

OCENA GOTOWOŚCI TECHNOLOGII JAKO ELEMENT PROCESU KOMERCJALIZACJI

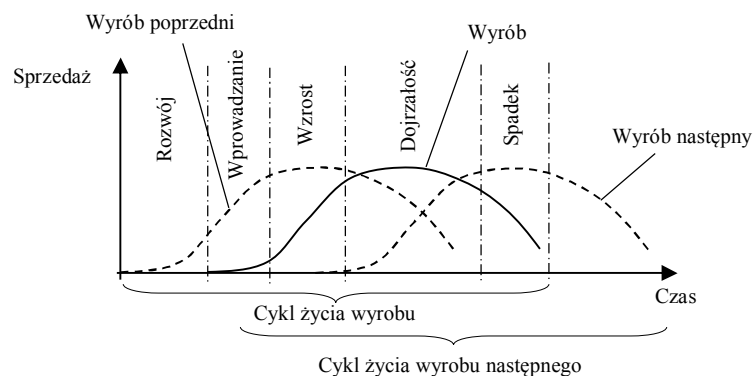
Bożena KACZMARSKA, Jerzy BOCHNIA, Waclaw GIERULSKI

Streszczenie: W pracy przedstawiono istotę metody oceny gotowości technologii (TRL - *Technology Readiness Levels*), jako modelu procesu komercjalizacji. Metoda ta jest obecnie szeroko wykorzystywana w ocenie projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Pokazano przykład zastosowania metody w ocenie technologii dotyczącej procesu komercjalizacji wybranego wyrobu oraz techniki wytwarzania.

Słowa kluczowe: Proces i metody komercjalizacji, ocena gotowości technologii, druk 3D.

1. Wprowadzenie

Przetrwanie i rozwój przedsiębiorstw wymaga stałych działań, których celem jest pozyskiwanie klientów oraz budowa przewagi konkurencyjnej. Wiąże się to z ciągłymi staraniami o posiadanie w ofercie wyrobów atrakcyjnych dla klienta i będących źródłem przychodów pozwalających na funkcjonowanie i rozwój przedsiębiorstwa. Właściwości cyklu życia wyrobów (rys.1) wymuszają konieczność systematycznego wprowadzania do produkcji nowych, najlepiej innowacyjnych wyrobów.

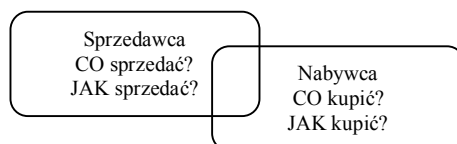


Rys. 1. Cykl życia wyrobu

Źródło: [9].

W ujęciu inżynierii produkcji cykl ten składa się z pięciu faz, zaczyna od fazy określanej jako rozwój i związany jest z cyklem życia poprzedniego oraz następnego wyrobu. To powiązanie pozwala na pozyskiwanie środków finansowych potrzebnych do rozwoju i wprowadzenia do fazy dojrzałości następnego wyrobu. Realizacja pełnego cyklu życia jest możliwa po zrealizowanym procesie komercjalizacji, czyli po wprowadzaniu nowego produktu na rynek i jego akceptacji przez klientów [19].

Rynek jest to miejsce wymiany handlowej. Jest to miejsce działań wskazanych w sentencji R. L. Stevensona "każdy żyje ze sprzedaży czegoś", umieszczonej w książce "Marketing od A do Z", przez Philipa Kotlera na początku rozdziału dotyczącego sprzedaży [12]. Dawniej rynek był placem, gdzie gromadzili się sprzedawcy i nabywcy, aby po negocjacjach zwanych targowaniem, dochodziło do transakcji. Sprzedawcy musieli podejmować starania, aby mieć towar atrakcyjny dla nabywcy. Obecnie sytuacja jest podobna. Rynek w formie placu nie odgrywa już takiego znaczenia, natomiast zwiększyła się liczba miejsc, gdzie realizowane są transakcje kupna i sprzedaży. Mogą to być miejsca, w których rzeczywiście dochodzi do spotkania kupującego ze sprzedającym, czego przykładem są małe i średnie sklepy, a także duże galerie handlowe i giełdy towarowe. Mogą to być również wirtualne twory, takie jak sklepy internetowe, czy też giełdy papierów wartościowych. Mimo zmian, pomiędzy nabywcą i sprzedawcą nadal zachodzi relacja dotycząca przedmiotu zainteresowań „Co” i sposobu działania „Jak” (rys.2).



Rys. 2. Relacja pomiędzy nabywcą i sprzedawcą
Źródło: [9].

Część znajdująca się po stronie sprzedawcy należy do zagadnienia komercjalizacji: co i jak wprowadzać na rynek. Odpowiedź na pytanie „Co” stanowi początek procesu komercjalizacji i jest kluczowym elementem sukcesu. Może to być całkiem nowy produkt, albo zmodyfikowany, aktualnie produkowany wyrób, wykazujący pewne cechy innowacyjności. Przejście pomiędzy etapem „Co” i etapem „Jak” stanowi długi proces wprowadzania produktu na rynek, czyli proces komercjalizacji.

