

B. AUTOREFERAT

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice

B. Autoreferat

Niniejsza część wniosku zawiera:

Ogólna charakterystyka złożonego Wniosku

1. Imię i nazwisko oraz Curriculum Vitae.
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu.
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę i sztukę.
7. Informacje, ważne z punktu widzenia Wnioskodawcy, dotyczące jego kariery zawodowej.

Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański
Prezes Zarządu Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjnego
Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo w Gliwicach

Na podstawie art. 220. ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), zwracam się z uprzejmym wnioskiem o wszczęcie postępowania w sprawie nadania mnie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej „Inżynieria materiałowa”, której w przeważającej mierze dotyczy mój dorobek naukowy i zawodowy.

Wniosek kieruję do Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria materiałowa” Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej w Poznaniu, za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej w Warszawie.

Podstawą składanego przeze mnie wniosku jest przedstawienie i wykazanie przeze mnie w niniejszym autoreferacie, że w całości spełniam wymagania zawarte w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), wykazując wymagane osiągnięcia, ponieważ:

1) **posiadam stopień naukowy doktora** nadany przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie w 2018 roku, co dokumentuję załączoną kopią dyplomu;

2) **posiadam w swoim dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny „Inżynieria materiałowa”, które dokumentuję zgodnie z wymogami jednym cyklem powiązanych tematycznie 21 artykułów naukowych opublikowanych wyłącznie w języku angielskim w czasopismach naukowych**, które w roku opublikowania (po uzyskaniu stopnia naukowego doktora), każdego z tych artykułów w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b cytowanej Ustawy **zrekapitułowane w jednym uogólniającym naukowym artykule monograficznym (monografii naukowej)** wydanym w języku angielskim w czasopiśmie ujętym w wymienionym wykazie z przyznaną przez Ministerstwo wówczas Edukacji Narodowej liczbą 140 punktów, którego treść odpowiada poniżej przedstawionej szczegółowej charakterystyce w języku polskim moich osiągnięć dokumentowanych w ten sposób, przedstawionej poniżej w podanym jako pierwszy w wykazie tych artykułów, gdy pozostałe stanowią uszczegółowienie informacji zawartych w tym pierwszym artykule. Jako uzupełnienie przedstawiam bardziej szczegółowo dokumentujące to osiągnięcie kolejnych 16 publikacji, w tym 5 artykułów naukowych opublikowanych przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, 1 współredagowaną przeze mnie książkę naukową wydaną przez zagranicznego Wydawcę (MDPI), 5 monograficznych rozdziałów w książkach naukowych wydanych przez zagranicznych Wydawców (MDPI, INTECH, De Gruyter), 1 monograficzny rozdział zaakceptowany do druku w książce naukowej przygotowanej do druku przez zagranicznego Wydawcę (NOVA Science Publishers) oraz 4 artykuły w druku. **Zaznaczam, że omówione moje**

osiągnięcia zrekapitulowane w jednym uogólniającym naukowym artykule monograficznym (monografii naukowej) są związane także ze zrealizowanymi moimi oryginalnymi osiągnięciami projektowymi, konstrukcyjnymi i technologicznymi, dokumentowanymi m.in. uzyskanymi patentami oraz wybitnymi nagrodami za osiągnięcia innowacyjne na targach racjonalizacji i innowacyjności zorganizowanymi w różnych krajach Świata, m.in. w Polsce, Brazylii, Kanadzie, Malezji, Chinach, Tajlandii, Sri Lance, Tajwanie, Hong Kongu, Korei Południowej i Czechach, których wykazy wymieniam, charakteryzując moje osiągnięcia przedstawione do oceny zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. c cytowanej Ustawy. **Moje oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne są również dokumentowane przez 20 wystąpień w formie wykładów plenarnych na zaproszenie oraz keynote lectures na Międzynarodowych Konferencjach Naukowych w 7 Krajach Świata.** Zaznaczam, że przedstawione moje osiągnięcia stanowią odpowiednio części pracy zbiorowej, ale ponieważ w każdym przypadku były wykonywane pod moim osobistym autorskim kierownictwem lub współkierownictwem dwuosobowym jako Kierownika Projektu lub Kierownika Badawczo-Rozwojowego Projektu zawierają mój dominujący lub bardzo znaczący udział, najczęściej związany również z osobistym kierowaniem przeze mnie zespołami badawczymi, uznanymi za zespoły współautorskie artykułów przedstawionych do oceny. Formalizując zagadnienie, składam oświadczenie, że niniejszy artykuł przeglądowy (habilitacyjny autoreferat dotyczący osiągnięć naukowych i technologicznych) został opracowany w całości przeze mnie osobiście na podstawie cyklu kilkudziesięciu opracowań w większości współautorskich, dotyczących inżynierii materiałowej w powiązaniu z inżynierią stomatologiczną we własnym laboratorium badawczym we współpracy z licznymi instytucjami naukowymi oraz praktyką kliniczną we własnym gabinecie stomatologicznym. Zagadnienie jest kontynuacją i znacznym rozszerzeniem merytorycznym w stosunku do pracy doktorskiej zakończonej przeze mnie w roku 2017 i obronionej w roku 2018 na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zaprezentowane wyniki analiz teoretycznych i badań doświadczalnych są wynikiem kilku projektów badawczo-wdrożeniowych, którymi kierowałem osobiście oraz wysokonakładowego projektu IMSKA-MAT wykonanego w latach 2017-2023 na rzecz NCBiR, w którym pełniłem funkcję kierownika badawczo-rozwojowego i odpowiadałem za całość rozliczeń finansowych i działań inwestycyjnych oraz realizację prac badawczo-rozwojowych. W ramach wszystkich cytowanych prac osobiście brałem udział w opracowaniu koncepcji badań i innych prac, w realizacji badań naukowych i podsumowaniu ich wyników oraz w opracowaniu wyników badań i przygotowaniu końcowym publikacji, a w przypadku wystąpień konferencyjnych także w przygotowaniu odpowiednich prezentacji komputerowych. Ze względu na wiodącą rolę ustalono między Autorami, że mój udział własny w każdej publikacji jest powiększony każdorazowo o 15% w stosunku do 85/n % ze względu na wiodącą rolę merytoryczną w przygotowaniu każdej publikacji oraz kierownictwo organizacyjne, znaczący wkład w opracowanie koncepcji i hipotez badawczych oraz opracowania wyników badań oraz dokonanych studiów i analiz

oraz zapewnienie finansowania w każdym z przypadków lub o 70/n %, gdy funkcje koordynacyjne sprawowały 2 osoby (gdzie n stanowi liczbę wszystkich współautorów). Wobec tego w każdym przypadku jest to dominujący udział współautorski w każdym z podanych artykułów współautorskich, z wyjątkiem autorskich, gdzie ten udział wynosi 100%.

3) wykazałem się i nadal wykazuję się istotną aktywnością naukową zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 3 cytowanej Ustawy, realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej, w których nie jestem zatrudniony, w Kraju wykonując wspólne badania naukowe, często związane z publikacją artykułów naukowych, jak również odbywając odpowiednio staże naukowe, m.in. w Politechnice Śląskiej w Gliwicach, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Śląskim Uniwersytecie Medycznym w Katowicach, Politechnice Krakowskiej w Krakowie w tym również zagranicznej, m.in. w Uniwersytetach w Warnie w Bułgarii, w Żilinie w Słowacji, w Chemnitz w Niemczech i w Casablance w Maroku, biorąc udział w realizacji zadań naukowych oraz uczestnicząc czynnie jako zaproszony referent w organizowanych tam międzynarodowych konferencjach naukowych, jak również w Chinach i Szwajcarii, wykonując dziesiątki recenzji naukowych artykułów publikowanych przez Wydawcę międzynarodowych czasopism naukowych o otwartym dostępie Multidyscyplinarnym Instytucie Wydawnictw Cyfrowych MDPI (j. ang. Multidisciplinary Digital Publishing Institute) oraz pełniąc tam funkcję Redaktora Gościnnego 5 Wydań Specjalnych (j. ang. Special Issues) oraz szóstego przygotowywanego obecnie. Na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej w Poznaniu miałem również przyjemność i zaszczyt wygłosić referat naukowy, prezentujący moje zainteresowania i osiągnięcia naukowe, jak również uczestniczyłem w innych inicjatywach realizowanych w Politechnice Poznańskiej, związanych z zadaniami Akademii Inżynierskiej w Polsce, której z wyboru jestem członkiem zwyczajnym od kilku lat. Uczestniczę również przez 4 lata, reprezentując instytucję współpracującą w Projekcie CEEPUS o akronimie „Integration”, koordynowanym przez dwa lata przez Politechnikę Koszalińską w Koszalinie i przez dwa następne lata przez Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze, realizując m.in. zadania szczegółowe związane z realizacją prac doktorskich, w tym m.in. wdrożeniowych. Doktorant Uniwersytetu Zielonogórskiego odbył kilkutygodniowy staż doktorancki w kierowanym przeze mnie Centrum ASKLEPIOS, wykonując spory zakres prac technologicznych i przygotowując materiały do dalszych badań. Dwukrotnie zgłoszony projekt z udziałem kierowanego przeze mnie Centrum ASKLEPIOS na doktorat wdrożeniowy, gdzie pełnię funkcję opiekuna z przemysłu-współpromotora zwyciężył w Konkursie Ministerstwa Nauki, chociaż Politechnika Koszalińska ostatecznie zakończyła tę współpracę, odmawiając podpisania przygotowanej umowy z Ministrem, natomiast zmodyfikowany projekt zwyciężył ponownie i jest realizowany w Politechnice Śląskiej w Gliwicach od początku bieżącego roku akademickiego. Wymienioną aktywność dokumentuję m.in. kopiami odpowiednich zaświadczeń wystawionych przez

upoważnionych przedstawicieli wymienionych instytucji naukowych oraz zestawem różnych publikacji naukowych, dokumentujących merytorycznie wyniki tej współpracy.

Dostosowując się do zaleceń Rady Doskonałości Naukowej w dalszej części przedstawiam szczegółowy wniosek w formie autoreferatu wynikającego z podanych zaleceń.

Z poważaniem

.....
(Dr inż. Lech Bolestaw Dobrzański - wnioskodawca)

1. Imię i nazwisko oraz Curriculum Vitae

Dane personalne

Imię i Nazwisko: **Lech Bolesław Dobrzański**

Data urodzenia:

Miejsce urodzenia:

Miejsce pracy:

1. Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo – Prezes Zarządu / Kierownik Pracowni CAD/CAM
2. Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI sp zoo – Prezes Zarządu

Ul. Jana III Sobieskiego 12/1, 44-100 Gliwice

Telefon kontaktowy:

e-mail: lech.dobrzanski@centrumasklepios.pl

Jestem absolwentem rocznika 2002 prestiżowego V Liceum Ogólnokształcące im. Andrzeja Struga w Gliwicach. Następnie w latach 2002-2007 odbyłem studia wyższe na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej i w roku 2007 uzyskałem stopień magistra inżyniera elektroniki i telekomunikacji o specjalności elektronika biomedyczna. Moja praca magisterska nosiła tytuł „Elektroniczna karta szczepień i baza danych szczepień pacjentów – aplikacja dla przychodni” i dotyczyła opracowania skutecznego systemu zarządzania pediatrycznym gabinetem lekarskim. W roku 2018 otrzymałem stopień doktora inżyniera w specjalności inżyniera materiałowa w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, tytuł rozprawy: „Struktura i własności materiałów inżynierskich na uzupełnienia protetyczne układu stomatognatycznego wytwarzane metodami przyrostowymi i ubytkowymi”.

