T”) były spienione pierwotnie, a pozostałe (oznaczone „R”) pochodziły z recyklingu.

Badania właściwości akustycznych materiałów przeprowadzono na stanowisku pomiarowym składającym się z rury, metalowej czaszy, wzbudnika zasilanego energią elektryczną oraz miernika natężenie dźwięku. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 1.



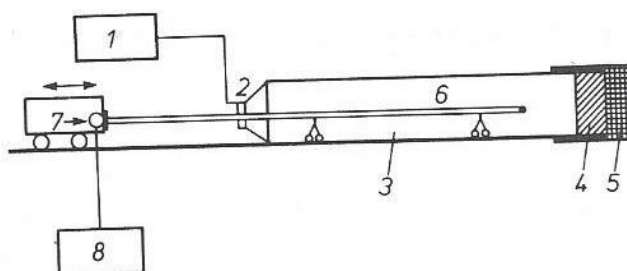
Rys. 1. Budowa stanowiska pomiarowego: a) wzbudnik zasilany energią elektryczną; b) miernik cyfrowy; c) próbka poliuretanowa; d) metalowa czasza; e) rura PCV.

Metodyka pomiarów polegała na określeniu tła pomiarowego przed każdym umieszczeniem materiału badawczego w rurze pomiarowej. Próbkę o stałej grubości 40 mm umieszczane były w stałej odległości względem wzbudnika jak i miernika cyfrowego. Każdy z pięciu pomiarów prowadzono przez 15 sekund. Przeprowadzone badania miały na celu określenie, w jakim stopniu badany materiał będzie stanowił barierę dla fali dźwiękowej. Wyniki pomiarowe równoważnego poziomu dźwięku A dla badanych próbek materiałowych zestawiono w tablicy 1. Na podstawie analizy uzyskanych wyników dla materiałów spienionych pierwotnie „T” i spienionych wtórnie „R” stwierdzono, że wraz ze wzrostem gęstości materiał w większym stopniu ogranicza przejście fali dźwiękowej przez badaną próbkę. W materiałach spienionych pierwotnie fala dźwiękowa została ograniczona średnio o 4 dB natomiast w przypadku materiałów spienionych wtórnie najlepsze właściwości akustyczne uzyskano dla pianki R-240, gdzie średnia wartość równoważnego poziomu dźwięku wyniosła 89,6 dB, czyli względem źródła hałas ograniczono o 14,7 dB. Badane materiały charakteryzowały się także wzrostem właściwości akustycznych wraz zmianą (wzrostem) gęstości.

Tab. 1. Wyniki pomiarów równoważnego poziomu dźwięku A

Lp.	Oznaczenie materiału	L _{Aeq} [dB]					L _{Aeq} śr. [dB]	σ
		1	2	3	4	5		
1	Tło	104,6	104,0	103,6	104,9	104,3	104,3	0,51
2	T-22	101,2	100,9	100,9	101,2	101,2	100,7	0,16
3	T-25	100,9	100,7	100,3	100,5	101,0	101,1	0,28
4	R-40	100,3	100,7	100,2	100,6	100,4	100,4	0,20
5	R-50	99,9	99,8	100,1	99,9	100,0	99,9	0,11
6	R-60	99,5	99,3	99,6	99,4	99,6	99,5	0,13
7	R-70	99,1	98,9	99,3	98,7	99,8	99,2	0,42
8	R-90	98,2	98,4	98,6	98,4	98,2	98,4	0,17
9	R-110	95,3	95,5	95,6	95,4	95,4	95,4	0,12
10	R-140	92,9	92,8	92,7	92,5	92,9	92,8	0,17
11	R-160	91,9	91,7	91,9	91,9	91,7	91,8	0,11
12	R-180	91,8	91,7	91,4	91,7	91,6	91,6	0,15
13	R-200	91,5	91,9	92,1	92,1	91,9	91,9	0,24
14	R-220	90,9	91,3	91,2	91,3	90,2	91,0	0,47
15	R-240	89,9	89,7	89,9	88,9	89,7	89,6	0,41

Na podstawie uzyskanych wstępnych wyników pomiarów stwierdzono, że wzrost gęstości wpływa na zmianę właściwości akustycznych badanych pianek poliuretanowych. Materiały spienione pierwotnie i wtórnie, które najlepiej ograniczyły hałas względem źródła poddano dalszym badaniom. Badania miały na celu określenie właściwości dźwiękochłonnych – metoda fal stojących. Badania przeprowadzono w impedancyjnej rurze Kundta. Stanowisko pomiarowe składa się z impedancyjnej rury z przymocowanym na jednym końcu głośnikiem i umieszczonym na drugim końcu badanym materiałem. Wewnątrz rury znajduje się cienka, przesuwana rurka połączona z mikrofonem. Układ ten stanowi sondę umożliwiającą wyznaczenie ciśnień akustycznych w węzłach i strzałkach fali stojącej. Schemat pomiarowy przedstawiono na rys. 2.

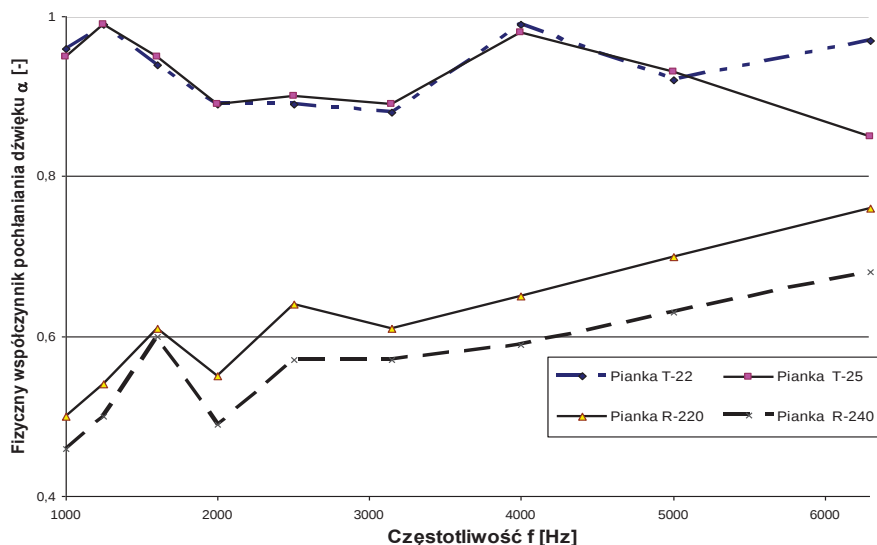


Rys. 2. Schemat blokowy stanowiska do pomiaru fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku: 1 – generator akustyczny, 2 – głośnik, 3 – rura Kundta, 4 – badany materiał, 5 – krążek uszczelniający, 6 – sonda, 7 – mikrofon wraz ze wzmacniaczem, 8 – układ filtrów [2].

Tab. 2. Wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku

Oznaczenie próbki			T-22	T-25	R-220	R-240
Gęstość [kg/m³]			22	25	220	240
Grubość [mm]			40	40	40	40
Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_f	Częstotliwość [Hz]	1000	0,96	0,95	0,50	0,46
		1250	0,99	0,99	0,54	0,50
		1600	0,94	0,95	0,61	0,60
		2000	0,89	0,89	0,55	0,49
		2500	0,89	0,90	0,64	0,57
		3150	0,88	0,89	0,61	0,57
		4000	0,99	0,98	0,65	0,59
		5000	0,92	0,93	0,70	0,63
		6300	0,97	0,85	0,76	0,68
Średnia wartość fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku – $\alpha_{f\bar{r}}$			0,94	0,93	0,62	0,57
Odchylenie standardowe – σ			0,044	0,046	0,082	0,071

Badania fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku umożliwiają określenie bezwzględnej dźwiękochłonności danego materiału. Uzyskane podczas pomiarów wartości pozwalają na porównanie dźwiękochłonności różnych materiałów pomiędzy sobą, co ma znaczenie w przypadku oceny przydatności ich zastosowania do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych [2, 17]. W tablicy 2 zestawiono wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku w zakresie częstotliwości od 1000 – 6300 Hz. Wybrany zakres częstotliwościowy uzależniony był od widma hałasu charakterystycznego dla badanego przedsiębiorstwa, w którym to widmie hałasu dominują częstotliwości powyżej 1 kHz.



Rys. 3. Wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku w funkcji częstotliwości wybranych pasm 1/3 oktaowych

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarowych stwierdzono, że najlepszymi właściwościami dźwiękochłonnymi charakteryzują się pianki poliuretanowe spienione pierwotnie, dla których wartość średnia fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku $\alpha_{f.sr.}$ jest większa od 0,9, co świadczy o bardzo dobrej dźwiękochłonności materiału. Pianki poliuretanowe spienione wtórnie także charakteryzują się dobrymi właściwościami dźwiękochłonnymi pomimo niższego $\alpha_{f.sr.}$ (0,57–0,62). Różnica w wartościach fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku wynika ze struktury badanego materiału. Pianki spienione pierwotnie charakteryzują się jednorodną strukturą, natomiast spienione wtórnie składają się z różnych komponentów tworzących badany materiał. Badane materiały z uwagi na pożądane właściwości dźwiękochłonne mogą znaleźć zastosowanie do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych. Graficzną interpretację uzyskanych wyników przedstawiono na rys. 3.

5.3. ZASTOSOWANIE WYBRANYCH POLIMERÓW DO REDUKCJI HAŁASU

Podstawowym problemem przy doborze materiałów poliuretanowych do ograniczania hałasu podczas obróbki mechanicznej staje się specyfika realizowanego procesu technologicznego oraz fizyczne zastosowanie rozwiązania konstrukcyjnego do ochrony przed hałasem. Rozwiązanie konstrukcyjne powinno spełniać następujące wymagania:

- być wykonane z materiałów o pożądanej dźwiękochłonności;
- stanowić rozłączne przytwierdzenie do konstrukcji stalowej;
- być wytrzymałe na właściwości mechaniczne (montaż i demontaż);
- być wykonane z dostępnych na rynku materiałów;
- charakteryzować się funkcjonalnością;
- charakteryzować się łatwością odtworzenia;
- charakteryzować się trwałością.

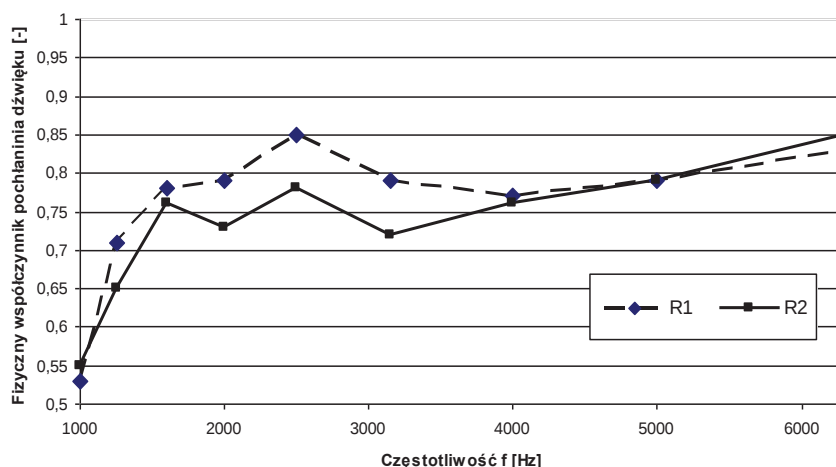
Przedstawione wymagania spełniają pianki poliuretanowe spienione wtórnie. Pianki poliuretanowe spienione pierwotnie nie będą mogły znaleźć zastosowania do budowy rozwiązania konstrukcyjnego z uwagi na właściwości mechaniczne. Pianka poliuretanowa spieniona pierwotnie charakteryzuje się niewystarczającą wytrzymałością i podczas montażu, demontażu może ulegać uszkodzeniu. Pianki poliuretanowe spienione wtórnie spełniają wymagania stawiane rozwiązaniu konstrukcyjnemu, dlatego też poddane zostały dalszej analizie.

Wzrost gęstości materiału wpływa na masę, a także na właściwości wytrzymałościowe, dlatego też dalszej analizie poddano układy warstwowe. Układ warstwowy tworzą pianki poliuretanowe różniące się gęstością. Następnie układ warstwowy poddano analizie w impedancyjnej rurze Kundta, gdzie fala dźwiękowa padała na powierzchnię układu warstwowego „R1” – (R-220/warstwa kleju/R-240) oraz układu „R2” – (R-240/warstwa kleju/R-220). Wyniki pomiarów wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku zestawiono w tablicy 3.

Na podstawie analizy wyników wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku stwierdza się, że układ warstwowy „R1” charakteryzuje się lepszymi właściwościami dźwiękochłonnymi niż układ „R2”. Graficzną interpretację uzyskanych wyników dla układów warstwowych przedstawiono na rys.4. Wzrost właściwości dźwiękochłonnych związany jest z wprowadzeniem dodatkowej warstwy – kleju poliuretanowego pomiędzy warstwy pianek poliuretanowych spienionych wtórnie. Warstwa kleju stanowi fizyczną barierę dla fali dźwiękowej, która ulegnie zjawiskom fizycznym – dyfrakcji i interferencji.

Tab. 3. Wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku

Rodzaj materiału			R1	R2
Grubość [mm]			40	40
Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_f	Częstotliwość [Hz]	1000	0,53	0,55
		1250	0,71	0,65
		1600	0,78	0,76
		2000	0,79	0,73
		2500	0,85	0,78
		3150	0,79	0,72
		4000	0,77	0,76
		5000	0,79	0,79
		6300	0,83	0,85
Średnia wartość fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku – $\alpha_{f\bar{s}r.}$			0,76	0,73
Odchylenie standardowe – σ			0,095	0,087



Rys. 3. Wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku układu warstwowego w funkcji częstotliwości wybranych pasm 1/3 oktawowych

Rozwiązaniem konstrukcyjnym stosowanym do zabezpieczenia przed hałasem podczas obróbki mechanicznej konstrukcji stalowej jest analizowany układ warstwowy. Warstwą przytwierdzaną do konstrukcji, charakteryzującą się lepszymi właściwościami akustycznymi jest 0,5R-220, natomiast warstwą zewnętrzną jest materiał 0,5R-240 (z uwagi na lepsze właściwości wytrzymałościowe). Materiał R-240 charakteryzuje się zwartą trwałą konstrukcją natomiast R-220 jest bardziej elastyczny, a stworzone rozwiązanie musi charakteryzować się także sztywnością.

6. PODSUMOWANIE

Dobierając materiały do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych należy uwzględnić specyfikę profilu technologicznego przedsiębiorstwa, uwzględniając także rodzaj i właściwości materiału. Podstawowym kryterium jest spełnienie wymagań stawianych projektowanemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu.

W artykule analizie poddano materiały poliuretanowe spienione pierwotnie i wtórnie, które z uwagi na pożądane właściwości dźwiękochłonne mogą znajdować zastosowanie do budowy zabezpieczeń przeciwhałasowych. Z uwagi na niewystarczającą wytrzymałość, łatwość rozerwania pianki spienione pierwotnie nie mogą być wykorzystywane jako rozwiązanie konstrukcyjne stanowiące rozłączne przytwierdzenie do konstrukcji stalowej.

Powstały w wyniku połączenia materiałów o różnej gęstości układ warstwowy charakteryzuje się lepszymi właściwościami dźwiękochłonnymi niż pojedynczy materiał poliuretanowy. Wynika to z wprowadzenia dodatkowej warstwy kleju stanowiącej barierę dla fali akustycznej.

LITERATURA

- [1] KORADECKA D. (red.): *Bezpieczeństwo i higiena pracy*, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2008.
- [2] ENGEL Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [3] GÓRSKA E., LEWANDOWSKI J.: *Zarządzanie i organizacja środowiska pracy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [4] ŚLĄZAK J., ŚLĄZAK N.: *Bezpieczeństwo i higiena pracy*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2012.
- [5] ENGEL Z., ZAWIESKA W. Z.: *Hałas i drgania w procesach pracy*, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2010.
- [6] KACZMARSKA A., AUGUSTYŃSKA D., ENGEL Z., GÓRSKI P.: *Przemysłowe zabezpieczenia przed hałasem infradźwiękowym i niskoczęstotliwościowym. Wybrane elementy i modele*, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2001.
- [7] KASPRZYK H.: *Metodyka wyznaczania poziomu hałasu na stanowisku pracy w przykładach*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
- [8] WEYNA S.: *Rozpływ energii akustycznych źródeł rzeczywistych*, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 2005.
- [9] LIS T., NOWACKI K.: *Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy w zakładzie przemysłowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [10] UZARCZYK A.: *Czynniki szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy*, Wydawnictwo ODDK, Gdańsk 2006.
- [11] RĄCZKOWSKI B.: *BHP w praktyce*, Wydawnictwo ODDK, Gdańsk 2014.
- [12] TURKIEWICZ J., SIKORA J.: *Badanie współczynnika pochłaniania materiałów kompozytowych*, *Mechanika – Czasopismo Techniczne*, 5-M/2011, s. 113-122.
- [13] PN-EN ISO 10534-1 – *Akustyka. Określanie współczynnika pochłaniania dźwięku i impedancji akustycznej w rurach impedancyjnych. Część 1: Metoda wykorzystująca współczynnik fal stojących*.

- [14] PN-EN ISO 10534-1 – *Akustyka. Określanie współczynnika pochłaniania dźwięku i impedancji akustycznej w rurach impedancyjnych. Część 2: Metoda funkcji przejścia.*
- [15] WIRPSZA Z.: *Poliuretany. Chemia, technologia, zastosowanie*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2001.
- [16] *Tworzywa sztuczne – poradnik*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2000. s. 497–506.
- [17] SIKORA J.: *Katalog nowych materiałów dźwiękochłonnych przydatnych w projektowaniu zabezpieczeń wibroakustycznych*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2013.

APPLICATION OF THE SELECTED POLYMERS TO THE REDUCTION OF EMISSION NOISE DURING THE MECHANICAL PROCESSING

Abstract

The article presents the application of selected polymers to reduce a noise during a mechanical treatment. Polyurethane materials have been investigated. The aim of the preliminary investigation was selection of materials in terms of acoustic and useful properties. In the second part of the investigation was determined the sound absorption coefficients of selected materials. Appropriate acoustic and useful properties to the design structural solution are application of different density obtained materials.

Keywords: noise, sound absorption coefficient, selected polymers materials.

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH POLIMERÓW DO REDUKCJI HAŁASU EMITOWANEGO PODCZAS OBRÓBKI MECHANICZNEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono zastosowanie wybranych polimerów do ograniczania hałasu podczas obróbki mechanicznej. Badaniom poddano materiały poliuretanowe. Celem badań była wstępna selekcja materiałów pod względem właściwości akustycznym i użytkowych. Badania właściwe polegały na określeniu wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dźwięku wyselekcjonowanych materiałów. Pożądane właściwości akustyczne i użytkowe dla rozwiązania konstrukcyjnego przeznaczonego do ochrony przed hałasem podczas obróbki mechanicznej uzyskuje się przy zastosowaniu różnych gęstości materiałów.

Słowa kluczowe: hałas, fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku, wybrane materiały polimerowe.

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA SKOMPLIKOWANYCH WIELKOGABARYTOWYCH ODLEWÓW MONOLITYCZNYCH DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO

1. WSTĘP

Ciągły rozwój przemysłu energetycznego zmusza producentów elementów układów elektroenergetycznych do spełniania coraz wyższych wymagań nie tylko konstrukcyjnych, ale również ekonomicznych [1]. Jeden z przykładów wielkogabarytowych skomplikowanych odlewów monolitycznych stanowią wewnętrzne rozdzielnie wysokiego napięcia. Podstawową konstrukcji tego typu rozdzielni są korpusy odlewane ze stopów aluminium, których głównym zadaniem jest zapewnienie wymaganej szczelności komór. Korpusy te jednocześnie stanowią nośny element konstrukcyjny, do którego montowane są kolejne elementy całego układu [2].

Ze względu na duże gabaryty oraz skomplikowany kształt, obudowy odlewane są grawitacyjnie do form piaskowych. Surowiec do produkcji tego typu odlewów stanowią podeutektyczne stopy aluminium z krzemem. Ze względu na swoje właściwości fizyczne i techniczne podeutektyczne stopy Al-Si znajdują szerokie zastosowanie nie tylko w przemyśle energetycznym, ale także w przemyśle motoryzacyjnym, medyczno-optycznym oraz przy produkcji sprzętów gospodarstwa domowego. Stopy te charakteryzują się małą gęstością,

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska, e-mail: lukasz.poloczek@polsl.pl

² Instytut Nauki o Materiałach, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40–019 Katowice

³ Zakład Metalurgiczny „WSK Rzeszów”, ul. Hetmańska 120, 35–078 Rzeszów

⁴ Instytut Nauki o Materiałach, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40–019 Katowice

stosunkowo niską temperaturą topnienia, dobrym przewodnictwem cieplnym i elektrycznym oraz dobrymi właściwościami mechanicznymi. Ponadto stopy Al-Si cechują się dobrymi właściwościami odlewniczymi (dobra lejność, mały skurcz), dobrą obrabialnością oraz odpornością korozyjną [3÷6]. Prace prowadzone nad wykonaniem wielkogabarytowego monolitycznego odlewu o podwyższonych parametrach eksploatacji stosowanych w rozdzielniach wysokiego napięcia bezpośrednio ukierunkowane są na ich zastosowanie w praktyce. Opracowana technologia zostanie wdrożona w Zakładzie Metalurgicznym „WSK Rzeszów”, przyczyniając się tym samym do poprawy jego innowacyjności i konkurencyjności nie tylko na rynku europejskim ale również na rynku światowym.

2. INNOWACYJNA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA ZŁOŻONYCH ODLEWÓW MONOLITYCZNYCH

Bezustannie rosnące wymagania klientów wymuszają na odlewni zmianę klasycznej technologii wytwarzania wielkogabarytowych odlewów monolitycznych o skomplikowanych kształtach charakteryzujących się podwyższonymi parametrami eksploatacji. Stąd konieczność opracowania nowej technologii wytwarzania takich odlewów. Aby tego dokonać konieczne jest opracowanie innowacyjnej technologii odlewania z wykorzystaniem programu Magma Cast oraz nowatorskiego w skali kraju modułu do symulacji komputerowej „Non Ferrous”.

Proces technologiczny wykonania skomplikowanych wielkogabarytowych odlewów monolitycznych dla przemysłu energetycznego, jest procesem bardzo złożonym, składającym się wiele etapów, w wyniku których otrzymuje się w pełni wartościowy produkt w postaci gotowego odlewu o żądanych parametrach z zapewnieniem ciągłej powtarzalności wykonania odlewu. Podczas uruchamiania nowego przedsięwzięcia dotyczącego uruchomienia procesu technologicznego, którego efektem jest uzyskanie odlewu o wymaganych właściwościach użytkowych i jakościowych, przeprowadzana jest analiza, a następnie weryfikacja optymalnych parametrów założeń technologicznych. Warunki technologiczne są ściśle powiązane z wymaganiami technicznymi, które przedstawione są we wszelkich dokumentach przesłanych przez klienta, a ich analiza opiera się przede wszystkim na aspektach związanych z:

- dopuszczalnymi tolerancjami kształtu i wymiarów;
- jakością struktury wewnętrznej i powierzchni surowych odlewów;
- wymagań właściwości mechanicznych odlewów;
- wymagań właściwości użytkowych odlewów.

Wymienione wymagania muszą uwzględniać wszystkie etapy procesu produkcji odlewów począwszy od strony metalurgicznej poprzez technologię formy, obróbkę poodlewniczą, system kontroli, aż po gotowy półwyrob.

2.1. ZAPEWNIENIE JAKOŚCI GOTOWYM ODLEWOM

Do głównych etapów wpływających na jakość odlewów podczas procesu produkcji zalicza się:

- dobór składu chemicznego;
- przygotowanie, topienie i uszlachetnianie ciekłego stopu (modyfikatory);
- właściwy dobór technologii formy i rdzenia;
- przeprowadzenie obróbki poodlewniczej;
- kontrola jakości gotowego produktu.

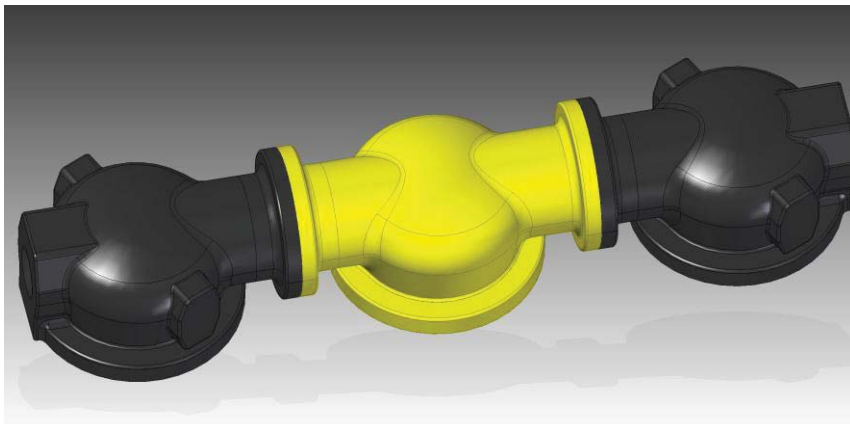
Największy wpływ na jakość wykonywanych odlewów w zakresie mikrostruktury ma technologia odlewania. Projektując założenia technologiczne dla nowego odlewu, zasadniczymi elementami wpływającymi na konkretne rozwiązania jest: gatunek stopu odlewniczego, gabaryty i masa odlewu, średnia grubość ścianek oraz węzły cieplne odlewu. Informacje te umożliwiają wstępne usytuowanie odlewu w formie odlewniczej, dzięki czemu możliwe jest poprawne wypełnianie wnęki formy oraz zasilania ciekłym stopem w celu spełnienia wymagań jakościowych.

3. KLASYCZNA TECHNOLOGIA ODLEWANIA A ZŁOŻONE ODLEWY MONOLITYCZNE

Wymagania stawiane odlewom dla przemysłu energetycznego są nakierowane na wysoką zwartość struktury wewnętrznej (niedopuszczalne wady skurczowe i intensywna mikroporowatość), stabilność i powtarzalność wymiarową, dobre właściwości mechaniczne, szczelność.

3.1. OBECNIE WYTWARZANE ODLEWY

Obecnie konstrukcja obudowy zespołu energetycznego (Rys.1) składa się z kilku odlewów, połączonych ze sobą w całość podczas etapu montażu. Sytuacja ta znacznie komplikuje proces, ponieważ powoduje zwiększenie ilości operacji technologicznych koniecznych do wyprodukowania gotowego odlewu wielkogabarytowego, tym samym zwiększając koszt produkcji.



Rys. 1. Przykładowe odlewy wchodzące w skład zespołu energetycznego

Od korpusów nie wymaga się zachowania podwyższonej przewodności elektrycznej. Za zadanie to odpowiedzialne są odlewy łączników, montowane wewnątrz odlewów (Rys. 2).



Rys. 2. Łączniki montowane wewnątrz obudów

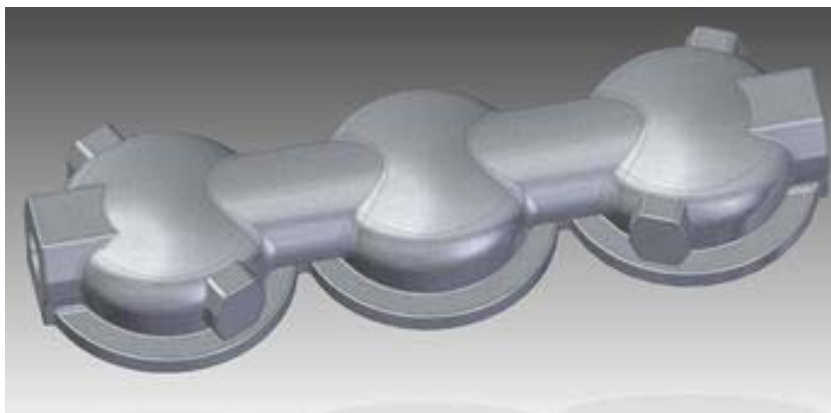
Takie rozwiązania konstrukcyjne wymuszają przeprowadzenie szeregu czynności dla każdego odlewu wchodzącego w skład całego zespołu:

- wykonanie osobnego oprzyrządowania odlewniczego;
- symulacja parametrów procesu odlewania w warunkach rzeczywistych;
- dwustopniowa obróbka cieplna;
- obróbka mechaniczna;
- zbadanie szczelności.

Po wytworzeniu pojedynczych odlewów konieczny jest montaż całego zespołu z użyciem połączeń śrubowych oraz z zastosowaniem specjalnych uszczelnień. Następnie przeprowadzana jest kolejna ocena szczelności całego zespołu. Ze względu na to, iż zespół obudowy charakteryzuje się dużymi gabarytami, powyższe czynniki wpływają na znaczne zużycie materiału, energii oraz wiążą się z dużą pracochłonnością wykonania.

3.2. MONOLITYCZNE ODLEWY OBUDÓW ZESPOŁU ENERGETYCZNEGO

W przypadku odlewów wielkogabarytowych o dużej masie własnej proces opracowania optymalnej technologii jest dość skomplikowany i pracochłonny. Odlewy te charakteryzują się rozwiniętymi powierzchniami i zmienną grubością ścianek odlewu w obszarach występowania węzłów cieplnych (kołnierze, żebra), które utrudniają lub całkowicie uniemożliwiają stworzenie warunków jednoczesnego krzepnięcia (objętościowego). W takich przypadkach głównym celem jest dążenie do kierunkowego krzepnięcia odlewów, polegającego na przebiegu frontu krystalizacji od ścian cienkich poprzez węzły cieplne odlewu do elementów zasilających (nadlewów). Przykład wielkogabarytowego odlewu o skomplikowanym kształcie przedstawiono na rysunku 3. W tym przypadku trzy komplety wcześniej wykonywanych osobno odlewów (przedstawionych na rysunku 1) zostały zespolone w jedną integralną konstrukcję, eliminując tym samym odlewy pierścieni stosowane do połączeń kołnierzowych.



Rys. 3. Przykładowy odlew monolityczny

W przypadku wytworzenia odlewów monolitycznych stosowanych na obudowy zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach eksploatacji, modyfikacja konstrukcji elementarnych odlewów w jedną całość i zastosowania w zespołach montażowych pozwoli na:

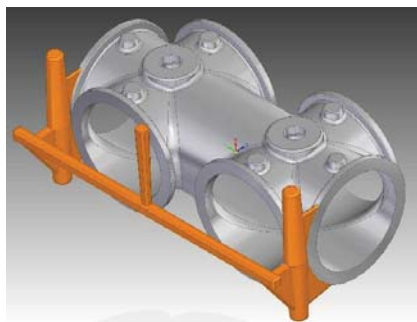
- zwiększenie gabarytów odlewu,
- zmniejszenie ilości odlewów stanowiących cały zespół,
- zwiększenie wymagań stawianych odlewom zespołu energetycznego.

Wdrożenie do produkcji seryjnej wielkogabarytowego odlewu monolitycznego pozwoli na:

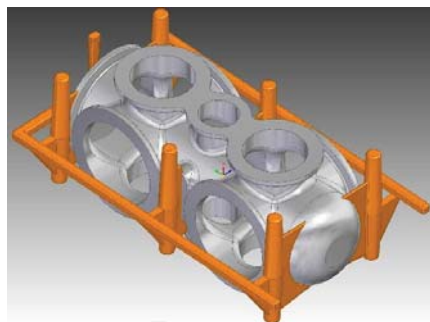
- redukcję kosztów tworzenia dokumentacji technologiczno-konstrukcyjnej złożonych projektów montażu zespołów,
- obniżenie pracochłonności związanej z montażem poszczególnych produktów w zespół,
- eliminację stosowania dodatkowych materiałów wynikających z konieczności łączenia elementów odlewanych,
- stworzenie rezerw produkcyjnych (osobowych i technicznych),
- ułatwienie planowania produkcji,
- skrócenie czasu kontroli jakości,
- zwolnienie przestrzeni magazynowej,
- skrócenie czasu realizacji zamówień,
- poprawę konkurencyjności przedsiębiorstwa.

3.2.1. Materiał stosowany na monolityczne odlewy wielkogabarytowe

Głównym materiałem odlewniczym stosowanym na wielkogabarytowe odlewy monolityczne jest stop AlSi7Mg0,3 . Silumin ten należy do podeutektycznych stopów z grupy Al-Si. Stopy aluminium-krzem charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami technologicznymi, dobrą odpornością korozyjną i dobrymi właściwościami trybologicznymi. Jednak największą ich wadą jest obecność dużych, kruchych, kryształów krzemu w strukturze stopu, które znacznie obniżają właściwości mechaniczne oraz plastyczne oraz skłonność do tworzenia porowatości gazowo-skurczowej (międzydendrytycznej), w przypadku nieodpowiednio zaprojektowanego procesu technologicznego. Dodatkowym utrudnieniem w technologii odlewania stopów Al-Si jest duże powinowactwo do tlenu oraz skłonność do tworzenia tlenków pochodzenia pierwotnego (proces metalurgiczny) i wtórnego, w formie podczas odlewania. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest odpowiednie zaprojektowanie systemu poszczególnych przekrojów układu wlewowego (Rys. 4), układu filtrującego, systemu odpowietrzenia (Rys. 5a) oraz wspólnego systemu zasilanie-chłodzenie (Rys. 5b) realizowanego poprzez nadlewy zasilające i elementy chłodzące – ochładzalniki.

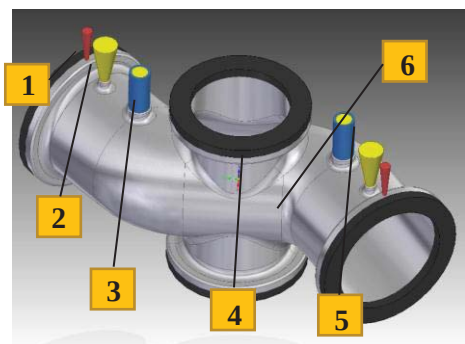


a)

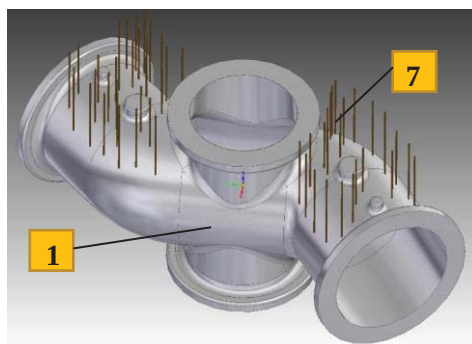


b)

Rys. 4. Przykładowe układy wlewowe: a) doprowadzenia szczelinowe w dwa kolnierze boczne odlewu, b) doprowadzenia szczelinowe dwustronne w kolnierze boczne i ścianki odlewu



a)



b)

Rys. 5. Przykładowy system dla odlewu monolitycznego: a) zasilanie-chłodzenie: 1 – przelewy; 2 – nadlewy standardowe; 3 – nadlewy w otulinie izotermicznej; 4 – ochładzalniki żeliwne; 5 – otuliny izotermiczne; 6 – odlew monolityczny; b) odpowietrzenie formy: 1 – odlew monolityczny; 7 – siatka odpowietrzenia

4. PODSUMOWANIE

Zaprojektowanie technologii odlewniczej przeznaczonej do wytworzenia wielkogabarytowych odlewów monolitycznych przeznaczonych na obudowy zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach pracy, wymaga umiejętności powiązania ze sobą wielu zjawisk metalurgicznych i ich wpływu na późniejszy efekt jakościowy odlewu. Dlatego poszczególne etapy realizacji projektu uruchamiania nowego produktu, wymuszają dokładną analizę zagrożeń na poszczególnych etapach procesu technologicznego. Na podstawie takiej analizy wprowadza się zabezpieczenia, które wyeliminują lub zminimalizują występowanie czynników wpływających na powstawanie odchyłek mających w efekcie wpływ na właściwości użytkowe odlewów.

Obecnie nikt w Europie nie produkuje tego typu wielkogabarytowych odlewów monolitycznych o skomplikowanych kształtach. Tylko nieliczne odlewnie zachodnie potrafią wykonać takie odlewy z zachowanymi wymaganiami wysokiego przewodnictwa elektrycznego. Połączenie ze sobą wyżej opisanych właściwości w jednym odlewie stanowić będzie całkowitą innowację w procesie odlewniczym.

Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania integralnych monolitycznych odlewów obudów zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach eksploatacji gwarantuje odlewni produkcję na co najmniej 20 lat, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu konkurencyjności Zakładu Metalurgicznego „WSK Rzeszów” oraz możliwość rywalizacji o nowe zamówienia z odlewniami zachodnimi.