2. Modele procesu komercjalizacji

Pojęcie komercjalizacji w literaturze opisywane jest w różny sposób, przykładowo można wskazać następujące określenia:

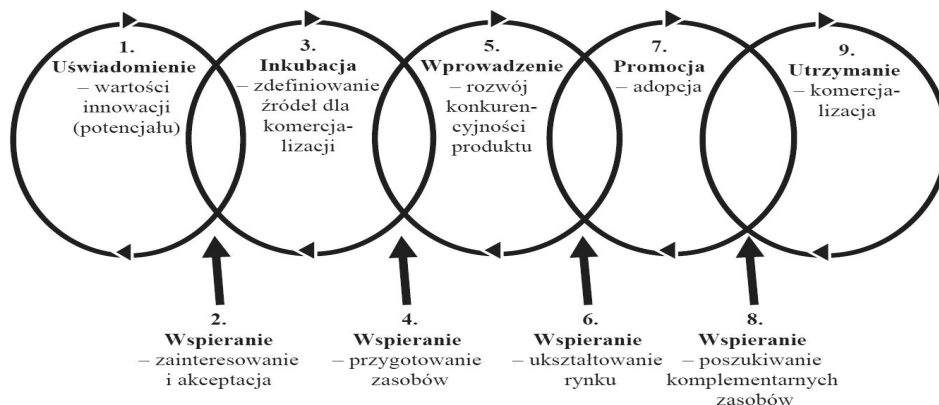
- urynkwienie innowacji wewnątrz gospodarek, sektorów przemysłu [6],
- kształtowanie wartości dodanej dla idei, wyników badań, technologii i nowego produktu [15],
- całokształt działań mający na celu przeniesienie wiedzy z laboratorium na rynek [11].

Uogólniając opis można przyjąć, że proces komercjalizacji rozpoczyna się od tworzenia koncepcji nowej technologii (produktu), poprzez etapy badań i prac nad nowym rozwiązaniem, po działania marketingowe, które pozwalają ulokować produkt na rynku. W literaturze przedmiotu przedstawiane są różne modele komercjalizacji wiedzy i technologii, jednak wykazują one pewne cechy podobieństwa, gdyż zawierają pewną powtarzalną grupę działań.

Model Jolly’ego

V.J. Jolly na podstawie analizy cykli technologicznych propagowanych przez: Shumpetera, Wrighta, Coopera, proponuje segmentacyjne podejście do komercjalizacji

technologii [8, 16]. Wyznacza on etapy związane z rozwojem technologii oraz etapy określające zainteresowania rynku, przygotowania technologii do wejścia na rynek i gromadzenia niezbędnych zasobów dla rozwoju i utrzymania technologii na rynku.



Rys. 3. Model procesu komercjalizacji według Jolly'ego.

Źródło: [16].

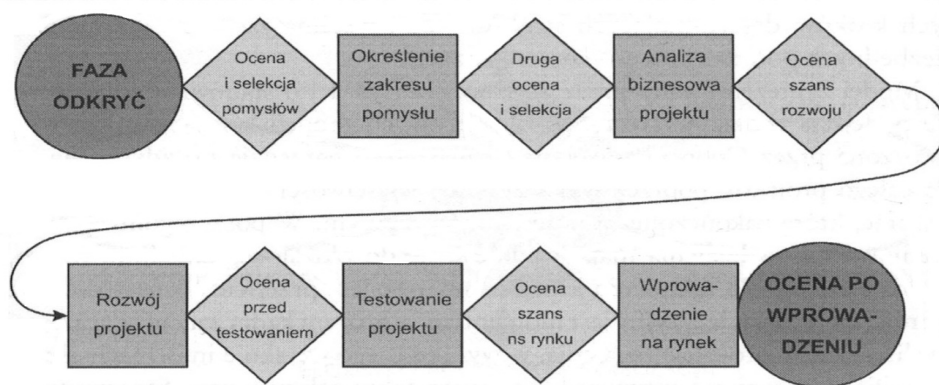
Poszczególne etapy procesu komercjalizacji w opisie Jolly'ego określone są następująco:

- Idea – pomysł i wizja produktu, określenie parametrów technicznych i możliwości wykonania.
- Inkubacja – określenie potencjału komercjalizacyjnego, przygotowanie biznesplanu, zapewnienie środków finansowych, wybór miejsca produkcji (przedsiębiorstwa).
- Demonstracja – przygotowanie ostatecznej wersji wyrobu wprowadzanego na rynek, organizacja procesu produkcji.
- Promocja – prezentacja wyrobu potencjalnym nabywcom, zebranie opinii klientów, organizacja sieci dystrybucji.
- Utrzymanie – ekspansja i rozwój wyrobu zapewniający stabilną pozycję rynkową.

Proces wspierany jest z zewnątrz poprzez tzw. pomosty ułatwiające przejście pomiędzy poszczególnymi etapami.