Moja działalność zawodowa od samego początku drogi zawodowej związana jest z łączeniem zaawansowanej wiedzy technicznej z wiedzą medyczną, w szczególności w zakresie inżynierii stomatologicznej i stomatologii. W ramach prowadzonych przez siebie

spółek wprowadziłem wiele innowacyjnych rozwiązań technologicznych do procesu projektowania i wytwarzania uzupełnień stomatologicznych oraz opracowałem autorską procedurę realizacji prac protetycznych w oparciu o technologię CAD/CAM z wytwarzaniem z użyciem technologii CNC i druku 3D. W latach 2012-2013 realizowałem projekt wdrożeniowy wprowadzający na rynek innowacyjną technologię frezowania CNC uzupełnień protetycznych ze stopów CoCr i tytanu. W roku 2013 zostałem głównym inżynierem Centrum Badawczo-Rozwojowego CODIDENT działającego w ramach Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI s.c. oraz Kierownikiem Centrum Frezowania SOBIESKI. W ramach tej struktury wraz z Zespołem wdrożyłem jako jedni z pierwszych w Polsce frezowane uzupełnienia protetyczne, w tym mosty okrężne, mosty wielopunktowe, protezy szkieletowe wykonywane ze stopów tytanu i CoCr. W latach 2017-2023 byłem Zastępcą Kierownika Projektu IMSKA-MAT Innowacyjne implanto-skafoldy stomatologiczne i szczękowo-twarzowe wytwarzane z wykorzystaniem innowacyjnej technologii addytywnej wspomaganej komputerowym projektowaniem materiałowym ADD-MAT o wartości 14,7 mln złotych, gdzie kierowałem zespołem badawczo-rozwojowym. Byłem także Koordynatorem Produkcji w tym projekcie oraz Kierownikiem Pracowni CAD/CAM. Jestem Autorem 14 zgłoszeń do URPL wyrobów medycznych wraz z oceną zgodności wg ust. o wyrobach medycznych. Jako koordynator projektu w ramach CMIS SOBIESKI realizowałem 2 ukończone projekty inwestycyjne oraz 4 projekty badawczo-rozwojowe zakończone wdrożeniem innowacyjnych rozwiązań technologicznych oraz procesowych z zakresu inżynierii stomatologicznej i stomatologii. Realizowałem także projekty B+R dla klientów spółki. Projekty są finansowane ze źródeł zewnętrznych i własnych.

W ramach realizowanych projektów B+R w CMIS SOBIESKI wdrożyłem: 1. innowacyjne protezy na teleskopach oparte na implantach, mosty okrężne frezowane, frezowane protezy szkieletowe, zintegrowane z łącznikami mosty na platformach, mosty cyrkonowe okrężne, mosty odbudowujące deficyty tkanek wyrostka zębodołowego, protezy na teleskopach o zredukowanej masie, cyfrowe mosty okrężne oparte na implantach, cyfrowo projektowane i frezowane protezy osiadające. Jestem także kierownikiem projektów B+R realizowanych przez CPBPIMIS Asklepios dotyczących opracowania i wdrożenia do produkcji unikalnych uzupełnień protetycznych.

Od 2009 roku jestem menadżerem medycznym. Posiadam bardzo specjalistyczne doświadczenie związane z efektywnym marketingiem stomatologicznym oraz opieką nad Pacjentem w całym okresie leczenia.

Koordynowałem wiele projektów finansowanych ze środków Unii Europejskiej m.in. 15 projektów EFS związanych z prowadzeniem szkoleń ICT, 10 projektów Badawczo-Rozwojowych (22,5 mln zł), 50 projektów w ramach działalności NGO.

Od 2004 roku nieprzerwanie pełnię funkcje kierownicze w organizacjach pozarządowych. Od 2004 roku jestem Prezesem Zarządu Stowarzyszenia SIGNUM, a od 2011 Prezesem Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI, a od 2016 roku jestem Prezesem Zarządu Spółki CPBPIMIS Asklepios sp zoo. W latach 2005-2009 byłem także Członkiem Zarządu SKS Muszkieter – klubu szermierczego, którego jestem wychowankiem i w którego barwach zdobyłem wiele medali mistrzostw Polski i Śląska władając szpadą. W roku 2000 zostałem pierwszym Prezesem Gliwickiego Parlamentu Młodzieży, który był jednym z dwóch w tym czasie niezależnych samorządów młodzieżowych na Śląsku i jednym z pierwszych w kraju.

Jestem autorem 9 patentów z zakresu inżynierii stomatologicznej. Wspólnie z Zespołem zostałem zwycięzcą konkursu i zdobywcą tytułu **AMBASADOR INNOWACJI w 2015 roku** – Nagrody przyznawanej przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Polsce.

Zdobyłem ponad 19 nagród na targach wynalazczości na całym Świecie, w tym:

1. **semi grand prize** ICLA 2015, Foz do Iguaçu, Brazil,
2. **TOP BEST 20 INVENTION AWARD** iCAN 2020, Toronto, Canada,
3. **Special Awards** AICA, 4th World Invention Academic Conference WIAC 2020 Seoul South Korea,
4. **gold medals** in Toronto Canada, Seoul South Korea, Sri Lanka, Hong Kong China, Taiwan, Warsaw Poland, Bangkok Thailand.

Jestem autorem 47 artykułów i rozdziałów w czasopismach międzynarodowych. Moje prace były cytowane 924 razy, h-index Google Scholar 19, i10-index Google Scholar 32, h-index Scopus 14, h-index Publons 8. Jestem recenzentem w czasopismach

wydawnictwa MDPI (ponad 100 wykonanych recenzji) znajdujących się na liście filadelfijskiej: Materials, Processes, Metals, Biomedicines, JPM, JCM.

Pełnię funkcję Statistic Editor w Journal AMME. Jestem członkiem Komitetu Organizacyjnego konferencji AMME BIO 2024, oraz członkiem Komitetu Programowego konferencji CASICAM 2025. Pełniłem i pełnię funkcje Guest Editor w wydawnictwie MDPI w następujących specjalnych zeszytach:

1. "Recent Biomedical Materials" Metals (*IF 2.351 Scopus 3.4*),
2. "DENTAL ENGINEERING" Processes (*IF 2.847, Scopus 2.4*),
3. „Synthesis and Characterization of Biomedical Materials” (*IF2,847 and Scopus 2,4*).
4. REPER Recent Materials Engineering Performances, ENG (Scopus 3,1 2024, tracked in IF)
5. Applications of Ceramic and Cermet Coatings, Coatings (*IF 2,9 and Scopus 5.0*)
6. REPER Recent Materials Engineering PERformances 2025–2026 (tracked in IF and Scopus 2,1) (w toku)

Prywatnie jestem żonaty. Jestem ojcem dwóch Córek.

Posiadam uprawnienia Jachtowego Sternika Morskiego z doświadczeniem wynoszącym około 3000 godzin w prowadzeniu jachtów turystycznych w rejsach morskich. W ramach działalności społecznej popularyzuję muzykę poważną i jestem producentem płyt z muzyką poważną dla wydawnictwa NAXOS. W okresie juniorskim byłem członkiem Kadry Narodowej w szermierce władając szpadą.

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

1. Rok 2007 – magister inżynier elektroniki i telekomunikacji specjalność elektronika biomedyczna / Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.
2. Rok 2018 – doktor inżynier w dziedzinie inżynieria materiałowa / Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

.....
(Dr inż. Lech Bolestaw Dobrzański - wnioskodawca)

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

3.1. Zatrudnienie w jednostkach naukowych i artystycznych:

Nie pracowałem w jednostkach naukowych lub artystycznych.

3.2. Historia zatrudnienia i aktywności zawodowej w jednostkach badawczo-rozwojowych:

- 3.2.1. 2011-nadal – Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI L. Dobrzański, J. Dobrzańska s.c.
 - 3.2.1.1. 2013 – nadal Centrum Badawczo-Rozwojowe CODIDENT
 - 3.2.1.2. 2013-2016 – Centrum Frezowania CODIDENT
 - 3.2.1.3. 2011 – nadal Poradnia Stomatologiczna SOBIESKI
- 3.2.2. 2023-nadal – Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI sp zoo
 - 3.2.2.1. 2023-nadal – Prezes Zarządu
- 3.2.3. 2016-nadal – Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo
 - 3.2.3.1. 2016-nadal – Prezes Zarządu
 - 3.2.3.2. 2017-2023 – Zastępca Kierownika Projektu IMSKA-MAT
 - 3.2.3.3. 2017-nadal – Dyrektor Centrum Inżynierii Stomatologicznej ASKLEPIOS
 - 3.2.3.4. 2019-nadal – Kierownik Pracowni CAD/CAM
 - 3.2.3.5. 2020-2023 – Koordynator Produkcji Projektu IMSKA-MAT

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Zaawansowane materiały inżynierskie i technologie procesów materiałowych w stomatologicznym leczeniu implantoprotetycznym wraz z uwzględnieniem przypadków klinicznych

4.2. Prace wchodzące w skład cyklu habilitacyjnego

Osiągnięcia przedstawione do oceny zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b i odpowiednio pkt 3 cytowanej Ustawy zestawiono poniżej w następujących punktach

- I. Cykl artykułów naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej
 1. Artykuł monograficzny (1)
 2. Artykuły źródłowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (20)
- II. Uzupelnienie o 16 dodatkowych publikacji bardziej szczegółowo dokumentujących osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy
 3. Artykuły źródłowe uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy, opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora (5)
 4. Materiały uzupełniające - rozdziały monograficzne w książkach naukowych uzupełniające osiągnięcia naukowe (nieuwzględnione w przepisach art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy) (5)
 5. Współredagowanie książki naukowej uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy (nieuwzględnione w ustawie) (1)
 6. Publikacje (1 rozdział monograficzny w książce i 4 artykuły naukowe) niezacytowane w artykule monograficznym (opublikowane po opublikowaniu artykułu monograficznego) uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii

materiałowej (nieuwzględnione w przepisach art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy).