Zastosowanie wielkogabarytowych monolitycznych odlewów przeznaczonych na obudowy zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach eksploatacji w rozdzielniach wysokiego napięcia wiąże się przede wszystkim ze znacznym zmniejszeniem masy, zwiększeniem wymaganego poziomu wytrzymałości oraz z podwyższeniem przewodnictwa elektrycznego tak wykonanych odlewów. Tym samym znacznie zmniejszy się koszt ich wykonania oraz skraca się czas wykonania zamówienia, co przyczyni się do dużych oszczędności energii oraz powstania rezerw produkcyjnych w zakresie wykorzystania maszyn.

PODZIĘKOWANIA

Praca naukowa finansowana ze środków NCBiR w ramach projektu nr PBS2/B5/28/2013.

LITERATURA

- [1] ŁUCKI Z., MISIAK W.: *Energetyka a społeczeństwo*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012.
- [2] MARKIEWICZ H.: *Instalacje elektryczne*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2009.
- [3] POLOCZEK Ł., DYBOWSKI B., KIELBUS A., JAROSZ R.: *Innowacyjna technologia wytwarzania monolitycznych odlewów obudów zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach eksploatacji*, Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji tom I, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole, 2015.
- [4] DAVIS J.R.: *ASM handbook. ASM, Metals Park, OH*, 1990, s. 123–151, 166–168.
- [5] CAIS J., WEISS V., SVOBODOVA J.: *Relation between Porosity and Mechanical Properties of Al-Si Alloys Produced by Low- Pressure Casting*, Archives of Foundry Engineering, V14 – SI1 20, 2014.
- [6] CONSERVA M., BONOLLO F., DONZELLI G.: *Alluminio, manuale degli impieghi*, Edimet, Brescia, Italy, 2004.

INNOVATIVE PRODUCTION TECHNOLOGY OF LARGE-SCALED MONOLITHIC CASTINGS FOR THE ENERGY PRODUCTION INDUSTRY

Abstract

This publication presents the results of the investigations on the development and implementation of manufacturing technology of large-scaled, monolithic cast with complex shapes in Metallurgical Plant "WSK Rzeszów". The castings are used as a housings of gas-insulated switchgears. The development of an innovative production technology of producing this these casting is caused by the continuous development of the energy production. Producers of power systems are forced to meet higher requirements of not only the design but also economic.

Keywords: power unit housing, large-scale monolithic casting, aluminum alloys, AlSi7Mg alloy

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA SKOMPLIKOWANYCH WIELKOGABARYTOWYCH ODLEWÓW MONOLITYCZNYCH DLA PRZEMYSŁU ENERGETYCZNEGO

Streszczenie

Niniejsza publikacja przedstawia wyniki I etapu realizacji projektu badawczego, którego głównym celem jest opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania wielkogabarytowych monolitycznych odlewów o skomplikowanych kształtach przeznaczonych na obudowy zespołów energetycznych o podwyższonych parametrach eksploatacji w Zakładzie Metalurgicznym „WSK Rzeszów”. Opracowanie innowacyjnej technologii wytwarzania tego typu odlewów spowodowane jest ciągłym rozwojem przemysłu energetycznego. Tym samym producenci elementów układów elektroenergetycznych zmuszeni są do spełniania coraz wyższych wymagań nie tylko konstrukcyjnych, ale również ekonomicznych.

Słowa kluczowe: obudowa zespołu energetycznego, wielkogabarytowy odlew monolityczny, stopy aluminium AlSi7Mg

WPLYW SKRACANIA CZASÓW PRZEBROJEŃ NA ELASTYCZNOŚĆ PROCESÓW WYTWARZANIA

1. WSTĘP

Koncepcja szczupłego wytwarzania staje się coraz bardziej popularnym rozwiązaniem wśród przedsiębiorstw produkcyjnych w zakresie skutecznej konkurencji o klienta. Organizacja chcąc zapewnić sobie warunki do rozwoju oraz stabilizacji swojej pozycji na rynku musi usprawniać swoją działalność. Takie podejście wymusza od przedsiębiorstw produkcyjnych spojrzenie nie tylko na klienta i wyrób końcowy, ale również na proces produkcyjny. Podejście procesowe wymaga zaangażowania pracowników na każdym szczeblu struktury organizacyjnej.

Lean Manufacturing opiera się na metodyce usprawniania procesów produkcyjnych, która została wdrożona w systemach produkcyjnych Toyoty na początku XX wieku. TPS jest zbiorem technik mających na celu eliminację 3M (muri – nadwyreżenie i trudności, mura – nieregularność, muda – marnotrawstwo). Szczupłe wytwarzanie, z kolei, ma na celu ograniczenie marnotrawstwa poprzez właściwe zarządzanie procesami produkcyjnymi od surowca po wyrób końcowy. Dzięki stosowaniu Lean Manufacturing możliwe jest osiągnięcie takich korzyści jak: wysoka jakość produktu, dostawy dokładnie na czas, redukcja zapasów magazynowych oraz racjonalne gospodarowanie zasobami przedsiębiorstwa. Działania związane z Lean Manufacturing skierowane są głównie na ograniczanie lub eliminację czynności nie przynoszących wartości dodanej [1].

Jako kluczowe narzędzia Lean Manufacturing najczęściej klasyfikuje się: mapowanie strumienia wartości (ang. VSM – Value Stream Mapping), 5S (standaryzacja stanowisk pracy), SMED (ang. Single Minute Exchange of Die –

¹ Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Politechnika Poznańska,
61-132 Poznań, ul. Piotrowo 3, tel./fax.: (061) 647 59 91,
e-mail: przemyslaw.chabowski@doctorate.put.poznan.pl

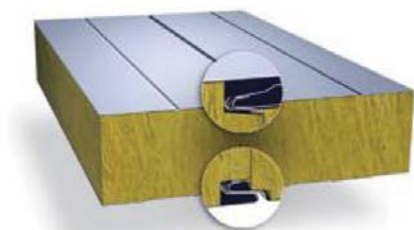
koncepcja przebrojeń w możliwie najkrótszym czasie), TPM (ang. Total Productivity Maintenance – autonomiczne utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń), Poka-Yoke (koncepcja zapobiegania pomyłkom), dokładnie na czas (ang. just in time) oraz QRM (ang. quick response manufacturing) [1].

Szczupłe wytwarzanie łączone jest często z metodyką ciągłego doskonalenia (jap. Kaizen), której zadaniem jest skrócenie czasu realizacji zleceń produkcyjnych, dostosowaniem elementów systemu produkcyjnego pod względem technicznym, tworzeniem kryteriów oceny i nagradzania pracowników oraz redukcji kosztów [2].

Elastyczność produkcji to parametr odzwierciedlający możliwości zaspokojenia zmiennego zapotrzebowania klienta przez przedsiębiorstwo. Rozumieć przez to należy zdolność systemów produkcyjnych do wytwarzania różnego rodzaju asortymentu w różnych wielkościach w możliwie najkrótszym odstępie czasu. Krótkie czasy realizacji zleceń produkcyjnych oraz duża rotacja zamówień pozycji asortymentowych implikuje dużą liczbą przebrojeń. Czas trwania przebrojeń ogranicza z kolei czas dostępności pracy maszyn produkcyjnych, przekłada się to na niższe wartości wskaźników OEE i ELP. Dzięki stosowaniu koncepcji przebrojeń kilkuminutowych możliwe jest skrócenie tych czasów, co przy odpowiednim zagospodarowaniu zaoszczędzonego czasu powoduje wzrostem elastyczności produkcji [3].

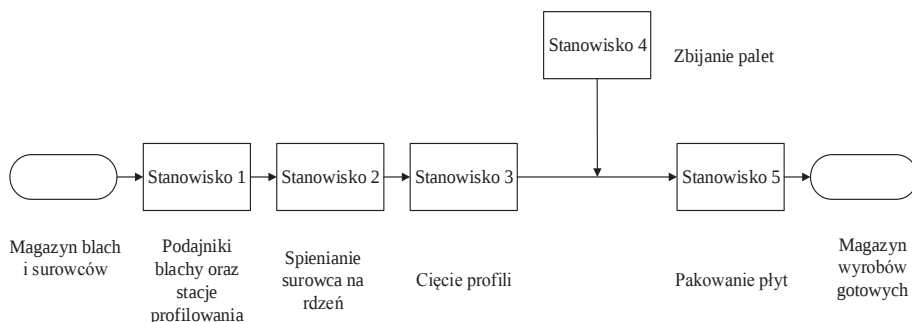
2. ANALIZA PROCESU WYTWARZANIA NA LINII PRODUKCYJNEJ

Procesowi doskonalenia poddano linię produkcyjną służącą do produkcji płyt ściennych, dachowych oraz izolacyjnych. Wytwarzane wyroby różnią się rodzajem rdzenia, okładziny, fakturą oraz grubością. Z uwagi na duże różnice pomiędzy poszczególnymi wyrobami niezbędne są częste zmiany parametrów procesu wytwarzania. Zmiany parametrów dotyczące rodzaju i długości blachy dokonywane są podczas pracy maszyny, zmiany dotyczące typu płyty oraz rdzenia wiążą się z koniecznością zatrzymania produkcji i przebrojenia linii.



Rys. 1. Płyta izolacyjna

Do obsługi linii produkcyjnej dedykuje się 10 pracowników obsługujących 5 stanowisk przedstawionych na poniższym schemacie.



Rys. 2. Schemat linii do produkcji płyt

Stanowisko pierwsze wyposażone jest w trzy podajniki blachy oraz dwie stacje profilowania z wymiennymi kasetami. Produkcja płyt rozpoczyna się od założenia rolek blachy na podajniki kołowrotowe. W samym procesie produkcyjnym używane są dwa podajniki, trzeci służy do przygotowania wcześniej blachy na kolejne zlecenie. Zmiana rodzaju profilowania polega na półautomatycznej wymianie wału profilującego. W przypadku zmiany typu płyty konieczne jest zatrzymanie linii w celu wymiany zamków płyt profilarek.

Drugie stanowisko służy do spieniania rdzenia produkowanych płyt. Następuje tu mieszanie wszystkich substancji chemicznych, które w efekcie tworzy rdzeń poliuretanowy lub poliizocyanowy wytwarzanych płyt. Dla płyt, w których jest to wymagane, aplikowane jest również uszczelnienie boczne. Po zaaplikowaniu pianki pomiędzy okładziny następuje stabilizacja płyty w tunelu. Wymiana typu wytwarzanej płyty polega na zmianie receptury oraz regulacji temperatury płyt w tunelu linii produkcyjnej. Podział obowiązków pomiędzy pracownikami tego stanowiska, w czasie przebrojenia, dotyczy zmiany receptury wsadu i temperatury blachy (operator pierwszy) oraz zmianie klocków bocznych (operator drugi).

Trzecie stanowisko ma za zadanie wykonywać operację przecinania płyt wychodzących z tunelu stabilizującego. Stanowisko jest zautomatyzowane a pracownik obsługujący je ma za zadanie korygować proces cięcia w przypadku pojawienia się wad jakościowych z poprzednich stanowisk linii.

Stanowisko numer cztery zasila linie produkcyjną w palety, na których odkładane są wyroby gotowe na stanowisku piątym. Następuje tu operacja zbijania palet. W tym czasie na linii produkcyjnej następuje kolejny etap procesów chemicznych wewnątrz płyt.

Piąte stanowisko służy do okresowej kontroli jakości wytwarzanych płyt oraz ich pakowania i etykietowania. Pakiety płyt transportowane są za pomocą suwnicy do magazynu wyrobów gotowych.

2.1. PODZIAŁ WYTWARZANYCH WYROBÓW

Produkowane płyty dzielą się na dwa typy, ze względu na rodzaj rdzenia: poliuretanowy oraz poliizocyjanowy. Każdy z typów dzieli się na dachowe, ściennie (z widocznym i ukrytym łączeniem) oraz izolacyjne (chłodnicze). Dodatkowo, dla każdej z powyższych kombinacji, możliwe jest wykonanie różnego rodzaju profilowania oraz koloru i długości płyty.

Poniższa tabela przedstawia trzy przykładowe grupy wyrobów wytwarzanych na analizowanej linii produkcyjnej.

Tab. 1. Grupy wyrobów wytwarzanych na analizowanej linii produkcyjnej

Typ płyty	Grubość	Profilowania i grubość okładzin	Kolor okładziny wewnętrznej	Kolor okładziny zewnętrznej
1	40 mm	40 mm	1015, 3013, 5005, 6011, 7035, 9002, 9006, 9007, 9010	9002, 9010
	60 mm			
	80 mm	50 mm		
	100 mm			
2	40 mm	50 mm	9002, 9006	9002
	60 mm	40 mm		
	80 mm	50 mm		
	100 mm	50 mm		
3	60 mm	40 mm	1015, 3013, 5005, 6011, 7035,9002, 9006, 9007, 9010, 288, 23	9002, 9010
	80 mm			
	100 mm			
	120 mm	50 mm		

2.2. ANALIZA EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA LINII PRODUKCYJNEJ

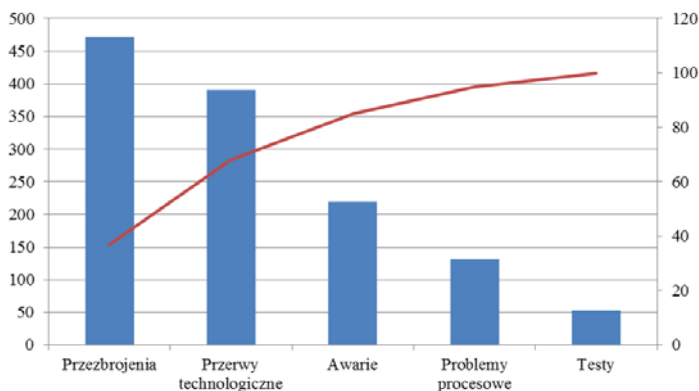
Efektywne wykorzystanie dostępnego czasu pracy opisanej linii wpływa nie tylko na obniżenie kosztów produkowanych wyrobów ale również na zwiększenie możliwości produkcyjnych, co z kolei przy odpowiednim zagospodarowaniu wpływa na poprawę elastyczności produkcji.

Wskaźnikiem określającym efektywne wykorzystanie zasobów produkcyjnych jest OEE (Overall Equipment Effectiveness), wyrażany wzorem (1).

$$OEE = D \cdot W \cdot J \quad (1)$$

gdzie: D – dostępność analizowanego zasobu,
 W – wykorzystanie analizowanego zasobu,
 J – jakość produkowanych wyrobów.

W opisanym przypadku wartość wskaźnika w roku 2014 wyniosła 84,81%. Interpretując składowe OEE (dostępność – 85,12%, wykorzystanie – 99,92%, jakość – 99,72%) zauważono, że największy wpływ na jego wartość ma dostępność. Jego wartość wynika z postojów linii produkcyjnej. Poniższy wykres (rys.3) przedstawia analizę Pareto dla dostępności analizowanej linii produkcyjnej. Analiza przyczyn niskiej dostępności wykazała, że największy wpływ na jej ograniczenie mają awarie, przerwy technologiczne, próbne rozruchy linii, problemy procesowe oraz przebrojenia. Składową dostępności w wskaźniku OEE w decydujący sposób ograniczają postoje planowane związane z przebrojeniami (zmiana produkowanego asortymentu, grzanie tunelu po przebrojeniu, wymiana pił taśmowych oraz testy).



Rys. 3. Analiza Pareto dostępności analizowanej linii produkcyjnej w roku 2014

37% czasu postojów stanowią same przebrojenia, analiza czasów trwania poszczególnych przebrojeń uwiarydociła również, że czasy czynności związanych z przygotowaniem linii do produkcji nowego asortymentu są bardzo rozbieżne. Sytuacja taka stwarza możliwość do wypracowania standardów związanych z przebrojeniami oraz podjęcia działań ukierunkowanych na skrócenie czasu ich trwania.

2.3. CHARAKTERYSTYKA PRZEBROJEŃ LINII PRODUKCYJNEJ

Początek przebrojenia ma miejsce w chwili zaprzestania aplikowania pianki stanowiącej rdzeń płyty. W tym czasie operatorzy wykonują czynności związane z przygotowaniem stanowiska do produkcji kolejnego wyrobu bez ingerencji w wyposażenie linii produkcyjnej z uwagi na studzenie znajdujących się w niej elementów grzewczych oraz płyty z poprzedniej produkcji. Po wysunięciu ostudzonej płyty, operatorzy demontują płyty osłonowe i klocki boczne. Następnie operatorzy nawijają zdemontowane klocki i odwożą je za pomocą suwnicy na miejsce odkładcze, w drodze powrotnej przywożą kolejny pusty talerz i powtarzają cykl. Kolejną czynnością przebrojenia jest regulacja wysokości tunelu dla kolejnego wyrobu oraz wprowadzenie klocków prowadzących dla kolejnej produkcji. Klocki te dostarczane są na drewnianych talerzach. Po rozwinięciu pierwszego odcinka, pusty talerz zostaje przetransportowany na pole odkładcze i przywieziony zostaje kolejny. Każdy z odcinków łączony jest ze sobą przy pomocy specjalnych łączników. Gdy obie strony zostaną przebrojone, pracownicy odpowiedzialni za obsługę tunelu informują o tym sąsiadujące stanowiska w celu naciągnięcia zamontowanych klocków prowadzących, wprowadzenia okładziny, blachy oraz uszczelnień bocznych i uruchomienia pomp.

Zmiana typu płyty polega na wymianie kaset profilujących oraz wymianie klocków bocznych. W tym przypadku najdłuższą czynnością związaną z przebrojeniem linii produkcyjnej jest wymiana kaset profilujących blachę. Wymiana tego oprzyrządowania polega na zwolnieniu zacisków kasety z poprzedniej produkcji i podczepieniu ich do suwnicy, która transportuje je na pole odkładcze i przywiezieniu nowych. Konstrukcja kaset profilujących składa się z dwóch części dolnych i dwóch górnych.

Najdłuższe przebrojenia dotyczą zmiany typu płyty, jednakże jest ich mniej niż przebrojeń dotyczących zmiany grubości płyty (stosunek 1:5). Z uwagi na taki charakter przebrojeń, grupuje się je na rodziny wyrobów, w kolejności przebrojeń dotyczących grubości płyty dla danego typu a następnie według typów.

Cykl produkcyjny wyrobów wytwarzanych na przedstawianej linii produkcyjnej trwa 31 dni. W trakcie takiego cyklu odbywa się 48 przebrojeń, których łączny czas wynosi 39,5 godziny. Oznacza to, że część wytwarzanych płyt produkowana jest dwa razy w ciągu okresu. Pozostałe rotują co 31 dni. Na skutek takiego planowania produkcji pojawiają się sytuacje, w których klient zamawiając płyty, zmuszony jest czekać na ich wykonanie do kolejnego okresu, ponieważ dany typ płyty został już wyprodukowany i sprzedany. Taka sytuacja przekłada się na ograniczenie elastyczności produkcji analizowanej linii.

Poniższa tabela przedstawia czasy przebrojeń oraz liczbę powtórzeń produkcji danego asortymentu w cyklu produkcyjnym. Elastyczność produkcji została zinterpretowana przy pomocy wskaźnika ELP (elastyczność linii produkcyjnej). Dla przedstawionego okresu wartość wskaźnika wynosi 31 dni. Na podstawie takiej wartości można wyciągnąć wniosek, że gdyby czasy przebrojeń były krótsze, wartość ELP zmalałaby.

Tab. 2. Cykl produkcyjny

Typ płyty	Grupa płyty	Grubość płyty	Liczba powtórzeń w okresie	Czas przebrojenia dla grupy	Czas przebrojenia dla typu
1	1	60 mm	2	65 min	-
	2	80 mm	1	40 min	90 min
	2	100 mm	1	40 min	40 min
	1	120 mm	1	40 min	-
2	1	120 mm	2	-	-
	1	100 mm	1	40 min	-
	1	80 mm	1	40 min	-
	1	60 mm	1	40 min	-
3	1	40 mm	2	50 min	-
	1	60 mm	1	40 min	-
	1	80 mm	1	40 min	-
	2	100 mm	1	90 min	-
4	2	120 mm	3	45 min	50 min
	1	160 mm	2	45 min	45 min
	1	180 mm	1	45 min	-
	1	200 mm	1	45 min	-
5	1	200 mm	4	-	45 min
	1	180 mm	3	45 min	45 min
	1	160 mm	1	45 min	45 min
	1	120 mm	1	45 min	45 min
6	1	100 mm	3	45 min	45 min
	1	80 mm	2	45 min	40 min
	1	60 mm	1	45 min	40 min
	2	40 mm	1	45 min	-
7	2	210 mm	3	90 min	-
	1	160 mm	2	50 min	90 min
	1	140 mm	1	50 min	50 min
	1	120 mm	1	50 min	50 min
	1	100 mm	1	50 min	50 min
	2	80 mm	1	50 min	-
8	1	80 mm	1	-	-
	1	100 mm	1	50 min	-
	1	120 mm	1	50 min	-
	1	140 mm	1	50 min	-
	1	160 mm	1	50 min	-
	1	210 mm	1	50 min	-
Liczba przebrojeń:		48	SUMA:	1610 min	770 min

Efekt ten przełożyłby się na skrócenie czasu cyklu produkowanych wyrobów oraz wzrost elastyczności produkcji linii.

3. POPRAWA ELASTYCZNOŚCI PRODUKCJI LINII

3.1. ORGANIZACJA PRZEBROJEŃ

Przebrojenia dzieli się na dwa rodzaje: zmiana typu produkowanych płyt oraz zmiana grubości produkowanej płyty. Drugi rodzaj przebrojeń stanowi blisko 80% udziału we wszystkich przebrojeniach. Racjonalne jest zatem skupienie uwagi na działaniach doskonalących związanych z przebrojeniem dotyczącym zmiany grubości produkowanej płyty.

Analiza czynności związanych ze zmianą grubości wytwarzanych płyt (tab.3) pozwoliła na wyodrębnienie poszczególnych etapów przebrojenia. Poniższa tabela przedstawia wytypowane czynności przebrojeń wraz z ich opisem.

Tab. 3. Czynności przebrojenia związane z zmianą grubości płyty

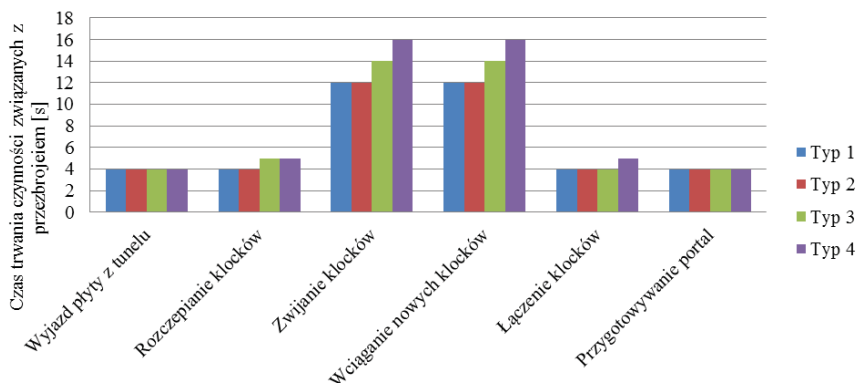
Nazwa czynności	Opis
Wyjazd płyty z poprzedniej produkcji z tunelu	Jest to czynność podczas której płyta produkowana w poprzednim zleceniu zostaje studzona i stabilizowana w tunelu. W czasie jej trwania operatorzy przygotowują niezbędne części i narzędzia do przebrojenia.
Rozczepienie klocków	Zadanie to polega na rozczepieniu bocznych klocków prowadzących płytę.
Zwijanie klocków	Czynność ta polega na nawinięciu na talerze rozczepionych poprzednio klocków, oraz przetransportowaniu ich na pole odkładcze.
Wciągnięcie nowych klocków	Czynność ta polega na przywiezieniu klocków do kolejnego zlecenia oraz wciągnięciu ich w linię produkcyjną.
Łączenie klocków	Zadanie polega na połączeniu ze sobą odcinków poprzednio umieszczonych klocków prowadzących.
Przygotowanie portal	W trakcie tej czynności operatorzy wprowadzają blachy w uprzednio przygotowane klocki prowadzące, podczepiają papier, uszczelki, włączają pompy (w tym momencie następuje zakończenie procesu przebrojenia i jednocześnie rozpoczęcie produkcji nowego asortymentu).

Dalsza analiza czynności związanych z przebrojeniem linii produkcyjnej dotyczyła pomiaru czasów każdej z nich dla czterech grup wyrobów przedstawionych w tabeli nr 2. Poniższa tabela przedstawia czasy trwania każdej czynności związanej z przebrojeniem oraz ich procentowy udział w całym procesie.

Tab. 4. Wykaz i czasy poszczególnych czynności podczas przebrajania

Czynność	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Typ 4	
	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości
Wyjazd płyty z tunelu	4	10%	4	10%	4	10%	4	10%
Rozczepianie klocków	4	10%	4	10%	5	13%	5	13%
Zwijanie klocków	12	30%	12	30%	14	35%	16	40%
Wciąganie nowych klocków	12	30%	12	30%	14	35%	16	40%
Łączenie klocków	4	10%	4	10%	4	10%	5	13%
Przygotowywanie portal	4	10%	4	10%	4	10%	4	10%

Powyższa analiza wykazuje, że najdłuższymi czynnościami związanymi z przebrojeniami są: zwijanie klocków prowadzących płyty, wciąganie nowych klocków. Zauważono również, że czasy trwania czynności pierwszej (wyjazd płyty z tunelu) oraz ostatniej (przygotowanie portal) są identyczne dla wszystkich grup.



Rys. 4. Analiza czasu trwania czynności związanych z przebrojeniami

4. PROPOZYCJE DZIAŁAŃ DOSKONALĄCYCH

Na podstawie analizy czynności związanych z procesem przezbierania omawianej linii produkcyjnej zaproponowano działania doskonalące, mające na celu skrócenie czasów przebrojeń.

Podczas wyjazdu płyty z tunelu, pracownicy są informowani o rozpoczynającym się procesie przezbierania linii. W tym celu operator piły informuje pracownika obsługującego sztaplarkę o przezbrojeniu. Pracownicy stanowiska odpowiedzialnego za zbijanie palet informowani są o przezbrojeniu od operatora portalu.

W celu skrócenia czasu rozczepiania i łączenia klocków zaproponowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne (rys. 5). Poprzednie rozwiązanie (szpilkę z gwintem i nakrętką) zdecydowano się zastąpić śrubą imbusową z zapadką. Rozwiązanie takie umożliwia montaż i rozłączanie pasów klocków prowadzących w sposób szybszy i łatwiejszy. Dodatkowo, rozwiązanie takie, zmniejsza ryzyko uszkodzenia gwintu oraz zgubienia nakrętki przez pracownika przezbierającego ten odcinek linii.



Rys. 5. Usprawnienie konstrukcyjne klocków (z lewej rozwiązanie przed usprawnieniem)

Analiza czynności związanych z procesem przezbierania wykazała, że najwięcej czasu trwają czynności związane z zwijaniem klocków prowadzących oraz wciąganie w linię nowych. Najwięcej czasu trwało przywożenie pustych talerzy, na które nawijano klocki oraz ich odwiezienie na pole odkładcze. W celu zaoszczędzenia czasu, zdecydowano się na wykonanie stojaków, na których znajdują się wszystkie talerze z klockami niezbędnymi do zmiany grubości wytwarzanych płyt. Ponadto utworzono dodatkową rynnę na prowadnice z poprzedniej produkcji. Dzięki takiemu rozwiązaniu wyeliminowano ruch suwnicy w trakcie przezbierania, część operacji łączenia klocków prowadzących oraz ryzyko ich uszkodzenia w trakcie przezbierania.

W celu usprawnienia pracy związanej z przezbieraniem dla stanowiska spieniania przygotowano system informujący o zakończeniu prac związanych z przezbieraniem klocków prowadzących. Po obu stronach linii umieszczono

przyciski, których wciśnięcie uruchamia sygnał dźwiękowy informujący pracowników stanowiska spieniania o zakończeniu przezbrojenia. Dzięki takiemu rozwiązaniu, operatorzy przystępują bezzwłocznie do pracy.

Do długich czasów przezbrajania omawianej linii przyczyniały się również błędy operatorów. Zaliczyć do nich można słabą komunikację pomiędzy pracownikami przezbrajającymi poszczególne stanowiska. W celu uniknięcia takich zdarzeń, zdecydowano wyposażyć stanowiska w system informujący pozostałe stanowiska o gotowości do pracy. Dodatkowo stanowiska zostały wyposażone w szafki narzędziowe wyposażone w niezbędne narzędzia i zapasowe klocki prowadzące.

4.1. ANALIZA DZIAŁAŃ DOSKONALĄCYCH

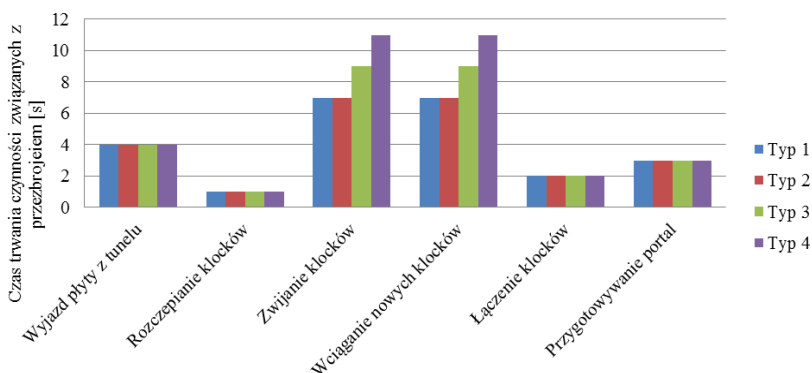
Analiza wprowadzonych rozwiązań dotyczących czterech typów płyt została przedstawiona w poniższej tabeli (Tab. 5), która przedstawia czas trwania czynności związanych z przezbrojeniem dla czterech typów wyrobów oraz ich procentowy udział w całości przezbrojenia.

Tab. 5. Wykaz i czasy poszczególnych czynności podczas przezbrajania płyt po wprowadzeniu usprawnień

	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Typ 4	
Czynność	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości	Czas [min]	Udział w całości
Wyjazd płyty z tunelu	4	10%	4	10%	4	10%	4	10%
Rozczepianie klocków	1	3%	1	3%	1	3%	1	13%
Zwijanie klocków	7	18%	7	18%	9	23%	11	40%
Wciąganie nowych klocków	7	18%	7	18%	9	23%	11	40%
Łączenie klocków	2	5%	2	5%	2	5%	2	13%
Przygotowywanie portal	3	8%	3	8%	3	8%	3	10%

Efekt wprowadzonych usprawnień to 40% skrócenie czasu przezbrojeń. Dzięki wygospodarowaniu czasu dostępnego dla linii produkcyjnej możliwy był wzrost wskaźnika OEE z 84,81% do 86,06%. Optymalizacja przezbrojenia pozwoliła również na skrócenie cyklu produkcyjnego o 32% (zmniejszenie wskaźnika ELP z 31 na 21). Poniżej ilustracja (Rys. 6.) przedstawia czasy poszczególnych czynności związanych z przezbrojeniami analizowanych

czterech typów wyrobów po wprowadzeniu usprawnień. Dzięki zastosowaniu nowego rozwiązania konstrukcyjnego, operacja rozczepiania klocków prowadzących została skrócona do 1 minuty. Różnice w czasach trwania czynności związanych z zwijaniem i wciąganiem nowych klocków prowadzących spowodowane są gabarytami tych części. Ze względu na specyfikę procesu produkcyjnego niemożliwym do skrócenia okazała się pierwsza operacja (wyjazd płyty z tunelu), ponieważ (w czasie jej trwania) płyta z poprzedniej produkcji ulega chłodzeniu i stabilizacji.



Rys. 6. Analiza czasu trwania czynności związanych z przeobrażeniami po wprowadzeniu działań usprawniających.

5. WNIOSKI

Dzięki wdrożeniu metody SMED osiągnięto spadek czasów przeobrażeń o 40%. Wypracowane rozwiązania związane ze skracaniem czasów przeobrażeń dla linii produkcyjnej pozwoliły na zmniejszenie wskaźnika ELP z 31 do 21 dni, co przekłada się na wzrost elastyczności produkcji (możliwość wytworzenia większej liczby pozycji asortymentowych w tym samym czasie). Oznacza to, że cykl wytwarzania dla przedstawionej grupy wyrobów został skrócony o 10 dni. Jednocześnie, dzięki racjonalnemu zagospodarowaniu czasu oszczędzonego podczas przeobrażeń, poprawie uległa wartość wskaźnika OEE. Rozumieć przez to należy, że działania, które w efekcie powodują skrócenie czasów przeobrażeń pozwalają na zwiększenie efektywności linii produkcyjnej lub zachowując taką samą efektywność na zwiększenie elastyczności produkcji poprzez zmniejszenie partii produkcyjnych i częstszą ich produkcję.

LITERATURA

- [1] BIRMINGHAM F., JELINEK J.: *Quick changeover simplified the manager's to improving profits with SMED*. Productivity Press, New York, 2007.
- [2] LIKER J. K., MEIER D. P.: *Droga Toyoty – Fieldbook. Praktyczny przewodnik wdrażania 4P Toyoty*, Warszawa, 2011.
- [3] WOMACK, J. P., JONES, D. T.: *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, New York, 1996.

TIMES EFFECT OF REDUCING THE CHANGEOVERS IN FLEXIBILITY OF MANUFACTURING PROCESS

Abstract

The paper presents an analysis of the production line changeover operations and the impact of these improvement actions to flexibility of the manufacturing process. Results of studies also show a significant impact on the improvement of production processes and eliminate waste has the commitment and openness to change employees.

Keywords: SMED, Lean Manufacturing, changeover, OEE, ELP, production flexibility

WPLYW SKRACANIA CZASÓW PRZEBROJEŃ NA ELASTYCZNOŚĆ PROCESÓW WYTWARZANIA

Streszczenie

Praca przedstawia analizę czynności przeobrażania linii produkcyjnej oraz wpływ działań doskonalących te czynności na poprawę elastyczności procesu wytwarzania. Wyniki badań przedstawiają również jak istotny wpływ na doskonalenie procesów produkcyjnych oraz eliminację marnotrawstwa ma zaangażowanie i otwartość na zmiany pracowników.

Słowa kluczowe: SMED, Lean Manufacturing, przebrojenie, OEE, ELP, elastyczność produkcji

DETERMINANTY ROZWOJU INNOWACJI PRODUKTOWYCH I PROCESOWYCH W MAŁYCH I ŚREDNICH PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH Z BRANŻY METALOWEJ – KONCEPCJA BADAŃ

1. WSTĘP

Postęp technologiczny jest główną przyczyną wzrostu wydajności gospodarki, a tym samym jednym z podstawowych czynników wzrostu gospodarczego w branży produkcyjnej [5]. Postęp technologiczny powoduje również wprowadzenie nowych produktów na rynek oraz podnoszenie jakości już istniejących. Postęp technologiczny umożliwia przedsiębiorstwom płynne dostosowanie się do nowych wymogów popytu, a tym samym umożliwia przetrwanie firm na rynku. Przetrwanie i rozwój przedsiębiorstw zależy od ich zdolności do realizacji innowacyjnych projektów [5]. Od czasu opublikowania pracy Schumpetera w 1934 roku [28], prowadzone są studia, które analizują efekty innowacji. Istnieją udokumentowane badania pozytywnego oddziaływania innowacji na wzrost gospodarczy [1, 19].

Decyzja o gotowości przedsiębiorstwa do inwestowania w innowacje opiera się o różne determinanty, które muszą być spełnione. W pracy poruszany jest temat gotowości inwestycyjnej przedsiębiorstw decydujących się na kreowanie innowacji technologicznych i produktowych opierających się głównie na zasobach własnych. Ważnym aspektem jest fakt, że inwestycja w innowacyjne pomysły obarczona jest dużym ryzykiem [10, 30, 7, 26]. Innym ważnym aspektem jest fakt, że „zbyt wiele projektów traci szanse na realizację niedostatecznym przygotowaniem bądź też zaprezentowaniem projektu w niewłaściwym momencie” [10]. W wypadku decyzji inwestycji w innowacje miernikiem efektywności podjętej decyzji w odniesieniu do oddziaływania gospodarczego jest wzrost wartości dodanej brutto, głównie poprzez tworzenie nowych miejsc pracy [10, 17, 18]. Dlatego też istotne z punktu widzenia zarządzania przedsiębiorstwem wydaje się

¹ Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, 65-001 Zielona Góra,
ul. Prof. Z. Szafrana 4, tel./fax.: 48 68 328 2514, e-mail: k.dabrowski@iizp.uz.zgora.pl

efektywne zarządzanie innowacjami w odniesieniu do określenia determinantów rozwoju innowacji produktowych i procesowych w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Badania powinny się skoncentrować na zdefiniowaniu determinantów mających wpływ na rozwój innowacji produktowych i procesowych w małych i średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży metalowej. Dzięki właściwemu zidentyfikowaniu determinantów możliwe będzie zaprojektowanie informatycznego systemu wspomagającego zarządzaniem innowacjami w przedsiębiorstwie w odniesieniu do kreowania innowacji technologicznych i produktowych.