Model Coopera

Model Coopera definiuje w poszczególnych fazach działania, odnoszące się do odpowiedniego stadium rozwoju przedsięwzięcia, po spełnieniu których możliwe jest przejście do następnej fazy. Punkt decyzyjny w procesie jest momentem, w którym kadra zarządzająca ocenia zrealizowane działania i na tej podstawie podejmuje decyzje o kontynuacji lub wstrzymaniu dalszych prac. Minimalizuje to ryzyko oraz podnosi efektywność prowadzonych prac.



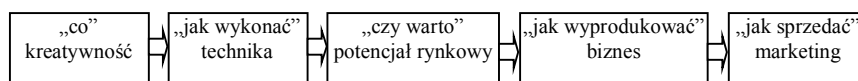
Rys. 4. Liniowy proces komercjalizacji R. Coopera.

Źródło: [4].

Cechą szczególną jaką ten model wprowadza do procesu komercjalizacji jest kontrola i ocena szans procesu oraz jego zgodność z przyjętym planem (rys.4).

Model zadaniowy

W modelu tym [9] można wyróżnić kilka podstawowych etapów określonych w ujęciu zadaniowym, co pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Proces komercjalizacji w ujęciu zadaniowym

Źródło: [9].

Etap I – poszukiwanie odpowiedzi na pytanie: co produkować. Konieczne są tutaj pomysły, powstawanie których wymaga kreatywności.

Etap II – odpowiada na pytanie dotyczące możliwości technicznych wykonania wyrobu z uwzględnieniem oczekiwań potencjalnych klientów. W realizacji tego etapu konieczne jest zaangażowanie projektantów, konstruktorów i technologów we współpracy ze specjalistami od marketingu.

Etap III – odpowiada na pytanie o sukces biznesowy, czyli co ma decydujący wpływ na ostateczną decyzję o podjęciu lub zaniechaniu działań związanych z produkcją wyrobu. W tym celu dokonywana jest ocena potencjału komercjalizacyjnego, której wynik wspomaga podejmowanie decyzji o kontynuacji lub zaniechaniu procesu komercjalizacji. Istnieją metody wspomagające przeprowadzenie takiej oceny np.: metoda Quicklook [16], INN-MŚP [9].

Etap IV – realizowany jest po pozytywnej decyzji dotyczącej kontynuacji procesu komercjalizacji i odpowiada na pytanie: jak wyprodukować wyrób. Jest to często realizowane, jako bardzo duże przedsięwzięcie, którego celem jest przygotowanie produkcji nowych wyrobów i stanowi połączenie wiedzy inżynierskiej oraz działań biznesowych.

Etap V – związany jest wyłącznie z wiedzą biznesową, a jego podstawą są działania marketingowe. Na tym etapie niezbędne jest określenie potencjalnych rynków dla nowego produktu oraz zainteresowania ze strony przyszłych klientów, a także wskazanie kanałów dystrybucji.

Model TRL (*Technology Readiness Levels*)

Ważnym elementem w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych dotyczących komercjalizacji innowacyjnych produktów jest ocena dojrzałości nowych technologii. Ocena ta powinna uwzględniać stan prac nad rozwojem nowego produktu/technologii, perspektywy dalszego rozwoju, wielkość koniecznych do inwestowania środków finansowych, a także ryzyko innowacyjne. Ocena taka nazywana jest „oceną gotowości technologii” (*Technology Readiness Assessment*, TRA) i powinna dostarczać odpowiednich informacji osobom podejmującym decyzje.

Ma ona stanowić jednolitą metrykę stosowaną do analizy stanu prac nad technologiami oraz ich gotowością do komercyjnego wdrożenia jest kluczowym elementem w ocenie projektów inwestycyjnych o charakterze badawczo-rozwojowym [16]. Metodyka TRL nie odnosi się do pełnego procesu komercjalizacji, przykładowo nie odpowiada na pytanie czy jest zapotrzebowanie na oceniany produkt lub technologię. Może ona być więc jedynie częścią działań we wskazanych modelach procesu komercjalizacji (Jolly’ego, Coopera, zadaniowy).

Jest ona promowana jako narzędzie oceny projektów badawczych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Dla praktycznego stosowania zdefiniowano pewną skalę (rys. 6), wyznaczaną przez dziewięć poziomów gotowości technologii (*Technology Readiness Levels*, TRL), które są modelem odniesienia wykorzystującym wspólną miarę, pozwalającą na ocenę stanu zaawansowania prac nad nowymi technologiami [18].

PRODUKT			
	9	Działająca technologia została sprawdzona w warunkach operacyjnych z pozytywnym wynikiem (produkcja)	Demonstracja w warunkach komercyjnych
	8	Technologia po etapie zamknięcia i ostatecznej kwalifikacji	Demonstracja produktu
	7	Zaprezentowano działanie prototypu technologii w warunkach operacyjnych	
	6	Zaprezentowano działanie prototypu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych	
	5	Przeprowadzono walidację koncepcji w środowisku zbliżonym do rzeczywistego.	
	4	Przeprowadzono walidację koncepcji w warunkach laboratoryjnych	Badania technologiczne
	3	Przeprowadzono eksperymentalnie dowód na słuszność koncepcji	
	2	Sformułowano koncepcję technologii	
	1	Można określić podstawowe zasady działania	Badania podstawowe
POMYSŁ			

Rys. 6. Poziomy gotowości technologicznej według TRL

Źródło: [23].