- III. Zestaw wykładów na Międzynarodowych Konferencjach Naukowych (20) oraz patentów (8) i nagród (18) na Międzynarodowych Targach Racjonalizacji i Innowacyjności dokumentujących oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej

4.2.1. Cykl artykułów naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy

4.2.1.1. Artykuł monograficzny

1. **L.B. Dobrzański**, Advanced engineering materials and materials processing technologies in dental implant and prosthetic treatment with clinical cases, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 121/1 (2023) 7-45. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3103>

4.2.1.2. Artykuły źródłowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

2. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, Effect of Biomedical Materials in the Implementation of a Long and Healthy Life Policy, Processes 9/5 (2021) 865. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9050865>
3. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, The Concept of Sustainable Development of Modern Dentistry, Processes 8/12 (2020) 1605. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8121605>
4. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Approach to the design and manufacturing of prosthetic dental restorations according to the rules of the Industry 4.0, Materials Performance and Characterization 9/1 (2020) 394-476. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200020>
5. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Non-Antagonistic Contradictoriness of the Progress of Advanced Digitized Production with SARS-CoV-2 Virus Transmission in the Area of Dental Engineering, Processes 8/9 (2020) 1097. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8091097>
6. **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, The digitisation for the immediate dental implantation of incisors with immediate individual prosthetic restoration, Journal of Achievements in Materials and

- Manufacturing Engineering 97/2 (2019) 57-68. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.8541>
7. **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, P. Pietrucha, Application of polymer impression masses for the obtaining of dental working models for the stereolithographic 3D printing, Archives of Materials Science and Engineering 95/1 (2019) 31-40. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.1015>
 8. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, The Importance of Synthesis and Characterization of Biomedical Materials for the Current State of Medicine and Dentistry, Processes 9/6 (2021) 978. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060978>
 9. **L.B. Dobrzański**, Anna Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, Comparison of the Structure and Properties of the Solid Co-Cr-W-Mo-Si Alloys Used for Dental Restorations CNC Machined or Selective Laser-Sintered, Materials Performance and Characterization 9/4 (2020) 556-578. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200023>
 10. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, Application Solid Laser-Sintered or Machined Ti6Al4V Alloy in Manufacturing of Dental Implants and Dental Prosthetic Restorations According to Dentistry 4.0 Concept, Processes 8/6 (2020) 664. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8060664>
 11. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Dentistry 4.0 Concept in the Design and Manufacturing of Prosthetic Dental Restorations, Processes 8/5 (2020) 525. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8050525>
 12. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Additive and hybrid technologies for products manufacturing using powders of metals, their alloys and ceramics, Archives of Materials Science and Engineering 102/2 (2020) 59-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1525>
 13. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, The new generation of the biological-engineering materials for applications in medical and dental implant-scaffolds, Archives of Materials Science and Engineering 91/2 (2018) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5490>
 14. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, Metallic skeletons as reinforcement of new composite materials applied in orthopaedics and dentistry, Archives of Materials Science and Engineering 92/2 (2018) 53-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6585>
 15. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Manufacturing technologies thick-layer coatings on various substrates and manufacturing gradient materials using powders of metals, their alloys and ceramics, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 99/1 (2020) 14-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1598>

16. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, What Are the Chances of Resilon to Dominate the Market Filling Materials for Endodontics?, Metals 11/11 (2021) 1744. DOI: <https://doi.org/10.3390/met11111744>
17. L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, Development Strategy of Endodontic Filling Materials Based on Engineering and Medical Approaches, Processes 9/11 (2021) 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9112014>
18. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, K. Gołombek, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment?, Processes 9/8 (2021) 1467. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9081467>
19. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, K. Gołombek, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Virtual Approach to the Comparative Analysis of Biomaterials Used in Endodontic Treatment, Processes 9/6 (2021) 926. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060926>
20. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, M. Kraszewska, Manufacturing powder of metals, their alloys and ceramics and the importance of conventional and additive technologies for products manufacturing in Industry 4.0 stage, Archives of Materials Science and Engineering 102/1 (2020) 13-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1452>
21. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Overview of conventional technologies using the powders of metals, their alloys and ceramics in Industry 4.0 stage, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 98/2 (2020) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1481>

Uzupełnienie o 16 dodatkowych publikacji bardziej szczegółowo dokumentujących osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy

4.2.1.3. Artykuły źródłowe uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy, opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora (5)

22. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Screw-retained full arch restorations – methodology of computer aided design and manufacturing, Archives of Materials Science and Engineering 83/1 (2017) 23-29. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7538>
23. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer aided manufacturing and design of fixed bridges restoring the lost dentition, soft tissue and the bone, Archives of Materials

Science and Engineering 81/2 (2016) 68-75. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7101>

24. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, Computer-aided designing and manufacturing of partial removable dentures, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 73/2 (2015) 157-164.
25. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Designing and manufacturing of implantoprosthodontic fixed suprastructures in edentulous patients on the basis of digital impressions, *Archives of Materials Science and Engineering* 76/2 (2015) 163-171.
26. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography, *Archives of Materials Science and Engineering* 76/2 (2015) 140-149.4.3.

4.2.1.4. **Materiały uzupełniające - rozdziały monograficzne w książkach naukowych uzupełniające osiągnięcia naukowe (nieuwzględnione w przepisach art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy) (5)**

27. **L.B. Dobrzański**, Chapter 4: Mechanical Properties Comparison of Engineering Materials Produced by Additive and Subtractive Technologies for Dental Prosthetic Restoration, in: L.A. Dobrzański (ed), *Biomaterials in Regenerative Medicine*, IntechOpen, Rijeka, Croatia, 2018, 111-140. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.70493>
28. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska, Chapter 8. Ethical imperatives towards the development prospects of the triad of Dentistry 4.0, dental engineering, and nanoengineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), *Ethics in Nanotechnology: Social Sciences and Philosophical Aspects*, de Gruyter, Berlin, Germany, 2021, 157-248. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110719932-008>
29. **L.B. Dobrzański**, P. Malara, Chapter 9: Methodology of computer-aided design and production of dental prosthetic restorations from solid engineering materials, in: L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz (eds), *Microporous and solid metallic materials for medical and dental applications*, Open Access Library, Annal VII(1), International OCSCO World Press, Gliwice, 2017, 500-534 (in Polish).
30. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Chapter 1: Strategies for computer-aided designing of surgical guides for dental implant procedures based on cone beam computed tomography, in: D. Carter (ed), *Computed Tomography: Advances in Research and Applications*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2017, 1-22.
31. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska, Chapter 7: The synergistic ethics interaction with nanoengineering, dentistry, and dental engineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), *Ethics in Nanotechnology: Emerging Technologies Aspects*, de Gruyter, Berlin, 2021, 119-190. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110701883-007>

4.2.1.5. **Współredagowanie książki naukowej uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy (nieuwzględnione w ustawie) (1)**

32. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska (eds), Synthesis and Characterization of Biomedical Materials, Processes Special Issue, MDPI, Basel, Switzerland, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2523-5> wydane w Bazylei w Szwajcarii w formie książki liczącej 527 stron

4.2.1.6. **Publikacje (1 rozdział monograficzny w książce i 4 artykuły naukowe) niezacytowane w artykule monograficznym (opublikowane po opublikowaniu artykułu monograficznego) uzupełniające osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej (nieuwzględnione w przepisach art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy)**

33. A. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Additive Manufacturing by Selective Laser Sintering at the Basics of the Integrated Industry Idea 4.0/5.0 and Contemporary Dental Implant-Prosthetic Treatment, Nova Science Publishers, New York, USA, 2025 (rozdział monograficzny w książce - accepted for printing).
34. A. **L.B. Dobrzański**, Use of precise implantological surgical guides in reconstructions adjacent to teeth with unusual anatomy - use of Dentistry 4.0 technology, International Scientific Journal "Industry 4.0" 9/4 (2024) 138-142.
35. A. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, Dentistry Sustainable Development model as a realization of updated assumptions of Industry 4.0/5.0 in the area of implant-prosthetic treatment, Archives of Materials Science and Engineering 130/1 (2024) 31-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.9131>
36. A. **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, K. Rudziarczyk-Jagoda, Strength Analysis of Selectively Laser Sintered Titanium Alloy Dental Implant-Scaffolds for Immediate Implantation Applications, Eng (2025) (in printing).
37. A. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, The Role of Additive Manufacturing in the Contemporary Stage of the Industry Integrated Idea, Proceedings of the Casablanca International Conference on Additive Manufacturing, Casablanca, Morocco, 2025 (in printing).

II. **Zestaw wykładów na Międzynarodowych Konferencjach Naukowych oraz patentów i nagród na Międzynarodowych Targach Racjonalizacji i Innowacyjności dokumentujących oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej**

II.1. Wykłady na Konferencjach Naukowych

II.1.A. Udział w konferencjach przed uzyskaniem stopnia doktora

1. AMME-INPO 22-25 października 2017, Gliwice- Wiśła

II.1.B. Udział w konferencjach po uzyskaniu stopnia doktora

2. 28th International Seminar of Ph.D. Students SEMDOK 2025, Western Tatras - Zuberec, Slovak Republic, 10.02.2025, Invited Lecture, Additive Manufacturing of Ti and Co Alloys for Use in Dental Engineering, **Lech B. Dobrzański**
3. International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies AMPT2024 30 October - 3 November 2024 Istanbul, Türkiye, keynote lecture, Synergistic Impact of Integrated Industry Idea and Dentistry Sustainable Development, **Lech B. Dobrzański**, Leszek A. Dobrzański
4. LECO Analytical Seminar 2024 – 30 years of striving for excellence, Kocierz-Targanice, Poland, 2024, Znaczenie metodologii oceny struktury i własności oraz niezawodności i jakości materiałów inżynierskich i wytwarzanych z nich produktów w Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 4.0. Opening lecture, Dobrzański, L.A.; **Dobrzański, L.B.**
5. Konferencja Naukowa Najlepszych Naukowców W Świecie - Top 2%, Katowice, Polska, 9.09.2024, Zintegrowana Idea Przemysłu 3 × I 4.0/5.0 Z Uwzględnieniem Postępu Materiałów 4.0 Jako Determinanta Zrównoważonego Rozwoju Inżynierii Stomatologicznej 4.0, **Lech B. Dobrzański**, Leszek A. Dobrzański
6. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-28.06.2024, The use of 3D printing, in particular in SLS/SLM technology for CoCr and Ti6Al4V metal alloys and SLA for polymer materials, for applications in dental engineering, **Lech B. Dobrzański**
7. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, Computer design and additive manufacturing in implant and prosthetic dental clinical treatment, Invited Lecture , **Lech B. Dobrzański**
8. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, The modern dental engineering significance in integrated industry idea development and consumer expectations increasing, Invited Lecture, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**
9. X-th International Scientific Congress Innovations 2024, Varna, Bulgaria, 26.06.2024, Use of precise implantological surgical guides in reconstructions adjacent to teeth with unusual anatomy - use of Dentistry 4.0 technology, **Lech B. Dobrzański**
10. The 26th International Scientific Conference AMME & bio 2024, Wiśła, Polska, 9-12.05.2024, Processing technologies of advanced materials in dental implant and prosthetic treatment, **Lech B. Dobrzański**
11. XXI Konferencja Biomateriały i Mechanika w Stomatologii, Ustroń, Polska, 14.10.2023, W jakim stopniu nowoczesna inżynieria stomatologiczna wpisuje się w zintegrowany model zrównoważonego rozwoju przemysłu uwzględniający oczekiwania konsumentów, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**
12. XXI Konferencja Biomateriały i Mechanika w Stomatologii, Ustroń, Polska, 14.10.2023, Innowacyjna technologia wytwarzania przyrostowego uzupełnień protetycznych zębów z wykorzystaniem wieloskładnikowych stopów tytanu z

aluminium i wanadem oraz stopów kobaltu, **Lech B. Dobrzański**

13. 23rd Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials and Technologies AMT'2023, Wisła, Poland, 18-21 June 2023, , Unity of models for the development of advanced materials and their processing technologies, industry's integrated idea, and dentistry's sustainable development, invited lecture , L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**
14. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rome, Italy, 18-20 September 2023, , To what extent does modern dental engineering fit into the integrated model of the industry sustainable development, which takes into account the expectations of consumers, keynote lecture, 2023 L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**
15. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rzym, Włochy, 09.2023, keynote lecture, The innovative technology of additive manufacturing of Dental prosthetic restorations using multi-component titanium alloys with aluminum and vanadium and cobalt alloys, **Lech B. Dobrzański**
16. 4th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Paryż, Francja, 6.02.2023, keynote lecture, Overview of the sustainable development of modern dentistry for the prevention of dental diseases, treatment with significant technological support and the safety of patients, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**