Artykuł dotyczy potencjału innowacyjnego MSP przemysłu metalowego i w tym kontekście jego gotowości do inwestowania w innowację. Gotowość inwestycyjna wynika z prawidłowo przeprowadzonego procesu decyzyjnego, który można usprawnić poprzez analizę determinantów technologicznych. Branża metalowa w Polsce jest jedną z prężniej rozwijających się gałęzi przemysłu. Określenie gotowości tych firm do wdrażania innowacji jest dla nich szansą na przeżycie na dynamicznym rynku.

2. BADANIA LITERATUROWE Z ZAKRESU INNOWACYJNOŚCI

Rozwój współczesnych przedsiębiorstw w znacznej mierze zależy od stopnia ich konkurencyjności, a ta z kolei w sposób bezpośredni od poziomu innowacyjności. Biorąc pod uwagę powyższą zależność, należy stwierdzić, że we współczesnym świecie rozwój gospodarczy jest determinowany przez rozwój i prawidłowe zarządzanie innowacjami.

Tematyka innowacyjności zajmuje obszerne miejsce w nauce, a samo definiowanie jej nie jest sprawą jednoznaczną. Wynika to z faktu, że tematem innowacyjności zajmują się specjaliści z różnych dziedzin nauki, takich jak – ekonomika przedsiębiorstw i zarządzania, makroekonomia, marketing oraz inne.

W klasyfikacji innowacji ze względu na ich obszar (przedmiot), spotyka się podział na innowacje produktowe, procesowe / technologiczne, organizacyjne i marketingowe [20]. Poniższe tabele (1, 2, 3 i 4) przedstawiają przykładowe definicje innowacji scharakteryzowanych ze względu na ich obszar.

Tab. 1. Przykładowe definicje innowacji produktowej [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji produktowej	Rok
Hejduk	Innowacja jest to każda myśl, zachowanie lub rzecz, która jest nowa, tzn. jakościowo różna od form istniejących.	2000
Rockwell, Particelli	Innowacja produktowa jest to każda nowa postać produktu, stanowiąca ofertę rynkową przedsiębiorstwa.	1982

Tab. 2. Przykładowe definicje innowacji procesowej / technologicznej [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji procesowej / technologicznej	Rok
Pomykański	Pojęcie innowacji technologicznej obejmuje nowe produkty i procesy oraz znaczące zmiany technologiczne w produktach i procesach.	2001
Schumpeter	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.	1960

Tab. 3. Przykładowe definicje innowacji organizacyjnych [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji organizacyjnych	Rok
Jarus	Innowacje organizacyjne to 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.	2004
Drucker	Innowacje są to działania systemowe, które polegają na aktywnym identyfikowaniu zmian w otoczeniu oraz na systematycznej analizie możliwości ich wykorzystania dla tworzenia kolejnych innowacji.	1992

Tab. 4. Przykładowe definicje innowacji marketingowych [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji marketingowych	Rok
Pilarczyk	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.	2011
Kotler	Innowacje produktowe należy potraktować jako jakikolwiek produkt, usługę lub pomysł, który jest postrzegany przez kogoś jako nowy. Pomysł ten może istnieć od dawna, ale stanowi innowację dla osoby, która postrzega go jako nowy.	1994

Zaprezentowane definicje innowacyjności kierują dalsze prace badawcze w kierunku określenia czym jest działalność innowacyjna oraz przedsiębiorstwo innowacyjne. Działalnością innowacyjną jest całokształt działań naukowych, technicznych, organizacyjnych, finansowych i komercyjnych, które w sposób bezpośredni prowadzą do wdrażania innowacji. Działalność taka może mieć bardzo różnorodny charakter w zależności od specyfiki firmy. W Oslo Manual opisano dwie ścieżki działalności innowacyjnej firm:

- firma prowadzi wyraźnie zdefiniowane projekty innowacyjne, na przykład tworząc i wprowadzając nowy produkt,
- firma dokonuje przede wszystkim ciągłych udoskonaleń w swoich produktach, procesach i działaniach.

Oba typy firm można uznać za innowacyjne [20].

Za przedsiębiorstwa innowacyjne uważa się takie firmy, które potrafią tworzyć lub kopiować nowe produkty, efektywnie wytwarzać je oraz skutecznie zbywać. Przedsiębiorstwa takie charakteryzują się zdolnością ciągłego odnawiania ich portfela stosownie do zmian w otoczeniu oraz umiejętnością sprawnego wprowadzania nowych technologii i metod organizacji niezbędnych do realizacji zmieniających się celów rozwojowych [3].

3. CHARAKTERYSTYKA BRANŻY METALOWEJ – BADANIA LITERATUROWE

Historia rozwoju branży metalowej w Polsce ma duże tradycje. Zainteresowanie tą gałęzią przedsiębiorczości wynika z dostępu do surowca znajdującego się w granicach ziem polskich – znaczne pokłady ród żelaza oraz metali nieżelaznych. Pierwsze świadectwa istnienia kopalń wydobywających rudę żelaza oraz zakładów je przerabiających sięgają czasów starożytnych i są związane z obecnością Celtów na terenie Gór Świętokrzyskich – „W pobliżu miejscowości Rudki w Górach Świętokrzyskich wybudowali (Celtowie) największy kompleks kopalń rudy żelaza w prehistorycznej Europie” [8]. Choć nazwa naszego kraju – Polska – pochodzi od słowa „pole”, to świadectwa zaangażowania się w działalność związaną z pracą z surowcem jakim jest metal każą stwierdzić, że jest to jedna z kluczowych specjalizacji Polski. Szybki rozwój przemysłu metalowego na ziemiach polskich rozpoczął się w pierwszej połowie XIX wieku. Ważnym wydarzeniem mającym wpływ na dalszy rozwój tej branży w Polsce miało przyłączenie po plebiscytach części Górnego Śląska, w którym przemysł metalowy odgrywał ważną rolę. Reformy Eugeniusza Kwiatkowskiego, prowadzone w dwudziestoleciu międzywojennym, doprowadziły do budowy Centralnego Okręgu Przemysłowego (COP), w którym rozwinięto przede wszystkim przemysł metalowy, maszynowy, chemiczny i lotniczy [23]. Rozbudowę COP wstrzymał wybuch II wojny światowej.

Współcześnie największymi ośrodkami w Polsce, w których skupia się branża metalowa są: Bydgosko – Toruński Okręg Przemysłowy, Wrocławski Okręg Przemysłowy, Warszawski Okręg Przemysłowy, Staropolski Okręg Przemysłowy, Bielski Okręg Przemysłowy, Krakowski Okręg Przemysłowy i Górnośląski Okręg Przemysłowy [23].

Trudność sprawia wyznaczenie przestrzeni gospodarczej, w jakiej działają przedsiębiorstwa z opisywanej branży, np. produkcja metalowych części do samochodów, ale nie montaż/produkcja samochodów. Można znaleźć firmy zajmujące się obróbką metali zakwalifikowane do branży budowlanej. Przykłady: Balex Metal – producent m. in. Blachodachówki, Luk Metal Construction – producent m.in. elewacji aluminiowo – budowlanych. Dlatego też autorzy poszukując wspólnego mianownika dla określenia czym jest branża metalowa oparli się na Polskiej Klasyfikacji Działalności. Przez branżę metalową autorzy rozumieją branżę ulokowane w Polskiej Klasyfikacji Działalności w Sekcji C – Przetwórstwo Przemysłowe, szczególnie z działu 25 oraz niektóre z przedsiębiorstw działających w ramach działów 28, 29, 30 oraz 33. W rozumieniu branży badanej przez autorów należy rozróżnić branżę metalową, która skupia zakłady zajmujące się m.in. obróbką metali, od branży metalurgicznej, która skupia m.in. huty. Poniżej w tabeli 5 znajdują się lista największych polskich firm, odpowiadających założeniom autorów, z branży metalowej w roku 2012.

Tab. 5. Największe polskie firmy z branży metalowej w 2012 r. [źródło: opracowanie własne na podstawie rankingu „Lista 500 Tygodnika Polityka”]

Pozycja na liście	Nazwa	Przychody ze sprzedaży w tys. zł.	Przychody ogółem w tys. zł.	Zysk brutto w tys. zł.	Zysk netto w tys. zł.	Zatrudnienie
44	Grupa Can-Pack SA, Kraków	4 545 498	4 598 108	319 032	268 963	3808
70	Fiat Powertrain Technologies Poland Sp. z o.o., Bielsko-Biała	3 440 421	Brak danych	Brak danych	Brak danych	1130
90	CMC Poland Sp. z o.o., Zawiercie	3 084 833	3 104 325	Brak danych	Brak danych	1957
125	CNH Polska Sp. z o.o., Płock	2 307 878	2 344 066	245 213	197 054	1233
152	GK Stal Produkt SA	1 808 703	1 826 499	77 145	59 834	2668

Jak ważna jest to branża dla polskiego przemysłu świadczy informacja, że ponad 20% ogółu przedsiębiorstw z sektora przetwórstwa przemysłowego stanowi branża metalowa [14].

Z analizy danych zawartych w Raporcie o stanie sektora Małych i Średnich Przedsiębiorstw w Polsce. W latach 2011–2012 w odniesieniu do sekcji C – Przetwórstwo przemysłowe, w którym znajdują się m.in. przedsiębiorstwa z branży metalowej, wynika, że np. w 2012 roku w sekcji tej powstało 39 tys.

nowych firm (7,5% ogólnie nowopowstałych w 2012 firm), a liczba zlikwidowanych w 2012 roku firm z sektora Przetwórstwa przemysłowego wyniosła 25,6 tys. (8,2% ogółu firm zlikwidowanych w 2012 roku) [29]. W przemyśle duże firmy skupiają się głównie na Przetwórstwie przemysłowym (w tym sektorze gospodarki funkcjonuje 47,4% dużych podmiotów) [29]. Zaangażowanie ogółu MSP w działalność przemysłową wynosi 10,6% (największe procentowe zaangażowanie MSP jest w prowadzeniu działalności usługowej – 46,5%) [29].

Najbardziej dynamiczny rozwój odnotowują małe i średnie przedsiębiorstwa. Obecnie sektor ten stanowi 99,8% ogółu przedsiębiorstw i generuje 47,3% PKB i zatrudnia 6,3 mln. osób, co stanowi 70,2% miejsc pracy w polskich przedsiębiorstwach [29]. Struktura liczby pracujących w MSP w Polsce w 2011 r. wg sekcji PKD – przemysł wynosiła 31,4% [29]. Dla zobrazowania potencjału badanych przedsiębiorstw warto podać, że produkcja sprzedana w 2012 roku dla sekcji Przetwórstwo Przemysłowe wyniosła 1018710 mln. zł. Bardziej szczegółowe dane dotyczące produkcji sprzedanej dla tej sekcji znajduje się w tabeli poniżej.

Tab. 6. Produkcja wybranych wyrobów z branży metalowej w 2012 roku [źródło: opracowanie własne na podstawie [29]]

Dział	Procent produkcji sprzedanej przemysłu w 2012 roku	Produkcja sprzedana w mln. zł w 2012 roku
Produkcja wyrobów z metali	6,6%	79846
Produkcja maszyn i urządzeń	3,2%	38308
Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep	8,6%	104363
Produkcja pozostałego sprzętu transportowego	1,4%	17250

Potencjał i potrzeby polskiego rynku w zakresie produktów wytwarzanych w zakładach zakwalifikowanych do branży metalowej uwidaczniają dane porównawcze dotyczące stosunku importu do eksportu wybranych produktów z tej branży.

Branża określona jako metalowa – jest branżą dobrze rozwijającą się i coraz częściej otwartą na innowacje. Opublikowane przez GUS dane wskazują, że wśród dużych przedsiębiorstw jest więcej przedsiębiorstw wdrażających innowacje niż w gronie MSP [31]. „Oprócz niewystarczających zasobów finansowych i ludzkich, innowacyjność (wprowadzanie nowego procesu, produktu lub pomysłu w organizacji) MSP ograniczają: brak kultury innowacyjnej,

niedostateczne umiejętności kierownictwa w zarządzaniu innowacjami, niechęć do ryzyka, brak rozpoznania przez kierownictwo możliwości twórczych pracowników, niewystarczająca wiedza o technologii, rynku i nowoczesnych metodach zarządzania. Z drugiej strony wskazuje się, że mniejsze przedsiębiorstwa, w porównaniu z dużymi, charakteryzują się: większą elastycznością w dostosowywaniu się do zmieniających się warunków rynkowych, mniejszą biurokracją i brakiem konfliktu celów na płaszczyźnie właściciel – zarządzający” [14]. Dla zaistnienia w strukturach MSP trwałego dążenia do podnoszenia innowacyjności oprócz zasobów technologicznych, maszynowych oraz finansowych istotnymi czynnikami są: postawa kierownictwa, zaangażowanie pracowników i współpraca z innymi organizacjami [27]. Autorzy Karbownik, Michna, Męczyńska, Kmiecik sugerują że „ze względu na specyfikę MSP nie jest uprawnione przenoszenie wprost wyników badań dużych organizacji, dlatego też podobne badania należy prowadzić dla MSP. Ponadto, dotychczasowe badania nie uwzględniały jednocześnie szczególnych cech konkretnej branży, w szczególności branży metalowej, i poszczególnych rodzajów innowacji: produktowych, technologicznych (...)” [14].

4. ZAKRES PLANOWANYCH BADAŃ

Zaprezentowana przez autorów analiza literaturowa, odnosząca się do przedstawionego obszaru badań, będzie kontynuowana. Zakłada się, że badania empiryczne umożliwią uzyskanie następujących celów: jako główny cel badawczy autorzy przedstawili określenie poziomu innowacyjności technologicznych i produktowych małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych z branży metalowej oraz zbadanie poprawy tego poziomu poprzez zastosowanie opracowanego modelu podejmowania decyzji w zakresie zarządzania projektami wdrażania innowacji produktowych i technologicznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych branży metalowej. Model ten będzie podstawą do budowy efektywnego informatycznego systemu wspomagającego procesy tworzenia innowacji produktowych i technologicznych. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych.

Tab. 7. Cele szczegółowe pracy badawczej [źródło: opracowanie własne]

Etap	Cel
1	Identyfikacja determinantów rozwoju innowacji produktowych i technologicznych.
2	Badanie poziomu innowacyjności małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych z branży metalowej.
3	Identyfikacja potrzeb badanych przedsiębiorstw w zakresie rozwoju produktów innowacyjnych lub zaawansowanych technologii.
4	Opracowanie algorytmów wspomagających zarządzanie innowacjami technologicznymi i produktowymi.
5	Opracowanie modelu zarządzania innowacjami produktowymi i technologicznymi w przedsiębiorstwie.
6	Zaprojektowanie systemu informatycznego przeznaczonego do efektywnego zarządzania innowacjami technologicznymi i produktowymi.
7	Identyfikacja sytuacji ekonomicznej badanych przedsiębiorstw przed jak i po zastosowaniu modelu.
8	Weryfikacja otrzymanych danych poprzez przeniesienie wyników do modelu opartego o metodę hierarchicznej analizy decyzyjnej.

Na podstawie głównego celu badawczego oraz celów szczegółowych autorzy sformułowali następującą tezę i hipotezę:

Teza: Istnieje skończony zbiór determinantów technologicznych, które mają istotny wpływ na rozwój innowacji produktowych i technologicznych w małych i średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych branży metalowej.

Hipoteza: Właściwa ocena i wybór determinantów technologicznych umożliwia budowę systemu efektywnego zarządzania innowacjami, który prowadzi do poprawy poziomu innowacyjności produktowych i technologicznych małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych branży metalowej.

5. METODYKA PLANOWANYCH BADAŃ

Na potrzeby artykułu autorzy opracowali plan badawczy, który zawierać będzie część teoretyczną i empiryczną. Teoretyczna część pracy obejmować będzie przegląd literatury oraz systematykę dorobku naukowo – badawczego na temat zagadnienia: innowacyjności, zarządzania innowacjami, zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym, ryzyka inwestycyjnego, procesy biznesowe, charakterystyka branży metalowej oraz rozwiązania informatycznego, systemy biznesowe oraz architektura systemu. Część empiryczna obejmować będzie weryfikację tezy i hipotezy w oparciu o badania przeprowadzone w mikro, małych i średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych z branży metalowej.

W części tej znajdują się algorytmy matematyczne, które posłużą do opracowania modelu. Opracowane modele będą uwzględniały czynnik czasu. Zostaną zapisane w sposób formalny z wykorzystaniem modeli algebraicznych i/lub ekonometrycznych. W poniższej tabeli opisano działania jakie zostaną wykonane.

Tab. 8. Etapy pracy badawczej [źródło: opracowanie własne]

Działanie	Opis
Określenie determinantów technologicznych	• zdefiniowanie podstawowych celów badań i przygotowanie projektu kwestionariusza, • utworzenie grupy testowej składającej się z pięciu przedstawicieli badanych firm w celu sprawdzenia zrozumiałości przez respondentów projektu kwestionariusza, • wprowadzenie ewentualnych poprawek na podstawie opinii grupy testowej z poprzedniego punktu oraz ponowne sprawdzenie zrozumiałości kwestionariusza, • wykonania właściwego badania.
Opracowanie bazy determinantów technologicznych	• analiza badania ankietowego pod kontem wyłonienia determinant, • opracowanie bazy technologicznych determinant rozwoju innowacji produktowych i technologicznych.
Opracowanie systemu wspierającego model podejmowania decyzji	• opracowanie koncepcji informatycznego systemu wspomagającego zarządzanie innowacjami w przedsiębiorstwie, • opracowanie algorytmu, • weryfikacja danych za pomocą metod hierarchicznego wspomagania decyzji, • implementacja składowych do narzędzia informatycznego.
Implementacja systemu	• implementacja wersji testowej w 5 przedsiębiorstwach, • usunięcie ewentualnych błędów, • implementacja systemu w 20 firmach.
Wnioski	• spotkania bezpośrednie z użytkownikami systemu, • analiza odpowiedzi uzyskanych podczas wywiadów bezpośrednich.

6. WNIOSKI I DALSZE PRACE

Dla współczesnego przedsiębiorstwa ważne jest stworzenie odpowiedniego klimatu, który będzie sprzyjał innowacją. Innowacyjność jest postrzegana jako źródło do zyskania przewagi konkurencyjnej na rynku [21, 30], dlatego też naturalną konieczność jest zbadanie poziomu wykorzystania tego źródła, określenie wagi determinantów oraz wskazanie rezerw w tym obszarze [4, 5, 16, 2, 11].

Zakłada się, że otrzymane rezultaty badania znajdą praktyczne zastosowanie wśród osób decyzyjnych w przedsiębiorstwach MSP branży metalowej, gdyż:

1. Wyniki pracy badawczej posłużą jako opracowania, które posłużą za wskazówki i mają szansę stać się narzędziami pomocnymi w ocenie poziomu innowacyjności produktowej i technologicznej danego MSP branży metalowej. Opracowane w wyniku badań narzędzie może być również wykorzystane przez osoby decyzyjne w firmie do określenia działań, które zwiększą innowacyjność przedsiębiorstwa.
2. Stworzone rekomendacje w formie praktycznych wskazówek dla zarządzających MSP przemysłu metalowego, umożliwią poprawę efektywności funkcjonowania kierowanych przez nich organizacji.
3. Opracowana, na podstawie wniosków z badań, efektywna procedura wdrażania innowacji wpłynie na wzrost innowacyjności MSP branży metalowej, a w konsekwencji do zwiększenia ich konkurencyjności.

LITERATURA

- [1] AUDRETSCH D.: *The emergence of entrepreneurial economics. Research on technological innovation*, Management and Policy, 9 (2005), pp. 37–54.
- [2] BARTOLONI E.: *Capital structure and innovation: causality and determinants*, Springer Science+Business Media, LLC, 2011.
- [3] BOGDANIENKO J.: red., *Innowacyjność przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2004.
- [4] CANIBANO L., GARCIA-AYUSO M., SANCHEZ M. P.: *Shortcomings in the Measurement of Innovation: Implications for Accounting Standard Setting*, Journal of Management and Governance, Kluwer Academic Publishers, 2001
- [5] CASTANO-MARTINES M-S.: *Product innovation and R&D policy: the case of the transformation industries in developed and developing*, Springer Science+Business Media, 2012.
- [6] CASTANO-SOLEDADE M-S.: *Product innovation and R&D policy: the case of the transformation industries in developed and developing*, IntEntrepManag J (2012) 8, pp. 421–436, Springer Science+Business Media, LLC 2012.
- [7] CHANG Y. CH., CHEN M. H., LIN Y. P., GAO Y. S.: *Measuring Regional Innovation and Entrepreneurship Capabilities*, Springer Science+Business Media, 2011.
- [8] DAVIES N.: *Boże Igrzysko*, Warszawa, 2010.
- [9] DRUCKER P. F.: *Innowacje i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*, PWE, Warszawa 1992.
- [10] GRIFFITHS J., KSIAŻEK E., PRZYGOCKI W., WIŚNIEWSKI T.: *Budowanie gotowości inwestycyjnej innowacyjnych pomysłów biznesowych*, PARP, Warszawa 2011.
- [11] HORBACH J.: *Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [12] <http://www.lista500.polityka.pl/>. dane z dnia 15.02.2015 r.
- [13] JARUS T.: http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter_95851.asp, dostęp: 06.09.2014 r.
- [14] KARBOWNIK A., MICHNA A., MĘCZYŃSKA A., KMIĘCIAK R.: *Innowacyjność produktowa i technologiczna w małych i średnich przedsiębiorstwach przemysłu metalowego – koncepcja badań*, Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie z. 56, 2011.

- [15] KOTLERPH.: *Marketing. Analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola*, Wydawnictwo Gebethner i Ska, Warszawa 1994.
- [16] LOVE J. H., ROPER S.: *The Determinants of Innovation: R&D, Technology Transfer and Networking Effects*, Review of Industrial Organization, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [17] MAKKONEN T., VAN DER HAVE R. P.: *Benchmarking regional innovative performance: composite measures and direct innovation counts*, Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary 2012.
- [18] NIKOLAIDIS Y., FOUSKAS K., CARAYANNIS E. G.: *Assisting regional policy by rapidly comparing enterprise innovation between regions*, Journal of Innovation and Entrepreneurship 2013.
- [19] NISSAN E., GALINDO M.A., MÉNDEZ M.T.: *Relationship between organizations, institutions, entrepreneurship and economic growth process*, International Entrepreneurship and Management Journal, 7(3) – 2011, pp. 311–324. doi:10.1007/s11365-011-0191-2.
- [20] OSLO MANUAL.: *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat 2005.
- [21] PÉREZ-LUÑO A., VALLE CABRERA R., WIKLUND J.: *Innovation and Imitation as Sources of Sustainable Competitive Advantage*, "Management Research", vol. 5(2), 2007.
- [22] PILARCZYK B.: *Innowacje w komunikacji marketingowej*, Zeszyty Naukowe, nr 9, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Kraków 2011.
- [23] POLSKA AGENCJA INFORMACJI I INWESTYCJI ZAGRANICZNYCH: *Sektor metalowy w Polsce Wschodniej*, Warszawa 2012.
- [24] POMYKAŁSKI A.: *Innowacje*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2001.
- [25] ROCKWELL J. R., PARTICELLI M. C.: *New Product Management for the 1980's*, Booz Allen & Hamilton, New York, 1982.
- [26] RUBACH S.: *Collaborative Regional Innovation Initiatives: A Booster for Local Company Innovation Processes?*, Springer Science+Business Media, New York 2012.
- [27] RUBIO A., ARAGÓN A.: *SMEs Competitive Behavior: Strategic Resources and Strategies*, Management Research, vol. 7(3), 2009.
- [28] SCHUMPETER J.: *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital credit, interest and the business cycle*, Cambridge: Harvard University Press, 1934.
- [29] TARNAWA A., ZADURA-LICHOTA P.: pod red., *Raport o stanie sektora Małych i Średnich Przedsiębiorstw w Polsce. W latach 2011-2012*, PARP, Warszawa, 2013.
- [30] TIDDJ., BESSANT J.: *Zarządzanie innowacjami. Integracja zmian technologicznych, rynkowych i organizacyjnych*. Warszawa 2013.
- [31] WOJNICKA W., KLIMCZOK P.: *Procesy innowacyjne w sektorze MSP w Polsce i regionach. Innowacyjność w 2008*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2008.

PRODUCT AND PROCESS INNOVATIONS DEVELOPMENT IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES FROM METAL INDUSTRY – RESEARCH CONCEPT AND DIRECTION OF FUTURE RESEARCH

Abstract

Article consist in innovation potential of SMEs in metal industry and in this context its readiness to invest in innovation. Investment readiness results from properly conducted decision-making process which can be facilitated by analyzing the determinants of technology. Metal industry in Poland is one of the most dynamically developing industries. The term willingness of these companies to implement innovations is their chance of survival in a dynamic market.

Keywords: innovation management, decision analysis, knowledge transfer, technology transfer

KONCEPCJA BADAŃ ROZWOJU INNOWACJI PRODUKTOWYCH I PROCESOWYCH W MAŁYCH I ŚREDNICH PRZEDSIĘBIORSTWACH PRODUKCYJNYCH BRANŻY METALOWEJ

Streszczenie

Artykuł dotyczy potencjału innowacyjnego MSP przemysłu metalowego i w tym kontekście jego gotowości do inwestowania w innowację. Gotowość inwestycyjna wynika z prawidłowo przeprowadzonego procesu decyzyjnego, który można usprawnić poprzez analizę determinantów technologicznych. Branża metalowa w Polsce jest jedną z prężniej rozwijających się gałęzi przemysłu. Określenie gotowości tych firm do wdrażania innowacji jest dla nich szansą na przeżycie na dynamicznym rynku.

Słowa kluczowe: zarządzanie innowacjami, analiza decyzyjna, transfer wiedzy, transfer technologii

OCENA INNOWACYJNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW ENERGETYCZNYCH NA PODSTAWIE WYBRANYCH KRYTERIÓW

1. WSTĘP

Innowacyjność jest dominującym czynnikiem zapewniającym sukces przedsiębiorstwa i decydującym o jego aktualnej pozycji na rynku. Jest ważnym elementem rozwoju, a w ostatnich latach tematem wielu badań, których wyniki przedstawiane są w licznych publikacjach. Ocena innowacyjności przedsiębiorstw, jest bardzo złożonym zagadnieniem. W zależności od przyjętych kryteriów otrzymywane są różne oceny, co utrudnia porównywanie wyników badań. Działalność innowacyjną przedsiębiorstw można utożsamiać z wszelkiego rodzaju działaniami, które mają na celu wprowadzić, wdrożyć innowacyjne rozwiązania. O jakości działalności innowacyjnej przedsiębiorstw decyduje odpowiednie połączenie dobrej organizacji, właściwego procesu obsługi i odpowiedniej metody marketingowej.

2. BADANIA INNOWACYJNOŚCI

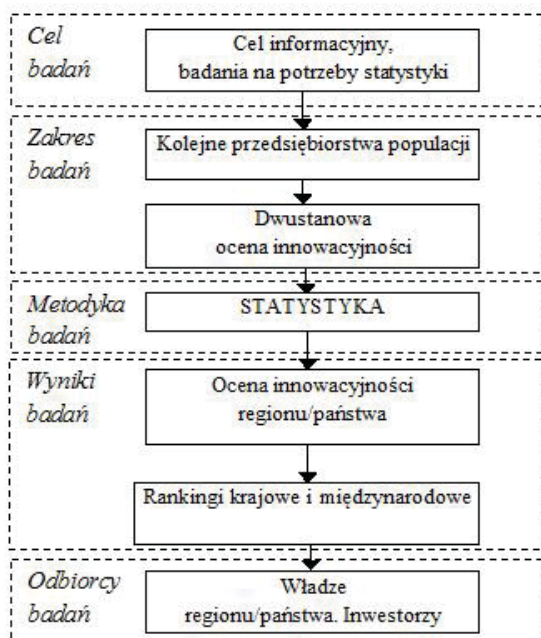
2.1. BADANIA OGÓLNE

Od kilku lat regularnie wzrasta liczba krajów prowadzących badania innowacyjności. Niestety w większości przypadków są to badania ogólne. Są to badania skierowane do dużej populacji. Wyniki przedstawiane są w formie statystycznych uogólnień, które odnoszą się państw lub regionów, nie do pojedynczych przedsiębiorstw. Badania te uwzględniają między innymi liczbę wdrażanych patentów, nowych, innowacyjnych rozwiązań, zmiany w przychodach przedsiębiorstw lub regionów. Odbiorcami wyników są władze regionu

¹ Politechnika Świętokrzyska, e-mail: a.sulerz@tu.kielce.pl

² Politechnika Świętokrzyska, e-mail: sciana@tu.kielce.pl

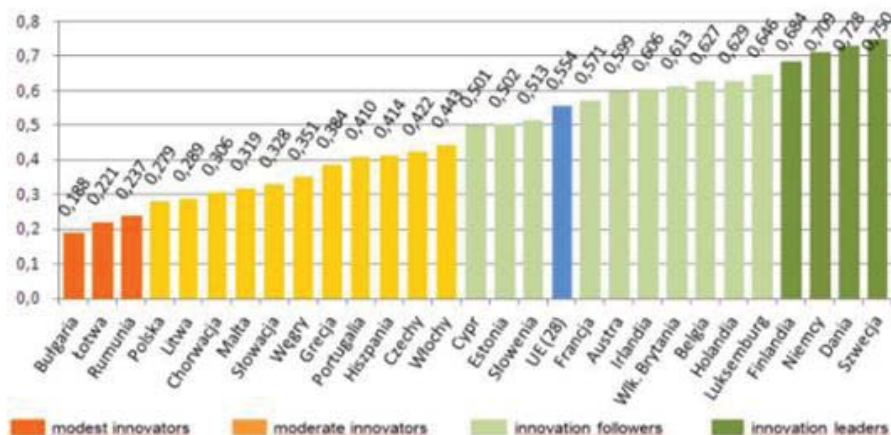
lub państwa czy też potencjalni inwestorzy. Badania prowadzą odpowiednie instytucje lub niezależne zespoły badawcze, wykorzystując różne metody oceny poziomu innowacyjności.



Rys. 1. Badania o charakterze ogólnym [5]

Badania w większości opierają się na dwustanowej ocenie przedsiębiorstw badanej populacji, jako innowacyjne lub nieinnowacyjne. Miarą innowacyjności państwa lub regionu jest wskaźnik obliczany, jako bezwzględna lub względna liczba innowacyjnych przedsiębiorstw w odniesieniu do wielkości państwa lub regionu.

Przykładem mogą być badania innowacyjności państw i regionów oraz oceny postępów w zakresie innowacyjności realizowane z inicjatywy Komisji Europejskiej. Badania te realizowane są zgodnie z metodyką wskazaną w Podręczniku *OSLO Manual* i wykorzystują dane gromadzone przez Urząd Komisji Europejskiej Eurostat (*European Statistical Office*) i inne uznane w skali międzynarodowej źródła.

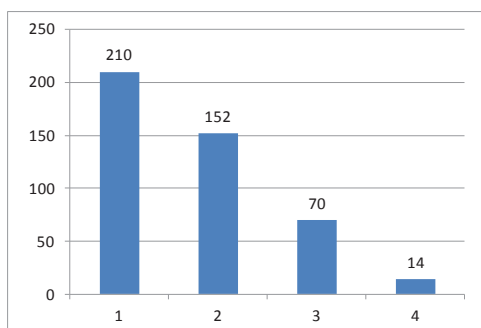


Rys. 2. Potencjał innowacyjny krajów Unii Europejskiej [16]

Innym przykładem badań ogólnych są badania przedstawione w pracy [6] ocena poziomu innowacyjności przedsiębiorstw informatycznych. Badania obejmowały 446 firm informatycznych z województwa świętokrzyskiego.

Ze względu na specyfikę badanej grupy, poziom innowacyjności uwzględniał 4 stopniową skalę. Poziom 4 (najwyższy) obejmował przedsiębiorstwa zajmujące się tworzeniem profesjonalnego, specjalistycznego oprogramowania z wykorzystaniem rozwiniętych narzędzi informatycznych. Natomiast poziom 1 (najniższy) obejmował proste, nieskomplikowane usługi informatyczne, tworzenie prostych stron informatycznych itp. Pomiędzy nimi mieścił się odpowiednio zdefiniowany poziom 2 oraz 3.

W badaniach uwzględniono 446 firm branży informatycznej województwa świętokrzyskiego. Wyniki w postaci grup przedsiębiorstw przypisanych do kolejnych poziomów innowacyjności w formie graficznej pokazano na rys. 3.

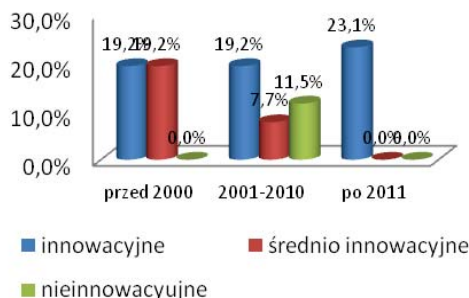


Rys. 3. Przedsiębiorstwa informatyczne w podziale na grupy [6]

2.2. BADANIA SZCZEGÓŁOWE

Innym przykładem tego typu badań są badania poziomu innowacyjności przedsiębiorstw logistycznych przedstawione w pracy [7].

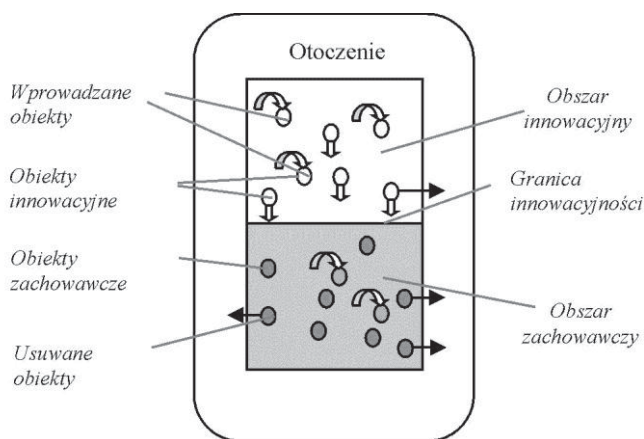
Na rysunku nr 4 przedstawiono poziom innowacyjności w zależności od czasu działalności przedsiębiorstwa.



Rys. 4. Rodzaj wprowadzanych innowacji w grupie przedsiębiorstw logistycznych [7]

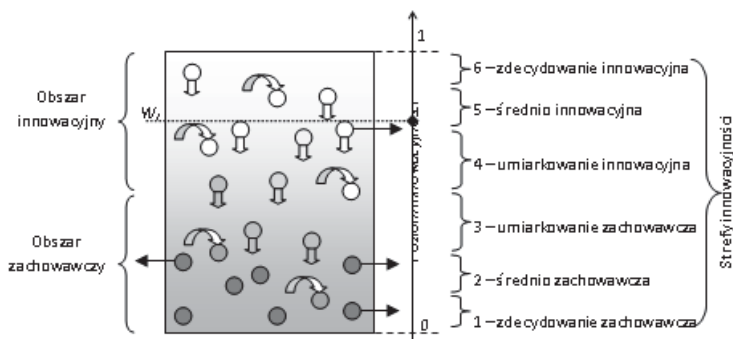
Do badań szczegółowych można zaliczyć metodę oceny rozwoju przedsiębiorstw z wykorzystaniem mapy innowacyjności [5]. W badaniach szczegółowych innowacyjności poszukuje się we wszystkich elementach tworzących przedsiębiorstwo: ludzie-badania-technologie-maszyny-wyroby.

W tradycyjnej dwustanowej ocenie obiekty mogą być klasyfikowane jako innowacyjne lub nieinnowacyjne. Dla nieinnowacyjnych przyjęto nazwę – zachowawcze.



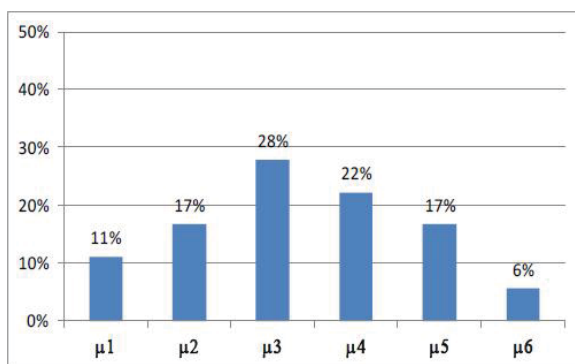
Rys. 5. Dwustanowa ocena innowacyjności [5]

Niestety ocena dwustanowa: innowacyjne lub nieinnowacyjne (Rys. 5) często nie opisuje dobrze rzeczywistości. To samo może być różnie oceniane w zależności od tego gdzie i kiedy. W metodzie oceny rozwoju przedsiębiorstw z wykorzystaniem mapy innowacyjności zastosowano skalę sześciostopniową, dla której 3 poziomy zdefiniowano jako zachowawcze, czyli nieinnowacyjne lub bardzo mało innowacyjne. 3 poziomy zdefiniowano jako innowacyjne od umiarkowanego do innowacyjnego w najwyższym stopniu. Skala ta pozwala także rozwiązać problem wpływu czasu na ocenę innowacyjności.