Metodyka TRL została po raz pierwszy zastosowana w projektach B+R realizowanych przez NASA oraz przemysł obronny USA. Według niej dojrzałość technologii opisuje się od fazy konceptualizacji konkretnego rozwiązania (TRL 1), aż do etapu dojrzałości (TRL 9), kiedy ten koncept (w wyniku prowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych) przybiera postać rozwiązania technologicznego, które można zastosować w praktyce np. poprzez uruchomienie produkcji i wprowadzenie na rynek. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju dofinansowuje projekty według metodyki TRL – celem

większości programów jest takie dopracowanie technologii, aby można było ją zastosować w warunkach rzeczywistych (tzn. aby osiągnęły poziom gotowości technologicznej 9). [20]

Metodyka TRL została włączona również w proces oceny projektów dofinansowanych w ramach programu „Horyzont 2020 – Instrument dla MŚP”. Celem Instrumentu dla MŚP jest wypełnienie luki w zakresie finansowania na wczesnym etapie komercjalizacji, finansowania badań wysokiego ryzyka prowadzonych przez MŚP, a także stymulowanie przełomowych innowacji. Instrument adresowany jest do wszystkich typów innowacyjnych małych i średnich przedsiębiorstw, wykazujących się dążeniem do rozwoju, wzrostu i umiędzynarodowienia działalności. Instrument MŚP podzielony został na trzy fazy wspierające kolejne etapy realizacji projektu:

Faza I – obejmuje wsparcie oceny koncepcji i stworzenia studium wykonalności,

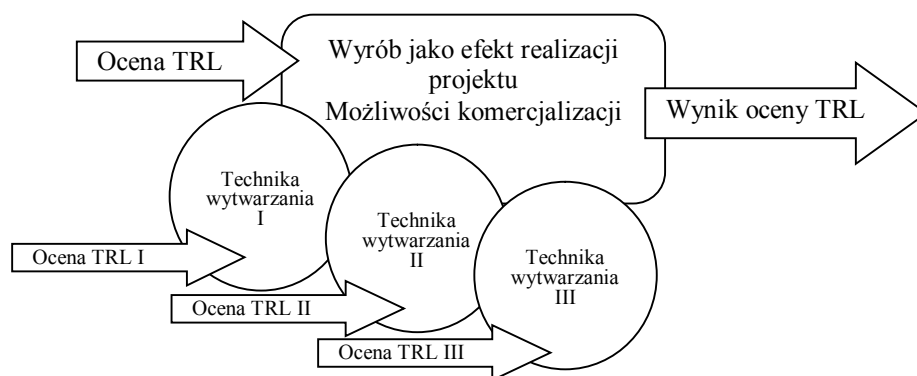
Faza II – zapewnia finansowanie działań przygotowujących produkt lub usługę do skutecznej komercjalizacji,

Faza III – polega na przeprowadzeniu procesu komercjalizacji. Nie ma w tej fazie zasilenia finansowego.

Aby móc ubiegać się o dofinansowanie w fazie 1 Instrumentu dla MŚP należy mieć rozwiązanie, które plasuje się na poziomie 6 w skali gotowości technologicznej (TRL). Oznacza to, że dokonano demonstracji prototypu lub modelu systemu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, czyli badania prototypu w warunkach laboratoryjnych odwzorowujących z dużą wiernością warunki rzeczywiste lub w symulowanych warunkach operacyjnych. [2, 21]

3. Problemy w procesie oceny gotowości technologii

Ocena zgodnie z metodyką TRL, tak jak każda ocena jest trudnym i często niejednoznacznym procesem. Wynika to częściowo z jej uniwersalności, która zakłada możliwość jej stosowania do szerokiej gamy produktów. Mogą to być produkty przeznaczone na rynek, w postaci wyrobów o różnym stopniu złożoności i trudności wykonania, mogą to być także technologie rozumiane jako techniki wytwarzania stosowane przy produkcji wyrobów. Zakłada się, że jest to ocena dla rozwiązań innowacyjnych, ale w istocie metody brak mechanizmów uwzględniających elementy innowacyjności.



Rys. 7. Ocena TRL produktu

Źródło: Opracowanie własne

Stosowanie tej metodyki w odniesieniu do małych i średnich przedsiębiorstw stwarza dodatkowy problem wynikający ze struktury ocenianych projektów. W sektorze MŚP w naszych krajowych warunkach w większości przypadków produkty charakteryzują się umiarkowanym stopniem złożoności oraz w wielu przypadkach innowacyjnością o charakterze lokalnym, co utrudnia ocenę z wykorzystaniem narzędzia jakim jest TRL. Kolejnym problemem jest decyzja o zakresie oceny, czy dotyczy ona całego produktu z uwzględnieniem możliwości komercjalizacji, czy też jego elementów, które oddzielnie nie są oceniane w aspekcie komercjalizacji (Rys. 7).