II.1.C . Potwierdzony udział w nadchodzących konferencjach

17. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered titanium alloy implant-scaffolds In dental treatment, invited lecture, **Lech B. Dobrzański**, Joanna Dobrzańska, Leszek A. Dobrzański, Karolina Rudziarczyk-Jagoda
18. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, The role of additive manufacturing in the contemporary stage of the industry integrated idea, keynote paper, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**
19. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Implementation of Dentistry 4.0/5.0 assumptions within the Industry Integrated Idea 4.0/5.0 in clinical practice of implant-prosthetic dental treatment Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański** keynote lecture,
20. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered scaffold implants in comparison with typical screw implants used in selected bone conditions, **Lech B. Dobrzański**, Joanna Dobrzańska, Leszek A. Dobrzański, Karolina Rudziarczyk-Jagoda, invited lecture

Wykaz patentów wykorzystanych w niniejszym autoreferacie dotyczącym osiągnięć naukowych dokumentujących oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne, wymienione w kolejności przywoływania w artykule monograficznym

1. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak, K. Rudziarczyk, Patent application P.434313, patent udzielony 19.02.2025, Dental implant mounting accessory, filing date June 15, 2020 (in Polish).

2. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak, Patent No PL 245344, System for attaching a crown to a dental implant, filing date: June 15, 2020 (in Polish).
3. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawęł, Patent No. PL229148, Implanto-scaffold or prosthesis of anatomical elements of the stomatognathic system and facial skeleton, date of granting the right: January 9, 2018 (in Polish).
4. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, Patent No. PL237449, Biological-engineering composites for regenerative medicine, date of granting the right: January 24, 2020 (in Polish).
5. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak, Patent No. PL241034, Highly developed bone implant, including the facial skeleton, date of granting the right: May 10, 2022 (in Polish).
6. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak, Patent application P.434312, Highly surface-developed dental implant, filing date June 15, 2020 (in Polish).
7. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawęł, Patent No. PL229149, Implanto-bone scaffold, date of granting the right: January 9, 2018 (in Polish).
8. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, M. Kremzer, Patent No. PL236090, Method of producing composite materials with a microporous skeleton reinforcement structure, date of granting the right: December 16, 2019 (in Polish).

**Wykaz nagród za osiągnięcia wynalazcze wykorzystane w niniejszym autoreferacie
dotyczącym osiągnięć naukowych dokumentujących oryginalne osiągnięcia
projektowe, konstrukcyjne i technologiczne, wymienione w artykule
monograficznym**

A. Nadane tytuły

1. Tytuł AMBASADOR INNOWACJI przyznany przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2015 roku

B. Nagrody na targach wynalazczości i innowacyjności:

2. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, Kaohsiung International Invention and Design Expo, 10 Gru 2020 - 12 Gru 2020, Tajwan, Kaohsiung.
3. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, IIDC - International Invention and Design Competition, 2 Gru 2020 - 4 Gru 2020, Chiny, Hongkong
4. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, International

Inventions and Innovations Competition "Sahasak Nimavum-2020", Sri Lanka Colombo, 1.07.2020 – 3.07.2020:

5. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – best presentation award, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
6. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – IFIA best invention medal, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
7. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
8. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, 4th World Invention Academic Conference organized by the Korea Invention Newspaper and the Korea Invention Academy, Seul, Korea, 15.11.2020
9. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – special award, 4th World Invention Academic Conference organized by the Korea Invention Newspaper and the Korea Invention Academy, Seul, Korea, 15.11.2020
10. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, 14th International Exhibition of Inventions "IWIS 2020", ONLINE, Warszawa, Poland, 19-21.10.2020
11. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - TOP 20 BEST INVENTION AWARDS, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020
12. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020
13. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2

coronavirus and other pathogenic microorganisms – special award, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020

14. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions, INVENT ARENA 2016, Třinec, Czech Republic, 16-18.06.2016
15. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016
16. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial –Leading Innovation Award, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016
17. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achteik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Semi Grand Prize, Global Inventions and Innovations Exhibitions Innova Cities Latino-America, ICLA 2015, Foz do Iguaçu, Brazil, 10-12.12.2015:
18. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achteik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Gold Medal, 9th International Warsaw Invention Show IWIS 2015, Warsaw, Poland, 12-14.10.2015.

- 33.1. Omówienie celu naukowego cyklu powiązanych tematycznie 21 artykułów naukowych opublikowanych w języku angielskim w czasopismach naukowych, które w roku opublikowania po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b cytowanej Ustawy, dokumentujących osiągnięcia naukowe w zakresie Inżynierii materiałowej i osiągniętych wyników wraz z uzupełnieniem o 16 dodatkowych publikacji bardziej szczegółowo dokumentujących osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej zgodnie z przepisami art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy wraz z omówieniem ich wykorzystania oraz związanych z tym oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych objętych 8 udzielonymi patentami wyróżnionymi łącznie 18 wysokimi nagrodami i medalami na Międzynarodowych Targach Racjonalizacji i Innowacyjności w 10 Krajach Świata oraz 18 wykładów plenarnych głównie na zaproszenie lub keynote lectures na Konferencjach Naukowych w 7 Krajach Świata

Tytuł cyklu artykułów naukowych

Zaawansowane materiały inżynierskie i technologie procesów materiałowych w stomatologicznym leczeniu implantoprotetycznym wraz z uwzględnieniem przypadków klinicznych

Informacja ogólna

Treść niniejszego omówienia odpowiada treści monograficznego artykułu przeglądowego podanego jako 1. W przedstawionym cyklu artykułów naukowych (habilitacyjny autoreferat dotyczący osiągnięć naukowych i technologicznych) opracowany na podstawie cyklu zestawionych jako artykuły źródłowe 37 opracowań w większości współautorskich, dotyczących inżynierii materiałowej w powiązaniu z inżynierią stomatologiczną oraz praktyką kliniczną we własnym gabinecie stomatologicznym. Zagadnienie jest kontynuacją i znacznym rozszerzeniem merytorycznym w stosunku do pracy doktorskiej zakończonej w roku 2017 i obronionej w roku 2018 na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zaprezentowane wyniki analiz teoretycznych i badań doświadczalnych są wynikiem kilku projektów badawczo-wdrożeniowych, którymi kierowałem osobiście oraz wysokonakładowego projektu IMSKA-MAT wykonanego w latach 2017-2023 na rzecz NCBiR, w którym pełniłem funkcję kierownika badawczo-rozwojowego i odpowiadałem za całość rozliczeń finansowych i działań inwestycyjnych. W ramach wszystkich cytowanych prac osobiście brałem udział w opracowaniu koncepcji badań i innych prac, w realizacji badań naukowych i podsumowaniu ich wyników oraz w opracowaniu wyników badań i przygotowaniu końcowym publikacji, a w przypadku wystąpień konferencyjnych także w przygotowaniu odpowiednich prezentacji komputerowych. Ze względu na wiodącą rolę ustalono między Autorami, że mój udział

własny w każdej publikacji jest powiększony każdorazowo o 15% w stosunku do 85/n % ze względu na wiodącą rolę merytoryczną w przygotowaniu każdej publikacji oraz kierownictwo organizacyjne i zapewnienie finansowania w każdym z przypadków lub o 70/n %, gdy funkcje koordynacyjne sprawowały 2 osoby (gdzie n stanowi liczbę wszystkich współautorów).

Artykuł został równocześnie opublikowany w języku angielskim p.t. **„Advanced Engineering Materials and Materials Processing Technologies in Dental Implant and Prosthetic Treatment with Clinical Cases”** w numerze 11/2023 w miesięczniku *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* (140 pkt. wg MEiN) referowanym przez bazę SCOPUS. Z tego względu w niniejszym autoreferacie zamieszczono rysunki z opisem w języku angielskim.

Intencja artykułu

Artykuł dotyczy zagadnień inżynierii materiałowej w połączeniu z obszarami aplikacyjnymi w zakresie inżynierii stomatologicznej. Celem niniejszego opracowania monograficznego jest prezentacja wyników własnych prac na tle ogólnych osiągnięć, wskazujących na inżynierskie aspekty stomatologicznego leczenia implantoprotetycznego wraz z uwzględnieniem przypadków klinicznych, najczęściej dotyczących pełnego bezzębia, ze szczegółowym omówieniem metodologii projektowania materiałowego, technologicznego oraz konstrukcyjnego stomatologicznych uzupełnień protetycznych, w tym zwłaszcza wpływu warunków wytwarzania przyrostowego i technologii inżynierii powierzchni na własności mechaniczne oraz strukturę uzupełnień protetycznych.

Podejście metodologiczne

W niniejszym opracowaniu monograficznym obejmującym działania inżynierijno-techniczne leczenia implantoprotetycznego uwzględniono autorskie aspekty dotyczące rozwoju metodologii komputerowego wspomagania projektowania stomatologicznych uzupełnień protetycznych oraz szablonów chirurgicznych zapewniających ich prawidłowy montaż w jamie ustnej pacjentów wraz z wirtualnym modelowaniem planów leczenia, modelowaniem stanu obciążenia poszczególnych elementów systemów implantoprotetycznych, rozwoju metodologii komputerowego wspomagania wytwarzania elementów systemu uzupełnień protetycznych oraz implantów i implanto-skafoldów z wykorzystaniem technologii frezowania w centrach sterowanych numerycznie CNC oraz wytwarzania przyrostowego metodą selektywnego spiekania laserowego, wyników badań wpływu warunków wytwarzania przyrostowego na strukturę i własności tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi, włącznie z badaniami własności biochemicznych do zastosowań do celów implantoprotetycznych w stomatologii, wyników badań wpływu warunków nanoszenia warstw atomowych ALD na strukturę i własności powierzchni metali i ich stopów stosowanych w leczeniu implantoprotetycznym w stomatologii oraz wyników badań wypełnień protetycznych stosowanych w leczeniu próchnicy.