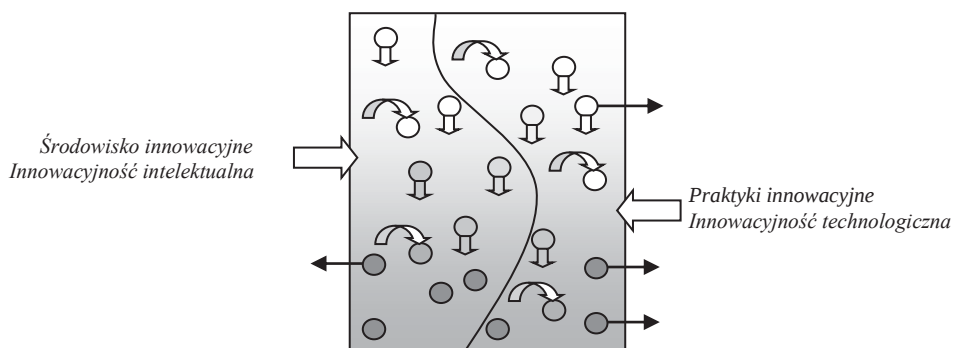
Rys. 6. Strefy innowacyjności i miara ciągła [5]

Udział obiektów innowacyjnych w przedsiębiorstwie może być mały a może też być duży. Rozróżnienie takich przypadków umożliwia wprowadzona charakterystyka przedsiębiorstwa w postaci struktury innowacyjności (Rys.7), pokazująca udział i znaczenie obiektów innowacyjnych w ocenie innowacyjności przedsiębiorstwa.



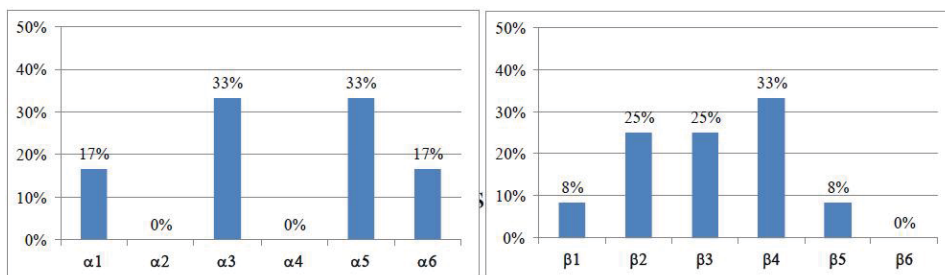
Rys. 7. Struktura innowacyjności całego przedsiębiorstwa [5]

Według metody oceny rozwoju przedsiębiorstw z wykorzystaniem mapy innowacyjności przedsiębiorstwie wyróżnić można dwie grupy funkcjonalne. Jedną z nich obejmuje te działania, które są bezpośrednio związane z wyrobami – jest to grupa innowacyjności technologicznej. Druga grupa innowacyjności intelektualnej obejmuje wszystkie te działania których efektem jest produkt niematerialny, czyli wiedza. Tworzy ona środowisko innowacyjne przedsiębiorstwa.



Rys. 8. Podział funkcjonalny innowacyjności we wzorowym przedsiębiorstwie [5]

Struktura innowacyjności określana jest oddzielnie w grupie innowacyjności intelektualnej i w grupie innowacyjności technologicznej.

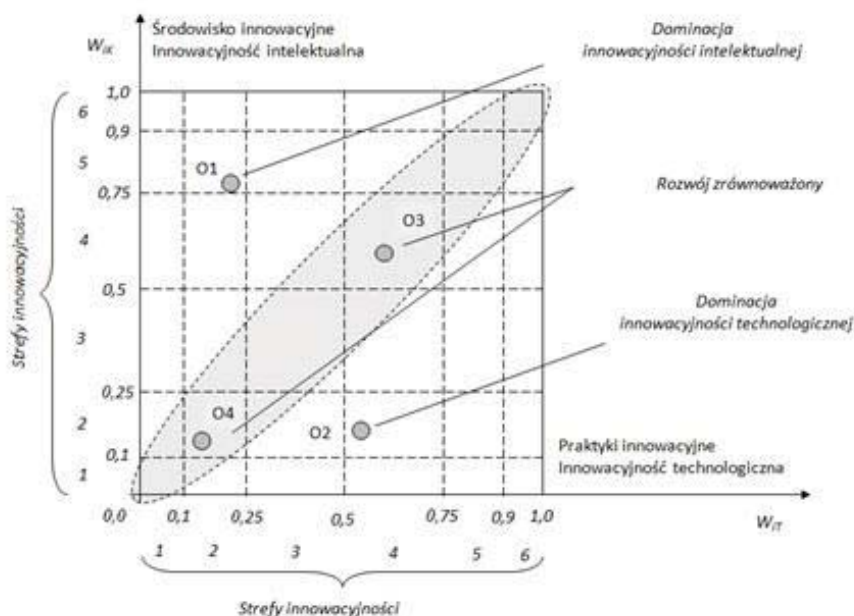


Rys. 9. Struktura innowacyjności przedsiębiorstwa dla obu grup funkcjonalnych [5]

Badane przedsiębiorstwo można umieścić na mapie innowacyjności, na której pokazane jest jako punkt o współrzędnych, które są zależne od wartości wskaźnika innowacyjności technologicznej i intelektualnej. Położenie na mapie pokazuje całościową wiedzę na temat innowacyjności danego przedsiębiorstwa.

Na mapie innowacyjności zaznaczyć można obszar zrównoważonego rozwoju, w którym przedsiębiorstwo rozwija się w sposób zrównoważony w zakresie praktyk innowacyjnych i środowiska innowacyjnego, a także obszary dominacji, czyli braku zrównoważonego rozwoju. W jednym z nich dominują

praktyki innowacyjne, przy jednocześnie niskim poziomie innowacyjności intelektualnej. W drugim z nich dominuje innowacyjność intelektualna, przy jednocześnie niskim poziomie innowacyjności technologicznej. Położenie na mapie innowacyjności przedstawia poziom rozwoju przedsiębiorstwa. Pozwala określić charakter zmian. Zmiany te powinny być skierowane w kierunku obszaru zrównoważonego rozwoju, gdzie odpowiednia relacja pomiędzy grupami funkcjonalnymi sprzyja prawidłowemu rozwojowi przedsiębiorstwa.



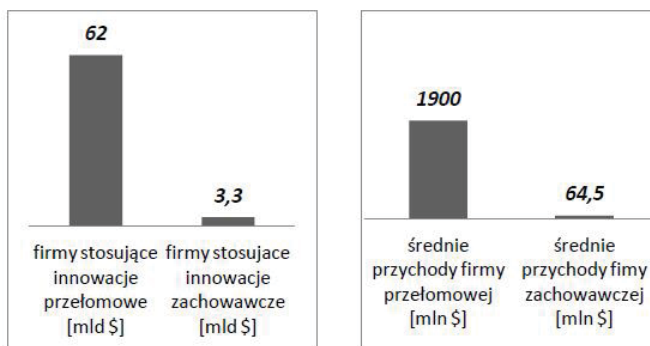
Rys. 10. Przykładowa mapa w procesie oceny [5]

Wynikiem badań jest wielokryterialna ocena stanu innowacyjności. Na jej podstawie formułowane są propozycje zmian rozwojowych związanych z innowacyjnością.

3. OCENA POZIOMU INNOWACYJNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW ENERGETYCZNYCH

Praktyka wykazuje, że innowacje przełomowe mają kluczowe znaczenie dla rozwoju firm. Istnieje wiele dowodów, że tylko 10% przedsiębiorstw potrafi podtrzymywać rozwój satysfakcjonujący akcjonariuszy przez okres 10 lat i dłuższy, stosując strategie zachowawcze. Przykłady wyników przedsiębiorstw stosujących innowacje zachowawcze i przełomowe przedstawione są na rys. 11.

Na wykresie z lewej strony przedstawione są przychody (razem) branży dysków komputerowych za lata 1976-1994 w kontekście dwóch rodzajów innowacji. Przychody firm stosujących innowacje przełomowe są ok. 20-krotnie wyższe (62 i 3,3 mld dolarów). Rysunek z prawej strony pokazuje przeciętne przychody firm stosujących dwa rodzaje innowacji. Różnica jest tu jeszcze wyższa; firma pionierska ma przychody ok. 30 razy wyższe od firmy zachowawczej (1,9 mld i 64,5 mln dolarów). Wyniki badań innych branż potwierdzają prawidłowość, wg której znacznie większy napęd wzrostu dają zawsze innowacje przełomowe.



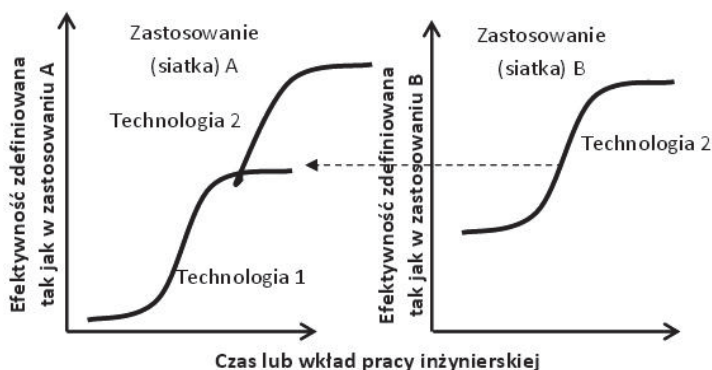
Rys. 11. Wyniki firm z obszarów innowacyjnych i zachowawczych [14]

W tym miejscu wypada się pochylić nad pytaniem: Jaką drogę rozwoju przyjmują firmy energetyczne? Należałoby ustalić czy energia w postaci ciepła albo prądu elektrycznego jest wystarczająco dobrym produktem czy też usługą jeśli weźmiemy pod uwagę kwestie dostarczenia tegoż produktu. Produkt zatem musi być dostępny zawsze i o każdej porze a klienta nie interesuje w jaki sposób jest on wytworzony – akurat w tym przypadku. Niezależnie od kwestii technicznych związanych z produkcją energii proces oceny innowacyjności takiego produktu jest skomplikowany. Po pierwsze jest to cecha nietrwałości, która w koncepcjach marketingowych oznacza brak możliwości magazynowania. Po drugie – cecha nierozdzielności, co oznacza, że energia jest jednocześnie dostarczana i konsumowana. Po trzecie, standaryzacja parametrów produktu, zapewniająca kompatybilność urządzeń odbiorczych. Po czwarte, musi ona być na tyle tania, by mogła być powszechnie stosowana.

Można określić, że przedsiębiorstwa bazujące czy też wykorzystujące OZE, znajdują się w obszarze wysoce innowacyjnym, gdyż muszą ze względu na technologię nieustannie i w sposób ciągły się rozwijać, a także wprowadzać wciąż nowe rozwiązania. Z drugiej strony firmy oparte na paliwach kopalnych i co do zasady opierające się na paliwach kopalnych, które dodatkowo połączone są w jedną wspólną sieć produkcji i dystrybucji, nie mogą tworzyć środowiska innowacyjnego ze względu na zachowawczy charakter sieci. Sieć bowiem jest z reguły zunifikowana, podlega takiej samej parametryzacji. Można przywołać

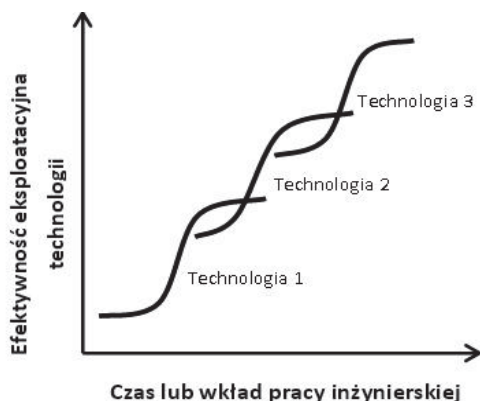
tutaj sieci: społeczne, ekonomiczne, technologiczne czy nawet komputerowe. Dopiero istotna zmiana całego systemu, a więc modyfikacja całej sieci w zupełnie nowym ujęciu skutkuje wskaźnikami wysoce innowacyjnymi. Sieć taka musi z natury rzeczy być stabilna i zrównoważona, żeby np. być podatna na atak z zewnątrz lub techniczną awarię. Zakład produkcyjny należący do sieci, musi z jednej strony podporządkować się wymogom co niejako wymusza pewną stagnację czy stałe parametry, a z drugiej, żeby utrzymać pozycję rynkową mimo wszystko rozwijać się w kierunku stosowania technologii optymalizujących działalność całego zakładu. I tutaj rodzą się również pewne korzyści zwłaszcza ekonomiczne. Cała sieć łącznie z przedsiębiorstwami biorąc pod uwagę szereg możliwości, sprzyja powstawaniu innowacji ze względu na spory potencjał. Na przeciwnym biegunie znajduje się obraz przedsiębiorstwa zachowawczego i stabilnego takiego, które odporne jest na niespodziewane zmiany i sytuacje awaryjne kosztem starszej i sprawdzonej technologii. [12]

Model innowacyjny jest kształtowany przez zupełnie inne procesy niż klasyczny rozwój oparty na innowacji zachowawczej. Krzywe dla każdego rozwiązania są umieszczone w dwóch układach współrzędnych, opisujących odmienne zastosowania technologii. Technologie przełomowe rozwijają się początkowo w swojej własnej sieci wartości i po swoistej trajektorii rozwoju, pokazanej na rys. 13 jako zastosowanie B. Gdy rozwiną się na tyle, że mogą zagwarantować istotę i poziom ich zastosowania w innej siatce wartości (zastosowanie A), przenikają do niej, burząc dotychczasową ścieżkę rozwoju. W sieci A pojawia się bowiem technologia będąca już w fazie szybkiego wzrostu efektywności, a przy tym prostsza i tańsza. Dla firm o dotychczasowej ścieżce rozwoju opartej na innowacji zachowawczej (potentatów) oznacza to kres funkcjonowania; zupełnie nieefektywne stają bowiem żmudne innowacje przyrostowe i wysoce kosztowne poszukiwania innowacji radykalnej, a dotychczasowy lider rynku nie może szybko przestawić się na nową technologię ze względu na asymetrię umiejętności



Rys. 13. Przedsiębiorstwo energetyczne w obszarze innowacyjnym [12]

Zgodnie z modelem przedstawionym na rys. 12 we wcześniejszych fazach każda technologia rozwija się powoli. Po osiągnięciu pewnego stadium następuje znaczne przyspieszenie tego rozwoju. W fazie dojrzałości efektywność technologii znów maleje i asymptotycznie zbliża się do naturalnej granicy; wymaga coraz większych nakładów pracy inżynierskiej, a efekty tej pracy są coraz wolniejsze i skromniejsze. Rozwiązaniem staje się zastosowanie innej technologii, o radykalnie wyższej efektywności. Jest to wynik całego szeregu działań takich jak: inwestowanie w prace badawczo-rozwojowe, tworzenie przez firmy konsorcjów i wspólnych projektów badawczych, przewidywanie i odwzorowywanie technologii, inżynieria wsteczna, kontrakty z ośrodkami naukowymi i innych.



Rys. 12. Przedsiębiorstwo energetyczne w obszarze zachowawczym [12]

Jak zatem traktować energię z OZE w kontekście wyżej przedstawionych warunków? Weźmy pod uwagę ogniwo fotowoltaiczne – przykład źródła innowacji wchodzącego w skład OZE. Nie jest ono w stanie zapewnić ciągłości zasilania w energię nawet na niejednorodnym poziomie. Nie może stanowić zatem autonomicznego źródła zasilania dla podstawowego klienta jako odbiorcy produktu w postaci energii elektrycznej – musi posilkować się energią ze źródeł konwencjonalnych. A więc jest to źródło niedoskonałe zarówno dla producenta (sieci) jak i dla odbiorcy (klienta). W naszym przypadku energetyka jądrowa również będzie się zaliczała do energetyki konwencjonalnej – chyba że będzie bazowała na przyjaznym dla środowiska i całkowicie nieszkodliwym izotopie [11].

Jest jednak znacząca przewaga w stosunku do konwencjonalnych źródeł zasilania. Ogniwo jest proste konstrukcyjnie, łatwe do zaadaptowania w każdych warunkach, nie potrzebuje zasilania w postaci paliw kopalnych, jest zasilana „darmową i zieloną” energią słoneczną. Energia jest w nim wytwarzana w zupełnie inny sposób niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych generatorów, jest znacznie prostsze konstrukcyjnie niż tradycyjne urządzenia elektro-mechaniczne produkujące prąd. Łatwo można je łączyć w większe struktury:

moduły i panele. Ma również oczywiście swoje wady: działa tylko wtedy, gdy świeci słońce, a energia z fotowoltaiki jest droższa od tej z klasycznej sieci. Może jednakże - dla określonych klientów - stanowić stosunkowo proste technicznie źródło energii, która nie pochodzi z sieci. Reasumując ogniwo fotowoltaiczne ma wyraźny potencjał w obszarze innowacyjnym.

Przedsiębiorstwa elektroenergetyczne są elementami sieci i przy tym z reguły dużymi, pionowo zintegrowanymi firmami, mającymi charakter potentatów rynkowych. Z natury rzeczy będą one więc zainteresowane rozwijaniem obszaru innowacji zachowawczych. Służy temu np. wprowadzanie nowych urządzeń o większej sprawności, także nowych metod produkcji energii. Do tej grupy należy wspomniana wyżej energetyka atomowa. Jedynymi elementami determinującymi przynależność do obszaru innowacji dla samej technologii ogniw słonecznych będą zatem: nowe przewodniki lub powłoki, inwertery oraz pozostałe materiały zwiększające sprawność pojedynczego panelu czy zestawu takich ogniw. Należy zatem rozróżnić innowacje na etapie technologicznym samego urządzenia jak i innowacje na etapie rozwiązania systemowego łączącego poszczególne elementy w sieć, a tu już wchodzimy w obszar zachowawczy [13].

4. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane podejście wskazuje jednoznacznie iż energetyka niesie ze sobą niemały potencjał w obszarze innowacyjnym. Dzieje się tak za sprawą wprowadzania przede wszystkim nowych technologii wytwarzania energii, które obniżają koszty produkcji energii, są przyjazne dla środowiska i determinują rozwój całego zakładu. Z drugiej strony po osiągnięciu celu pierwotnego taka instalacja wdrożona i funkcjonująca w pewnej sieci energetycznej, staje się częścią większego systemu i po pewnym czasie w sposób naturalny przechodzi w obszar zachowawczy. Każdorazowe wprowadzenie nowej technologii sprawia, że tylko przez pewien czas taka firma staje się wysoce innowacyjna dopóki owa technika się nie zestarzeje, przy czym ciągle zmiany technologiczne i nowe wdrożenia nie są pożądane w tego typu przedsiębiorstwach ze względu na wymuszony przez rynek stabilny charakter ich funkcjonowania. Elektroenergetyka określana jest często jako branża, szczególnie mocno ingerująca w środowisko naturalne, stąd technologia produkcji ma znacznie większe znaczenie niż w innych przemysłach, jest często monitorowana i obłożona restrykcyjnymi przepisami, w tym obowiązkiem częściowej produkcji tzw. zielonej energii. Za tym idą pewne procesy wsparcia dla OZE takie jak „sprzedawanie bonusów” w postaci zielonych certyfikatów czy planów taryfowych (np. taryfa nocna).

LITERATURA

- [1] Podręcznik Oslo, *Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji*, wyd. trzecie, OECD i Eurostat, Warszawa MNiSW, 2006.
- [2] OECD <http://www.oecd.org/std/prices-ppp/eurostat-oecdmethodological-manualonpurchasingpowerparitiesppps.html>
- [3] *Research & Development, Innovation, and the Science and Engineering Workforce*, 2012, National Science Board 2012, Internet.
- [4] GIERULSKI W., KACZMARSKA B.: *Designing Innovate Product in Terms of LCA*, Structure and Environment, Architecture, Civil Engineering, Environmental and energy, 2014.
- [5] KACZMARSKA B.: *Modelowanie innowacyjnego rozwoju przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2015.
- [6] KACZMARSKA B., SULERZ A.: *Ocena innowacyjności przedsiębiorstw informatycznych*, w: Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne, 2013, s. 155–165.
- [7] SULERZ A.: *Ocena poziomu innowacyjności przedsiębiorstw logistycznych*, LOGISTYKA nr 6/2014, wyd. CD, s. 1231–5478.
- [8] ANTHONY S. D., JOHNSON M. W., SINFIELD J.V., ALTMAN E. J.: *Przez innowację do wzrostu*, Oficyna a Wolter Kluwer business, Warszawa 2010.
- [9] BENDYK E.: *Antymatrix – człowiek w labiryncie sieci*, W. A. B., Warszawa 2004.
- [10] CASTELLS M.: *Spółczesność sieci*, PWN, Warszawa 2008.
- [11] CHLEBOWSKI K.: *Energetyka atomowa – nadzieje i zagrożenia*, <http://www.cire.pl/item,71280,2,0,0,0,0,0,energetyka-atomowa--nadzieje-i-zagrozenia.html>
- [12] CHLEBOWSKI K.: *Innowacje w energetyce*. PWN, Warszawa 20012
- [13] CHLEBOWSKI K.: *Strategia elastycznego inwestowania*, <http://www.cire.pl/item,73250,2,0,0,0,0,0,strategia-elastycznego-inwestowania.html>
- [14] CHRISTENSEN C. M.: *Przełomowe Innowacje*, PWN, Warszawa 2010.
- [15] CHRISTENSEN C. M., RAYNOR M., E.: *Innowacje. Napęd wzrostu*, Harvard Business School Press, Wydawnictwo Studio Emka, Warszawa 2008.
- [16] http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86197.asp?soid=8771DBB1291D4965B59BFF6B10573A46

ASSESSMENT OF INNOVATIVE ENERGY ENTERPRISES ON THE BASIS OF SELECTED CRITERIA

Abstract

This article presents the methodology for evaluating energy companies considering their innovation or selected indicators. We can get different results depending on the characters of data to be evaluated or depending on the criteria. In the case of energy companies both producers and distributors of heat or energy, the concept of innovation must be interpreted in many ways. This article aims to bring the assessment methodology, which may prove useful for the assessment of these companies or similar.

Keywords: innovation, evaluation methods, energy

OCENA INNOWACYJNOŚCI PRZEDSIĘBIORSTW ENERGETYCZNYCH NA PODSTAWIE WYBRANYCH KRYTERIÓW

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodykę oceny przedsiębiorstw energetycznych biorąc pod uwagę ich innowacyjność lub wybrane wskaźniki traktujące o takim charakterze. W zależności od przyjętych kryteriów można otrzymać zróżnicowane wyniki zależne od charakteru danych które podlegały ocenie. W przypadku przedsiębiorstw energetycznych zarówno producentów jak i dystrybutorów ciepła czy energii, pojęcie innowacyjności należy interpretować w wielu płaszczyznach. Ten artykuł ma na celu przybliżenie takiej metodologii oceny, która może okazać się przydatna dla oceny tychże przedsiębiorstw lub podobnych.

Słowa kluczowe: innowacje, metody oceny, energetyka

KONCEPCJA BADAŃ NAD PROCESEM ZARZĄDZANIA INNOWACJAMI W SIECI PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH W OPARCIU O SYSTEMY ERP ZINTEGROWANE TECHNOLOGIĄ CLOUD COMPUTING

1. WSTĘP

W gospodarce opartej na wiedzy menadżerowie i pracownicy przedsiębiorstw, którzy chcą utrzymać swoją pozycję na rynku lub pozyskać nowe rynki, powinni doskonalić swoje umiejętności pozwalające im na wykorzystanie dostępnych nowatorskich rozwiązań technologicznych. „Dynamika przemian zmusza pracowników do realizowania w praktyce idei uczenia się przez całe życie [5]”. „Przeciwdziałanie dezaktualizacji wiedzy staje się jednym z najważniejszych wyzwań cywilizacyjnych, jakie stawia przed człowiekiem społeczeństwo informacyjne [29]”. Problematyka proponowanych badań wpisuje się w aktualny i ważny obszar badań związanych z zarządzaniem, a w szczególności wymianą wiedzy potrzebnej do powstawania innowacji produktowych i technologicznych między przedsiębiorstwami funkcjonującymi w sieci, tzn. zarządzaniem postrzeganym jako podmiotowo zorganizowane i zadaniowo ukierunkowane sterowanie dostępem do wiedzy [7, 22]. Zdolności do szybkiego nawiązywania aliansów strategicznych i łatwego przyłączania się do sieci przedsiębiorstw, a tym samym tworzenia warunków wymiany wiedzy, która przyczynia się do tworzenia innowacji zarówno produktowych jak i technologicznych, niosą dla poszczególnych firmy wiele korzyści. Proponowany model zarządzania wiedzą sieci przedsiębiorstw, aktualizujący i rozszerzający dostępne modele wyodrębnionych, samodzielnie funkcjonujących przedsiębiorstw produkcyjnych, umożliwi kumulowanie wiedzy indywidualnych przedsiębiorstw i jej zintegrowane wykorzystanie w sieci przedsiębiorstw ze sobą kooperujących.

¹ Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, 65–001 Zielona Góra,
ul. Prof. Z. Szafrana 4, tel./fax.: +48 68 328 2514, e-mail: k.skrzypek@iizp.uz.zgora.pl

Artykuł składa się z dwóch części. Teoretyczna część pracy poświęcona została zagadnieniu m. in.: innowacyjności, sieci przedsiębiorstw, zarządzaniu wiedzą i innowacjami, wirtualnym przedsiębiorstwom. Druga część artykułu skupia się na zaprezentowaniu celów, hipotez oraz planu badań

2. ANALIZA LITERATUROWA

Jak pisze J. Fagerberg i B. Verspagen „innowacyjność jest jednym z tych słów, które jest na ustach wszystkich. Przedsiębiorstwa dbają o zwiększanie 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” [10]. Innowacyjność to pojęcie które jest różnie definiowane. Tabela 1 zawiera przykład wybranych definicji innowacji, proponowanych przez różnych badaczy, w odniesieniu do przedsiębiorstw.

Tab. 1 Przegląd wybranych definicji – pojęcie innowacji [źródło: Opracowanie własne]

Autor	Definicja	Rok
Marciniak S., Głodziński E., Krwawicz M.	Innowacja jest to wprowadzenie nowego lub znacząco ulepszanego produktu/procesu, zastosowanie nowego lub znacząco ulepszanego rozwiązania marketingowego/organizacyjnego/technologicznego [24].	2013
Lee S. M., Olson D. L., Trimi S.	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 [23].	2012

Tematyka innowacyjności zajmuje obszerne miejsce w nauce, a samo jej definiowanie nie jest sprawą jednoznaczną. Wynika to z faktu, że tematem innowacyjności zajmują się specjaliści z różnych dziedzin nauki zarówno ekonomicznych jak i technicznych.

W klasyfikacji innowacji ze względu na ich obszar (przedmiot), spotyka się podział na innowacje produktowe, procesowe/technologiczne, organizacyjne i marketingowe [28]. Poniższe tabele (2, 3, 4 i 5) przedstawiają przykładowe definicje innowacji charakteryzowanych ze względu na ich obszar.

Tab. 2. Przykładowa definicja innowacji produktowej [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji produktowej	Rok
Mierzejewska B.	Innowacja produktowa jest to wprowadzanie na rynek nowych lub znacznie ulepszonych produktów [25].	2010

Tab. 3. Przykładowa definicja innowacji procesowej / technologicznej [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji procesowej / technologicznej	Rok
Mierzejewska B.	Innowacja procesowa jest to wprowadzenie nowych lub ulepszonych procesów technologicznych, oprogramowania, sposobów tworzenia oraz świadczenia usług itp. [25].	2010

Tab. 4. Przykładowe definicja innowacji organizacyjnych [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji organizacyjnych	Rok
Jarus T.	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 [17].	2014

Tab. 5. Przykładowa definicja innowacji marketingowych [źródło: opracowanie własne]

Autor	Definicja innowacji marketingowych	Rok
Pilarczyk B.	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 [33].	2011

W niniejszej pracy do dalszych badań wybrano zagadnienie innowacyjności produktowej oraz technologicznej.

W świetle przytoczonych definicji innowacyjności i poszczególnych jej rodzajów, pojawia się pytanie: co to jest działalność innowacyjna i czym jest przedsiębiorstwo innowacyjne? „Działalność innowacyjna to całokształt działań naukowych, technicznych, organizacyjnych, finansowych i komercyjnych, które realnie prowadzą lub mają w zamierzeniu prowadzić do wdrażania innowacji. Niektóre z tych działań same z siebie mają charakter innowacyjny, natomiast inne nie są nowością, lecz są konieczne do wdrażania innowacji. Działalność innowacyjna obejmuje także działalność badawczo-rozwojową (B+R), która nie jest bezpośrednio związana z tworzeniem konkretnej innowacji. Działalność innowacyjna może mieć bardzo różnorodny charakter w zależności od specyfiki firmy.

Podstawowa definicja innowacyjnego przedsiębiorstwa mówi, że jest to firma, która wdrożyła w danym czasie przynajmniej jedną innowację, natomiast firma innowacyjna w sferze produktów lub technologii została zdefiniowana jako ta która wdrożyła innowację w obrębie produktu lub innowację w obrębie technologii [12]. Według J. Bogdanienko za „przedsiębiorstwa innowacyjne uważa się takie firmy, które potrafią tworzyć lub kopiować nowe produkty, efektywnie wytwarzać je oraz skutecznie zbywać oraz te które charakteryzują się w związku z tym zdolnością ciągłego odnawiania ich portfela stosownie do zmian w otoczeniu oraz umiejętnością sprawnego wprowadzania nowych technologii i metod organizacji niezbędnych do realizacji zmieniających się celów rozwojowych [2]”.

Dla potrzeb pracy badawczej przyjęto, że przedsiębiorstwo innowacyjne jest to przedsiębiorstwo, które w badanym okresie czasu wprowadziło na rynek co najmniej jedną innowację – nowy lub istotnie ulepszony produkt bądź nowy lub istotnie ulepszony proces technologiczny i w wyniku wdrożenia innowacji osiągnęło zyski lub oszczędności.

„Innowacyjność i innowacje to pojęcia nietożsame, ale ściśle ze sobą powiązane. Innowacyjność często bowiem jest mierzona ilością tworzonych i wdrażanych innowacji oraz nakładami przeznaczonymi przez przedsiębiorstwo na działania w tym zakresie [11]”. W obecnym stanie wiedzy nie istnieją usystematyzowane mierniki do oceny poziomu innowacyjności przedsiębiorstw działających na wspólnym rynku. Innowacyjność jako cecha przedsiębiorstwa innowacyjnego nie ma również syntetycznego wskaźnika. W literaturze przedmiotu istnieje wiele różnych podejść do procesu pomiaru innowacyjności. A. Pomykański przy ocenie innowacyjności proponuje wzięcie pod uwagę następujących kryteriów i wskaźników [34]:

- różnego rodzaju miary specyficznych efektów działania – np. ilość patentów i publikacji naukowych zgłoszonych przez daną firmę,
- liczby nowych produktów jako wskaźnika sukcesu innowacji produktowych,
- oceny jakości działania np. takie jak badania zadowolenia konsumentów,
- efektów sukcesu strategicznego np. wzrost przychodów lub udziału w rynku, zwiększona zyskowność itp. w wyniku wprowadzenia innowacji.

Bardziej specyficzne efekty innowacyjności na które również zwracają uwagę m.in. S. Motyka i I. Bielski to np.:

- liczba nowych produktów wprowadzonych w ostatnich trzech latach,
- liczba nowych pomysłów wygenerowanych w organizacji,
- liczba wprowadzanych innowacji,
- rodzaje innowacji,
- długość cykli prac badawczych i wdrożeniowych,
- liczba zgłoszeń patentowych [1, 26].

W literaturze przedmiotu najczęściej spotykane kryteria podziału mierników innowacyjności to: potencjał innowacyjny, proces innowacyjny oraz efekty procesów innowacyjnych. „Boston Consulting Group przyjmuje, że w celu oceny działalności innowacyjnej firmy należy stosować pewną zrównoważoną kompozycję mierników w trzech kategoriach: nakładów, procesów i wyników [27]”.

Dla potrzeb pracy badawczej przyjęto, że innowacyjność przedsiębiorstw będzie oceniana na podstawie następujących wskaźników:

- liczbę wdrożonych innowacji produktowych,
- liczbę wdrożonych innowacji technologicznych,
- nakłady na działalność B+R,
- nakłady na działalność innowacyjną,
- zyski powstałe w wyniku wytworzenia innowacji produktowej lub technologicznej,
- oszczędności powstałe w wyniku wytworzenia innowacji produktowej lub technologicznej,
- liczba partnerskich organizacji (przedsiębiorstwa, sieci przedsiębiorstw, klastry, itp.),
- zatrudnienie w działach przedsiębiorstwa, wymagających specjalistycznej wiedzy jako procent całkowitego zatrudnienia.

Mając na uwadze opisane dotąd definicje oraz temat niniejszej pracy, należy zadać sobie pytanie czym jest i jak zmierzyć innowacyjności w sieci przedsiębiorstw? Istnieje duża liczba publikacji, w których autorzy definiują pojęcie organizacji sieciowej oraz opisują jej funkcjonowanie i rozwój. Z punktu widzenia tematyki badań przedstawiono tylko wybrane poglądy i definicje organizacji sieciowych.

Intuicyjnie sieć przedsiębiorstw jest to zbiór powiązanych ze sobą przedsiębiorstw, współpracujących i świadczących sobie na wzajem usługi lub dostawy produktów w oparciu o powiązania umowne. J. C. Jarillo za organizację sieciową uznaje taką, „w której jedna z firm sprawuje rolę głównego kontrolera, nadzorując przepływ aktywów materialnych i niematerialnych pomiędzy innymi, niezależnymi przedsiębiorstwami, zapewniając efektywne zaspokojenie oczekiwań ostatecznych klientów [16]”. Według J. Brilmana do „organizacji sieciowych wlicza się również sieć rozproszonych jednostek, tworzących grupę kapitałową [3]”. A. P. Wiatrak za organizację sieciową uważa „zbiór samodzielnych jednostek tworzących wspólną strukturę do prowadzenia określonych i ustalonych działań [38]”. Funkcjonowanie sieci organizacyjnych umożliwia łącznie sił w ramach wspólnych inicjatyw i aktywności innowacyjnej, wykorzystanie różnych unikalnych umiejętności jak i tworzenie specjalistycznych konfiguracji kompetencji rozmieszczonych w wielu organizacjach uczestniczących w sieci [37].

Dla potrzeb pracy badawczej zdefiniowano sieć przedsiębiorstw jako grupę wzajemnie formalnie powiązanych przedsiębiorstw kooperujących ze sobą w celu podniesienia poziomu innowacyjności każdego z członków organizacji. Zakłada się, że przedsiębiorstwa te wymieniają dane ze sobą za pomocą systemów informatycznych. Dodatkowo w opisywanej sieci dopuszcza się możliwość tworzenia tymczasowej podsieci, powołanej do realizacji określonego celu, wykorzystującej nadarżającą się okazję rynkową i skoncentrowanej wokół kluczowych kompetencji uczestników sieci. W literaturze przedmiotu takie podsieci i sieci nazywa się organizacją wirtualną [6, 20, 31].

Celem badań jest opracowanie modelu zarządzania wiedzą dostępną w systemach ERP zintegrowanych technologią Cloud Computing w sieci współpracujących przedsiębiorstw w aspekcie tworzenia innowacji produktowych i technologicznych. Na podstawie danych publikowanych w Bazie Nauki Polskiej, można stwierdzić, że takie podejście jest nowe. Mając na uwadze przyjęte definicje, analizę danych publikowanych przez Bazę Nauki Polskiej oraz m.in. Komisję Europejską w raporcie Innovation Union Scoreboard [8], określono następujące przesłanki do rozpoczęcia badań w zakresie tematu pracy:

- niski poziom innowacyjności przedsiębiorstw produkcyjnych,
- niski poziom współpracy przedsiębiorstw produkcyjnych zrzeszonych w sieciach przedsiębiorstw,
- niska efektywność działania sieci przedsiębiorstw produkcyjnych,
- słaba pozycja Polski i polskich przedsiębiorstw produkcyjnych w europejskich rankingach innowacyjności.