4. Przykład oceny według metodyki TRL

4.1. Technika wytwarzania

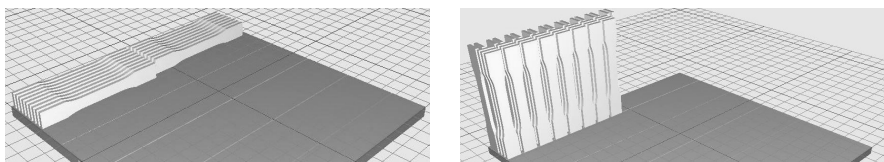
Poddawana ocenie technologia (technika wytwarzania), to drukowanie 3D z fotoutwardzanych żywic polimerowych (PolyJet Matrix). Proces budowania modelu w technologii PolyJet [24] polega na natryskiwaniu warstwy polimeru o temperaturze 72°C z głowicy drukującej na platformę roboczą. Żywica utwardzana jest światłem UV emitowanym z lampy zintegrowanej z głowicą drukującą. Podczas tworzenia modelu nakładane są na platformę roboczą dwa materiały: modelu (materiał budulcowy) i konstrukcji podpierającej model (materiał podporowy). Model budowany jest na platformie roboczej wzdłuż osi pionowej (z) przestrzeni roboczej. Warstwy polimeru nakładane są kolejno w płaszczyźnie równoległej do platformy roboczej (x, y). Minimalna grubość nakładanej warstwy wynosi 16 µm.

W technice PolyJet stosowane są polimerowe żywice foto-utwardzalne, pozwalające na uzyskanie prototypów o różnych właściwościach. Użytkownicy urządzeń posługują się nazwami handlowymi (Fullcure 720, Vero, Tango, DurusWhite). Znacznie większe możliwości posiada technologia PolyJet Matrix™ opracowana przez firmę Objet (Objet Geometries, Inc., Israel). Jedną z zalet tej innowacyjnej technologii jest możliwość jednoczesnego dozowania dwóch różnych rodzajów żywic, nie wliczając materiału podporowego, w jednym procesie wydruku. Dwie zmieszane w określony sposób żywice po utwardzeniu światłem UV nazywa się Digital Material™. Takie rozwiązanie umożliwia jednoczesne nanoszenie dwóch rodzajów żywic (polimerów) o odmiennych właściwościach tj. sztywnej np. materiał o nazwie handlowej VeroWhite i elastycznej np. materiał o nazwie handlowej TangoBlack oraz uzyskiwanie materiałów wyjściowych (po wydrukowaniu) o różnych twardościach Shore'a w zależności od proporcji. W ten sposób można projektować modele o różnych właściwościach mechanicznych i lepkosprężystych.

Cechą wyróżniającą przedsiębiorstwa wykorzystujące tą technikę są przeprowadzone badania wytrzymałościowe uzyskiwanych elementów [1, 2]. Jako przykład podano badanie na rozciąganie próbek wytwarzanych w zróżnicowany sposób.

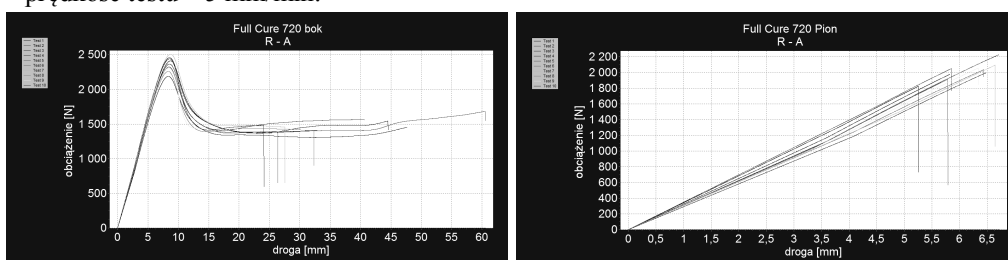
Próbki do badań wykonano z żywicy fotoutwardzalnej FullCure 720 technologią PolyJet [23], z zastosowaniem drukarki Connex350 firmy Objet [5]. Do statycznej próby rozciągania użyto próbek o wymiarach zgodnych z normą ASTM D638 [3] o następujących wymiarach: szerokość wąskiej części próbki 13 0,02 mm, długość wąskiej części 57 0,02 mm, grubość próbki 4 0,4 mm, szerokość części chwytowej 19 0,025 mm, całkowita długość próbki 165 mm. Model bryłowy próbki narysowano w programie 3D i zapisano w pliku *.stl*. Następnie używając program Objett Studio umieszczono (wirtualnie) modele próbek na platformie roboczej maszyny Connex350 w dwóch różnych pozycjach (rys.8):

- kierunek X - zgodny z ruchem wzdłużnym głowicy drukującej, próbka boczną stroną umieszczona na platformie roboczej,
- kierunek Z – próbka pionowo umieszczona na platformie roboczej. Próbki wykonano w trybie Glossy w celu uzyskania gładkiej powierzchni.



Rysunek 8. Sposób wytwarzania próbek – ustawienie boczne oraz pionowe
Źródło: opracowanie własne.