Osiągnięcia

Podstawą wszelkich opisanych osiągnięć niniejszego opracowania monograficznego są wszechstronne wyniki badań związanych z badaniami struktury i własności materiałów inżynierskich, zwłaszcza stopów tytanu i kobaltu wykorzystywanych w stomatologii,

poddanych wytwarzaniu przyrostowemu metodą Selective Laser Sintering SLS oraz obróbce powierzchniowej metodą Atomic Layer Deposition ALD, jako domeny inżynierii materiałowej, w kontekście modelu Industry Integrated Idea 3 × I 4.0/5.0 oraz zasady 6 oczekiwań 6 × E, stanowiącej paradygmat inżynierii materiałowej. Istotne w tym ujęciu są wyniki badań biologicznych tak wytworzonych materiałów, prowadzące w konsekwencji tego do licznych aplikacji we własnej praktyce klinicznej we współpracy z lekarzami dentystami oraz opracowania generalnej koncepcji centrum badawczo-projektowo-wytwórczego uzupełnień protetycznych oraz wirtualnego pozyskiwania danych diagnostycznych ze współpracujących klinik stomatologicznych.

Implikacje badawcze

Artykuł stanowi opracowanie monograficzne odwołujące się do licznych własnych publikacji, patentów i wystąpień na konferencjach naukowych oraz na targach wynalazczości, w których podano bardzo obszerne informacje źródłowe dotyczące zarówno bardzo licznych pozycji literaturowych oraz obszernego materiału faktograficznego, włącznie z wynikami badań materiałograficznych i opisem przypadków klinicznych, chociaż w niniejszym opracowaniu przedstawiono również liczne aspekty dotychczas nieopublikowane w żadnych wcześniejszych pracach.

Implikacje praktyczne

Niniejsze opracowanie przedstawia m.in. szczegółowe rozwiązania protetyczne i implantoprotetyczne wdrożone przez Autora opracowania i użytkowane z powodzeniem przez pacjentów. Pomimo, że niniejsze opracowanie jest formalnie zakwalifikowane w zakresie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa, ma ono silne związki z inżynierią biomedyczną i aplikacyjnym obszarem dotyczącym stomatologii interwencyjnej.

Oryginalność

Liczne autorskie publikacje, rozwiązania patentowe, zrealizowane projekty i nagrody na Międzynarodowych Targach Innowacyjności omówione w niniejszym opracowaniu monograficznym, a także doświadczenia kliniczne związane z leczeniem tysięcy pacjentów stomatologicznych we własnej klinice potwierdzają oryginalność podejścia i wskazują na innowacyjny charakter dotychczasowych dokonań zaprezentowanych w artykule. Długoletnie doświadczenia doprowadziły do uruchomienia, stale rozwijanego centrum wytwórczego uzupełnień protetycznych wraz z wirtualną strukturą pozyskiwania danych diagnostycznych ze współpracujących klinik stomatologicznych. Artykuł jest dedykowany naukowcom zajmującym się inżynierią materiałową aplikowaną w stomatologii interwencyjnej oraz inżynierom stomatologicznym w praktyce zajmującym się tą problematyką.

Słowa kluczowe

inżynieria materiałowa; inżynieria stomatologiczna; wytwarzanie przyrostowe; osadzanie warstw atomowych ALD; uzupełnienia protetyczne; implanty i implanto-skafoldy; leczenie implantoprotetyczne; stopy tytanu; stopy kobaltu; Koncepcja Zintegrowanego Przemysłu 3 × I 4.0/5.0; Przemysł 4.0; Stomatologia 4.0; centrum wytwórcze uzupełnień protetycznych

1. Wprowadzenie oraz cel działań przedstawionych w niniejszym opracowaniu monograficznym

U podstaw rozważań zawartych w niniejszym przeglądowym artykule, zawierającym główne dokonania autorskie z okresu minionej dekady, związane z utworzeniem własnego centrum projektowo-badawczo-wdrożeniowego inżynierii medycznej i stomatologicznej, bogato wyposażonego w awangardowe urządzenia technologiczne i aparaturę naukowo-badawczą i zorganizowania prężnego zespołu naukowego oraz dokonanych wieloaspektowych badań w tym zakresie są słowa Johanna Wolfganga Goethego „*Sama wiedza nie wystarczy, trzeba jeszcze umieć ją stosować*”. W istocie należy sprostać problemom postawionym nawet odwrotnie. Szczególnego znaczenia w tym kontekście nabierają słowa Marcusa Tulliusa Cicero – Cyclerona „*Usus magister est optimus*” (tłum. z j. łac. „*Praktyka jest najlepszym nauczycielem*”). Ponieważ konieczne jest codzienne stosowanie wiedzy, należy ją systematycznie pomnażać przez własne badania naukowe oraz licznie podejmowane działania projektowo-technologiczne, które w sposób skondensowany przedstawiono w niniejszym przeglądowym artykule.

Współczesna medycyna jest ściśle powiązana i wprost zależna od inżynierskiego wspomaganie. Bardzo obszernym zakresem jest diagnostyka medyczna, gdzie dla rozpoznania chorób, oprócz badań podmiotowych i przedmiotowych, ważne znaczenie odgrywają badania fragmentów tkanek np. krwi, wydzielin i wydaliny, a także badania obrazowe i endoskopowe, wymagające zaawansowanych urządzeń elektronicznych. Kardiochirurgia oraz kardiologia inwazyjna wraz z cewnikowaniem serca oraz angiokardiografią, a także angioplastyką tętnic wieńcowych, a coraz częściej ultrasonografią wewnątrzwieńcową lub zabiegami pozawieńcowymi w obrębie innych naczyń lub zastawek serca oraz interwencjami w przebiegu niezastawkowych wad serca, wymagają wyspecjalizowanych wyrobów medycznych, włącznie z implantami, np. stentami i sztucznymi zastawkami serca, a także narzędzi chirurgicznych, wytworzonych w procesach inżynierskich. Ortopedia urazowa i inne działy chirurgii wymagają stosowania licznych urządzeń podtrzymujących funkcje życiowe podczas operacji, licznych narzędzi chirurgicznych oraz różnych implantów, nici i wielu innych wyrobów medycznych. Stomatologia jest szczególnym działem wykorzystującym liczne wyroby medyczne, w tym implanty, uzupełnienia protetyczne, narzędzia i urządzenia stomatologiczne oraz liczne urządzenia diagnostyczne i niezbędne do przeprowadzenia leczenia stomatologicznego.

Dynamiczny postęp technologiczny związany m.in. z powszechnym wdrażaniem założeń idei Przemysłu 4.0 oraz oczekiwaną personalizacją procesów projektowania i wytwarzania implantów, a zwłaszcza uzupełnień protetycznych i szablonów chirurgicznych wymaga bardzo szerokiego wsparcia inżynieryjno-technicznego leczenia prowadzonego przez lekarza stomatologa. Podstawą badań diagnostycznych jest ctomografia komputerowa wiązki stożkowej CBCT (j. ang. *cone beam computer tomography*) umożliwiająca komputerowe modelowanie tkanek miękkich i kostnych każdego pacjenta indywidualnie i w efekcie tego komputerowe wspomaganie projektowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych oraz stomatologicznych szablonów chirurgicznych, zapewniających prawidłowy montaż implantów w jamie ustnej pacjenta podczas zabiegów wykonywanych przez lekarza dentystę.

Wśród kilku aspektów rozważań zawartych w niniejszym opracowaniu monograficznym poczesne miejsce zajmują ogólne rozważania teoretyczne nad aktualnym stadium rozwoju społeczeństwa i gospodarki ogólnie określanych jako Przemysł 4.0 (j. ang. *Industry 4.0*) oraz Społeczeństwo 5.0 (j. ang. *Society 5.0*), wraz z autorskim modelem Koncepcji Zintegrowanego Przemysłu $3 \times I$ 4.0/5.0 (j. ang. *Integrated Industry Idea*) [1-5], gdzie istotne znaczenie odgrywa autorsko wprowadzone w literaturze światowej pojęcie Stomatologii 4.0 (j. ang. *Dentistry 4.0*) [6-9], wskazujące na istotne znaczenie stomatologii interwencyjnej oraz wynikających z tego szerokich działań inżynierskich. Wobec występującej w literaturze próby deprecjonowania działań tego typu na rzecz monopolistycznej przewagi działań prewencyjnych w stomatologii opracowano i szeroko rozpowszechniono autorski model Zrównoważonego Rozwoju Stomatologii (j. ang. *Dentistry Sustainable Development*) [1-5, 8]. Ważnym elementem tego modelu jest zagadnienie bezpieczeństwa lekarzy dentystów oraz personelu medycznego uczestniczącego w leczeniu stomatologicznym, co nabrało szczególnego znaczenia wobec pandemii SARS-CoV-2 i wynikającego z tego autorskiego działania i opracowanej konstrukcji odpowiednich urządzeń zapobiegających zakażeniu [10-24].

Działania inżynieryjno-techniczne obejmują następujące autorskie aspekty poruszone w niniejszym opracowaniu monograficznym, zakwalifikowane do pięciu poniższych osiągnięć:

- **rozwój metodologii komputerowego wspomagania projektowania stomatologicznych uzupełnień protetycznych oraz szablonów chirurgicznych zapewniających ich prawidłowy montaż w jamie ustnej pacjentów, wobec zaników wyrostków zębowych pacjentów, wraz z wirtualnym modelowaniem planów leczenia, modelowaniem stanu obciążenia poszczególnych elementów systemów implantoprotetycznych m.in. z wykorzystaniem metody elementów skończonych MES [25-34],**
- **rozwój metodologii komputerowego wspomagania wytwarzania elementów systemu uzupełnień protetycznych oraz implantów i imoplanto-skafoldów z wykorzystaniem technologii frezowania w centrach sterowanych numerycznie CNC oraz wytwarzania przyrostowego metoda selektywnego spiekania laserowego SLS (j. ang. *Selective Laser Sintering*) [7-9, 24, 35-43],**
- **badania wpływu warunków wytwarzania przyrostowego na strukturę i własności tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi włącznie z badaniami własności biochemicznych do zastosowań do celów implanto-protetycznych w stomatologii [7-9, 24, 35, 36, 38, 39, 41, 44-50],**
- **badania wpływu warunków nanoszenia warstw atomowych ALD (j. ang. *Atomic Layer Deposition*) na strukturę i własności powierzchni metali i ich stopów stosowanych w leczeniu implanto-protetycznym w stomatologii [44, 45, 51, 52],**
- **badania wypełnień protetycznych stosowanych w leczeniu endodontycznym próchnicy [53-56].**