3. CELE I HIPOTEZY BADAWCZE

„Przewagę konkurencyjną będą mogły osiągnąć te przedsiębiorstwa, które nie tylko posiadają wiedzę, ale potrafią umiejętnie tą wiedzą zarządzać [9, 13]” i wykorzystywać np. do tworzenia innowacji zarówno produktowych jak i technologicznych. Zdolność do szybkiej wymiany wiedzy inżynierskiej związanej z procesami projektowania konstrukcji i technologii w przedsiębiorstwach o wysokim potencjale innowacyjnym gwarantuje szybkie reagowanie na potrzeby rynku [14, 18]. Dane w przedsiębiorstwach produkcyjnych dotyczące specyfikacji konstrukcyjnej wyrobów, opisu technologii wytwarzania oraz systemu jakości są rejestrowane w informatycznych systemach zarządzania klasy ERP. Systemy te stały się w ostatnich kilkunastu latach istotnymi narzędziami wspomagającymi realizację procesów [21]. Jednak systemy ERP są głównie wykorzystywane do przetwarzania danych i analizy informacji a bardzo rzadko są traktowane jako podstawowe źródło wiedzy [4]. Wiedza, rozumiana jako ogół wiarygodnych informacji o rzeczywistości wraz z umiejętnościami ich wykorzystywania, powstaje poprzez usystematyzowanie dostępnej i nowo

pozyskanej informacji oraz jej integrację z wiedzą już istniejącą. W uproszczeniu można przyjąć, że „wiedza powstaje z informacji, które są dla odbiorcy ważne i zostały zweryfikowane lub sprawdzone w praktyce [39]”. Kluczową umiejętnością dla przedsiębiorstw staje się dziś zdolność adaptacji do ciągle zmieniających się wymagań rynkowych. Efekt synergii związany z współdzielonym dostępem do zintegrowanej wiedzy sieci przedsiębiorstw produkcyjnych, umożliwia przedsiębiorstwu podejmowanie skuteczniejszych decyzji niż w przypadku wykorzystaniu wiedzy lokalnej. W konsekwencji oznacza to, że wiedza implikująca powstawanie innowacji warunkuje również konkurencyjność przedsiębiorstw [19, 30, 32, 35].

Można zatem wysunąć następujący problem badawczy: Dana jest grupa firm produkcyjnych, należących do sieci współpracujących przedsiębiorstw, w których wdrożono systemy ERP. W jaki sposób można efektywnie zarządzać wiedzą tworzoną w tej sieci w oparciu o dane z systemów ERP zintegrowanych technologią Cloud Computing w celu wygenerowania innowacji produktowych i technologicznych?

Celem badań jest opracowanie modelu zarządzania wiedzą dostępną w systemach ERP zintegrowanych technologią Cloud Computing w sieci współpracujących przedsiębiorstw w aspekcie tworzenia innowacji produktowych i technologicznych. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez weryfikację postawionych hipotez badawczych:

- zdolność danego przedsiębiorstwa produkcyjnego do funkcjonowania w sieci przedsiębiorstw zależy od zdolności do wymiany posiadanej przez siebie wiedzy z innymi członkami sieci,
- integracja procesowa przedsiębiorstwa produkcyjnego z siecią współpracujących przedsiębiorstw zależy od funkcjonalności informatycznego systemu zarządzania wdrożonego w tej firmie,
- istnieje zależność pomiędzy poziomem wdrożenia technologii informatycznych w przedsiębiorstwie produkcyjnym, a jego zdolnością do integracji w sieci współpracujących przedsiębiorstw,
- technologia Cloud Computing umożliwia w sieci przedsiębiorstw produkcyjnych integrację systemów ERP w celu zarządzania wiedzą potrzebną do powstania innowacji produktowych i technologicznych.

W wyniku prowadzonych badań opracowany zostanie model referencyjny organizacji sieciowej kooperujących ze sobą przedsiębiorstw (przedsiębiorstw współdzielących się dostępem do swoich baz wiedzy) umożliwiające poszukiwanie odpowiedzi na następujące m.in. pytania:

- Jaką wiedzę można pozyskać z obszarów funkcjonalnych przedsiębiorstwa poprzez dostępne systemy ERP i systemy ERP zintegrowane technologią Cloud Computing, przykładowo: w obszarze utrzymania ruchu (wiedza umożliwiająca efektywnym zarządzaniem środkami produkcji) czy w obszarze sprzedaży?

- W jaki sposób można wykorzystywać wiedzę w procesie podejmowania decyzji operacyjnych, taktycznych i strategicznych, na przykład w obszarze tworzenia innowacji technologicznych i produktowych?

4. PROPONOWANE METODY BADAWCZE

W oparciu o analizę literaturową, opracowany zostanie scenariusz przeprowadzenia wywiadów bezpośrednich w wybranych 10 przedsiębiorstwach produkcyjnych należących do sieci współpracujących przedsiębiorstw branży motoryzacyjnej. Na podstawie przeprowadzonych wywiadów, zostaną opracowane i poddane analizie wybrane studia przypadków działania sieci współpracujących przedsiębiorstw. Opierając się na przeprowadzonej analizie przypadków, opracowany zostanie formularz ankiety. Następnie przeprowadzona zostanie dwuetapowa ankieta wśród wybranych 120 przedsiębiorstw produkcyjnych i usługowych. W pierwszej fazie przeprowadzone zostanie rozpoznanie potrzeb w zakresie dostępu do wiedzy w aspekcie tworzenia innowacji produktowych i technologicznych pozyskiwanej w wybranych obszarach funkcjonalnych, a także wiedzy łączącej wiedzę z różnych obszarów funkcjonalnych. W drugiej fazie nastąpi uściślenie potrzeb zebranych w pierwszej fazie. Przeprowadzona ankieta pozwoli na określenie dodatkowych danych charakteryzujących wyodrębnione obszary funkcjonalne przedsiębiorstwa, które umożliwiają generowanie poszukiwanej wiedzy. Nowouzyskane dane wraz z dotychczas wykorzystywanymi danymi z systemów ERP, pozwolą na zastosowanie metod drążenia danych do generowania nowej wiedzy (przyczyniającej się do wytworzenia innowacji produktowych i technologicznych) w wybranych obszarach funkcjonalnych. Zakłada się, że wygenerowana wiedza będzie miała charakter regułowy. Dla potrzeb zarządzania opisywaną zintegrowaną wiedzą w sieci współpracujących przedsiębiorstw produkcyjnych, zaproponowane zostaną algorytmy wspomagania decyzji wykorzystywane przez poszczególne przedsiębiorstwa należące do sieci. Algorytmy te zostaną zaimplementowane w systemie, który będzie dostępny w publicznej lub hybrydowej sieci Cloud Computing, w celu przeprowadzenia eksperymentów weryfikujących przedstawione hipotezy badawcze. O wyborze technologii Cloud Computing zdecydowały szeroko opisywane w literaturze przedmiotu jej zalety i możliwości, popularność oraz ciągły rozwój tej technologii przez wiodących producentów z branży IT. Ponadto dopuszcza się możliwość dużego rozproszenia geograficznego partnerów w badanej sieci przedsiębiorstw (międzynarodowy charakter sieci), przez co bezpośredni kontakt jest znacznie utrudniony.

5. WNIOSKI

Problematyka pracy wpisuje się w aktualny i ważny obszar badań związanych z zarządzaniem, a w szczególności wymianą wiedzy potrzebnej do powstawania innowacji produktowych i technologicznych między przedsiębiorstwami funkcjonującymi w sieci, tzn. zarządzaniem postrzeganym jako podmiotowo zorganizowane i zadaniowo ukierunkowane sterowanie dostępem do wiedzy [7], [22]. Zdolności do szybkiego nawiązywania aliansów strategicznych i łatwego przyłączania się do sieci przedsiębiorstw, a tym samym tworzenia warunków wymiany wiedzy, która przyczynia się do tworzenia innowacji zarówno produktowych jak i technologicznych, niesie dla poszczególnych firmy wiele korzyści. Proponowany model zarządzania wskazaną wiedzą w sieci przedsiębiorstw, aktualizujący i znacznie rozszerzający dostępne modele przedsiębiorstw produkcyjnych, jak również obecne systemy klasy ERP, umożliwi kumulowanie wiedzy indywidualnych przedsiębiorstw i jej zintegrowane wykorzystanie w sieci. Przy jego budowie wykorzystane zostaną wybrane metody drążenia danych (ang. Data Mining). Opracowany zbiór metod składający się na proponowaną metodykę, pozwoli na skonstruowanie systemu zintegrowanego zarządzania wiedzą generującą innowacje produktowe i technologiczne w sieci przedsiębiorstw w oparciu o technologie Cloud Computing. Opracowane modele będą miały charakter dynamiczny oraz zostaną zapisane w sposób formalny z wykorzystaniem narzędzi algebraicznych lub ekonometrycznych.

LITERATURA

- [1] BIELSKI I.: *Przebieg i uwarunkowania procesów innowacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego Sp. z o. o., Bydgoszcz, 2000.
- [2] BOGDANIENKO J. (red.): *Innowacyjność przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2004.
- [3] BRILMAN J.: *Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania*, PWE, Warszawa, 2002
- [4] CUMBLE B. A., JOURDAN Z., PEACHEY T., DUGO T. M. AND CRAIGHEAD C. W.: *Enterprise Resource Planning Research: Where Are We Now and Where Should We Go from Here?*, Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA), 7:2, 2005, pp. 21–36.
- [5] DAVENPORT T., PRUSAK L.: *Working knowledge*, Harvar Business School Press, 1998.
- [6] DZIEMBEK D.: *Wiedza w organizacji wirtualnej*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH, Warszawa, 2010.
- [7] DYER J. H., SINGH H.: *The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage*, 1998, Academy of Management Review, 23(4), pp. 660–679.
- [8] European Commission, Innovation Union Scoreboard, 2014.
- [9] EVANS C.: *Zarządzanie wiedzą*, PWE, Warszawa, 2005.
- [10] FAGERBERG J., VERSPAGNEN B.: *Innovation studies – The emerging structure of a new scientific field*, “Research Policy” 2009, t. 38, no. 2, pp. 218–233.

- [11] GALGANEK-NAPIERAŁA M.: *Sektor MSP- bariery i stymulatory innowacyjności. [w:] Uwarunkowania sprawności innowacyjnej przedsiębiorstw*, pod red. H. Mruka, R. Nestorowicz, Wydaw. Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 2011.
- [12] GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY, http://old.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML.htm?id=LST-POJ1_1.htm#I, dostęp: 06.09.2014 r.
- [13] GRUDZEWSKI W., HEJDUK I.: *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach*, Difin, Warszawa, 2004.
- [14] HAAS EDELSHEIM E.: *Przesłanie Druckera, Zarządzanie oparte na wiedzy*, Mt Biznes, 2007.
- [15] HEIZER J., RENDER B.: *Operations management—International edition* (7th ed). 2003, Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc. Innovation tomorrow. Innovation Policy study, 2002.
- [16] JARILLO J. C.: *Strategie Networks. Creating the Borderless Organization*, Butterworth-reieimann, Oxford, 1995.
- [17] JARUS T.: http://www.pi.gov.pl/Firma/chapter_95851.asp, dostęp: 06.09.2014 r.
- [18] KARWOWSKI W.: *Zarządzanie wiedzą. O czynnikach ludzkich w organizacji*, Oficyna Wydawnicza Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa, 2010.
- [19] KASIEWICZ S., ROGOWSKI W., KICIŃSKA M.: *Kapitał intelektualny. Spojrzenie z perspektywy interesariuszy*, AE, Kraków, 2006.
- [20] KISIELNICKI J.: *Wirtualna organizacja jako wytwór ery informacyjnego społeczeństwa*, „Organizacja i Kierowanie”, nr 4, 1997.
- [21] KŁOS S.: *Evaluation methodology of ERP system implementation in manufacturing enter-prises*, ZielonaGóra: OficynaWydawniczaUniwersytetuZielonogórskiego, 2010,
- [22] KOWALCZYK A., NOGALSKI B.: *Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia*, Difin, Warszawa, 2007.
- [23] LEE S.M., OLSON D.L., TRIMI S.: *Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values*, „Management Decision” nr 5, 2012.
- [24] MARCINIAK S., GŁODZIŃSKI E., KRWAWICZ M.: *Ekonomika przedsiębiorstw produkcyjnych dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013.
- [25] MIERZEJEWSKA B.: *Innowacje – trendy, wyzwania strategię*, [w:] Aluchna M. (red.): Współczesne wyzwania dla przedsiębiorstw. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2010.
- [26] MOTYKA S.: *Pomiar innowacyjności przedsiębiorstwa*, PTZP, Zakopane, 2011.
- [27] OSIADACZ J.: *Proces audytu technologicznego w przedsiębiorstwach*, PARP, 2011.
- [28] Oslo Manual, *Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, 3rd OECD and Eurostat, 2005.
- [29] PATALAS J.: *Rola innowacji w procesie zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach sektora MSP, na przykładzie systemu ERP*. Zarządzanie Przedsiębiorstwem/Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, (2), pp. 23–30, 2008.
- [30] PATALAS-MALISZEWSKA J.: *Managing knowledge workers: value assessment, methods and application tools*, Berlin - Heidelberg : Springer Science+Business Media, 2013 .- 142 s. : bibliogr., rys., tab., summ. - (Management for Professionals).
- [31] PIHKALA V., VARAMAKI E., VESALAINEN J.: *Virtual organization and the SMEs: A review and model development*, “Entrepreneurship & Regional Development”, 1999
- [32] PISANY B.: *Zarządzanie wiedzą w organizacjach gospodarczych*, Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa, 2001, nr 10.
- [33] PILARCZYK B.: *Innowacje w komunikacji marketingowej*, Zeszyty Naukowe Nr 9, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Kraków, 2011.
- [34] POMYKAŁSKI A.: *Innowacje*, Politechnika Łódzka, Łódź, 2001.
- [35] SOKOŁOWSKA A.: *Zarządzanie kapitałem intelektualnym w małym przedsiębiorstwie*, PTE, 2005.

- [36] Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego "Dolina Lotnicza", [dostęp z dnia: 09.06.2014 r.], <http://www.dolinalotnicza.pl/en/130/130/art1.html>
- [37] TUBIELEWICZ A.: *Koncepcja tworzenia organizacji sieciowej*, w: R. Knosala (red.), *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2013.
- [38] WIATRAK A. P.: *Organizacje sieciowe – istota ich działania i zarządzania*. Współczesne Zarządzanie, nr 3, 2003.
- [39] ZAJĄC, A., GRABOWSKI, M.: *Dane, informacja, wiedza – próba definicji*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2009.

CONCEPTRESEARCH FOR INNOVATION MANAGEMENT PROCESS IN THE NETWORK ENTERPRISES BASED ON SYSTEMS ERP INTEGRATED BY THE CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY

Abstract

"The visible now in Poland tendency to base the economy on knowledge, innovation, creativity it's not result of the mode, nor suitable conditions for it to raise funds from the European Union. This is the basic requirement of modern times, recognized worldwide as a key condition for economic success [36]". Undertaken research focuses closely on defining models of knowledge management, which results are product or technological innovation in networking organizations, manufacturing companies using the IT tools called – clouds. The unique and innovative approach to project involves the construction of the reference model of network organization in the knowledge-based economy [15].

The article consists of two parts. The theoretical part of the research is devoted to the issue: innovation, enterprise networks, knowledge management and innovation, virtual enterprises, methods of data mining, ERP systems and IT solution called cloud computing . The second part of the article focuses on presenting objectives, hypothesis and research plan.

Keywords: innovation management, enterprises, ERP, Cloud Computing

KONCEPCJA BADAŃ NAD PROCESEM ZARZĄDZANIA INNOWACJAMI W SIECI PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH W OPARCIU O SYSTEMY ERP ZINTEGROWANE TECHNOLOGIĄ CLOUD COMPUTING

Streszczenie

„Widoczna obecnie w Polsce tendencja do oparcia gospodarki na wiedzy, innowacjach, kreatywności nie wynika z mody, ani też dogodnych dla niej warunków pozyskiwania środków z Unii Europejskiej. To podstawowy wymóg współczesności, uznawany na całym świecie za kluczowy warunek ekonomicznego sukcesu [36]”. Podejmowane badania koncentrują się ściśle na zdefiniowaniu modeli zarządzania wiedzą, która prowadzi do wytworzenia innowacji produktowych lub technologicznych

w organizacjach sieciowych przedsiębiorstw produkcyjnych z wykorzystaniem technologii informatycznych tzw. chmury. Oryginalne i innowacyjne podejście do projektu polega na budowie modeli referencyjnych organizacji sieciowych w gospodarce opartej na wiedzy [15].

Artykuł składa się z dwóch części. Teoretyczna część pracy poświęcona została zagadnieniu: innowacyjności, sieci przedsiębiorstw, zarządzaniu wiedzą i innowacjami, wirtualnym przedsiębiorstwom, metodom drążenia danych, systemom ERP oraz rozwiązaniu informatycznemu zwanemu chmurą obliczeniową (Cloud Computing). Druga część artykułu skupia się na zaprezentowaniu celów, hipotez oraz planu badań.

Słowa kluczowe: zarządzanie innowacjami, przedsiębiorstwa produkcyjne, systemy ERP, Cloud Computing

BADANIE UWARUNKOWAŃ ZARZĄDZANIA WŁASNOŚCIĄ INTELEKTUALNĄ W UCZELNI TECHNICZNEJ

1. WSTĘP

Jednym z podstawowych procesów związanych z samą działalnością uczelni jest nauczanie. Rozpoczynając badania, trudno oprzeć się wrażeniu, iż nauka i komercjalizacja wyników prac naukowych to dwie osobne dziedziny działalności nie posiadające styku. Ten pomost jest przecież w dzisiejszych czasach szalenie istotny. Dążąc do zmian systemowych zawsze trzeba wskazać jakie środki można uzyskać dzięki swoim działaniom, a jakie środki należy przeznaczyć na ten cel. Autorzy na całym świecie tworząc swoje dobra chcą by przyniosły im korzyści. We współczesnym cywilizowanym świecie chcą oni też być właścicielami praw do swoich dzieł.

2. ZARZĄDZANIE WŁASNOŚCIĄ INTELEKTUALNĄ

Zamkniętość akademickiego rynku wobec gospodarczego i społecznego otoczenia doprowadziła w przeszłości do zaniku komercjalizacji innowacji, ukazując brak dochodów z obrotu własnością intelektualną. Obecnie, dąży się do zmiany tej postawy prowadząc działania pro-rynkowe w celu nadania badaniom większej użyteczności. Obserwowany jest „dysonans” w postaci braku społeczno-psychologicznego wsparcia ze strony władz uczelni w tego typu działaniach, przy jednoczesnym budowaniu nowych struktur organizacyjnych i wprowadzaniu uregulowań prawnych wskazujących na potrzebę komercjalizacji własności intelektualnej. Niemniej istotne wydaje się być zatem określenie jak rozumiane jest zarządzanie własnością intelektualną. Należy wskazać, jakie prawa przysługują autorowi.

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji, IOSP,
e-mail: m.traczyk@wip.pw.edu.pl

Kolejna istotna kwestia to jak zarobić na komercjalizacji praw wynikających z własności intelektualnej (WI). Początkowo na świecie wiązało się to z działalnością Harvard Business School – gdzie wiązało się to z opieką i poszukiwaniem szans i zagrożeń związanych z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa (założonego w ramach struktur uczelnianych) na różnych rynkach oraz z jego wewnętrznymi słabymi i mocnymi stronami. Należy jednak wspomnieć, iż współpraca ta często napotyka na zahamowania i bariery. Pomiędzy światem nauki i biznesu w krajach UE występują trudności, które trudno jest przewidzieć. Wynikają one przede wszystkim z wielu barier, jakie pojawiają się w trakcie współpracy, a wśród nich możemy wyróżnić [4]:

- barierę mentalności – niektórzy naukowcy preferują pracę indywidualną, nie potrafią lub nie chcą współpracować w grupie;
- barierę nowych działań/zachowań – niechęć do podejmowania ryzyka przez wielu pracowników uczelni;
- dezinformacja – słabe kontakty środowisk naukowych ze sferą biznesu;
- brak środków finansowych na tego typu działalność – wynikająca z oporu finansowania badań przez przemysł, czy braku standardów w uczelniach (brak regulacji wskazujących procentowy udział/podział korzyści ze sprzedaży praw wynikających z własności intelektualnej);
- barierę organizacyjną (współpraca uczelni z przemysłem nadal w większości przypadków opiera się na zaangażowaniu poszczególnych osób – naukowców, brak jest często organizacyjnego wsparcia ze strony uczelni).

Typologia najważniejszych funkcji, które mogą być realizowane przez twórcę i które składają się na zarządzanie prawem autorskim, obejmuje następujące elementy:

- kreowanie – tworzenie utworów,
- planowanie i podejmowanie decyzji – wyznaczanie celu, który ma być osiągalny (np. cel komercyjny); chodzi o decydowanie, kiedy, komu i w jakiej formie ma być udostępniony utwór, jaki wybrać wariant zarządzania prawem autorskim (np. zarządzanie indywidualne, zbiorowe, we współpracy z wydawcą),
- organizowanie – dopełnianie formalności (np. zawieranie umów z pojedynczymi użytkownikami lub umów w postaci zbiorowej np. z organizacjami zbiorowego zarządzania) określenie warunków eksploatacji dzieła, wyznaczenie uprawnień, odpowiedzialności, podział zadań (np. zlecenie zadań pośrednikom na przekształcenie praw w produkty i przygotowanie odpowiedniej liczby kopii),

- rozpowszechnianie i dystrybucja – czynności zmierzające do możliwości odbiorcom wszechstronnego dostępu do utworu na różnych polach eksploatacji,
- marketing i public relations – kształtowanie stosunków autora z odbiorcami i innymi twórcami,
- kontrola działań związanych z obrotem własności intelektualnej.

Zarządzanie własnością intelektualną na poziomie operacyjnym następuje w uczelniach technicznych gdy potencjalne zasoby osobowe – pracownicy, kadra naukowa i administracyjna, abiturienti, studenci, doktoranci angażują środki finansowe przekazywane przez jednostki takie jak: MNiSW, NCBiR, NCN, FNP, fundusze strukturalne dla nauki i szkolnictwa wyższego (POLiŚ, POIG, POKL) i inne (w tym z kontraktów z instytucjami o charakterze komercyjnym i niekomercyjnym).

2.1. ASPEKTY ZWIĄZANE Z RYNKIEM I UCZELNIĄ

Definicje własności intelektualnej, które WIPO jako jednostka nadrzędna ustala wskazują, iż obejmuje ona informacje znajdujące się w dokumentach firmy, zarówno jeśli chodzi o twórczość pracowników, będące składnikiem przeprowadzonych w organizacji procesów jak i obrót informacją. One same mogą mieć postać:

- marki (problem może dotyczyć jej rozpoznawalności a także wyceny);
- znaków handlowych (regulacje UPRP);
- znaków praw autorskich (szczególnie ważny jest tu zarazem podział na autora i współautora lub uczelnie stanowiącego tu podzbiór współautorów)
 - dzięki zawierany umowom, dotyczących obrotu tym dobrem;
- patentów (regulacje UPRP);
- precedensowych formuł ochrony aktywów intelektualnych (dotyczących wiedzy i umiejętności pracowników i będących rezultatami różnego rodzaju spraw sądowych).

Rozważając problem własności intelektualnej należy zdefiniować jak rozumiane jest to pojęcie w aspekcie badanego rynku – w szkolnictwie wyższym. Zatem można mówić o [2]:

- efektywność procesu transferu technologii z nauki do biznesu (proces ten nazywany jest często komercjalizacją);
- zarządzaniu prawami na dobrach niematerialnych (posiadane licencje, publikacje, znaki towarowe, handlowe trade marks);

- zagadnienia ochrony własności intelektualnej i ich ciągle zmiany niezbędne w programach kształcenia dla poszczególnych kierunków studiów oraz KRK (rozwój wiedzy odnośnie obecnego stanu prawnego);
- ocena parametryczna jednostek naukowych (ilość publikacji, korzyści wygenerowane z prowadzonej współpracy z biznesem).

Problem własności intelektualnej na rynku w aspekcie przedsiębiorczości i korzyści stanowi często zjawisko niedoszacowania wartości, przy ujmowaniu tego zjawiska w bilansie. Zatem Intellectual Property Rights – IP(WI) w języku angielskim, wskazuje na celowe ukazanie podmiotu praw własności intelektualnej, w tym określenie twórcy, współtwórcy i innych uprawnionych (w przypadku twórczości pracowniczej ważna jest treść umowy pracowniczej). Należy bowiem pamiętać, iż komercjalizacja wiedzy i technologii – intensyfikuje współpracę z przemysłem w celu transferu technologii i wdrożeń wyników badań na rynku.

Uczelnie budują przestrzeń dla jej komercjalizacji poprzez tworzenie nauki i wykorzystywanie w dydaktyce przygotowywanych materiałów. Są to niezbędne podstawy do utworzenia połączeń pomiędzy przemysłem a uczelnią wyższą.

Na poziom wynalazczości wskazują uzyskane patenty, które są mierzalnym efektem nakładów jakie zostały poniesione na działalność B+R.

Odwołując się do powszechnie stosowanych miar innowacyjności gospodarki w postaci trzech rodzajów wskaźników, tj. liczby wniosków patentowych, liczby przyznanych patentów, czy liczby cytowań należy stwierdzić, że sytuacja Polski, zarówno pod względem zgłaszanych wniosków patentowych, jak i rejestrowanych patentów nie jest zadowalająca.

2.2. MODELE ZWI

Wskazując na istotę zarządzania nie sposób nie wskazać istoty modelowania zjawiska natury ekonomicznej. „Model biznesowy bazuje na dwóch czynnikach: po pierwsze opiera się na podejmowaniu decyzji mających głównie charakter operacyjny” (wskazanie właściciela procesu) i ponoszeniu z tego tytułu konsekwencji. Decyzje operacyjne dotyczą zjawisk, które w przyszłości mogą mieć charakter strategiczny. Stąd projektowanie modelu biznesowego jest ściśle związane ze strategią małych firm (spin off i out) występujących w strukturach uczelni [1].

W ujęciu ogólnym model biznesowy można traktować jako pewną charakterystykę pomysłu na działalność biznesową. Problematyka modelowania biznesowego wzbudza coraz większe zainteresowanie w aspekcie teoretycznym ale w szczególności ze względu na przydatność dla praktyki zarządzania.

W modelu biznesowym należy uwzględnić z komercjalizacji prawa własności intelektualnych. Prawa te stanowią podstawę do tego, by umożliwić osobom trzecim „powielanie” produktów i wykorzystywanie. Ma to obecnie szczególne znaczenie w obliczu ogromnej konkurencji rynkowej i wpływa możliwość kreowania silnej tożsamości marki, dzięki wyróżnieniu produktu za pomocą strategicznego korzystania z jednego lub kilku rodzajów praw własności intelektualnej. Pierwszy model ZWI przedstawiono za ośrodkiem Iris, wydzielił spółkę ISIS Innovation Ltd. Jest on ośrodkiem, odpowiadającym za komercjalizację wynalazków na uniwersytecie w Oxfordzie. Powstał jako jeden z pierwszych na świecie i działa z powodzeniem do dnia dzisiejszego. Dzięki swojej wieloletniej działalności nabrał dużego doświadczenia w komercjalizacji wynalazków. ISIS swoje działanie opiera o działanie trzech podległych oddziałów [5]:

- ISIS Technology Transfer,
- Oxford University Consulting,
- ISIS Enterprise.

Wspominana spółka odpowiada za ocenę potencjału komercyjnego, a także za prowadzenie inwestycji kapitałowych i za zarządzanie prawami licencyjnymi w tym funduszem inwestycji załączkowych. Kolejnym powszechnie znanym modelem jest Massachusetts Institute of Technology (MIT) z Technology Licensing Office [6], którego zadaniem było wprowadzanie na rynek nowych technologii oraz nadzór nad procesem komercjalizacji, w tym powstawania spółek spin-off, spin-out.

3. PROCESY WYSZCZEGÓLNIONE W AUTORSKIM MODELU

Związanie pojęcia procesu z obszarem wiedzy powoduje, że zarządzanie procesowe w opisanym dalej kształcie zawiera w sobie bardzo ważny dziś paradygmat zarządzania własnością intelektualną, stanowiący praktyczną realizację na gruncie firm i organizacji niegospodarczych idei społeczeństwa. Osoby odpowiedzialne za procesy tradycyjnie nazywa się właścicielami procesów. Są oni odpowiedzialni przede wszystkim za rozwijanie i ich upowszechnianie a także za koordynację współpracy wewnątrz procesu i pomiędzy procesami.

Główne procesy, jakie będą brane pod uwagę w budowie procesowego modelu zarządzania własnością intelektualną to:

1. Tworzenie własności intelektualnej;
 - produkty (artykuły, publikacje patent, prawa wynikające z know-how),
 - przepływ usług /produktów – od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o oczekiwanej wartości usługi/produktu – od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o aktualnie obserwowanej wartości usługi/produktu – od autora do nabywcy.
2. Wiedza o know-how;
 - przepływ informacji (wiedzy) o usłudze/produkcje – od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o oczekiwanej wartości dostarczanej wiedzy – od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o aktualnie obserwowanej jakości wiedzy–(szkoleń) – od autora do nabywcy.
3. Zamówienia (publikacje, raporty);
 - przepływ zamówień – od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o kosztach– od autora do nabywcy,
 - przepływ informacji o aktualnie obserwowanej wielkości zamówień– od autora do nabywcy.
4. Procesy powstałe przy identyfikacji kluczowych partnerów – firm, instytutów (wszelkich relacji z nimi) oraz docelowych odbiorców (klientów);
5. Procesy związane z opisem kanałów przepływu własności intelektualnej (pośrednie i bezpośrednie).

Kluczowe pozyskiwanie i napływ środków pieniężnych niezbędnych w procesie tworzenia własności intelektualnej, w końcowym etapie potrzebnych do tego, by w procesie komercjalizacji mógł dokonać się proces urynkowania własności intelektualnej. Kolejnym aspektem jest powstanie dobra czy usługi innowacyjnej w tym opis kluczowej działalności i zasobów oraz oferowanej wartości poprzez badanie środków, jakie wpływają do jednostki przy grantach, pracach statutowych oraz dokumentacji odnośnie podnoszenia jakości kształcenia i wymogów KRK.

Zidentyfikowane procesy niezbędne do zaimplementowania do w/w modelu to:

- aktywa majątku intelektualnego;
- wytworzone: patenty, znaki towarowe, licencje;
- prawa autorskie (artykuły, monografie, wystąpienie konferencyjne);
- wyniki badań naukowych;
- aktywa związane z czynnikiem ludzkim;
- aktywa dotyczące infrastruktury.

Nie mniej istotne jest zachowywanie wiedzy – w tym przeciwdziałanie fluktuacji pracowników oraz dyfuzji cennej wiedzy do konkurencji, zatrzymanie własności intelektualnej w miejscu powstania, np. poprzez sporządzenie stosownych umów cywilno-prawnych dotyczących zatrudnienia.

Wyszczególniono również proces właściwej identyfikacji czynników mających wpływ na powstanie własności intelektualnej:

1. Procesy podstawowe w tym:
 - określenie strategii i polityki zarządzania własnością intelektualną w uczelni, w tym jej udostępniania i wykorzystania ze wskazaniem jakiego istniejącego modelu mogą one dotyczyć – wskazanie modelu ZWI obecnego na rynku;
 - zabezpieczenie pomocy naukowo – badawczych – programy i dofinansowania rządowe;
 - planowanie i implementacja produktu, w tym badanie potrzeb oraz projektowanie innowacyjnych produktów lub usług.
2. Identyfikacja wiedzy specyficznej i know-how istniejącej w uczelni w tym ocena powstałej własności intelektualnej przez eksperta/rzecznika patentowego.
3. Określenie zewnętrznych i wewnętrznych strumieni przepływów własności intelektualnej w istniejących procesach:
 - optymalizacja wykorzystania własności intelektualnej dla potrzeb uczelni, w zgodzie z uwarunkowaniami prawnymi i stosownymi umowami;
 - walidacja przepływów dotyczących własności intelektualnej;
 - włączenie baz uczelnianych gromadzących wytworzoną w jednostce własność intelektualną do procesu systemów wyszukiwawczych i eksperckich;
 - procesy związane z ochroną własności intelektualnej oraz know-how (uwzględnienie ograniczeń czasowych dla komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań);
 - uwzględnienie zarówno zgłoszeń patentowych, całego okresu ochrony jak i realizacja usług, przekazanie ich nabywcy, w tym zabezpieczenie materiałów niezbędnych dla realizacji prototypu produktu lub usług;
 - dbałość o właściwe funkcjonowanie i ochronę istniejących rozwiązań związanych istniejącą własnością intelektualną w jednostce;
 - procesy pomocnicze;
 - prowadzenie analiz prac B+R w jednostce akademickiej (jakie komórki?);
 - stworzenie bazy danych, gdzie będzie gromadzona wiedza na temat istniejącej własności intelektualnej w danej jednostce akademickiej (zarządzanie infrastrukturą- wskazanie komórki);

- raportowanie – proces właściwego opisu, przekazu informacji na temat prac związanych z własnością intelektualną, poprzez stworzenie ośrodka/„jednostki” zajmującej się tą problematyką od strony zarządzania administracyjno-prawnego (zarządzanie infrastrukturą);
- określenie, wskazanie ścieżek współpracy z instytutami naukowo-badawczymi, ośrodkami współfinansującymi/przyznającymi dotacje itp. (kształcenie kadry);
- nawiązywanie sieci kontaktów w biznesach, niezbędnych w procesie komercjalizacji, w tym wskazanie głównego inicjatora wprowadzenia rozwiązania na rynek, określenie jego praw (sprzedaż własna – jednostka B+R, inwestor, spin off).

W budowie procesowego modelu ZWI zidentyfikowano również procesy zarządzania:

1. Planowanie i organizacji działalności (nazywanej tak w szerokim kontekście), w tym wyszczególnienie ścieżki transferu, komercjalizacji własności intelektualnej;
2. Określenie i przydzielanie zasobów ludzkich, niezbędnych do powstania własności intelektualnej;
3. Zarządzanie finansami związanymi z tworzeniem własności intelektualnej w tym:
 - środkami trwałymi – określenie wartości (wycena) dla udostępniania i komercyjnego wykorzystania własności intelektualnej powstałej w jednostce;
 - zabezpieczenie środków niezbędnych dla podejmowania decyzji związanych z planowaniem, pozyskiwaniem i wydatkowaniem funduszy dla zapewnienia właściwego funkcjonowania własności intelektualnej.

Zarządzanie relacjami zewnętrznymi, związanymi z obsługą występującą po procesie komercjalizacji, w tym zbieranie wiadomości na temat funkcjonowania wytworzonej własności intelektualnej na rynku (obsługa posprzedażna).

Dziś niezmiernie istotny jest również rozwój organizacji; dzięki procesowi empatii i poczuciu wspólnoty, w którym widoczna będzie gotowość do dzielenia się powstałą własnością intelektualną. Służyć temu będzie opis procesu dzielenia się wiedzą, kształcenie kadry, świadomość).

- Do oceny procesów zastosowane zostaną następujące, przykładowe mierniki:
- mierniki bezpośrednio związane z nową tworzoną wiedzą oraz z innowacyjnymi rozwiązaniami, jak np.: liczba udzielonych patentów jednostce oraz liczba wynalazków zgłoszonych do ochrony – uzyskanych patentów, liczby zarejestrowanych dla jednostki naruszeń ochrony wynalazków;

- mierniki związane z transferem technologii, jak np.: poziom inwestycji własnych związanych z zarządzaniem własnością intelektualną w tym wielkość wydatków ponoszonych na B+R, liczba publikacji pracowników prezentujących dorobek rozszerzający wiedzę i doświadczenie, liczba zorganizowanych seminariów bądź konferencji prezentujących, udział w targach krajowych lub międzynarodowych z ostatnich trzech lat, udział innych podmiotów w pracach uczelni, w związku z powstaniem własności intelektualnej;
- mierniki związane z komercjalizacją, jak np.: przyrost klientów w związku z komercjalizacją praw własności intelektualnej, zyski ze sprzedaży praw własności intelektualnej.

W modelu zarządzania własnością intelektualną konieczne jest też uwzględnienie poniesionych kosztów związanych z ochroną własności intelektualnej. Ukazanie drogi i stymulacja rozwoju powstałej własności intelektualnej – wykazanie, iż własność intelektualna generuje przychody. Zatem należy poddać kontroli koszty – skoncentrowanie się na ochronie własności intelektualnej wytworzonej w organizacji, przy jednoczesnym wdrażaniu strategii zmniejszania kosztów rozwoju i utrzymania praw należnych z własności intelektualnej. Kolejnym ważnym aspektem jest właściwa sprzedaż licencji – wykorzystanie praw z własności intelektualnej o charakterze aktywów przynoszących zysk i integracja – włączenie własności intelektualnej we wszystkie obszary ujęte w strategii biznesowej organizacji.

Własność intelektualna to wizjonerstwo – staje się długoterminową strategią organizacji, mającą zapewnić jej pozycję lidera w branży, przy doświadczeniu wynikającym z realizacji prac B+R.