Po wydrukowaniu próbki zdjęto z platformy roboczej maszyny, a następnie usunięto materiał podporowy i przygotowano do przeprowadzenia statycznej próby rozciągania. Badanie wykonano z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej Ipect mini [7]. W programie Labmaster [13], będącym na wyposażeniu maszyny Ipect mini, ustawiono prędkość testu – 5 mm/min.



Rysunek 9. Wykresy rozciągania dla dwóch sposobów drukowania próbek
Źródło: Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wytrzymałość na rozciąganie próbek wykonywanych w pozycji pionowej jest o 16,3% mniejsza od próbek wykonanych w pozycji poziomej. Pewnym zaskoczeniem jest, jak pokazuje to rysunek 9, brak typowego odkształcenia plastycznego. Oprócz pokazanego przykładu wykorzystanej techniki wytwarzania i pomiaru wytrzymałości na rozciąganie, można przeprowadzać również inne badania w zależności od aktualnych potrzeb.

4.2. Ocena TRL techniki wytwarzania

Przedstawiona technika wytwarzania, łącznie z możliwościami badania własności wytrzymałościowych pozwala dobrać sposób kształtowania odpowiedni dla funkcji jakie ma pełnić wyrób. Właściciel tak określonej innowacyjnej technologii może podjąć próbę jej komercjalizacji, czyli w tym przypadku opracowania sposobu wytwarzania z określeniem własności wytrzymałościowych na zlecenie klienta. Można więc w tym przypadku zastosować ocenę gotowości technologicznej nie wyrobu tylko techniki wytwarzania. Odnosząc się do poszczególnych poziomów gotowości technologicznej (rys.6) otrzymano:

- Poziom 1 – Znana jest koncepcja i zasady działania kształtowania przyrostowego z wykorzystaniem drukarek 3D. Jest wiele sposobów i materiałów z których wytwarzany jest wyrób, drukarki 3D są dostępne na rynku.
- Poziom 2 – Sformułowana jest koncepcja technologii, zgodnie z którą własności wytrzymałościowe wyrobu zależą od kolejności i kierunku nakładania kolejnych warstw w przyrostowej metodzie wytwarzania wyrobów. Możliwy jest więc na drodze analiz popartych badaniami dobór odpowiedniego ze względów wytrzymałościowych sposobu formowania wyrobu.
- Poziom 3 – Przeprowadzono eksperymentalnie dowód na słuszność koncepcji poprzez pomiar własności wytrzymałościowych próbek wytworzonych metodą przyrostową z zastosowaniem dwóch różnych kierunków nakładania warstw.
- Poziom 4 – Przeprowadzono walidację koncepcji w warunkach laboratoryjnych poprzez badania na próbkach wytworzonych z wykorzystaniem innej drukarki 3D, oraz przy zmienionych parametrach formowania wyrobu. Przeprowadzono także badania na próbkach o zmienionym kształcie.

Nie były natomiast prowadzone badania w środowisku zbliżonym do rzeczywistego (Poziom 5). Wymaga to przeprowadzenia analiz i badań na przykładowych wyrobach o innym kształcie niż stosowane próbki z uwzględnieniem różnego układu obciążeń. Systematyczne badania w ramach dużego zbioru wyrobów o różnych kształtach z doбором sposobu wytwarzania w zależności od sposobu obciążenia pozwoli osiągnąć 6 poziomu gotowości technologicznej z zastrzeżeniem, że nie dotyczy to prototypu wyrobu będącego przedmiotem komercjalizacji. Osiągnięcie wyższych poziomów gotowości technologicznej (Poziom 7, 8, 9) wymaga określenia wyrobu będącego przedmiotem komercjalizacji.

4.3. Przykładowy wyrób

Drukarki 3D i przyrostowe techniki wytwarzania według przedstawionej technologii w większości przypadków służą do wytwarzania pojedynczych egzemplarzy wyrobu głównie dla zobrazowania jego kształtu, stąd pierwotna nazwa „*Rapid prototyping*”. Nie są w takim przypadku istotne własności wytrzymałościowe otrzymanego wyrobu. Stosuje się techniki przyrostowe do elementów zastępujących przykładowo części maszyn, ale są one wtedy wytwarzane z innych materiałów, np. proszków metali.



Rysunek 10. Przykładowe wyroby
Źródła: [25, 26, 27, 28].