Ze względu na przeglądowy charakter niniejszego opracowania zacytowano w nim wyłącznie własne publikacje, patenty i wystąpienia na konferencjach naukowych oraz na targach wynalazczości, gdy wszystkie bardzo obszerne informacje źródłowe dotyczące zarówno bardzo licznych pozycji literaturowych oraz obszernego materiału faktograficznego w postaci schematów, tablic i licznych rysunków, w tym zdjęć materiałograficznych i opis przypadków klinicznych są zawarte w pracach cytowanych w niniejszym opracowaniu, a jedynie nieliczne w nim wykorzystano w tym opracowaniu, w

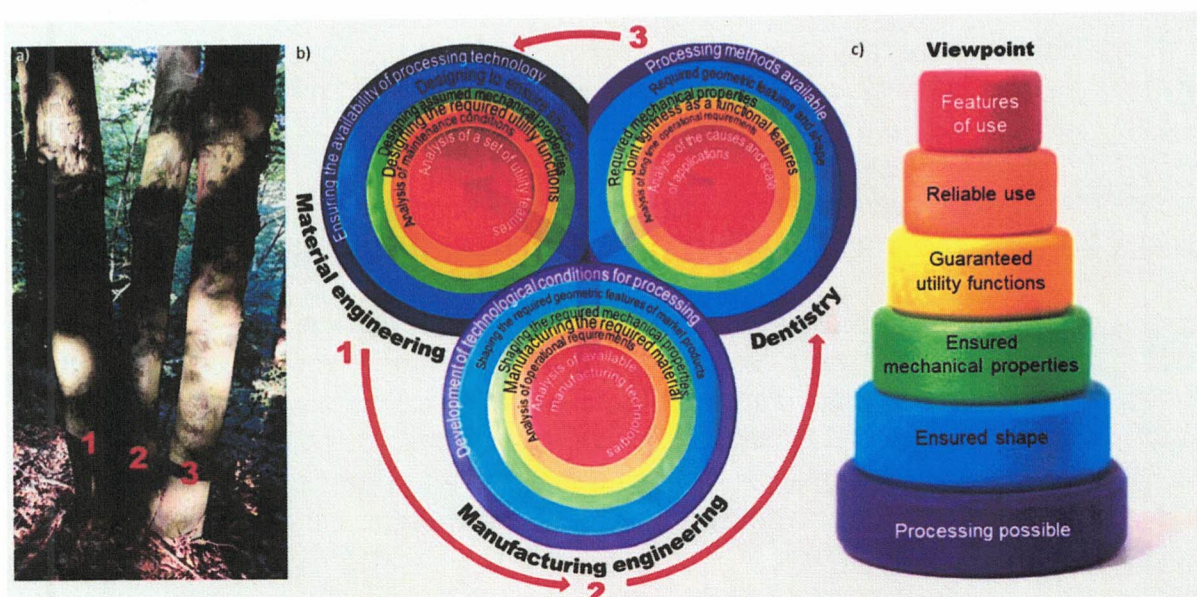
tym m.in. zacytowane rysunki. W tym opracowaniu przedstawiono również liczne aspekty dotychczas nie opublikowane w żadnych wcześniejszych pracach.

U podstawy prac własnych wykonywanych w zakresie inżynierii stomatologicznej związanej ze stosowaniem zaawansowanej technologii w leczeniu stomatologicznym, w tym w szczególności w protetyce stomatologicznej i implantologii stomatologicznej, stoi przekonanie, że najważniejsze jest podejmowanie działań zmierzających do minimalizacji pola zabiegowego i zakresu ingerencji w tkanki pacjenta, minimalizacji czasu niezbędnego do wykonania zabiegu tak, aby aplikować jak najmniejsze dawki środków znieczulających oraz skrócenia do minimum czasu rekonwalescencji po wykonanych zabiegach protetycznych i implantologicznych. Jednocześnie przedstawione poniżej metody i konkretne rozwiązania protetyczne pozwalają na zasadnicze zwiększenie dostępności rozwiązań protetycznych i implantoprotetycznych dla pacjentów, którzy ze względu na posiadanie minimalnej i zdegradowanej bazy kostnej do tej pory byli dyskwalifikowani do stosowania uzupełnień implantoprotetycznych. W szczególności stosowanie materiałów lekkich i wytrzymałych pozwala na minimalizację liczby niezbędnych do wszczęcia implantów. Aby leczenie ze zredukowaną liczbą implantów mogło w długim okresie zapewnić utrzymanie implantów, niezbędne jest prawidłowe obciążenie implantów w bazie kostnej. Autor opracowania, w wyniku wieloletniej optymalizacji i analizy skuteczności leczenia implantologicznego prowadzonego w oparciu o bazę pacjentów własnej praktyki stomatologicznej, preferuje wszczepianie implantów, zachowując równoległość wszystkich implantów względem siebie wraz z zachowaniem osiowości toru wprowadzenia względem sił zgryzowych działających na układ kość-implant-uzupełnienie protetyczne. Pogląd ten stoi w sprzeczności z dość powszechnie stosowanym rozwiązaniem typu all-on-4 gdzie implanty łuku w okolicy bocznej wszczepiane są pod znacznym kątem, eliminując konieczność przerywania dna zatoki szczękowo-twarzowej i konieczność wykonania zabiegów regeneracji kości, ale wymagają stosowania elementów pośrednich. W przedstawianym w niniejszym opracowaniu podejściu, nadrzędnym celem inżynierskim jest takie zaplanowanie leczenia, aby możliwy był montaż elementów protetycznych bezpośrednio z poziomu implantów. W wyniku wielu optymalizacji procesu produkcyjnego wymagającego zachowania dokładności odwzorowania pozycji implantu względem projektu (technicznego planu leczenia) na poziomie 0,1 mm i 4° odchyłu od planowanej osi wprowadzenia, Autor skutecznie wraz z zespołem wykonuje uzupełnienia pełnotłukowe oparte o 6 lub 8 implantów jako monolit, tzn. podbudowa zintegrowana z łącznikami indywidualnymi, posiadającymi wszystkie pozycjonujące elementy heksagonalne, tzw. „hexy”. Uzupełnienia te pozwalają na eliminację wszelkich łączeń klejonych, a dzięki zachowaniu stałego dostępu do śrub mocujących umożliwiają także zapewnienie wielokrotnego serwisu uzupełnienia w długim okresie użytkowania, bez konieczności niszczenia tej pracy.

Niniejsze opracowanie przedstawia także szczegółowe rozwiązania protetyczne i implantoprotetyczne wdrożone przez Autora opracowania i użytkowane z powodzeniem przez pacjentów. W tej sytuacji, pomimo, że niniejsze opracowanie jest formalnie **zakwalifikowane w zakresie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa**, ma ono silne związki z inżynierią wytwarzania i aplikacyjnym obszarem dotyczącym stomatologii interwencyjnej.

Zagadnienia ochrony zdrowia, poprawy dobrostanu i wydłużenia życia ludzkiego nie stanowią bowiem wyłącznie domeny lekarzy i przedstawicieli innych zawodów medycznych, lecz w istocie są osiągnięciem wielu różnych grup zawodowych, choć lekarze bezpośrednio odpowiadają za profilaktykę i wyniki leczenia, gdy ono staje się niezbędne. Przedstawiciele innych zawodów niemedyceńskich, w tym biolodzy, psychologowie i w znacznej mierze inżynierowie różnych specjalności aktywnie uczestniczą w działaniach na rzecz profilaktyki, ochrony zdrowia oraz skutecznego leczenia różnych chorób, w tym m.in. powszechnej próchnicy zębów. W przypadku diagnostyki i leczenia chorób jamy ustnej, w tym leczenia implantoprotetycznego i endodontycznego, to nie lekarz stomatolog projektuje i wytwarza implanty i uzupełnienia protetyczne i materiały niezbędne do ich wytworzenia oraz materiały wypełniające wykorzystywane w stomatologii zachowawczej i endodoncji. Niniejszy artykuł przeglądowy dotyczy projektowania materiałów inżynierskich oraz technologii ich przetwórstwa w celu wytworzenia implantów, implanto-skafoldów i uzupełnień protetycznych do zastosowań w stomatologii oraz wypełnień endodontycznych, jest dedykowany inżynierom dentystycznym i współpracującym z nimi inżynierom materiałowym i inżynierom wytwarzania, ale także lekarzom stomatologom, a także lekarzom innych specjalności, ze względu na powikłania ogólnoustrojowe, które mają swoją genezę w chorobach jamy ustnej.

Chodzi bowiem o to, aby umożliwić wzajemną współpracę wymienionych grup zawodowych, mocno zróżnicowanych kompetencjami i zainteresowaniami merytorycznymi, w celu synergii wiedzy i działań korzystnych dla pacjentów, o których dobro tu chodzi. Jest to przedstawione przez autorski model [54] powstały przez analogię do trójkątnie rozgałęzionego pnia drzewa, a przekrój wirtualnego pnia podzielonego na trzy części, symbolizuje analizowane aspekty z trzech zasadniczo różnych punktów widzenia, tj. inżynierii materiałowej, inżynierii wytwarzania i stomatologii. Pochodzą ze



Rysunek 1.

Przykład trójkątnie rozgałęzionego pnia drzewa (a) z modelem synergii inżynierii materiałowej, inżynierii wytwarzania i stomatologii (b) wraz z hierarchicznym układem głównych analizowanych zagadnień dotyczących materiałów stosowanych w stomatologii (c)