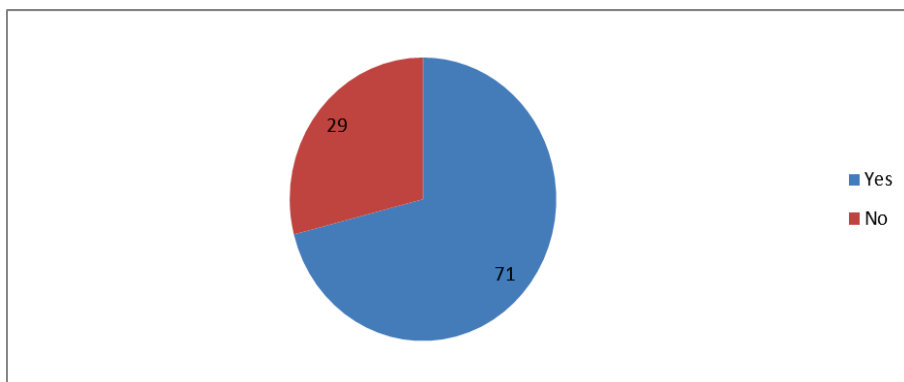
Kluczowe w badaniach okazały się być również obszary wsparcia modelu ZWI takie jak:

- tworzenie warunków do komercjalizacji wyników prac badawczych na uczelniach (komórka, miejsce docelowe);
- tworzenie i rozwój jednostek organizacyjnych działających na rzecz transferu;
- technologii (współpraca wydziałów z CTWI);
- ułatwienia tworzenia lub rozwoju firm powstających w celu komercjalizacji wyników prac naukowych (wskazanie w jaki sposób m.in. prowadzone jest finansowanie dostępu do laboratoriów i aparatury badawczej dla firm współpracujących – rada konsultacyjna Pracodawców PW i inne);
- wykorzystanie wiedzy naukowców i studentów przy świadczeniu usług doradczych;

- wypracowanie standardów komunikacji pomiędzy sferą badawczą a przedsiębiorstwami (wskazanie jakie są dobre praktyki);
- działania zmierzające do dostosowania oferty sfery B+R do potrzeb gospodarki (wskazanie jakie są dobre praktyki).

4. WSTĘPNE BADANIA

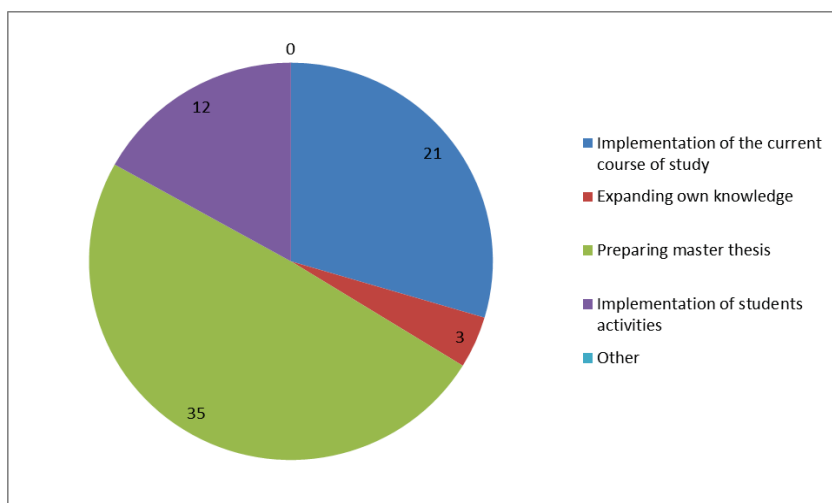
Badania wykazały, iż ogólny przebieg znajomości tematyki WI jest na lepszym niż zakładano dzięki prowadzonym badaniom wstępnym poziomie (w porównaniu z poprzednimi wstępnymi badaniami prowadzonymi w latach 2012–2013 opublikowanymi w materiałach konferencyjnych Politechniki Warszawskiej Fila w Plocku). Pyt. 1. dotyczyło kontaktu studenta z firmą w celu badania WI.



Rys. 1. Czy kiedykolwiek zwrócił/a się Pan/Pani do dowolnej firmy z prośbą o udostępnienie informacji dotyczącej praw związanych z obrotem WI? [źródło: opracowanie własne]

Ochrona własności intelektualnej jest ochroną praw odnoszących się do własności intelektualnej. Studenci wskazują, iż własność intelektualna której poszukują dotyczy obszarów ochrony praw autorskich. Ona sama rozumiana jest jako ochrona praw odnoszących się do własności intelektualnej w tym: działania chroniące patenty, znaki towarowe, wzory użytkowe, oznaczenia geograficzne. Obejmuje ona również produkty, utwory i procesy, które stworzyli i które dają przewagę konkurencyjną. W pytaniu kolejnym rozszerzającym Pyt 1. uszczegółowiono, iż są to rodzaje praw osobistych i majątkowych dotyczących wytworu ludzkiego umysłu odnoszące się do praw autorskich, patentów i prawa własności przemysłowej.

Ochrona własności intelektualnej jest kluczowym aspektem z perspektywy prowadzonej działalności gospodarczej oraz naukowo-badawczej. Prawo własności intelektualnej (prawo na dobrach niematerialnych) – termin obejmujący elementy różnych działów prawa, regulujące zasady korzystania z tzw. własności intelektualnej. W różnych jurysdykcjach termin ten rozumiany jest mniej lub bardziej szeroko. Na rys. 2 przedstawiono użyteczność otrzymanych informacji.



Rys. 2. W jakim celu zamierzał/a Pan/Pani wykorzystać uzyskane informacje?
[źródło: opracowanie własne]

Najczęstszą odpowiedzią jaka przewijała się w analizowanych ankietach była informacja iż student zwrócił się po informacje dotyczącą ZWI ponieważ była ona niezbędna przy realizacji bieżącego toku studiów (pisanie pracy dyplomowej). Następną odpowiedź to chęć poszerzenia własnej wiedzy, a także realizacja działalności pozauczelnianej.

5. WNIOSKI

W opracowaniu zostały wskazane procesy podstawowe i pomocnicze, które wydają się być niezbędne przy budowie procesowego modelu. Wskazują one jakie informacje należy dostarczać przedsiębiorcom przy budowaniu przewagi konkurencyjnej i realizacji projektów badawczych/ technologicznych.

Model WI wskazuje:

- kto jest odbiorcą (klientem, nabywcą) praw własności intelektualnej;
- co tworzy „wartość” dla klienta;
- jak wygląda skomercjalizowanie praw z własności intelektualnej (co stanowi dobro finalne);
- jak tworzyć zysk z własności intelektualnej.

„Zarządzanie współczesną uczelnią jest nieporównywalnie rozbudowane w stosunku do zarządzania uniwersytetami realizowanego przez wieki w Europie” [3]. Ważne jest zatem by przekazywać WI poprzez: prowadzenie zajęć dydaktycznych, projektowych czy prowadzenie studiów, tworzenie organizacji studenckiej SSPW czy Kół Naukowych.

LITERATURA

- [1] ZALEWSKA-TRACZYK M.: *Modele komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań – aspekt własności intelektualnej*. [w:] Wirkus M.: *Projekty i procesy*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2013.
- [2] ANDERS J.: *Podręcznik zarządzania własnością intelektualną*, Poznań, 2009.
- [3] DU VALLA M.: *Modele zarządzania uczelniami w Polsce*, UJ Kraków, 2011.
- [4] http://europrojekty-pl.pl/9_model_wspolpracy_uczelni.html (dostęp: 13.06.2015 r.)
- [5] <http://isis-innovation.com>
- [6] <http://tlo.mit.edu>

ANALYSIS OF CONDITIONS, FOR INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Abstract

The fundamental requirement or process at an university is to teach and share knowledge with the students, which is of utmost priority and directly is linked to the credibility of the university. Indications have to be made for the important measures that can be used for the fulfillment of the Prioritized criteria's depending on the resources available and allocations that can be made with the same. The authors around the world want to indicate and work on the benefits this could bring.

Keywords: Intellectual Property, Processes, Management of Intellectual Property, University, Innovations

BADANIE UWARUNKOWAŃ ZARZĄDZANIA WŁASNOŚCIĄ INTELEKTUALNĄ W UCZELNI TECHNICZNEJ

Streszczenie

Podstawowym procesem realizowanym na uczelni wyższej obecnie to proces związany z systemem kształcenia. Dzielenie się wiedzą, ze studentami wydaje się być priorytetem w dzisiejszych czasach. Zarządzanie własnością intelektualną jest najwyższym priorytetem i jest bezpośrednio powiązane wiarygodnością oraz z rangą uczelni. Realizacja działań w przypadku dostępnych zasobów wiedzy stanowi na obecnym etapie zarządzania procesem własności intelektualnej – komercjalizacji innowacyjnych rozwiązań, priorytet dla uczelni.

W artykule wskazano jakie procesy są niezbędne by zarządzać własnością intelektualną na uczelni wyższej.

Słowa kluczowe: własność intelektualna, procesy, zarządzanie własnością intelektualną, uczelnia wyższa, innowacje

METODA UODPARNIANIA HARMONOGRAMÓW PRODUKCJI NA NIEPLANOWANE PRZESTOJE MASZYN W WARUNKACH PRODUKCJI WIELOASORTYMENTOWEJ

1. WSTĘP

Na osiągnięcie wysokiego poziomu satysfakcji klienta istotny wpływ ma między innymi terminowość, z jaką wykonywane są poszczególne zlecenia produkcyjne oraz jakość i asortyment oferowanych produktów. Za prawdziwe zatem można uznać stwierdzenie, iż poprawne ustalanie terminów realizacji zleceń produkcyjnych jest kluczowym czynnikiem, który znajduje odzwierciedlenie w wysokiej ocenie wiarygodności przedsiębiorstwa w oczach jego klientów, co w efekcie końcowym, przekłada się również na zwiększenie jego konkurencyjności na rynku. Czynnikiem terminowej realizacji zleceń nabiera zatem szczególnego znaczenia, zwłaszcza w sytuacjach, gdy przedsiębiorstwo jest poddostawcą wyrobów dla kolejnego producenta w łańcuchu dostaw. Zdobywanie zaufania klientów nie jest jednak prostym zadaniem, zwłaszcza gdy jednym z największych problemów współcześnie działających na rynku przedsiębiorstw są błędy popełniane w podejmowaniu decyzji na szczeblu harmonogramowania krótkookresowego. Powszechnie stosowana jest także w przedsiębiorstwach praktyka odraczania w czasie terminów realizacji poszczególnych zleceń produkcyjnych bez analizy przyczyn mogących powodować opóźnienia podczas ich wykonywania, co w efekcie wpływa na obniżenie wartości wskaźnika wiarygodności producenta.

Aby wymienionym powyżej problemom sprostać nauka o zarządzaniu produkcją nieustannie szuka nowych rozwiązań, które pozwoliłyby zwiększyć efektywność (skuteczność) planowania procesu produkcji w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

¹ Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji, Politechnika Krakowska
31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37, tel./fax.: (012) 628 32 62,
e-mail: dwarzolek@pk.edu.pl

2. CEL HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI

Problem harmonogramowania produkcji stał się kluczowym zagadnieniem zarządzania produkcją w zakładach produkcyjnych niemal od początku XX wieku. Już we wczesnym okresie ubiegłego wieku, inżynierowie oraz konsultanci przemysłowi potrafili wskazać kluczowe aspekty zarządzania krótkoterminowego produkcją co przyczyniło się do powstania prostych narzędzi wizualnych oraz organizacyjnych wspomagających proces harmonogramowania produkcji. Przykładem są prace Gantt'a oraz jego słynne wykresy przedstawiające planowaną oraz realizowaną zajętość zasobów w czasie [1].

Z upływem czasu środowisko akademickie również włączyło się w prace nad rozwojem metod wspomagających harmonogramowanie zadań, jednakże prace rozwojowe ukierunkowane zostały głównie na badanie możliwości uzyskania optymalnej sekwencji zadań na maszynach tak, aby otrzymane rozwiązanie było najlepsze z punktu widzenia wybranej miary bądź też miar pozwalających na ocenę jakościową uzyskanego harmonogramu takich jak: termin wykonania wszystkich zadań w harmonogramie (ang. makespan), średni czas przepływu (ang. mean flow time), czy średni czas wykonania zadań opóźnionych (ang. mean tardiness).

Warto w tym miejscu dodać także i to, że ze względu na dużą łatwość implementacji różnych technik optymalizacyjnych do sformułowanego problemu poszukiwania optymalnej sekwencji zadań na maszynach, liczba publikacji dostępnych w czasopiśmie naukowych na ten temat tylko do roku 1975 sięgnęła absurdalnej wartości ponad 20 000. Pomimo ostrej krytyki środowiska przemysłowego co do warunków przydatności proponowanych metod harmonogramowania produkcji, liczba publikacji z tymi samymi ograniczeniami implementacyjnymi wciąż rośnie w zatrważającym tempie.

Jest wiele powodów, dla których warto jest nadal rozwijać naukę o harmonogramowaniu produkcji. Pierwszym z nich jest ten przytoczony dawno temu przez Reinfelda, jednego z założycieli stowarzyszenia APICS (ang. American Production and Inventory Control Society), który widział potrzebę układania harmonogramu produkcji w następujący sposób [2]:

„Głównym celem harmonogramowania produkcji jest uzyskanie kontroli nad realizacją zleceń produkcyjnych. W tym sensie, zadanie polega na przewidywaniu i planowaniu pracy środków produkcji biorąc pod uwagę dodatkowo pracę ludzką, dostępność materiałów i inne ograniczenia zdolności produkcyjnych jak również koszty wytwarzania tak, aby w rezultacie osiągnąć właściwą jakość i ilość produktów w czasie. Wymagane jest śledzenie produkcji według wytycznych harmonogramu aby zobaczyć czy plan jest realizowany na czas a zastosowanie jakiegokolwiek systemu monitorującego realizację produkcji stanowi podstawę osiągnięcia tak postawionego celu”.

To właśnie stwierdzenie powinno stanowić podstawę sformułowań matematycznych oraz podstawę budowy systemów komputerowego wspomaganie procesu harmonogramowania produkcji. Wymagane jest, aby osoba układająca harmonogram działała w przeświadczeniu, że przygotowuje instruktaż pracy dla systemu produkcyjnego, który ma wymusić realizację zdarzeń zgodnie z sekwencją i czasem określonymi w harmonogramie produkcji [3].

Według pierwotnych założeń co do sposobu układania harmonogramu produkcji przyjmuje się, że taki harmonogram informuje o alokacji zadań (zleceń produkcyjnych) na zasobach w czasie. Podczas układania harmonogramu produkcji nie bierze się pod uwagę możliwości występowania nieplanowanych zdarzeń, stąd ułożony harmonogram produkcji (tzw. harmonogram początkowy, bazowy) jest traktowany jako harmonogram bez zakłóceń (inaczej harmonogram predyktywny), który będzie realizowany w warunkach wyidealizowanych.

Kolejnym powodem, dla którego warto układać harmonogram produkcji jest możliwość sprawdzenia wymaganych zdolności produkcyjnych. Z uwagi na istnienie skończonych zdolności produkcyjnych poszukuje się przedziałów czasu o mniej nasilonym stopniu obciążenia zleceniami produkcyjnymi. Takie podejście jest ukierunkowane na układanie harmonogramu wstecz od wymaganego terminu zakończenia zlecenia (ang. due date). W praktyce, planista korzystając z harmonogramu układanego wstecz ma możliwość kierowania zadań o zwiększonym ryzyku wystąpienia zakłóceń podczas ich realizacji do okresów planowania o niższym obciążeniu produkcją. Okresy planowania o niższym obciążeniu pracą w większym stopniu absorbują niepewność produkcji [4].

Jednym z głównych powodów korzystania z harmonogramu produkcji jest także łatwa identyfikacja przyszłych działań mających zajść w systemie produkcyjnym.

Harmonogramowanie produkcji ma na celu również przygotowanie dostawców i odbiorców do realizacji działań koordynujących w łańcuchu dostaw [3, 4, 5, 6, 7]. Wszelkie konflikty zasobowe mają być wcześniej wychwycone oraz rozwiązane przed przystąpieniem do realizacji zleceń na czas określony umową z odbiorcą. Z uwagi na głosy krytyki strony praktykującej (głównie z uwagi na decyzje podejmowane przez planistów), zbyt częste reharmonogramowanie produkcji prowadzi do zamieszania i utraty motywacji wśród operatorów co z kolei generuje dodatkową niepewność produkcji [3]. Dlatego najlepszym rozwiązaniem wydaje się być takie opracowanie harmonogramu produkcji, który zakłada z wyprzedzeniem możliwość pojawiania się niepewności, a uwzględniając ją w fazie budowy harmonogramu daje szansę gładkiego przejścia przez fazę realizacji harmonogramu bez koniecznych, radykalnych modyfikacji. Taki harmonogram nazywany jest harmonogramem

proaktywnym (ang. proactive scheduling) [3, 5, 6, 7]. Z drugiej jednak strony zdarzają się sytuacje krytyczne w fazie realizacji produkcji, uniemożliwiające kontynuację pracy na zaplanowanym zasobie co wymusza działanie reharmonogramowania związane ze zmianą marszruty technologicznej.

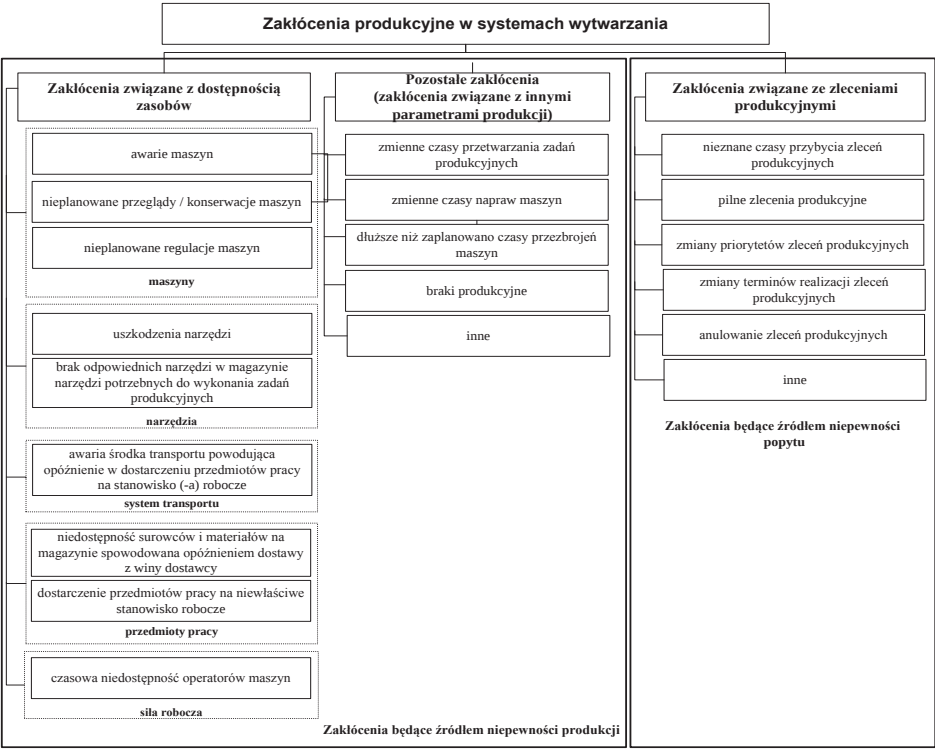
Mając na uwadze powyższe uwagi, planiści układają harmonogram pierwotny z tendencją do pozostawienia nie w pełni obciążonych zasobów o wysokim wskaźniku elastyczności, tj. zasobów posiadających największą zdolność do szybkich przebrojeń. Takie zachowanie jest słuszne z uwagi na możliwość utworzenia alternatywnych marszrut technologicznych na wypadek zaistnienia nieoczekiwanych zdarzeń eliminujących w dowolny sposób pierwotny zasób z dalszej realizacji zadań. Zasób, który ulegnie np. awarii może być w szybkim czasie zastąpiony jednym z alternatywnych zasobów „elastycznych” nie powodując tym samym zaburzenia w realizacji zadań na innych zasobach (nie wywołując reakcji łańcuchowej w systemie produkcyjnym) [3, 4].

Potencjalnym zastosowaniem harmonogramowania produkcji może być również możliwość pomiaru efektywności wykorzystania zasobów produkcyjnych. Pomiar efektywności wykorzystania zasobów produkcyjnych ma największe znaczenie dla zasobu będącego ograniczeniem systemu. Z tego punktu widzenia pomiar efektywności będzie miał największe zastosowanie dla problemu harmonogramowania produkcji na pojedynczej maszynie. W celu dokonania pomiaru efektywności wykorzystania czasu pracy maszyny należy ułożyć harmonogram predyktywny, który stanowi wyznacznik celu do osiągnięcia planu w warunkach nominalnych produkcji. Efektywność jest mierzona pod koniec okresu rozliczeniowego produkcji (np. po zakończeniu każdej zmiany), a pomiar efektywności polega na ocenie stopnia odchylenia zrealizowanej produkcji w stosunku do produkcji zaplanowanej w harmonogramie predyktywnym. Ten sposób postępowania daje podstawę do doskonalenia produkcji poprzez redukcję lub eliminację nieplanowanych przestojów w dłuższej perspektywie czasu [3, 5, 6, 7].

3. ZAKŁÓCENIA PRODUKCYJNE W SYSTEMACH WYTWARZANIA

Źródłem niepewności w rzeczywistych systemach wytwarzania są zakłócenia produkcyjne, których nieoczekiwane występowanie często przyczynia się do konieczności wprowadzania zmian do początkowo zaplanowanego zaszeregowania zadań na poszczególnych zasobach produkcyjnych (maszynach). Z tego też powodu dla osób odpowiedzialnych za sterowanie produkcją istotne jest to, aby zgromadzoną na temat zakłóceń produkcyjnych wiedzę, w możliwie

najlepszy sposób wykorzystać, podczas przygotowywania harmonogramów produkcji. Uwzględnienie posiadanej wiedzy o różnego rodzaju zakłóceniach na etapie opracowywania harmonogramu produkcji jest ważne, ponieważ może ono w dużym stopniu usprawnić późniejsze wykonanie, zgodnie z harmonogramem początkowym, zadań produkcyjnych w systemach wytwarzania działających w warunkach niepewności.



Rys.1. Źródła zakłóceń produkcyjnych w systemach wytwarzania

Na rys. 1 [8 , 9, 10, 11, 12] przedstawiono klasyfikację zakłóceń produkcyjnych występujących w rzeczywistych systemach wytwarzania, które ogólnie podzielić można na dwie grupy tj.: na zakłócenia związane z niepewnością produkcji oraz na zakłócenia związane z niepewnością popytu.

4. KOMERCYJNE SYSTEMY KOMPUTEROWE DO KRÓTKOTERMINOWEGO HARMONOGRAMOWANIA PRODUKCJI

Systemami wspomagającymi harmonogramowanie produkcji na poziomie operacyjnym, które obecnie oferowane są na rynku są systemy klasy APS (ang. Advanced Planning and Scheduling systems). Należy tu jednak zaznaczyć, że w literaturze pojęcie systemu APS jest bardzo szerokie ze względu na to że, z jednej strony, odnosi się ono do typowych systemów informatycznych należących do warstwy pomiędzy systemami klasy ERP (ang. Enterprise Resource Planning) a MES (ang. Manufacturing Execution Systems), z drugiej zaś, dotyczy ono dużych specjalistycznych systemów, które obejmują swym zasięgiem cały proces zaawansowanego planowania – od planowania długoterminowego do planowania szczegółowego i kontroli [13, 14, 15]. Tę drugą grupę systemów APS w literaturze [16, 17, 18] określa się także mianem systemów planowania łańcucha dostaw (ang. Supply Chain Planning Systems, SCP) lub systemami zaawansowanego planowania i optymalizacji (ang. Advanced Planning and Optimization Systems, APO).

Warto dodać, że systemy zaliczane do pierwszej z wymienionych powyżej grup rozwiązań, służące do krótkoterminowego tzw. szczegółowego harmonogramowania produkcji, uznaje się za uproszczone wersje rozbudowanych systemów APS/SCP. Innymi słowy oznacza to, że głównym ich zadaniem jest budowa harmonogramów produkcji na podstawie danych udostępnianych im z systemów ERP. Z kolei, do najważniejszych zalet tych systemów, w literaturze wymienia się m. in. to, że [13, 14, 15, 17]:

- gwarantują one harmonogramowanie zadań przy jednoczesnym uwzględnieniu szeregu różnego typu ograniczeń takich jak: dostępność materiałów, ograniczona zdolność produkcyjna poszczególnych maszyn, czy minimalne umiejętności wymagane od pracowników bezpośrednio produkcyjnych,
- pozwalają w sposób dynamiczny wprowadzać ostateczne terminy realizacji poszczególnych zamówień klientów,
- pozwalają uaktualniać harmonogramy produkcji w czasie rzeczywistym.

Za największą wadę tej grupy systemów uznaje się natomiast to, że dają one możliwości budowania tylko deterministycznych wersji harmonogramów produkcji [19]. Najpopularniejszymi systemami zaliczanymi do tej grupy rozwiązań są: Asprova [20, 21], Proactor [22]; Taylor [23]; Orchestra Scheduling Software [24].

5. KONCEPCJA ALGORYTMU UODPARNIANIA HARMONOGRAMÓW PRODUKCJI Z UWAGI NA NIEPLANOWANE PRZESTOJE MASZYN W WARUNKACH PRODUKCJI WIELOASORTYMENTOWEJ

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury z zakresu harmonogramowania produkcji wysuniętych zostało wiele istotnych wniosków, spośród których do najważniejszych zaliczyć można po pierwsze m. in. to, że istnieje duża rozbieżność pomiędzy problemami harmonogramowania produkcji faktycznie występującymi w rzeczywistych systemach wytwarzania, a tymi analizowanymi w literaturze. Za najważniejszą przyczyną takiego stanu rzeczy należy z całą pewnością uznać to, że problemy harmonogramowania produkcji odznaczają się bardzo dużym stopieniem złożoności, stąd też nawet uproszczone ich modele, w większości przypadków, są problemami NP-trudnymi. Z tego też powodu naukowcy swoje badania opierają głównie na bardzo uproszczonych modelach problemów harmonogramowania zadań biorąc pod uwagę dość ograniczoną liczbę rozpatrywanych kryteriów i ograniczeń.

Po drugie, ze względu na to, że problemy harmonogramowania produkcji odznaczają się dużą złożonością, znaczna część prac naukowych koncentruje się głównie na poszukiwaniu i implementacji takich narzędzi, które w stosunkowo szybkim czasie poradziłyby sobie z rozwiązaniem tych problemów.

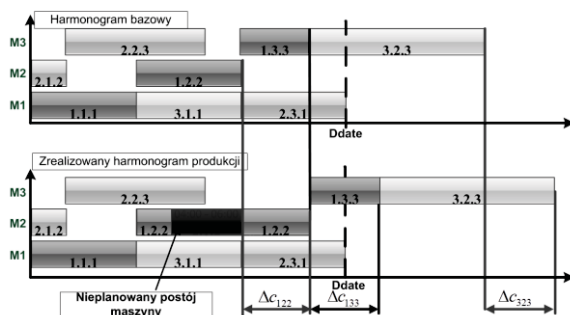
Po trzecie, za słabą stroną rozwiązań, które zaproponowane zostały dotychczas w literaturze należy uznać, że w przeważającej większości przypadków rozwiązania te opierają się tylko na danych teoretycznych. A widoczną konsekwencją posługiwania się tylko danymi teoretycznymi wydaje się być dość ograniczona liczba np. różnego rodzaju źródeł zakłóceń produkcyjnych, które brane są pod uwagę przy rozważaniu problemów harmonogramowania zadań w systemach wytwarzania (najczęściej jest to tylko jeden czynnik zakłócający, którym w przypadku np. nieplanowanych przestojów maszyn są zwykle awarie).

Ponadto, wśród prezentowanych proaktywnych podejść do harmonogramowania zadań w warunkach niepewności produkcji w literaturze najczęściej spotyka się takie, które koncentrują się albo na wygenerowaniu harmonogramu odpornego, albo harmonogramu stabilnego na zakłócenia produkcyjne. Czasami spotyka się też koncepcję, która łączy z sobą oba wymienione podejścia poprzez zapisanie kryteriów oceny jakości harmonogramów w postaci skalarnej funkcji celu. Rzadko w literaturze spotkać się natomiast można z takim podejściem, które odporność jak i stabilność harmonogramu na zakłócenia produkcyjne traktowałoby sposób kompromisowy.

Brakuje też wskazania metod, w oparciu o które można byłoby dokonać wyboru rozwiązania ze zbioru rozwiązań kompromisowych.

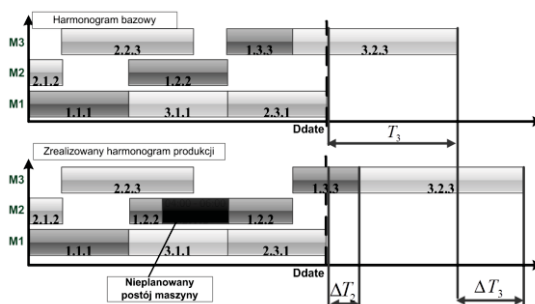
W oparciu powyższe spostrzeżenia przedstawiono koncepcję nowego algorytmu uodparniania harmonogramów produkcji z uwagi na nieplanowane przestoje w warunkach produkcji wieloasortymentowej. Algorytm docelowo powinien umożliwiać planowanie terminów realizacji poszczególnych zleceń produkcyjnych uwzględniając:

- minimalizację średniego całkowitego oczekiwanego odchylenia pomiędzy zrealizowanymi a zaplanowanymi terminami zakończenia poszczególnych zadań produkcyjnych (rys. 2),



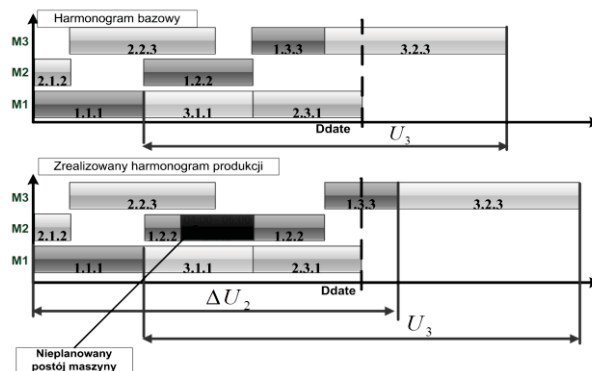
Rys. 2. Kryterium I koncepcji działania nowego algorytmu uodparniania harmonogramów produkcji na nieplanowane przestoje maszyn

- minimalizację średniego oczekiwanego odchylenia pomiędzy zrealizowanym a zaplanowanym całkowitym czasem opóźnienia zbioru zleceń produkcyjnych (rys. 3);



Rys. 3. Kryterium II koncepcji działania nowego algorytmu uodparniania harmonogramów produkcji na nieplanowane przestoje maszyn

- minimalizację średniego oczekiwanego odchylenia pomiędzy zrealizowaną a zaplanowaną całkowitą liczbą opóźnionych zleceń produkcyjnych (rys. 4).



Rys. 4. Kryterium III koncepcji działania nowego algorytmu uodparniania harmonogramów produkcji na nieplanowane przestoje maszyn

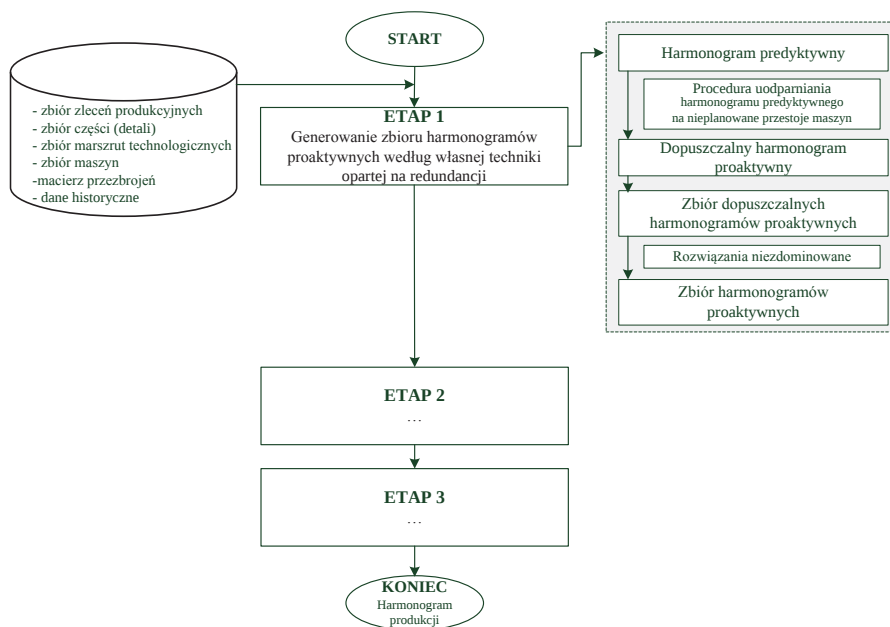
Wychodząc z założenia, że każdy system wytwarzania wystawiony jest na działanie losowych zdarzeń i związana z ich występowaniem niepewność produkcji jest w sposób trwały wpisana w jego funkcjonowanie przyjęto, że już na etapie układania bazowego harmonogramu produkcji, niepewności nie należy ignorować tylko należy wziąć ją pod uwagę, aby:

- w poprawny sposób móc ustalać terminy realizacji poszczególnych zleceń produkcyjnych;
- minimalizować skutki występowania zakłóceń produkcyjnych na wykonywaniu zadań, które w przyszłości będą w tym systemie realizowane zgodnie z opracowanym, na etapie planowania produkcji, harmonogramem bazowym.

W oparciu o takie właśnie założenie przyjęto, że posiadając pewną wiedzę na temat zakłóceń produkcyjnych w postaci: awarii maszyn, nieplanowanych regulacji maszyn, dłuższych niż zaplanowano czasów przebrojenia maszyn, braku materiałów itp., uzyskaną na podstawie zgromadzonych i przeanalizowanych danych historycznych kilkunastu przedsiębiorstw produkcyjnych (z branży motoryzacyjnej) możliwe jest opracowanie algorytmu, który wykorzysta tę wiedzę do uodpornienia harmonogramu bazowego na zakłócenia produkcyjne w postaci nieplanowanych przestojów maszyn w warunkach produkcji wieloasortymentowej.

Odporny harmonogram produkcji powinien zatem w możliwie najwyższym stopniu pozostać niewrażliwy, w sensie jakości oraz jego stabilności, na zakłócenia występujące w systemie wytwarzania. Na podstawie sformułowanego celu badawczego postawiono następująco tezę pracy: „Algorytm uodparniania harmonogramu produkcji oparty na koncepcji tworzenia harmonogramów proaktywnych minimalizuje wrażliwość harmonogramu bazowego

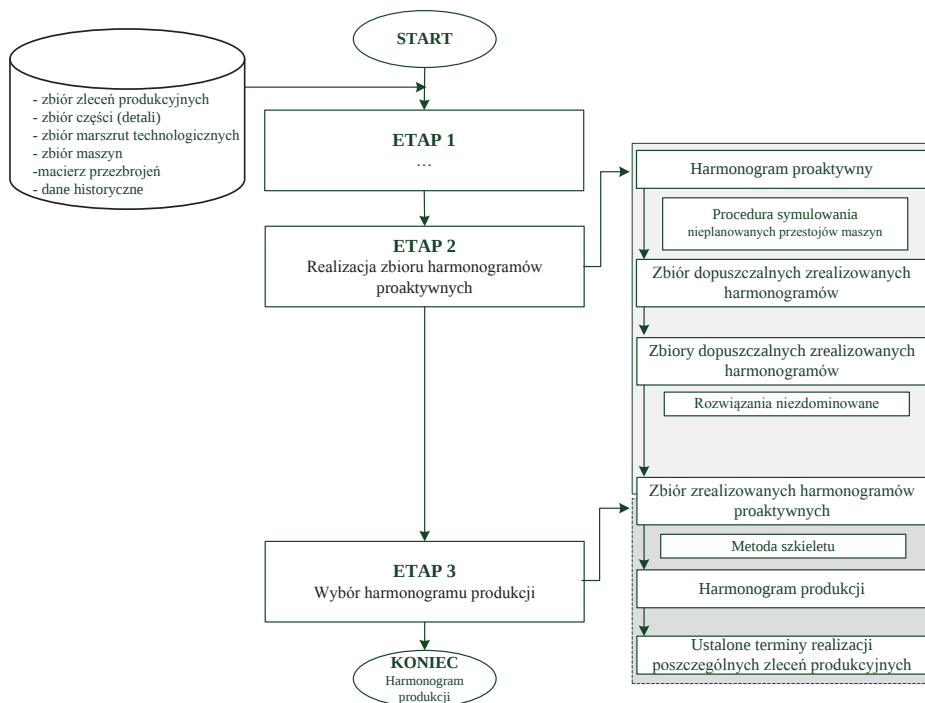
na zakłócenia produkcyjne występujące w czasie jego realizacji, dzięki uwzględnieniu na etapie planowania produkcji skutków niezaplanowanych przestojów maszyn”.