Zastosowanie omawianej technologii może być uzasadnione do wytwarzania jednostkowych wyrobów, dla których własności wytrzymałościowe są istotne, a wartości obciążeń nie przekraczają możliwości żywic polimerowych. Jako przykład można wykorzystać koncepcję wyrobu zaczerpniętą z projektów studenckich realizowanych w ramach przedmiotu „Komercjalizacja nowych produktów”, na Wydziale Zarządzania

i Modelowania Komputerowego Politechniki Świętokrzyskiej. Pomysł studentów obejmował utworzenie firmy wytwarzającej buty z tworzywa sztucznego o niepowtarzalnym indywidualnym kształcie. Wyrobem podlegającym procesowi komercjalizacji były właśnie takie buty, których wiele przykładów można znaleźć w zasobach sieci internet (rys.10). Wyrób musi spełniać pewne warunki wytrzymałościowe, powtarzalne w kolejnych realizacjach buta. Wymaga to przeprowadzenia badań nad technologią drukowania. Ze względu na anizotropię druku (własności wytrzymałościowe w różnych kierunkach są różne) należy dobrać także sposób nakładania kolejnych warstw. Ważne jest także zagadnienie powtarzalności uzyskiwanych właściwości w kolejnych realizacjach wyrobu. Buty będą wykonywane indywidualnie dla każdego klienta przy możliwości zmian parametrów wymiarowych, ale tak, aby nie zmieniać właściwości wytrzymałościowych podstawowych elementów. Ponadto będą mogły mieć dodatki indywidualizujące wygląd, dobierane z udostępnianego katalogu.

Pokazywany przykład zaczerpnięty ze studenckich projektów nie był realizowany w rzeczywistości, stąd trudno wyrokować o zasadności zakładania przedsiębiorstwa zajmującego się wykonywaniem wskazanych wyrobów. Pokazuje on jedynie sposób realizacji zadania oceny gotowości technologicznej.

4.4. Ocena TRL wyrobu

Tak jak w poprzednim przypadku, odnosząc się do poszczególnych poziomów gotowości technologicznej (rys.6) w procesie komercjalizacji wskazanego przykładowego wyrobu otrzymano:

- Poziom 1 – Znana jest koncepcja i zasady działania kształtowania przyrostowego z wykorzystaniem drukarek 3D. Znany jest także wyrób i koncepcja jego komercjalizacji.
- Poziom 2 – Sformułowana jest koncepcja technologii, zgodnie z którą wyrób będzie wytwarzany z zastosowaniem techniki przyrostowej. Wykonywany jest projekt z uwzględnieniem analiz wytrzymałościowych.
- Poziom 3 – Przeprowadzono eksperymentalnie dowód na słuszność koncepcji wykonanie wyrobu w jednej wybranej konfiguracji nakładania warstw.
- Poziom 4 – Przeprowadzono walidację koncepcji w warunkach laboratoryjnych poprzez badania na kilku wyrobach tworzonych w różnych konfiguracjach nakładania warstw. Mierzono własności wytrzymałościowe wykonanych egzemplarzy wyrobu.
- Poziom 5 – Wykonano serię wyrobów o zróżnicowanych parametrach wymiarowych z zastosowaniem różnych elementów dekoracyjnych. W tym celu wyposażono program sterujący drukarką 3D w interfejs pozwalający na zmianę parametrów wymiarowych bez ingerencji w właściwości wytrzymałościowe.
- Poziom 6 – Zaprezentowano działanie prototypu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. W tym celu wykonano wyroby z doбором parametrów wymiarowych do rzeczywistych potrzeb klientów, co wymagało opracowania metodyki doboru.
- Poziom 7 – przeniesiono technologię z warunków laboratoryjnych do warunków operacyjnych, czyli wykonano prototypy wyrobu na drukarkach 3D będących na wyposażeniu przedsiębiorstwa, przez przeszkolonych pracowników firmy. Zbadano właściwości wytrzymałościowe wybranych egzemplarzy wykonanych w tych warunkach.

- Poziom 8 – Pracownicy firmy wykonali kilka egzemplarzy wyrobów dla klientów. Uwzględniono uwagi klientów odnośnie parametrów i sposobu realizacji zamówień.
- Poziom 9 – Działająca technologia została sprawdzona w warunkach operacyjnych z pozytywnym wynikiem. Przedsiębiorstwo rozpoczęło działalność produkcyjno-usługową.

W przedstawionym procesie oceny nie były uwzględniane zagadnienia ekonomiczne, prawne i organizacyjne. Ocena gotowości technologicznej skupia się głównie na możliwościach technicznych na etapie badawczym i operacyjnym. Technologia opisana w punkcie 4.2 była podstawą uruchomienia produkcji wyrobów i daje ona wartość dodaną o cechach innowacyjnych w procesie komercjalizacji.

5. Podsumowanie

Ocena gotowości technologii (TRL) jest narzędziem w modelowaniu procesu komercjalizacji. Nastawiona jest ona na zagadnienia naukowo-badawcze (techniczne) procesu pomijając zagadnienia biznesowe. Jest to pewne przeciwieństwo modelu Jollego, który jest modelem procesu komercjalizacji w ujęciu biznesowym. Wydaje się jednak, że w obydwu przypadkach nie ma jednoznacznego odniesienia do zagadnień innowacyjności. Wynika to częściowo z braku powszechnie stosowanych narzędzi i metod oceny innowacyjności. Stosowana dotychczas dwustanowa ocena (innowacyjne – nieinnowacyjne) nie uwzględnia także rodzaju innowacyjności, co utrudnia ocenę. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie wielostopniowej skali poziomu innowacyjności przedsiębiorstw [10] i uwzględnienie w ocenie stanu rozwoju technologii wykorzystywanej przez przedsiębiorstwo oceny gotowości technologicznej wykonywanej według metodyki TRL.