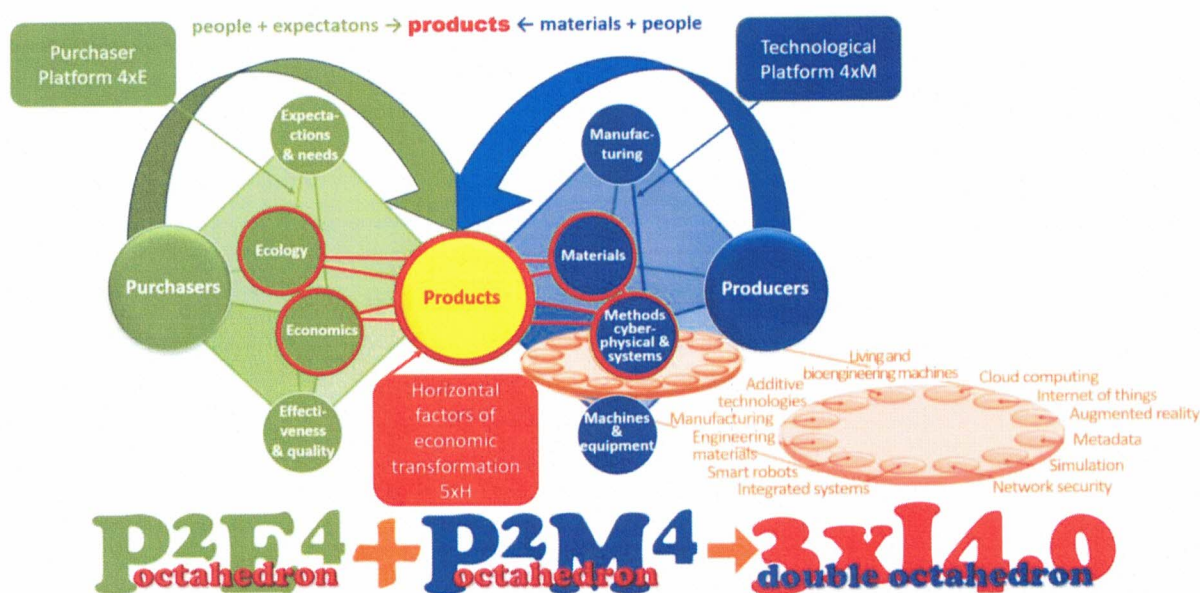
wspólnego pnia, zilustrowanego strzałkami odśrodkowymi skierowanymi do siebie pod kątem 120°. W celu rozwiązania problemów konieczne jest przeanalizowanie interesujących aspektów w realiach każdej z wyżej wymienionych dyscyplin naukowych i nie można ich ani pominąć ani uprościć. Pozytywny wynik leczenia stomatologicznego, należy rozumieć jako specyficzny wirtualny wyimaginowany wektor wypadkowy ze zsumowania wszystkich wektorów składowych odpowiadających wspomnianym dyscyplinom, dla których kolory zostały dobrane odpowiednio dla każdego z trzech punktów widzenia. Tylko interakcja i synergia tych czynników może przynieść pozytywny wynik, a ten symboliczny wirtualny wektor wyniku uzyska zarówno odpowiednią wartość, jak i kierunek i zwrot, obrazując synergię inżynierii materiałowej, inżynierii wytwarzania i stomatologii, z hierarchicznym układem głównych analizowanych zagadnień dotyczących materiałów i technologii stosowanych w stomatologii. Omówiony model jest zobrazowany na *rys. 1*, w pełni uzasadniając znaczenie inżynierii materiałowej w kontekście analizowanych zagadnień.

Celem niniejszego opracowania monograficznego jest zatem prezentacja wyników własnych prac dotyczących projektowania materiałów inżynierskich oraz optymalizacji procesów materiałowych, z uwzględnieniem wpływu tych czynników jako inżynierskich aspektów stomatologicznego leczenia implantoprotetycznego wraz z uwzględnieniem przypadków klinicznych, najczęściej dotyczących pełnego bezzębia. Szczególną uwagę zwrócono na opracowanie metodologii projektowania materiałowego, technologicznego oraz konstrukcyjnego stomatologicznych uzupełnień protetycznych, w tym zwłaszcza wpływu warunków wytwarzania przyrostowego i technologii inżynierii powierzchni na własności mechaniczne oraz strukturę uzupełnień protetycznych, z wykorzystaniem zaawansowanych metod badania struktury oraz własności mechanicznych, fizycznych i biologicznych stosowanych materiałów inżynierskich. Zwrócono przy tym szczególną uwagę na sposób precyzyjnego mocowania uzupełnień protetycznych w jamie ustnej pacjenta na podstawie wirtualnego projektowania, wraz z projektowaniem i wytwarzaniem tzw. implanto-skafoldów, jako porowatych lub częściowo porowatych wyrobów medycznych, zapewniających przerastanie żywych komórek osteoblastów w te pory w celu zapewnienia silnego połączenia żywych komórek z wszczepianym urządzeniem medycznym. Prace w tym zakresie są mocno zaawansowane i nadal kontynuowane. Przedstawiono również podejście do zapewnienia wysokiej i powtarzalnej jakości stomatologicznego leczenia implantoprotetycznego, poprzez projektowanie wirtualne montażu implantów i uzupełnień protetycznych z wykorzystaniem szablonów protetycznych, jako istotnych elementów cyfryzacji stomatologii określonej z języka angielskiego jako „digital-dent”. Czyni to zadość wymogom wysokorozwiniętego modelu Przemysłu 4.0/5.0.

2. Autorska analiza teoretyczna współczesnego rozwoju przemysłu

Poważnym zakresem własnych twórczych dokonań są podjęte działania dotyczące uogólnienia aktualnego stanu działań technicznych. Ogólne pojęcia dobra publicznego oraz dobrego samopoczucia społeczeństwa w oczywisty sposób są związane z zaspokajaniem potrzeb, najogólniej przejawiających się przez wykorzystywanie wielorakich produktów w życiu codziennym [1-5]. Proces ten ma bardzo długą historię,

poczynając od pierwszych prób wykorzystania prostego patyka i ostrego kamienia połączonych włóknami trawy, co umożliwiło wykorzystanie tak wytworzonej dzidy w polowaniu zapewniającym zaspokojenie plemionom pierwotnym elementarnych potrzeb związanych z odczuwaniem głodu. Współcześnie nie sposób enumeratywnie skatalogować ludzkie potrzeby wobec ich mnogości i różnorodności. Związane z tym zależności można ująć współcześnie w formie oktaedru **P²E⁴** zawierającego płaszczyznę konsumencką, obejmującą ludzkie potrzeby, spełnienie uwarunkowań ekologicznych, sprostanie wymogom ekonomicznym oraz zapewnienie jakości i niezawodności produktów wykorzystywanych przez ich konsumentów. Z drugiej strony kolejny oktaedr **P²M⁴** ilustruje możliwości wytwarzania tych produktów, które służą ludziom. Płaszczyzna technologiczna zawiera materiały techniczne, w tym najczęściej inżynierskie, czyli pozyskane w wyniku świadomie opracowanych procesów technologicznych, procesy technologiczne ich wytwarzania i przetwórstwa, odpowiednie maszyny i inne urządzenia technologiczne oraz mocno rozwinięte systemy sterowania tymi procesami z coraz bardziej zaawansowanym komputerowym wspomaganie ogólnie określane jako systemy cyberfizyczne, dzięki którym wytwórcy mogą dostarczać na rynek oczekiwane produkty. Produkty stanowią zatem wspólny element tych obu podejść – konsumenckiego i technologicznego, gdyż wytwórcy wytwarzają coraz bardziej zaawansowane produkty, które zaspokajają coraz bardziej zaawansowane wymagania i oczekiwania klientów. W ten sposób powstał autorski model Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 3 × I 4.0/5.0 (j. ang. industry integrated idea) (**rys. 2**) [1-5].

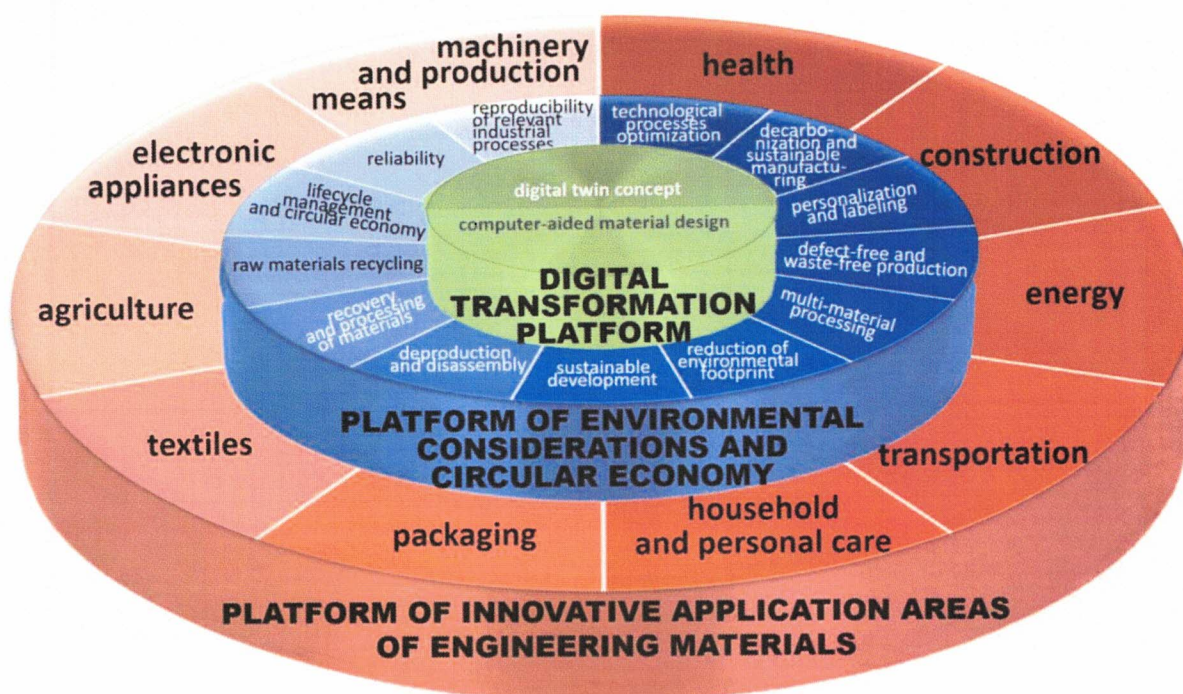


Rysunek 2

Autorski model Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 3 × I 4.0/5.0 (j. ang. industry integrated idea) łączący podejścia konsumenckie i technologiczne poprzez produkty wytwarzane jako coraz bardziej zaawansowane przez wytwórców by zaspokoić coraz bardziej zaawansowane wymagania i oczekiwania klientów

Wykorzystując podejście miejsc koincydentnych (przez analogię do modelu granic ziarn w materiale polikrystalicznym) [1-5] można wyróżnić cztery determinanty, skupione wokół produktów w tym modelu, zawierające materiały techniczne i systemy cyberfizyczne oraz

ekologię i ekonomię, jako czynniki horyzontalne, łączące te oba podejścia odpowiednio technologiczne i konsumenckie. Trzy najważniejsze aspekty koincydentnych czynników horyzontalnych ujmują rozwój materiałów inżynierskich, szeroko i wieloaspektowo rozwiniętą informatyzację wszelkich procesów technologicznych oraz potrzebę sprostania wymogom ekologicznym, minimalizacji śladu środowiskowego oraz gospodarce obiegu zamkniętego. Odpowiedni model przedstawiono w pracach [1-5] (**rys. 3**) i adaptowano go również do opisu Krajowych Inteligentnych Specjalizacji KIS w Polsce w zakresie materiałów i nanotechnologii.



Rysunek 3

Autorski model trzech najważniejszych aspektów koincydentnych czynników horyzontalnych dotyczących rozwoju materiałów inżynierskich, powszechnej informatyzacji procesów technologicznych oraz minimalizacji śladu środowiskowego

W świetle przedstawionego stanu wiedzy na temat aktualnego stanu rozwoju gospodarki i społeczeństwa, innego spojrzenia wymaga model Przemysłu 4.0 [1-5] przedstawiony przez H. Kagermana na przelocie pierwszej i drugiej dekady bieżącego wieku, a rozpropagowany w 2016 wraz z pojęciem czwartej rewolucji przemysłowej 4IR (j. ang. fourth industrial revolution) przez K. Schwaba, założyciela Światowego Forum Ekonomicznego WEF (j. ang. world economic forum) na szczycie w Davos w Szwajcarii, obejmującej aspekty przemysłowe i społeczne (**rys. 4**).