Rys. 5. Etap pierwszy działania algorytmu

Uzyskanie odpowiedzi na postawiony cel badawczy wymaga zaprojektowania algorytmu generowania proaktywnych harmonogramów bazowych z uwagi na wymienione powyżej kryteria oceny harmonogramów i przy jednoczesnym uwzględnieniu nieplanowanych przestojów maszyn oraz opracowania koncepcji systemu wytwarzania w celu sprawdzenia poprawności jego działania.

Algorytm podzielony został na trzy etapy, które kolejno polegają na: wygenerowaniu zbioru harmonogramów proaktywnych, realizacji zbioru harmonogramów proaktywnych oraz na wyborze harmonogramu produkcji (rys. 5 i 6).



Rys. 6. Etap drugi i trzeci działania algorytmu

6. PODSUMOWANIE

W referacie omówiono najważniejsze funkcje jakie spełnia bazowy (początkowy) harmonogram produkcji zarówno od strony planowania przyszłych zasobów jak i od strony realizacji procesu produkcyjnego.

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury wysunięty został m.in. wniosek, że pomimo tego, że współcześnie zainteresowanie badaczy problemem harmonogramowania zadań w warunkach niepewności produkcji ciągle rośnie, ze względu na jego bliskość do rzeczywistych problemów występujących w systemach wytwarzania, to nadal istnieje ogromna przepaść pomiędzy „nauką” a problemami, z którymi na co dzień borykają się planiści i kierownicy produkcji. Z tego też właśnie powodu podjęto się opracowania nowego algorytmu generowania proaktywnych harmonogramów produkcji na nieplanowane postoje maszyn w warunkach produkcji wieloasortymentowej, którego koncepcję przedstawiono w niniejszym referacie.

Zamyśle, głównym celem opracowanego algorytmu jest to, aby generowane na etapie przygotowania produkcji harmonogramy początkowe mogły być sporządzane przy wykorzystaniu wiedzy historycznej zgromadzonej przez

konkretne przedsiębiorstwo.

Zgromadzona przez przedsiębiorstwa produkcyjne wiedza historyczna powinna wskazywać m. in.: na rodzaj zakłóceń, które w przeszłości podczas produkcji w nich występowały, na zasób (maszynę), na którym te zakłócenia wystąpiły, na termin ich rozpoczęcia oraz moment zakończenia, na przyczyny ich wystąpienia pod warunkiem, że przyczyny te każdorazowo zidentyfikowano, a także na zrealizowaną wielkość produkcji w odniesieniu do ściśle określonego odcinka czasu.

Opisywany algorytm, docelowo, powinien zatem wspomóc w wykonywanej pracy osoby odpowiedzialne za krótkoterminowe harmonogramowanie produkcji, poprzez wygenerowanie propozycji takiego szczegółowego planu produkcji, który rozwiązywał będzie pewne „palące” problemy będące „chlebem powszednim” chyba każdego współcześnie działającego na rynku przedsiębiorstwa produkcyjnego, a do których zalicza się:

- problem z poprawnym ustalaniem dat realizacji poszczególnych zleceń produkcyjnych, tak aby wiarygodnym stało się późniejsze ich przestrzeganie oraz spełnienie potwierdzonych terminów ich wykonania,
- problem ze zbyt długim czasem przepływu poszczególnych zleceń przez system wytwarzania,
- problem związany ze stopniem wykorzystania poszczególnych maszyn w systemie wytwarzania.

Kolejnymi krokami badawczymi, które w najbliższym czasie planuje się podjąć są działania zmierzające do ukończenia budowy oraz do weryfikacji poprawności działania zaproponowanego algorytmu polegające na: opracowaniu procedury uodparniania harmonogramu produkcji z uwagi na nieplanowane przestoje maszyn, opracowaniu procedury symulowania realizacji wykonania proaktywnych harmonogramów produkcji w warunkach zakłóceń produkcyjnych w postaci nieplanowanych postojów maszyn oraz na budowie systemu komputerowego pozwalającego na przetestowanie i weryfikację działania opracowanego algorytmu.

LITERATURA

- [1] GANTT H. L.: *Organizing for Work*. Allen and Unwin, London, 1919.
- [2] REINFELD N. V.: *Production Control*. Prentice-Hall, New York, 1959.
- [3] AYTUG H., LAWLEY M. A., MCKAY K., MOHAN S., UZSOY R.: *Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions*. European Journal and Operational Research, vol. 161, no. 1, 2005, pp. 86–110.
- [4] MCKAY K. N., SAFAYENI F., BUZACOTT J. A.: *An information systems based paradigm for decision making in rapidly changing industries*. Control Engineering Practice, vol. 3, no. 1, 1995, pp. 77–88.

- [5] LEON V. J., WU S. D., STORER R. H.: *Robustness measures and robust scheduling for job shops*. IIE Transactions, vol. 26, no. 5, 1994, pp. 32–43.
- [6] MEHTA S. V., UZSOY R.: *Predictable scheduling of a job shop subject to breakdowns*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 14, no. 3, 1998, pp. 365–378.
- [7] MEHTA S. V., UZSOY R.: *Predictable scheduling of single machine subject to breakdowns*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, vol. 12, no. 1, 1999, pp. 15–38.
- [8] COWLING P., JOHANSSON M.: *Using real time information for effective dynamic scheduling*. European Journal of Operational Research, vol. 139, no. 2, 2002, pp. 230–244.
- [9] KLIMEK M.: *Przydatność reaktywnego harmonogramowania produkcji z ograniczoną dostępnością zasobów*. Rozprawa doktorska, AGH, Kraków, 2010.
- [10] RAHEJA A.S., REDDY K.R.B., SUBRAMANIAM V.: *A generic mechanism for repairing job shop schedules*. 2003, http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/3744/IMST010_Reddy.pdf?sequence=2 (dostęp: 12 lipca 2013).
- [11] SUBRAMANIAM V., RAHEJA A. S.: *maOR: A heuristic-based reactive repair mechanism for job-shop schedules*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 22, 2003, pp. 669–680.
- [12] SUBRAMANIAM V., RAHEJA A. S., REDDY K. R. B.: *Reactive repair tool for job shop schedules*. International Journal of Production Research, vol. 43, no. 1, 2005, pp. 1–23.
- [13] ECK M.: *Advanced planning and scheduling: In logistics everything? A research on the use (fullness) of advanced planning and scheduling systems*. Vrije University of Amsterdam, Amsterdam, 2003, <http://obp.math.vu.nl/logistics/papers/vaneck.doc> (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [14] RUDNICKI J.: *Systemy zaawansowanego planowania i harmonogramowania w zarządzaniu łańcuchem dostaw*. http://www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/rudnicki/default_pliki/APS%20systemy%20Zakopane.pdf (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [15] WOJAKOWSKI P.: *Metoda projektowania przepływu produkcji w warunkach zmiennego zapotrzebowania*. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska 2012.
- [16] GRUAT-LA-FORME F-A., BOTTA-GENOULAZ V., CAMPAGNE J-P., MILLET P-A.: *Advanced Planning and Scheduling system: an overview of gaps and potential sample solutions*, Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM 2005, 2005, p.683-695, http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/39/51/07/PDF/2005_IESM_-_FAG_VBG_JPC_PAM.pdf (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [17] KJELSDOTTER IVERT L.: *Use Advanced Planning and Scheduling (APS) systems to support manufacturing planning and control processes*. Rozprawa doktorska, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2012.
- [18] STADTLER H.: *Supply chain management and advanced planning – basic, overview and challenges*. European Journal of Operational Research, vol.163, no. 3, 2005, pp. 575–588.
- [19] STADTLER H., KILGER CH.: *Supply Chain Management and Advanced Planning: concepts, models and case studies*. Springer, Berlin, 2005.
- [20] <http://www.asprova.com/en/asprova/> (dostęp:30 kwietnia 2014).
- [21] <http://www.eqsystem.pl/aps---informacje-ogolne.html> (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [22] <http://www.preactor.com> (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [23] <http://www.taylor.com> (dostęp: 30 kwietnia 2014).
- [24] <http://www.simulation.co.uk/products/orchestrate-scheduling-and-planning-software> (dostęp: 30 kwietnia 2014).

METHOD OF CREATING PROACTIVE SCHEDULES FOR UNPLANNED DOWNTIMES OF MACHINERY UNDER MULTI-ASSORTYMENT PRODUCTION

Abstract

From the standpoint of real-world scheduling problem, it is necessary to find solution of building schedule which will remain insensitive to production disruptions occurring in the phase of process execution.

The article presents the concept of the algorithm of creating proactive production schedules due to the unplanned downtimes of machines in high product mix conditions. As a result, this algorithm should facilitate a planner work of determining due dates for the various production orders because of the production uncertainty that may bring in the future. The paper also lists the reasons for which production schedules shall be drawn up, presents the classification of production disruptions in the manufacturing systems and indicates the most recent trends of scientific research regarding production scheduling under uncertainty that have been described in the literature.

Keywords: proactive schedule, unplanned downtime, production disruption

METODA UODPARNIANIA HARMONORAMÓW PRODUKCJI NA NIEPLANOWANE PRZESTOJE MASZYN W WARUNKACH PRODUKCJI WIELOASORTYMENTOWEJ

Streszczenie

Z punktu widzenia rzeczywistych problemów harmonogramowania zadań ważne jest, aby zbudowany przed rozpoczęciem procesu produkcyjnego harmonogram bazowy pozostał niewrażliwy na zakłócenia produkcyjne, które mogą wystąpić podczas jego realizacji.

W artykule zaprezentowano koncepcję algorytmu uodparniania harmonogramów produkcji z uwagi na nieplanowane przestoje w warunkach produkcji wieloasortymentowej, który docelowo powinien wspomóc planistę w planowaniu terminów realizacji poszczególnych zleceń produkcyjnych mając przy tym na uwadze niepewności produkcji jaką może przynieść przyszłość. W pracy omówiono także przesłanki, które decydują o celowości sporządzania harmonogramów produkcji, przedstawiono klasyfikację zakłóceń produkcyjnych w systemach wytwarzania oraz wskazano najnowsze kierunki rozwoju badań w literaturze nad harmonogramowaniem produkcji w warunkach niepewności.

Słowa kluczowe: harmonogram proaktywny, nieplanowany przestój, zakłócenie produkcyjne

ZWIĘKSZENIE DOSTĘPNEGO CZASU PRACY MASZYNY

1. WSTĘP

Stale zwiększające się wymagania klientów oraz silna konkurencja wymagają od przedsiębiorstwa produkcyjnego poszukiwania rozwiązań mających na celu doskonalenie procesów wytwarzania wyrobów i obniżenie kosztów produkcji [1]. Dążenie do tego celu umożliwia koncepcja Lean Manufacturing (LM), której narzędzia wspomagają identyfikację i eliminację marnotrawstwa oraz wzrost wydajności. Korzenie Lean Management sięgają najlepszych praktyk produkcyjnych z końca XIX i pierwszej połowy XX w. Pierwowzorem koncepcji Lean Manufacturing był System Produkcyjny Toyoty, który powstał po II wojnie światowej z połączenia różnych metod, technik i zasad (m.in. zarządzania przez jakość J. Jurana oraz rozwiązań japońskich praktyków – T. Ohno, E. Toyody, S. Shingo) [5]. Jednym z narzędzi LM jest praca standaryzowana, czyli udokumentowana – aktualnie najlepsza metoda wykonywania pracy [3]. Standaryzacja zapewnia realizację każdego procesu w firmie w taki sam sposób przez wszystkich pracowników. Umożliwia również realizację zleceń w wyznaczonym przez harmonogram czasie, eliminując tym samym dowolność w kolejności ich wykonywania [6]. Aby możliwe było wprowadzenie pracy standaryzowanej należy w pierwszej kolejności przeprowadzić analizę stanu obecnego, zidentyfikować i wyeliminować wszelkie marnotrawstwo oraz udoskonalić obecne metody pracy. Określenie stanu aktualnego jest możliwe dzięki pomiarom czasu pracy. Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod pomiaru czasu pracy jest chronometraż. Czasy w tej metodzie wyznaczane są poprzez wielokrotny pomiar operacji z wykorzystaniem stopera [4].

¹ Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Politechnika Poznańska,
60–965 Poznań, ul. Piotrowo 3, tel./fax.: (061) 647 59 91
e-mail: paulina.h.rewers@doctorate.put.poznan.pl

² Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Politechnika Poznańska,
60–965 Poznań, ul. Piotrowo 3, tel./fax.: (061) 647 59 91
e-mail: krzysztof.zywicki@put.poznan.pl

Identyfikację i eliminację marnotrawstwa umożliwiają narzędzia Lean Manufacturing. Jednymi z najpopularniejszych narzędzi wśród przedsiębiorców są: 5S, SMED (ang. Single Minute Exchange of Die – przebrojenia w czasie pojedynczych minut) i Poka-Yoke [7]. Po procesie eliminacji marnotrawstwa występującego na produkcji można z powodzeniem doskonalić obecne metody pracy. Doskonalenie metod pracy (MP) jest częścią programu rozwoju niezbędnych umiejętności przełożonych TWI (ang. Training Within Industry – szkolenie w ramach branży). Celem programu jest rozwinięcie kluczowych kompetencji przełożonych, które są niezbędne do efektywnego zarządzania zespołami operacyjnymi. Doskonalenie metod pracy polega na usprawnieniu obecnych metod pracy, dzięki czemu przedsiębiorstwo może produkować większą liczbę wyrobów o wysokiej jakości i w krótszym czasie, przy wykorzystaniu tych samych zasobów [2]. Ważnym aspektem jest również utrzymanie wysokiej niezawodności maszyn produkcyjnych. Ciągłość produkcji wymaga unikania awarii oraz uszkodzenia sprzętów. Utrzymanie ruchu maszyn wspomaga metoda TPM (ang. Total Productivity Maintenance – zarządzanie utrzymaniem ruchu maszyn i urządzeń). Metoda pojawiła się w Japonii, jako koncepcja zakładająca podejmowanie zespołowych działań związanych z utrzymaniem sprzętu produkcyjnego, prowadzone na wszystkich poziomach organizacji. Celem TPM jest poprawa kondycji przedsiębiorstwa, przez zwiększenie niezawodności sprzętu i wzmocnienie pracowników. Aby zrealizować ten cel przedsiębiorstwo powinno opanować cztery podstawowe metody [8]:

- obsługę profilaktyczną – zapobieganie awariom,
- obsługę doskonalącą – doskonalenie sprzętu, aby zapobiegać awariom,
- zapobieganie obsłudze – projektowanie urządzeń tak, aby wymagały jak najmniej konserwacji,
- obsługę awarii – naprawy, gdy awaria wystąpi.

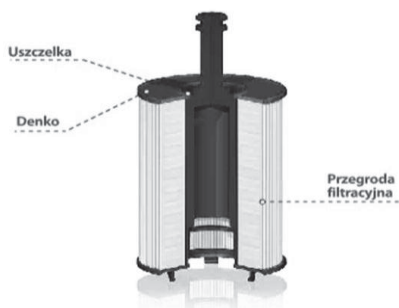
2. PROCES PRODUKCYJNY FILTRÓW

Filtry oleju i powietrza stanowią istotną część portfela wyrobów badanego przedsiębiorstwa. Obecnie coraz większa świadomość ekologiczna wymusza na przedsiębiorstwie poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań. Trend ekologiczny widoczny jest zarówno w projektowaniu jak i technologii produkcji wkładów filtracyjnych. Filtry nie posiadają żadnych elementów metalowych, co ułatwia ich utylizację po okresie eksploatacji, a sama produkcja realizowana jest na bardzo nowoczesnej linii produkcyjnej. Bazowe elementy filtra – denka i rdzenie, wykonane są z tworzyw sztucznych np. PA6, PA6T20, a przegrody filtracyjne, tzw. mieszki z bibuły filtracyjnej na bazie włókien celulozowych impregnowanych specjalnymi żywicami fenolowymi lub epoksydowymi.

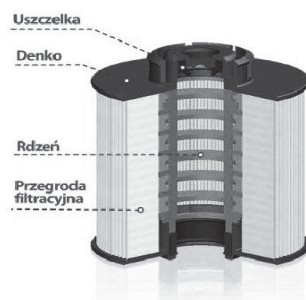
Dzięki temu filtry zabezpieczone są przed wpływem wysokiej temperatury oraz agresywnych związków chemicznych. W nowoczesnych materiałach filtracyjnych, szczególnie tych przeznaczonych do olejów syntetycznych stosuje się domieszki włókien sztucznych lub w pełni syntetyczne materiały. Aby zwiększyć chłonność filtra stosuje się materiały wielowarstwowe, o różnej strukturze i różnych właściwościach filtracyjnych dla każdej warstwy. Taki materiał pozwala uzyskiwać efekt selektywnej separacji zanieczyszczeń na każdej warstwie, co w efekcie znacznie zwiększa chłonność zanieczyszczeń przy zachowaniu wymaganej skuteczności filtrowania.

2.1. KONSTRUKCJA WKŁADÓW FILTRÓW

Wkłady filtra oleju i paliwa mają podobną konstrukcję. Wkład filtra oleju złożony jest z przegrody filtracyjnej, której zadaniem jest klarowanie oleju, połączonej z denkami przytrzymującymi przegrodę oraz uszczelki. Wkład filtra paliwa wyposażony jest również w dodatkowy rdzeń. Konstrukcję oby wkładów przedstawiają rysunki 1 i 2.



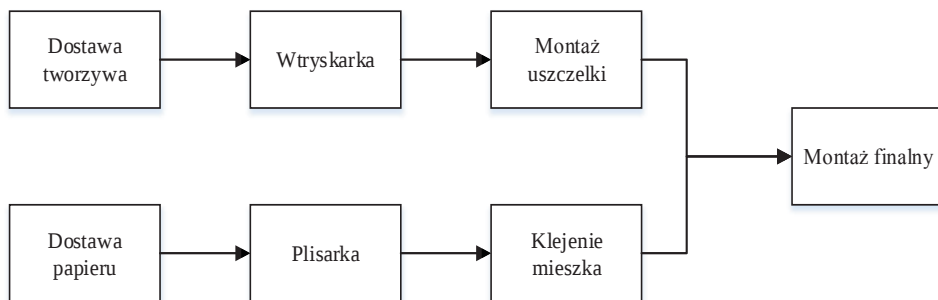
Rys. 1. Wkład filtra oleju



Rys. 2. Wkład filtra paliwa

2.2. ETAPY PRODUKCJI FILTRÓW

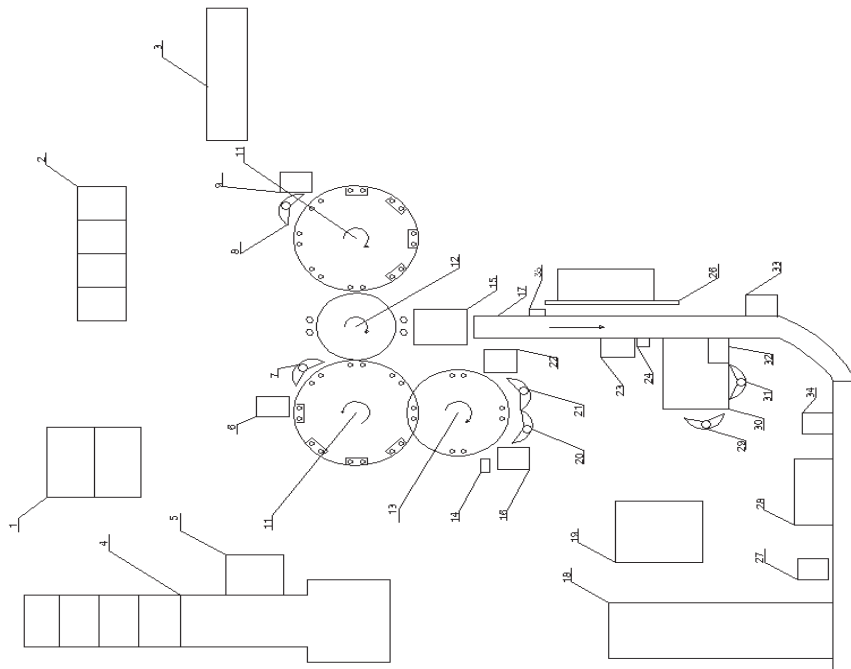
Proces produkcyjny filtrów rozpoczyna się dostarczeniem tworzywa sztucznego na wtryskarkę, gdzie wytwarzane są denka. Po operacji wtryskiwania na gotowe denka montowana jest uszczelka. Równolegle dostarczany jest papier na plisowarkę, gdzie wytwarzane a następnie klejone są przegrody filtracyjne. Tak przygotowane elementy trafiają na montaż końcowy gdzie składany jest filtr. Kolejne etapy procesu przedstawione są na rysunku 3.



Rys. 3. Etapy procesu produkcji filtrów

2.3. PROCES PRODUKCJI FILTRÓW NA LINII K-32

Produkcja filtrów na linii K-32 odbywa się dzięki zastosowaniu dwóch karuzeli, na których pracownicy umieszczają posegregowane i odpowiednio zorientowane denka oraz osobnej karuzeli, na której umieszczane są mieszki. Przełożenie filtrów z jednej karuzeli na drugą dokonywane jest za pomocą automatycznego obrotnika. Następnie filtry transportowane są na podajniku taśmowym i poddawane kontroli jakości. Na rysunku 4 przedstawiony został schemat linii montażowej K-32.



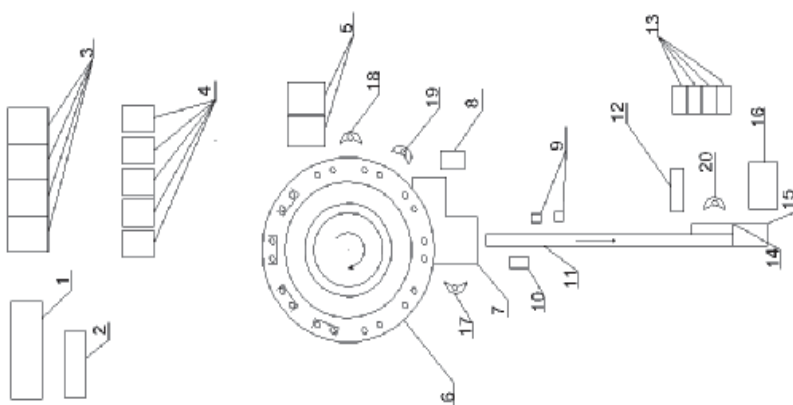
Rys. 4. Schemat linii montażowej K-32

Tab. 1. Legenda do rysunku 4

Lp.	Opis	Lp.	Opis	Lp.	Opis
1	Pole odkładcze	13	Stół bibuły	25	Biurko
2	Pole odkładcze	14	Panel sterowania	26	Tablica
3	Oprządkowanie	15	Przenośnik taśm.	27	Wyroby gotowe
4	Maszyna do foliowania	16	Mieszki	28	Stół
5	Drukarka	17	Przenośnik taśm.	29	Pracownik
6	Pojemnik z denkami	18	Kartoniarka	30	Stół
7	Pracownik	19	Pole odkładcze	31	Pracownik
8	Pracownik	20	Pracownik	32	Wyroby gotowe
9	Pojemnik z denkami	21	Pracownik	33	Drukarka
10	Karuzela 1	22	Rdzenie	34	Kartony
11	Karuzela 2	23	Stół	35	Drukarka
12	Obrotnik	24	Braki	36	Pracownik

2.4. PROCES PRODUKCJI FILTRÓW NA LINII K-20

Linia K-20 wyposażona jest w jedną karuzelę, a przełożenia filtrów dokonuje pracownik. Operator dokonuje również segregacji i orientacji denek oraz umieszcza je na karuzeli. Schemat linii K-20 przedstawiony jest na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat linii montażowej K-20

Tab. 2. Legenda do rysunku 5

Lp.	Opis	Lp.	Opis
1	Urządzenie do badania szczelności	11	Przenośnik taśmowy
2	Biurko	12	Stół
3	Pole odkładcze	13	Pole odkładcze
4	Pole odkładcze	14	Stół
5	Pojemnik z mieszkaniami	15	Stół
6	Koło montażowe	16	Pole odkładcze
7	Stół	17	Pracownik
8	Pojemnik z denkami	18	Pracownik
9	Drukarka	19	Pracownik
10	Panel sterowania drukarki	20	Pracownik

3. ANALIZA CZASÓW PRZESTOJÓW LINII MONTAŻOWEJ K-32 I K-20

Obserwacji linii montażowych dokonywano przez 10 dni roboczych po 8 godzin dziennie, co w efekcie daje 4800 minut pracy operatorów. Analiza procesu montażu filtrów na linii K-32 i K-20 wykazała, że w przeciągu 10 minut pracy każdej linii montażowej można otrzymać 167 sztuki wyrogu gotowego z linii K-32 oraz 82 sztuki z linii K-20. Przedstawiona analiza zawiera dane dotyczące przestojów zaobserwowanych na liniach w ujęciu czasowym oraz procentowym, gdzie 4800 minut – 100%.

3.1. LINIA MONTAŻOWA K-32

W pierwszym etapie analizy przeprowadzono pomiary czasów przestojów metodą chronometrażu bezpośrednio na linii montażowej wraz z przypisaniem przestoju do odpowiadającej kategorii. Efektem tego było sporządzenie tabeli zawierającej dzień i czas przestoju, indeks elementu, przy produkcji którego przestój nastąpił oraz dodatkowe uwagi. Wycinek zestawienia przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Częściowe dane z obserwacji linii K-32

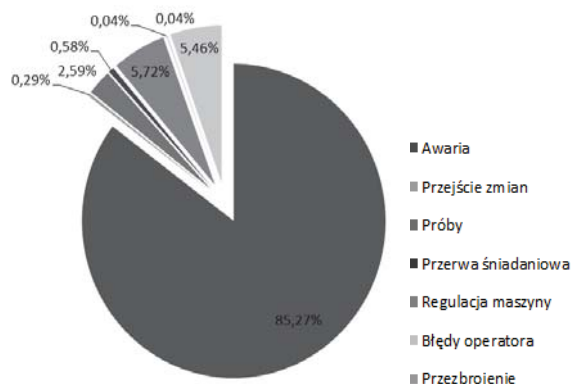
Lp.	Data	Godzina	Czas	Zdarzenie	Indeks	Uwagi
9	08.12 2014	14.56–15.25	29 min	Przerwa śniadaniowa		
10	08.12 2014	17.21–17.25	4 min	Awaria		źle rozłożona bibuła
11	08.12 2014	19.20–19.57	37 min	Przezbrowanie		
12	08.12 2014	21.55–22.00	5 min	Przejście zmian		3 zmiana nie pracuje
23	10.10 2014	14:30–14:55	25 min	Przezbrowanie	OM-1215	kłopoty z obrotnikiem
30	11.10 2014	17.12–17.40	32 min	Próby		

W kolejnym kroku wykonano zestawienie (tabela 4) zdarzeń występujących na linii K-32. Zestawienie zawiera sumę czasów poszczególnych kategorii przerw, średni czas przestojów w ujęciu czasowym oraz procentowym.

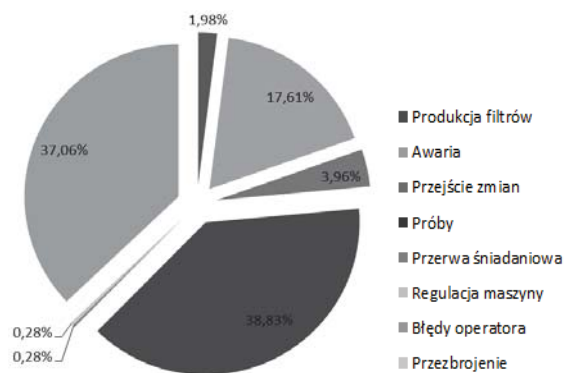
Tab. 4. Zestawienie zdarzeń występujących na linii K-32

Zdarzenie		Czas [min]				Czas [%]			
		Od	Do	Średnia	Suma	Od	Do	Średnia	Suma
Produkcja filtrów					4093				85,27
Kategoria przestoju	Awaria	2,0	4,0	3,0	14,0	0,04	0,08	0,06	0,29
	Przejście zmian	1,0	12,0	6,5	124,5	0,02	0,25	0,14	2,59
	Próby	28,0	28,0	28,0	28,0	0,58	0,58	0,58	0,58
	Przerwa śniadaniowa	27,0	28,0	27,50	274,5	0,56	0,58	0,57	5,72
	Regulacja maszyny	2,0	2,0	2,00	2,0	0,04	0,04	0,04	0,04
	Błędy operatora	2,0	2,0	2,0	2,0	0,04	0,04	0,04	0,04
	Przezbrowanie	20,0	46,0	26,2	262,0	0,54	0,96	0,75	5,46

Dla powyższej tabeli sporządzono wykres kołowy (rysunek 6) obrazujący procentowy skład czasu pracy produkcji oraz strukturę czasu postoju (rysunek 7).



Rys. 6. Procentowy skład czasu pracy produkcji



Rys. 7. Procentowa struktura czasu postoju

3.2. LINIA MONTAŻOWA K-20

Tak jak w przypadku linii K-32, na linii K-20 w pierwszym etapie analizy przeprowadzono pomiary czasów przestojów wraz z przypisaniem go do odpowiadającej kategorii. Efektem tego było sporządzenie tabeli zawierającej dzień i czas przestoju, indeks elementu, przy produkcji którego przestój nastąpił oraz dodatkowe uwagi. Wycinek zestawienia przedstawia tabela 5.

Tab. 5. Częściowe dane z obserwacji linii K-20

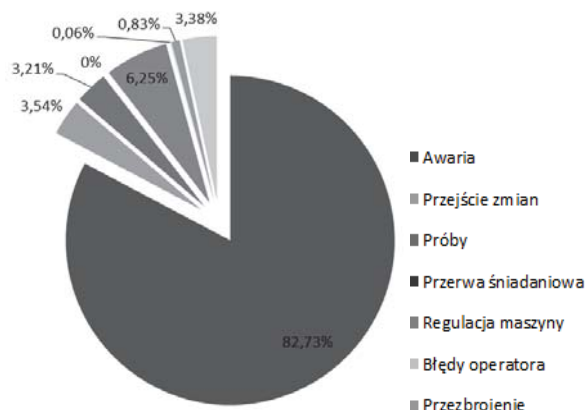
Lp.	Data	Godzina	Czas	Zdarzenie	Indeks	Uwagi
9	12.01 2015	15.25–16:00	35 min	Awaria		Kłopoty z obrotnikiem
10	12.01 2015	17.56–18.25	29 min	Przerwa śniadaniowa		
15	13.01 2015	15:48–16:05	17 min	Przezbrowienie	OM-1247	
16	13.01 2015	21.55–22.00	5 min	Przejście zmian		3 zmiana nie pracuje
23	15.01 2015	15:10–15:38	28 min	Przezbrowienie	649/4BEZ	Przezbrowienie z indeksu 667BEZ
30	16.01 2015	18:20–18.23	3 min	Regulacja maszyny		

W kolejnym kroku również przygotowano zestawienie (tabela 6) zdarzeń występujących na linii K-20. Zestawienie zawiera sumę czasów poszczególnych kategorii przerw, średni czas przestojów w ujęciu czasowym oraz procentowym.

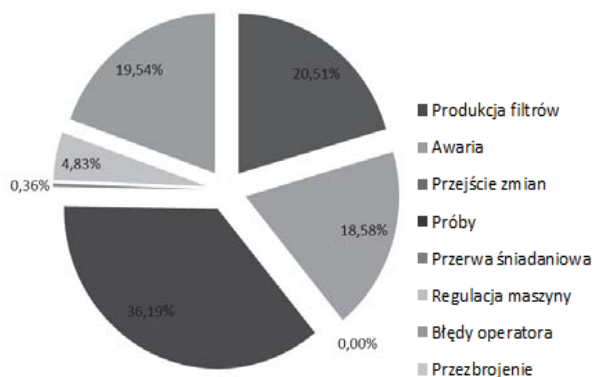
Tab. 6. Zestawienie zdarzeń występujących na linii K-20

Zdarzenie		Czas [min]				Czas [%]			
		Od	Do	Średnia	Suma	Od	Do	Średnia	Suma
Produkcja filtrów					3971				82,73
Kategoria przestoju	Awaria	170,0	170,0	170,0	170,0	3,54	3,54	3,54	3,54
	Przejście zmian	1,0	15,0	8,0	154,0	0,02	0,31	0,17	3,21
	Próby	0	0	0	0	0	0	0	0
	Przerwa śniadaniowa	27,0	35,0	31,0	300,0	0,56	0,73	0,65	6,25
	Regulacja maszyny	3,00	3,00	3,00	3,00	0,06	0,06	0,06	0,06
	Błędy operatora	40,0	40,0	40,0	40,0	0,83	0,83	0,83	0,83
	Przezbrowienie	5,0	34,00	23,1	162,0	0,1	0,71	0,41	3,38

Dla powyższej tabeli sporządzono wykres kołowy (rysunek 8) obrazujący procentowy skład czasu pracy produkcji oraz strukturę czasu postoju (rysunek 9).



Rys. 8. Procentowy skład czasu pracy produkcji



Rys. 9. Procentowa struktura czasu postoju

3.3. PORÓWNANIE CZASU PRACY ORAZ PRZESTOJÓW MASZYN K-32 I K-20

Kolejnym krokiem analizy linii montażowych K-32 i K-20 było porównanie czasów pracy i przestojów występujących na liniach. W tym celu sporządzono tabelę (tabela 7), która zawiera sumę zdarzeń w minutach oraz procentach dla obu linii.

Tab. 7. Porównanie czasu pracy oraz przestojów linii K-32 i K-20

Zdarzenie		K-32	K-20	K-32	K-20
		Suma czasu zdarzeń [min]	Suma czasu zdarzeń [min]	Czas w % na 4800 min	Czas w % na 4800 min
Produkcja filtrów		4093	3971	85,27	82,73
Kategoria przestoju	Awaria	14,0	170,0	0,29	3,54
	Przejście zmian	124,5	154,0	2,59	3,21
	Próby	28,0	0	0,58	0
	Przerwa śniadaniowa	274,5	300,0	5,72	6,25
	Regulacja maszyny	2,0	3,00	0,04	0,06
	Błędy operatora	2,0	40,0	0,04	0,83
	Przebrojenie	262,0	162,0	5,46	3,38

Z powyższego zestawienia wynika, iż czas produkcji filtrów na linii K-20 jest mniejszy o 122 minuty niż czas produkcji filtrów na linii K-32. Różnica ta wynika z większej liczby awarii, dłuższego przejścia zmian oraz dłuższej przerwy śniadaniowej na linii K-20. Porównując z kolei czasy przestojów można zauważyć, że znaczne zróżnicowanie w czasie awarii (156 minut), przejścia zmian (30 minut), przerw śniadaniowych (26 minut), błędów operatora (38 minut) oraz przebrojeń (100 minut). Dysproporcje w większości z tych czasów wynikają przede wszystkim z niedoświadczenia pracowników pracujących na linii K-20 oraz większej awaryjności maszyny.

4. PROPOZYCJA DZIAŁAŃ DOSKONALĄCYCH

Dzięki dokładnej analizie czasów pracy linii montażowych K-20 i K-32 można wyodrębnić obszary, które należy doskonalić w celu zwiększenia produkcji filtrów na wspomnianych linach. Działania doskonalące rozpoczęto od skrócenia czasu przebrojenia na linii K-32. Przebrojenie trwa średnio ok. 26,2 min, z czego samo uzbrojenie maszyny trwa ok. 15 min. Pozostały czas zajmuje ustawianie parametrów maszyny. Znacznym ułatwieniem dla operatora byłaby osobna karta parametrów dla danego indeksu, aby łatwo i szybko można odczytać odpowiednie dane nie szukając ich we wszystkich instrukcjach. Dzięki temu uniknie się również pomyłek w przypadku pracy mniej doświadczonego operatora.

Kolejnym usprawnieniem jest egzekwowanie standardu dotyczącego czasu trwania przerwy śniadaniowej. Obecnie czas ten trwa około 31 minut, przy czym standard zakłada 15 minut przerwy plus 5 min na dojście na stołówkę i 5 min na przyjsięcie z niej. Pracownicy będą musieli odnotowywać czas rozpoczęcia i zakończenia przerwy.

Ostatnim problemem, któremu postanowiono się przyjrzeć jest przejście zmian. Powinno ono odbywać się płynnie, bez konieczności zatrzymywania linii. Aby to uzyskać zaproponowano, że pakowania będzie rozpoczynać zmianę 5 minut później, tak aby pracownicy tego działu zdążyli spakować wyroby spływające z linii montażowych.

Pozostałe problemy: awaryjność maszyn oraz błędy operatorów wymagają długookresowych i stopniowych usprawnień. Zaproponowano wdrożenie TPM, którym zajmie się dział utrzymania ruchu oraz zorganizowano cykl szkoleń dla operatorów i mistrzów, który ma na celu podniesienie ich kwalifikacji i umiejętności.