Model TRL został wymyślony i wprowadzony przez NASA do prac badawczo-rozwojowych w obszarze technologii lotniczych oraz kosmicznych dla których stawiane są bardzo wysokie wymagania odnośnie niezawodności oraz odporności na niezwykle trudne warunki. Obecnie wykorzystywany on jest w ocenie działalności badawczo-rozwojowej związanej z charakterystycznym się olbrzymią różnorodnością rynkiem komercyjnym. Może to skutkować małą skutecznością oceny, szczególnie w sytuacji braku jednoznacznej procedury kojarzenia aktualnego stanu z poziomami wskazanymi w metodyce.

Literatura

1. Adamczak St., Bochnia J., Kaczmarska B.: Estimating the uncertainty of tensile strength measurement for a photocured material produced by additive manufacturing, *Metrology and Measurement Systems*; 2014, No. 3, s. 553-560.
2. Adamczak St., Bochnia J., Kaczmarska B. Badanie wytrzymałości na rozciąganie próbek kształtowanych przyrostowo z materiału fotoutwardzalnego; *Mechanik* Nr 8-9/2014, s. 594.
3. ASTM, Standard 638, Standard test method for tensile properties of plastic, 2010
4. Bolek, M., Bolek, C., *Komercjalizacja innowacji: zarządzanie projektami i finansowanie*, Difin, Warszawa 2014,s. 48.
5. Connex 500/350 3-D Printer System Objet, User Guide, *Objet Geometries*, (2009).
6. Dosi,G., Llerena, P., Labini , M. S., The relationships between science, technology and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called „European Paradox”, „*Research Policy*” , 2006,vol. 36, s. 1450-1464.

7. Inspekt Mini, Universal testing machine Inspekt mini 3kN, Hegewald & Peschke MPT GmbH, 2011.
8. Jolly, V.J, Commercializing new technologies: getting from mind to market, Harvard Business School Press, Boston 1997, s. 3.
9. Kaczmarska B., Gierulski W.: Komercjalizacja nowych produktów, Wydawnictwa Politechniki Świętokrzyskiej 2014.
10. Kaczmarska B.: Modelowanie innowacyjnego rozwoju przedsiębiorstw, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej 2015.
11. Kluczek, A., Komercjalizacja technologii, jako instrument wsparcia rozwoju gospodarczego, w: Instytucjonalne aspekty rozwoju sektora B+R w Polsce. Od gospodarki imitacyjnej do innowacyjnej, red. Meredyk, K., Wildowicz-Siegiel, A., Wyd. Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok 2011, s. 117.
12. Kotler P.: Marketing od A do Z, Wydawnictwo PWE, Warszawa 2004.
13. LabMaster software, Version 2.5.3.21, 2011.
14. Latzko W. J., Saunders D. M.: Cztery dni z Demingiem – nowoczesna teoria zarządzania, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa 1998.
15. Rajan, Y.S., 2002, Empowering Indians. With economic, business and technology strengths for the twenty-first century, Har-Anand Publications, New Delhi, s. 130-139
16. Sankowski M., Rutkowski T., Model TRL poziomów gotowości technologii. Problemy jakości. 12/2014.
17. Trzmielak, D.M., Komercjalizacja wiedzy i technologii - determinanty i strategie, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2013, s. 25, 26.
18. <http://sowniksynonimow.com.pl>
19. <http://www.wise-nt.com/engineering-projects/trl-definitions>
20. <http://www.ncbir.pl/aktualnosci/art,2313,poziomy-gotowosci-technologicznej.html>
21. <http://lextrakancelaria.blogspot.com/2014/10/horyzont-2020-instrument-dla-msp.html>
22. <http://commercialise.pl/2014/09/30/poziom-gotowosci-technologicznej-innowacji-w-sme-instrument/>
23. <http://lctt.pollub.pl/uploads/2014%2011%2021%20PREZENTACJA%20RPK.PDF>
24. <http://objet.com/3d-printing-materials>
25. <http://objet.com/3d-printing-materials>
26. <http://centrumdruku3d.pl/o-butach-z-drukarki-3d-ciag-dalszy/#prettyPhoto>
27. <http://deluxe.trojmiasto.pl/Po-co-kupowac-nowe-buty-skoro-mozna-je-wydrukowac-n77001.html>
28. <http://www.3dprintingtrends.pl/2013/06/11/efekt-polaczenia-tradycyjnych-metod-wytwarzania-butow-z-drukiem-3d-the-bits-shoe-oraz-xyz-shoe>

Dr inż. Bożena KACZMARSKA
 Dr hab. inż. Waław GIERULSKI, prof. nadzw. PŚk.
 Katedra Inżynierii Produkcji,
 Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego
 Dr inż. Jerzy BOCHNIA
 Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii
 Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska
 25-314 Kielce, Aleja Tysiąclecia PP 7, www.tu.kielce.pl
 e-mail: bozena.kaczmarska@tu.kielce.pl
waclaw.gierulski@tu.kielce.pl
jbochnia@tu.kielce.pl