W tabeli 8 przedstawiono zestawienie czasów przestojów przed i po wprowadzeniu zaproponowanych zmian.

Po wprowadzeniu zaproponowanych zmian na linii K-32 zyskano:

- dzięki skróceniu czasu przebrojeń, 52 minuty, co daje około 868 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych,
- dzięki skróceniu czasu przejścia zmian, 64 minuty, co daje około 1068 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych,
- dzięki skróceniu czasu przerw śniadaniowych, 24 minuty, co daje około 400 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych.

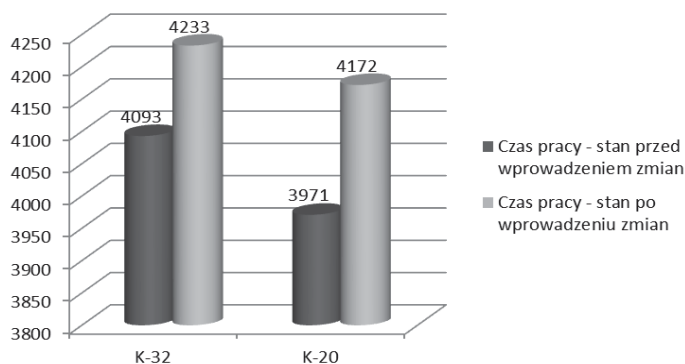
Po wprowadzeniu zaproponowanych zmian na linii K-20 zyskano:

- dzięki skróceniu czasu przebrojeń, 57 minut, co daje około 427 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych,
- dzięki skróceniu czasu przejścia zmian, 94 minuty, co daje około 770 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych,
- dzięki skróceniu czasu przerw śniadaniowych, 50 minuty, co daje około 410 sztuk wyrobu gotowego w ciągu 10 dni roboczych.

Tab. 8. Zestawienie czasów przestojów przed i po wprowadzeniu zaproponowanych zmian

Zdarzenie	K-32				K-20			
	Przed wprowadzeniem zmian		Po wprowadzeniu zmian		Przed wprowadzeniem zmian		Po wprowadzeniu zmian	
	Średni czas [min]	Suma czasu [min]	Średni czas [min]	Suma czasu [min]	Średni czas [min]	Suma czasu [min]	Średni czas [min]	Suma czasu [min]
Przejście zmian	26,2	262,0	21	210	23,1	162,0	15	105
Przerwa śniadaniowa	6,5	124,5	3	60	8	154,0	3	60
Przebrojenie	27,5	274,5	25	250	31	300,0	25	250

Ogólnie można stwierdzić, że dzięki wprowadzeniu udoskonaleń na linii K-23 zyskano 140 minut, co daje około 2338 sztuk 2 ciągu 10 dni roboczych, natomiast na linii K-20 – 201 minut, czyli można wyprodukować o około 1648 sztuk na 10 dni roboczych (rysunek 10).



Rys. 10. Zestawienie czasu pracy – stan przed i po wprowadzaniu zmian

5. WNIOSKI

Celem artykułu było przeprowadzenie analizy porównawczej czasów pracy linii montażowych filtrów: K-32 oraz K-20. Analizę sporządzono w oparciu o obserwację bezpośrednią i metodę chronometrażu, za pomocą której zmierzono czasy trwania poszczególnych przestojów.

Na podstawie przeprowadzonej analizy zaproponowano kilka działań usprawniających, które mają na celu zmniejszenie nakładu na jednostkę produktu. Jednocześnie działania te nie wymagają dodatkowych nakładów finansowych. W zwrócono uwagę, że nie zostały wyczerpane wszystkie możliwości na poprawienie efektywności pracy, a mianowicie:

- częste awarie maszyn można ograniczyć poprzez wdrożenie TPM,
- dostosować i unormować opakowania kartonowe tak, aby nie było konieczne częste przezbrajanie kartoniarki,
- opracować instrukcję startu na linii K-32, ponieważ każdy operator inaczej wyjaśnia sposób startu nowym pracownikom, przez co nie można utrzymać standardu pracy.

LITERATURA

- [1] BIRMINGHAM F., JELILNEK J.: *Quick Changeover Simplified The Manager's to Improving Profits with SMED*, Productivity Press, New York, 2007.
- [2] GROUPE P., WRONA R.: *Podręcznik TWI. Doskonalenie niezbędnych umiejętności przelozonych*, Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław, 2010.
- [3] KUBIS N.: *Narzędzia Lean Management, Zagadnienia Techniczno-Ekonomiczne*, Tom 50, Zeszyt 2-3, Poznań, 2005.
- [4] KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ I.: *Wybrane zagadnienia planowania procesu produkcyjnego*, Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, tom I, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2014.
- [5] LIKER J. K., MEIER D. P.: *Droga Toyoty Fieldbook. Praktyczny przewodnik wdrazania 4P Toyoty*, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa, 2011.
- [6] MARCINIAK J.: *Standaryzacja procesow zarzadzania personelem*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2006.
- [7] OHNO T.: *System Produkcyjny Toyoty. Wiecej niz produkcja na duza skale*, ProdPress.com, Wrocław, 2008.
- [8] *The Productivity Press Development Team, TPM Dla Kazdego Operatora*, ProdPublishing.com, Wrocław, 2012.

INCREASE IN AVAILABLE TIME MACHINE

Abstract

The purpose of this study is a comparative analysis of working times assembly line K-32 and K-20. The analysis was done on the basis of research conducted in the company, which specializes in the production of filters. Work includes data from direct observation and measurement of operating times by timing. The article describes the process for the production of filters and presented several proposals for improvement activities.

Keywords: filters, improvement of working methods

ZWIĘKSZENIE DOSTĘPNEGO CZASU PRACY MASZyny

Streszczenie

Celem poniższej pracy jest analiza porównawcza czasow pracy linii montazowych K-32 oraz K-20. Analize sporzadzono na podstawie badan przeprowadzonych w przedsiebiorstwie, ktore specjalizuje sie w produkcji filtrów. Praca zawiera dane z obserwacji bezposredniej oraz pomiarow czasow pracy metoda chronometrazu. W artykule opisano proces produkcji filtrów oraz przedstawiono kilka propozycji dzialan doskonalacych.

Słowa kluczowe: filtry, doskonalenie metod pracy

CIĄGŁE DOSKONALENIE ERGONOMICZNE STANOWISKA DO TERMOFORMOWANIA

1. WSTĘP

Doskonalenie procesów produkcyjnych odbywa się w przedsiębiorstwach na wielu płaszczyznach. Organizacja przyjmując cele dla swojej działalności gospodarczej kształtuje kryteria oceny skuteczności procesów przez siebie prowadzonych. Dwa najważniejsze i najczęściej przyjmowane przez przedsiębiorstwa cele to zysk oraz brak wypadków przy pracy. Minimalizacja zagrożenia wypadkowego sprawia, że stanowiska są w sposób ciągły oceniane i korygowane. Im bardziej kompleksowa jest analiza i im więcej wniosków racjonalizatorskich jest wdrażanych tym większy jest poziom szeroko rozumianej kultury technicznej załogi. Jednym z elementów wzrostu tej kultury jest humanizacja pracy, w tym nakłady na ochronę zdrowia i poprawę ergonomii pracy.

Metody badawcze mogą być kompleksowe, tzn. grupowe i wycinkowe – pojedyncze. Możliwości kierunków oraz zakresów badania jest więc wiele. Dobór ich zależy zawsze od sytuacji, potrzeb i aktualnie istniejących możliwości. Obecnie stosowane są zarówno klasyczne wersje arkuszy oceny i list kontrolnych jak ich zmodyfikowane formy. Lista Dortmundzka opracowana została na zlecenie I Kongresu Ergonomicznego i przedstawiona na II Kongresie w Dortmundzie we wrześniu 1964 r. przez zespół pod kierunkiem G.C. Burgera. Ergonomic System Analysis Checklist, w skrócie ESAC zawiera 323 pytania i obejmuje zagadnienia obciążenia psychicznego i fizycznego na stanowisku pracy, obciążenia fizyczne, psychiczne i środowiskowe związane z metodami pracy, organizacji pracy, czynnościowego i całkowitego obciążenia,

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, tel. (033) 827 93 49,
e-mail: jmatuszek@ath.bielsko.pl

² Katedra Inżynierii Produkcji, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, tel. (033) 827 93 49
e-mail: kbyrska@ath.bielsko.pl

wydajności układu. Na podstawie tej listy powstała lista Check Ergonomics Test II – CET II. Listę kontrolną CET – II otwiera 11 pytań o charakterze ogólnym. Następnie jest 350 pytań podzielonych na cztery kategorie: A, B, C, D, zależnie od stopnia szczegółowości [4].

Zastosowanie tak obszernych list w praktyce produkcyjnej jest bardzo trudne, dlatego przedsiębiorstwa decydują się na skrócenie swoich list kontrolnych, skupiają się na wybranych kryteriach lub tworzą swoje własne narzędzia oceny stanowisk pracy. Przykładowe, wybrane listy kontrolne wraz z datami ich opracowania to: Ergonomic Assessment Worksheet – EAWS, Ergonomic Job Analysis Technique, opracowana w 1983 roku przez Romerta i Landau’a, metoda JDS – Job Diagnostic Survey – Hackman J.R. Oldman G.R., 1980 – dotyczy subiektywnej percepcji pracy przez pracującą osobę, Work Ability Index – Tuomi K. i wsp. – 1994, listy kontrolne Karaffa-Korbutta – 1933, lista Hansena – 1963, H. Kirschner i P. Krasucki – 1968, 1970, Ogiński – 1968, J. Gierasimiuk – 1984, J. Lewandowski – 1995, lista kontrolna opracowana na zlecenie Międzynarodowej Organizacji Pracy (ILO, 1996), Lista kontrolna dla stanowiska z komputerami Grabosz, Sikorski – 1999, Fińska lista kontrolna Ergonomic Workplace Analysis Ed. Ahonen M., Launis M. and Kuorinka T.: Ergonomie Section Finnish Institute of Occupational Health – 1989, Francuska Ergonomie en Production. Principales specifications. Version 2, Ed. Renoux J.: Renault Securite Conditions de Travail, Renault le Mans –1996 [4].

2. KRYTERIA OCENY ŚRODOWISKA PRACY

Warunki pracy oddziałują na człowieka, co skutkuje różnym odczuwaniem przez pracowników obciążenia pracą. Może prowadzić to do zmniejszenia sprawności zmysłów, trudności w kojarzeniu, rozumowaniu, jasności myślenia, zaburzenia pamięci i koncentracji, zmęczenia, obniżenie sprawności psychomotorycznej, zmian emocjonalnych – wzrostu pobudliwości, napięcia, przygnębienia, niechęci do działania[1].

Na warunki wykonywanej pracy wpływają [1]:

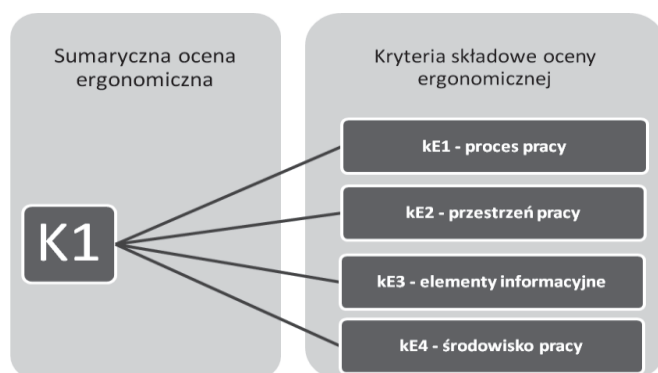
- czynniki techniczne – rodzaje środków pracy, wielkość, kształt przedmiotów pracy, sprawność techniczna i zabezpieczenie stanowiska i urządzeń transportowych,
- czynniki organizacyjne – ergonomiczność wyrobu, forma organizacyjna, metody wykonywania, przestrzeń pracy z uwzględnieniem danych antropometrycznych na stanowisku, między stanowiskami, urządzeń transportowych, sposób i kolejność dostarczania części, prawidłowość obliczania norm czasu pracy, rytm i tempo pracy, przerwy w pracy – planowane wynikające z procesu technologicznego i wynikające z procesu pracy,

- czynniki materialnego środowiska – mikroklimat, oświetlenie, hałas, wibracje, zanieczyszczenie powietrza,
- obciążenia fizyczne – obciążenie mięśni statyczne i dynamiczne,
- obciążenie psychiczne – monotonia, konieczność intensywnego myślenia, podejmowanie ryzykownych decyzji, strumień informacji – zasób, dostęp, możliwość ich wykorzystania,
- bezpieczeństwo pracy – stosowanie zabezpieczenia przed naruszeniem normalnych warunków eksploatacji, ochrona przed zagrożeniami urazowymi, zabezpieczenie maszyn, urządzeń, oprzyrządowania, podczas podnoszenia przedmiotów i dźwigania.

Na całkowitą ocenę jakości ergonomicznej maj składają się cztery kryteria wymienione w tabeli 1.

Tab. 1. Składowe kryterium oceny ergonomicznej [źródło: opracowanie własne]

K1	Sumaryczna ocena ergonomiczna (składająca się z podkryteriów kE1, kE2, kE3, kE4)
K2	Czas cyklu produkcyjnego
K3	Koszt wdrożenia rozwiązania ergonomicznego
K4	Czas do wdrożenia przyjętego rozwiązania ergonomicznego



Rys. 1. Kryterium sumarycznej oceny ergonomicznej [źródło: opracowanie własne]

3. OPTIMALIZACJA ERGONOMICZNA METODĄ YAGERA

Optymalizacja ergonomiczna procesów wytwarzania może być prowadzona w trakcie projektowania stanowiska – jest to wówczas optymalizacja lub projektowanie ergonomiczne koncepcyjne. Celem referatu jest przedstawienie przykładowego algorytmu optymalizacji wielokryterialnej struktury realizowanego procesu wytwarzania (ergonomiczne projektowanie korekcyjne) na przykładzie stanowiska montażu przewodów z tworzyw sztucznych z uwzględnieniem kryteriów jakości ergonomicznej, czasu trwania cyklu produkcyjnego co przedkłada się na efektywność ekonomiczną procesu, kosztu wdrożenia wybranych rozwiązań oraz ograniczeń w terminie najszybszego możliwego wdrożenia planowanych rozwiązań.

W przedstawionej w artykule przykładowej optymalizacji wielokryterialnej struktury i parametrów przebiegów realizowanych procesów wykonywane są dwa etapy[2]:

- wyznaczenie zbioru rozwiązań optymalnych w sensie Pareto,
- postępowanie w celu wyboru rozwiązania najlepszego.

Zadanie polega na znalezieniu takiego wariantu ze zbioru wariantów procesu, który najlepiej spełnia wszystkie przyjęte kryteria. Poszczególnym kryteriom przypisuje się wagi, które są współrzędnymi wektora własnego, odpowiadającego maksymalnej wartości własnej wektora λ_{max} . Współrzędne te muszą dodatkowo spełniać warunek, by ich suma była równa liczbie przyjętych do oceny wariantów kryteriów. Wówczas decyzja przyjmuje następującą postać zgodnie z wzorem 1 [2]:

$$D = K_1^{w1} \cap K_2^{w2} \cap K_3^{w3} \cap K_4^{w4} \quad (1)$$

gdzie: K_1 – kryterium oceny rozwiązania,
 $w1$ – waga ważności kryterium.

Wariantem najbardziej preferowanym jest ten wariant, któremu odpowiada największy składnik decyzji optymalnej [2].

3.1. WARIANTY POPRAWY ERGONOMICZNEJ DLA ANALIZOWANEGO STANOWISKA

Poszczególne elementy optymalizacji w zagadnieniu racjonalizacji ergonomicznej stanowiska do termoformowania obejmować będą dane wejściowe, którymi są [2]:

- liczba wariantów procesu wytwarzania,
- liczba kryteriów,
- elementy macierzy ważności poszczególnych kryteriów,
- elementy tablicy $C = [b_{st}]$ będące unormowanymi ocenami s -tego wariantu według t -go kryterium.

Wprowadzony katalog wariantów ergonomicznego kształtowania stanowiska do termoformowania przewodów ma charakter otwarty. Jest on reprezentowany przez zestawienie podane w tabeli 2.

Po utworzeniu zbioru decyzji pierwszeństwo mają te decyzje spośród wzajemnie się wykluczających, które uzyskały wyższą najmniejszą składową oceny. Zbiór ograniczeń wynikających z możliwości ekonomicznych, organizacyjnych organizacji oraz związanych z dostępnością proponowanych rozwiązań, dostępnością wiedzy technicznej wymaganej do zastosowania rozwiązania oraz z polityki bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie określono przez oznaczenie – O1, O2, O3, O4.

- o1 – rozwiązanie nie może spowodować wydłużenia czasu trwania cyklu produkcyjnego,
- o2 – przyjęte do wdrożenia rozwiązanie muszą być możliwe do wprowadzenia w okresie krótszym niż 5 lat,
- o3 – Sumaryczny komfort ergonomiczny musi się poprawić o minimum jeden punkt,
- o4 – maksymalny koszt wdrożenia rozwiązania nie może przewyższyć kosztu 10 jednostek.

Tab. 2. Zestawienie wariantów poprawy ergonomicznej [źródło: opracowanie własne]

Rozwiązanie organizacyjne		
zespół	RZ1	samodzielna obsługa w ciągu dnia różnych maszyn o różnym poziomie uciążliwości pracy
	RZ2	praca zespołowa chacku-chacku, jeśli jest to możliwe to podążanie za wyrobem do końca procesu technologicznego
	RZ3	odpowiedni dobór zespołów pracujących wspólnie
metoda	RM1	zmienne mocowanie – od prawej strony, wciskając przewód w kanał lewą ręką; od lewej strony, wciskając przewód prawą ręką – równe obciążenie kończyn
	RM2	zmniejszenie tarcia sprężyny w przewodzie, dobór odpowiedniej substancji chemicznej nie pogarszającej parametrów produkcyjnych (obecnie stosowany jest silikon w sprayu)
	RM3	szkolenia przypominające najlepszą dostępną metodę pracy, wymiana doświadczeń pomiędzy operatorami
	RM4	zmniejszenie stresu, kolejne stanowiska mają krótszy czas montażowy, system ssący, operator nie nadąża z produkcją na potrzeby montażu, wyrównanie czasu cyklu poprzez zwiększenie zakresu operacji montażowych
proces	RP1	zmniejszenie normy produkcyjnej, zmniejszenie wydatku energetycznego
	RP2	klimatyzacja przestrzeni pracy operatora, stabilne środowisko pracy
	RP3	częstszy remont form – wygładzenie powierzchni, łatwiejsze zakładanie przewodów
	RP4	formy powinny znajdować się blisko maszyn które je stosują – jeśli jest możliwe to wymagane jest takie składowanie w magazynach ani minimalizować ich transport do maszyn
	RP5	silikon w formie pistoletu
	RP6	wstępne wygrzewanie przewodów o dużych średnicach by łatwiej się je wkładało do formy
	RP7	łatwiejsze wkładanie przewodu do kanału,
	RP8	wkładanie przewodu bardziej od góry niż w bok
	RP9	dozownik silikonu w pobliżu dłoni pracownika. Jeśli jest to możliwe mocowany np. opaską do rękawiczki itp.

Tab. 2. c.d.

Rozwiązania techniczne		
organizacja stanowiska	RO1	zmienna wysokość podłoża
	RO2	pojemniki na przewody – kolorowo znaczone, ustawiany kąt, przesuwne, na poziomie ręki, wyposażone w kółka jezdne i hamulec oraz stopkę (mniejsze ryzyko przewrócenia się)
	RO3	powiększenie przestrzeni roboczej (obecnie jest zbyt ciasno), ryzyko urazu
	RO4	rozmieszczenie komponentów maszyny zgodnie z sekwencją zakładania przewodów do maszyny, zwłaszcza w przypadku gdy przewodów mocowanych jest kilka rodzajów
stanowisko pracy	RT1	zmienna wysokość formy, zmiana kąta mocowania
	RT2	zwiększenie przestrzeni pomiędzy dolnym elementem konstrukcji maszyny – brak miejsca na wsunięcie stóp osoby która chce zbliżyć się do samej maszyny
	RT3	hałas alarmu stanu maszyny, zmniejszenie głośności
	RT4	standaryzacja maszyn – łatwiejsza praca na różnych typach i gabarytach maszyny jeśli metoda pracy nie musi się zmieniać
	RT5	dbałość o kleszcze mocujące formę do ramy maszyny, niedopuszczalne jest, by forma poruszała się w trakcie pracy – nie była usztywniona; kleszcze powinny być przypisane do maszyny – łatwiej panować nad tym które się zgubiły lub zniszczyły
	RT6	licznik nie tylko wykonanych cykli w ogóle, możliwość zapisywania swoich ustawień, obecnie operator manualnie zlicza produkcję, powinno rozliczać ile cykli na której formie (jak 2 lub 3 formy będą to jest to istotne w obliczeniach)
	RT7	licznik dla operatora zlokalizowany przy przycisku start cyklu – można kontrolować na bieżąco stan produkcji
	RT8	lokalizacja elementów sterujących standardowa we wszystkich maszynach tego typu
	RT9	zmniejszenie wagi formy – zmiana materiału na lżejszy
	RT10	zwiększenie automatyzacji procesu. Zmiana konstrukcji całej maszyny – ergonomia koncepcyjna
	RT11	zmiana kształtu korpusu maszyny na bardziej ergonomiczny
	RT12	zmiana wybranych komponentów maszyny
środki ochrony	RŚ1	środki ochrony indywidualnej – manualne ściśle dolegające rękawice, nieprzemakalne, odpowiednie okulary, antypara
	RŚ2	bariery z przezroczystego poliwęglanu w newralgicznych elementach maszyny ograniczające rozrzut pary w trakcie wykonywania pracy
	RŚ3	ergonomiczne, wygodne obuwie ochronne
	RŚ4	odpowiednie odseparowanie nagrzewających się elementów maszyny – zbiornik na wodę po wykonaniu cyklu, izolacja to mniejsze straty ciepła
	RŚ5	naparstek na ochronę kciuka z materiału odpornego na ścieranie, a jednocześnie elastycznego
	RŚ6	opaska na nadgarstek
	RŚ7	w porze letniej w przypadku wysokich temperatur, przerwy dodatkowe
	RŚ8	podpora ciała dostępna na stanowisku pracy, siedzisko w trakcie przerw

4. SKALA PRZYJĘTA DO OCENY POSZCZEGÓLNYCH WARIANTÓW

Możliwe oceny przyjęte dla każdego z kryterium to:

- czas wdrożenia przyjętego rozwiązania, oznaczenie 0 pkt oznacza natychmiastową możliwość wprowadzenia rozwiązania, 1 pkt – wymagany czas na wdrożenie rozwiązania to 0–0,5 roku; 2 pkt – wymagany czas 0,5–1 roku, 3 pkt – 1–2 lat; 4 pkt – 2–5 lat, 5 pkt – powyżej 5 lat – kryterium K2,
- czas trwania cyklu produkcyjnego, za który uznano dla standardowego przewodu termo formowanego czas równy 2,5 minuty. Skrócenie czasu cyklu oznaczane jest jako liczba ze znakiem dodatnim, wydłużenie cyklu uzyskuje oceny ze znakiem ujemnym – K3,
- koszt wdrożenia pojedynczego rozwiązania, szacowany czas jest podany w wyniku analizy i doświadczeń ekspertów, jest określany jako koszt organizacji na wszystkie stanowiska do termoformowania objęte doskonaleniem ergonomicznym, wyrażony jest w jednostkach kosztowych K4.

Dokonując ocenę metodą Yager’a uwzględniono możliwe 40 wariantów poprawy ergonomicznej (patrz tabela 2) oraz 4 kryteria główne (patrz tabela 1).

5. MACIERZ WAŻNOŚCI KRYTERIÓW

Dla 5 ekspertów tworzenie macierzy w_{ij} przebiegało następująco:

- każdy z 5 ekspertów utworzył swoją własną, indywidualną macierz w_{ij} ocen poszczególnych wariantów,
- z uzyskanych macierzy cząstkowych utworzono zbiorczą macierz ważności kryteriów – tabela 3.

Tab. 3. Zbiorcza macierz ważności kryteriów [źródło: opracowanie własne]

Ważność kryterium	Ocena ergonomiczna	Czas cyklu produkcyjnego	Koszt wdrożenia rozwiązania	Czas do wdrożenia rozwiązania
Summaryczna ocena ergonomiczna	1	0,417	2,600	0,417
Czas cyklu produkcyjnego	2,400	1	3,600	4,000
Koszt wdrożenia rozwiązania ergonomicznego	0,385	0,278	1	0,700
Czas do wdrożenia przyjętego rozwiązania ergonomicznego	2,400	0,250	1,429	1

6. OBLICZENIA

Dla macierzy ważności kryteriów szuka się wektora własnego Y , który spełnia równanie macierzowe (2):

$$B * Y = \lambda_{max} * Y \quad (2)$$

gdzie:

B – zbiorcza macierz ważności kryteriów

Y – wektor własny, który z powyższym równaniu stanowi macierz kolumnową

λ_{max} – skalar oznaczający maksymalną wartość własną macierzy B .

$$\begin{array}{cccc}
 1 & 0,417 & 2,600 & 0,417 \\
 2,400 & 1 & 3,600 & 4,000 \\
 0,385 & 0,278 & 1 & 0,700 \\
 2,400 & 0,250 & 1,429 & 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{cccc}
 \lambda_{max} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \lambda_{max} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \lambda_{max} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \lambda_{max}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc}
 1 - \lambda_{max} & 0,417 & 2,600 & 0,417 \\
 2,400 & 1 - \lambda_{max} & 3,600 & 4,000 \\
 0,385 & 0,278 & 1 - \lambda_{max} & 0,700 \\
 2,400 & 0,250 & 1,429 & 1 - \lambda_{max}
 \end{array}$$

Wektorem własnym macierzy nazywamy każdy niezerowy wektor Y , który zachowuje kierunek po wykonaniu mnożenia przez tę macierz. Wielkość λ jest wartością własną macierzy B odpowiadającą wektorowi własnemu Y . Każdy wektor własny ma odpowiadającą wartość własną, oznaczoną $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$. Wartości własne danej macierzy są określone jednoznacznie. Zbiór wszystkich wartości własnych macierzy nazywana jest spektrum tej macierzy [3].

Szukany jest taki wektor dla którego powyższe równanie jest spełnione dla możliwie największej liczby $\lambda = \lambda_{max}$. Szukany wektor posiada tyle współrzędnych ile ustanowiono kryteriów. Współrzędne te spełniają warunek, aby ich suma wynosiła wartość równą przyjętej liczbie kryteriów. Współrzędne wektora własnego są wagami dla przyjętych kryteriów i oznaczane są jako $w_1, w_2, \dots$. Waga oznacza ważność odpowiadającego jej kryterium. Dla macierzy B szukano wektora własnego wprowadzając do systemu Wolfram (dostęp online). Otrzymano wektory własne:

$$v_1 \approx (-0,300671, -0,861873, -0,184943, -0,364098)$$

$$v_2 \approx (-0,288472+0,198118i, -0,799801+0,1i, -0,0998712+0,11227i, 0,135098-0,44387i)$$

$$v_3 \approx (-0,288472-0,198118i, -0,799801+0,1i, -0,0998712-0,11227i, 0,135098+0,44387i)$$

$$v_4 \approx (-0,0735629, -0,969473, 0,159648, 0,170946)$$

Ustalono wartości wektorów własnych oraz przedstawiono ich moduły na Rys. 2.

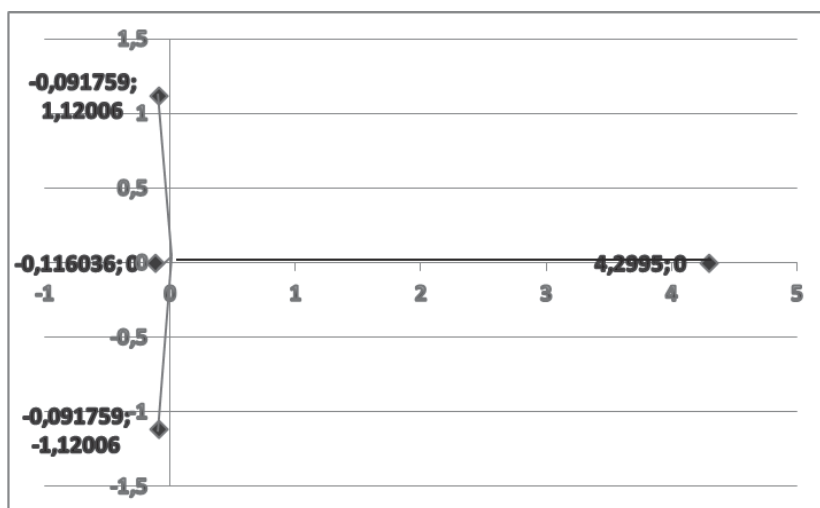
$$\lambda_1 \approx 4,29955$$

$$\lambda_2 \approx -0,091759+1,12006i$$

$$\lambda_3 \approx -0,091759-1,12006i$$

$$\lambda_4 \approx -0,116036$$

gdzie λ_{max} – jest skalarem oznaczającym maksymalną wartość własną B.



Rys. 2. Moduły wartości wektorów własnych [źródło: opracowanie własne]

Wartość własną ustala się określając moduły poszczególnych liczb zespolonych. Maksymalna wartość tzn. λ_{max} wynosi 4,29955. Sprawdzono warunek spójności $\frac{\lambda_{max}-k}{k-1} < 0,1$, tj. $\frac{4,29955-4}{3} < 0,1$, ponieważ $0,09985 < 0,1$, warunek spełniono. Z metody Saaty'ego wynika, że zadowalające spełnienie warunku spójności zapewnia wystarczającą adekwatność tej metody, w której występują wartości i wektory własne macierzy B.[2][3]

Utworzenie macierzy, gdzie wartości 1 zastąpiono wartością $1 - \lambda_{max}$:

$1 - \lambda_{max}$	0,417	2,600	0,417
2,400	$1 - \lambda_{max}$	3,600	4,000
0,385	0,278	$1 - \lambda_{max}$	0,700
2,400	0,250	1,429	$1 - \lambda_{max}$

Otrzymano:

-3,29955	0,417	2,600	0,417
2,400	-3,29955	3,600	4,000
0,385	0,278	-3,29955	0,700
2,400	0,250	1,429	-3,29955

Rozwiązanie układu równań z 4 niewiadomymi:

$$\begin{cases} -3,29955y_1 + 0,416667y_2 + 2,60000y_3 + 0,416667y_4 = 0 \\ 2,40000y_1 - 3,29955y_2 + 3,60000y_3 + 4,00000y_4 = 0 \\ 0,38462y_1 + 0,27778y_2 - 3,29955y_3 + 0,70000y_4 = 0 \\ 2,40000y_1 + 0,25000y_2 + 1,42857y_3 - 3,29955y_4 = 0 \end{cases}$$

i wyznaczenie w taki sposób aby zgodnie z wzorem (3):

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = k = 4 \quad (3)$$

Obliczono, iż:

$$\begin{aligned} 0,82660y_4 + 2,36899y_4 + 0,50910y_4 + 1y_4 &= 4 \\ 4,70469y_4 &= 4 \\ y_4 &= 0,85021 \end{aligned}$$

Wartość tę podstawiono do równania i uzyskano współrzędne wag kryteriów:

$$0,82660 * 0,85021 + 2,36899 * 0,85021 + 0,50910 * 0,85021 + 0,85021 * 0,85021 = 4$$

Kolejne wartości odpowiadają wadze kryteriów, które oznaczono symbolami

$$\begin{aligned} w_1, w_2, w_3, w_4: \\ \begin{cases} 0,70279 \text{ (dla } w_1) \\ 2,01414 \text{ (dla } w_2) \\ 0,43284 \text{ (dla } w_3) \\ 0,85021 \text{ (dla } w_4) \end{cases} \end{aligned}$$

Tablica zawierająca wartości bazowe dla poszczególnych kryteriów poddaje się normalizacji i tworzy się tablicę $N = [n_{ij}]$ unormowanych ocen i-tego wariantu według j-kryterium. Elementy tablicy normuje się poprzez określenie i-tego wariantu, według j-tego kryterium, podanego przez e-tego eksperta, czyli określa stopień przynależności i-tego wariantu do zbioru preferowany przez j-te kryterium. Z ocen podanych przez e-tego eksperta tworzonych jest tyle sum, ile przyjętych zostało kryteriów. Następnie bezpośrednio sprowadza się oceny punktowe do wartości unormowanej poprzez podzielenie danej oceny punktowej przez sumę ocen punktowych przyjętych dla danego kryterium przez

e-tego eksperta. Uzyskuje się wówczas wartości należące do przedziału zamkniętego $\langle 0,1 \rangle$. Suma wartości ocen unormowanych wynosi 1. W przypadku gdy występuje więcej ocen bazowych ekspertów tworzy się macierz uśrednień ocen podanych przez poszczególnych ekspertów, według zależności (4):

$$c_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{e=1}^p c_{ij}(e) \quad (4)$$

gdzie: p – liczba ekspertów

Decyzja optymalna w metodzie Yagera jest decyzją typu minimum. Decyzje optymalne to te o najmniejszych składnikach, opisuje je wzór (5):

$$D_i = \min_j c_{ij}^{w_j} \quad (5)$$

Wariantem najbardziej preferowanym jest ten, któremu odpowiada największy składnik decyzji optymalnej. Warianty oczekiwane to: R03, RT1, RZ1, RP2.

7. WNIOSKI

Zastosowanie metody Yagera pozwoliło na uszeregowanie bardzo dużej ilości możliwych rozwiązań skutkujących w różnych zakresie poprawą ergonomii pracy i innych kluczowych kryteriów takich jak czas cyklu produkcyjnego, możliwy czas wdrożenia analizowanego rozwiązania i koszty wdrożenia analizowanego rozwiązania. Szeregowanie to utworzyło ciąg rozwiązań od tych o największym skutku wdrożenia do tych, których odczuwany skutek będzie najmniejszy, a dla których szacowane koszty będą największe.

Pierwszeństwo przyznano temu rozwiązaniu spośród rozwiązań konfliktowych, które uzyskało większy składnik związany z decyzją optymalną. Kluczową rolę w przeprowadzanej analizie ma wiedza ekspertów, ich doświadczenie i prawidłowe decyzje podejmowane w ciągu cyklu analiz – zarówno na etapie oceny ważności kryterium metodą Saatiego jak i w trakcie oceny rozwiązań właściwych.

Wprowadzenie kryteriów ograniczających na wyższym poziomie skali punktowej mogłoby pozwolić, w razie zaistnienia potrzeby, na uproszczenie etapu obliczeń i wyselekcjonowanie mniejszego zbioru rozwiązań. Zastosowanie metody Yagera może być przydatne w praktyce produkcyjnej w trakcie planowania inwestycji w organizacjach. Metoda nie wprowadza ograniczeń w liczbie rozpatrywanych kryteriów, co czyni ją elastyczną i pozwala na dostosowanie do potrzeb organizacji.

LITERATURA

- [1] BYRSKA K., MATUSZEK J.: *Zastosowanie arkusza ergonomicznego do analizy warunków pracy na wybranych stanowiskach roboczych*, [w:] Lewandowski J., Znajmiecka-Sikora M.: *Współczesne standardy w zakresie zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy: nowa perspektywa*. Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2014.
- [2] LOREK R.: *Optymalizacja wielokryterialna procesów wytwarzania rotorów przędzarek*, praca doktorska, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała, 2009.
- [3] OGIŃSKI. L., PŁONKA S.: *Wybór optymalnego wariantu procesu wytwarzania wrzeciona przędzarki obrączkowej*. Multicriterial Optimisation of the Manufacturing Process of a Spindle Working in a Ring Spinning Frame. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2014, 22, 6(108), pp. 51–58.
- [4] WRÓBLEWSKA M.: *Ergonomia skrypt dla studentów*, Opole, 2004.

THERMOFORMING MACHINE ERGONOMIC CONTINUOUS IMPROVEMENT

Abstract

The article presents the procedure for identifying the correct order to implement the improvement of working conditions on a selected workstation. Presented are adopted criteria, introduced restrictions connected with the determination of different variants of solutions. Determining Pareto optimal area solutions using the Yager method.

Keywords: continuous improvement, thermoforming, ergonomics

CIĄGŁE DOSKONALENIE ERGONOMICZNE STANOWISKA DO TERMOFORMOWANIA

Streszczenie

W artykule przedstawiono postępowanie zmierzające do wyłonienia właściwej kolejności wdrożenia rozważanych wariantów poprawy warunków pracy na wybranym przykładowym stanowisku roboczym. Przedstawiono przyjęte kryteria, wprowadzono ograniczenia związane z określaniem różnych wariantów rozwiązań. Dokonano określenia obszaru rozwiązań optymalnych w sensie Pareto z wykorzystaniem metody Yagera.

Słowa kluczowe: ciągłe doskonalenie, termoformowanie, ergonomia