Zawężono w ten sposób znacznie pojęcie rozwoju Przemysłu 4.0, poczynając od wdrożenia silnika parowego po zaawansowane współczesne systemy informatyczne sterowania produkcją, chociaż nie wolno nie doceniać znaczenia tego ważnego aspektu. Konkurencyjny model japoński Społeczeństwo 5.0 ujmuje z kolei 5 stadiów, począwszy od kultury łowieckiej, poprzez kulturę agrarną po rozwinięte społeczeństwo informatyczne, osiągając w obu tych modelach porównywalne stadium rozwojowe odpowiednio 4. lub 5.,

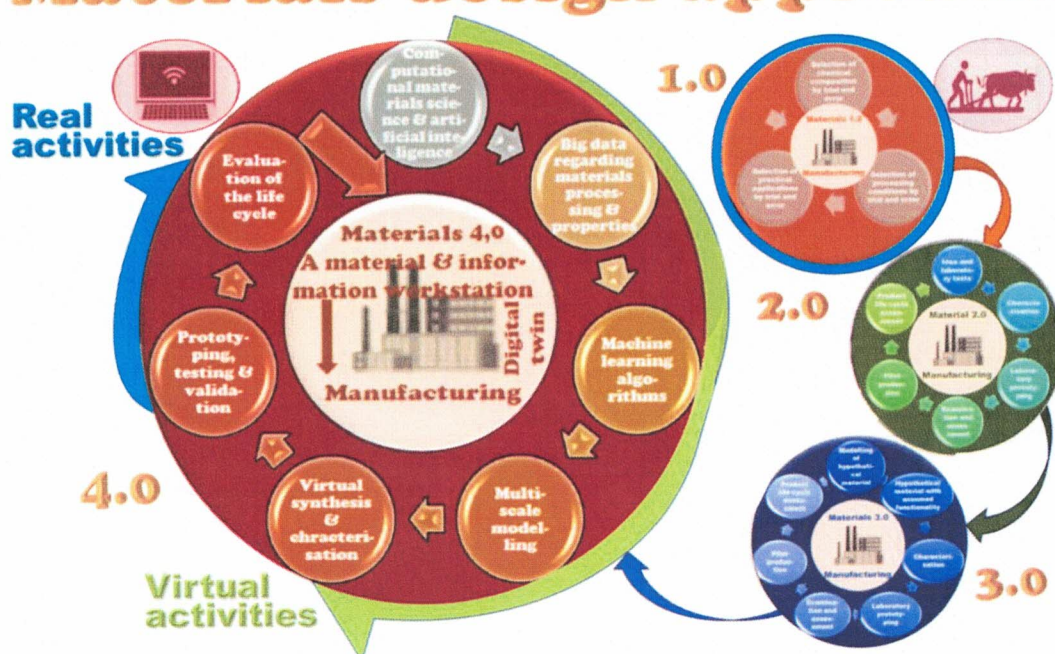
charakteryzujące współczesne realia. Należy przy tym zwrócić uwagę, na wirtualny charakter systemów cyberfizycznych jako istoty tego zawężonego modelu, uwzględniającego m.in. symulację i bliźniaka cyfrowego i pozostałe 6 technologii informatycznych. Nie ulega wątpliwości że zarówno produkty, jak i materiały niezbędne do ich wytworzenia należą do sfery rzeczywistości. Bez materiałów niemożliwe jest wytworzenie jakiegokolwiek produktu [1-5,7,8,38,39,42], a ich dobór a z czasem projektowanie również podlegało ewolucji, osiągając obecnie 4. stadium Materials 4.0 [1-5,7,8,38,39,42] (rys. 5).



Rysunek 4

Koincydencja czasowa ogólnego rozwoju społeczeństwa od kultury łowieckiej po współczesne społeczeństwo super zinformatyzerowane z modelem rozwoju przemysłu od epoki pary po współczesny przemysł oparty o systemy cyber-fizyczne w modelach Społeczeństwo 5.0 i Industry 4.0

Materials design approach



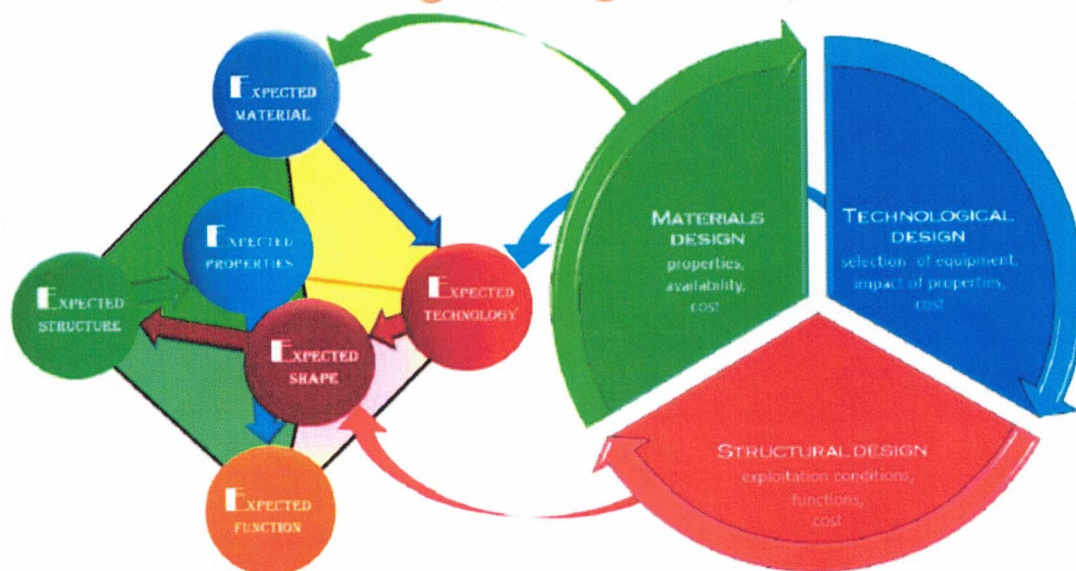
Rysunek 5

Rozwój podejścia do projektowania materiałowego w okresie rozwoju cywilizacji ludzkiej od metody prób i błędów Materials 1.0 polegającej w pełni na działaniach rzeczywistych poprzez stadia pośrednie po stadium Materials 4.0 polegające na wirtualnym podejściu wymagającym jedynie doświadczalnej weryfikacji na etapie wdrożenia opracowanych rozwiązań

Analogicznej ewolucji podlegają również procesy technologiczne osiągając stadium Procesy 4.0 (j. ang. *Processes 4.0*), gdzie m.in. ważną rolę odgrywa wytwarzanie przyrostowe oraz zaawansowane procesy nanoszenia pokryw, m.in. nanoszenia warstw atomowych ALD (j. ang. *atomic layers deposition*). Całość zachodzących procesów rozwojowych można zatem ująć jako Gospodarka 4.0 (j. ang. *Economy 4.0*), a ważne procesy technologiczne z tym związane szczegółowo opisano we własnych pracach przeglądowych [43,51,57,58].

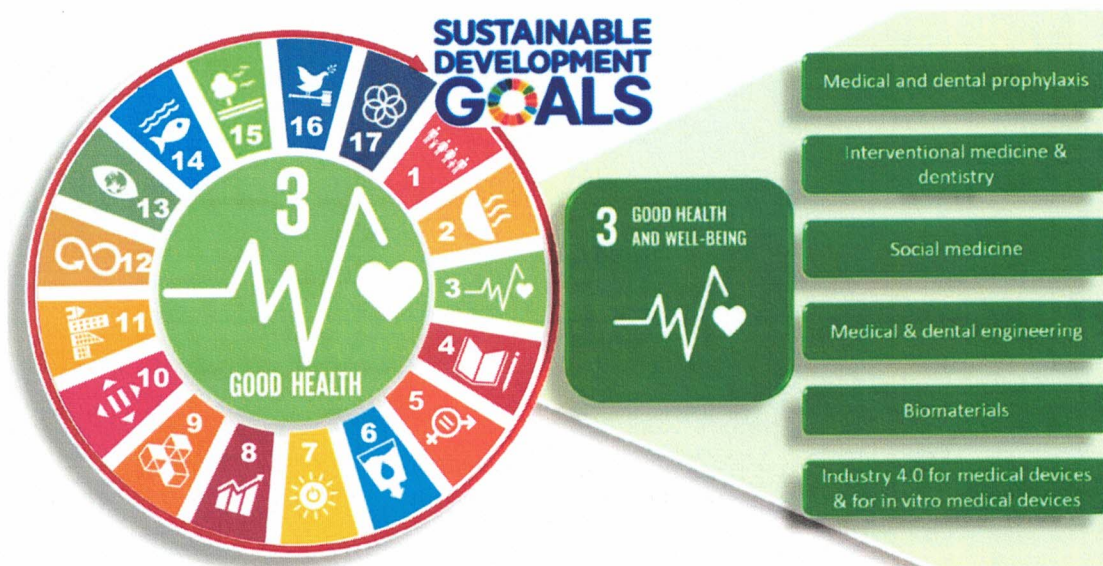
Podstawy doboru materiałów inżynierskich do konkretnych zastosowań reguluje zasada $6 \times O$ sześciu oczekiwań (j. ang. $6 \times E$ – *six expectations*). W celu zapewnienia oczekiwanych funkcji użytkowych konkretnego produktu należy wykorzystać oczekiwany materiał, wyłoniony w wyniku złożonych procesów projektowania wspomagane komputerowo zgodnie z regułą Materiały 4.0 (j. ang. *Material 4.0*), poddać go oczekiwany procesom technologicznym, w celu nadania oczekiwanego kształtu i oczekiwanej struktury, zapewniającej oczekiwane własności fizyko-chemiczne, gwarantujące uzyskanie oczekiwanych funkcji użytkowych produktu. Podkreślić należy z kolei, że projektowanie jakiegokolwiek produktu, również wspomagane komputerowo z wykorzystaniem modelowania komputerowego i metod sztucznej inteligencji, jako elementów bliźniaka komputerowego, złożone jest z trzech nierozdzielnych i równouprawnionych elementów, tzn. projektowania materiałowego, technologicznego oraz konstrukcyjnego (**rys 6**) [1-5, 8,42].

The principle of six expectations as the basis of materials design in engineering design



Rysunek 6

Zależność trzech nierozdzielnych elementów projektowania inżynierskiego obejmującego projektowanie materiałowe, projektowanie technologiczne i projektowanie konstrukcyjne oraz zasady sześciu oczekiwań 6xE stanowiących paradygmat inżynierii materiałowej



Rysunek 7

Schemat zakresu podstawowych działań dotyczących dobrego zdrowia i samopoczucia (j. ang. good health and well-being) w ramach 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju SDG (j. ang. Sustainable Development Goals) Organizacji Narodów Zjednoczonych

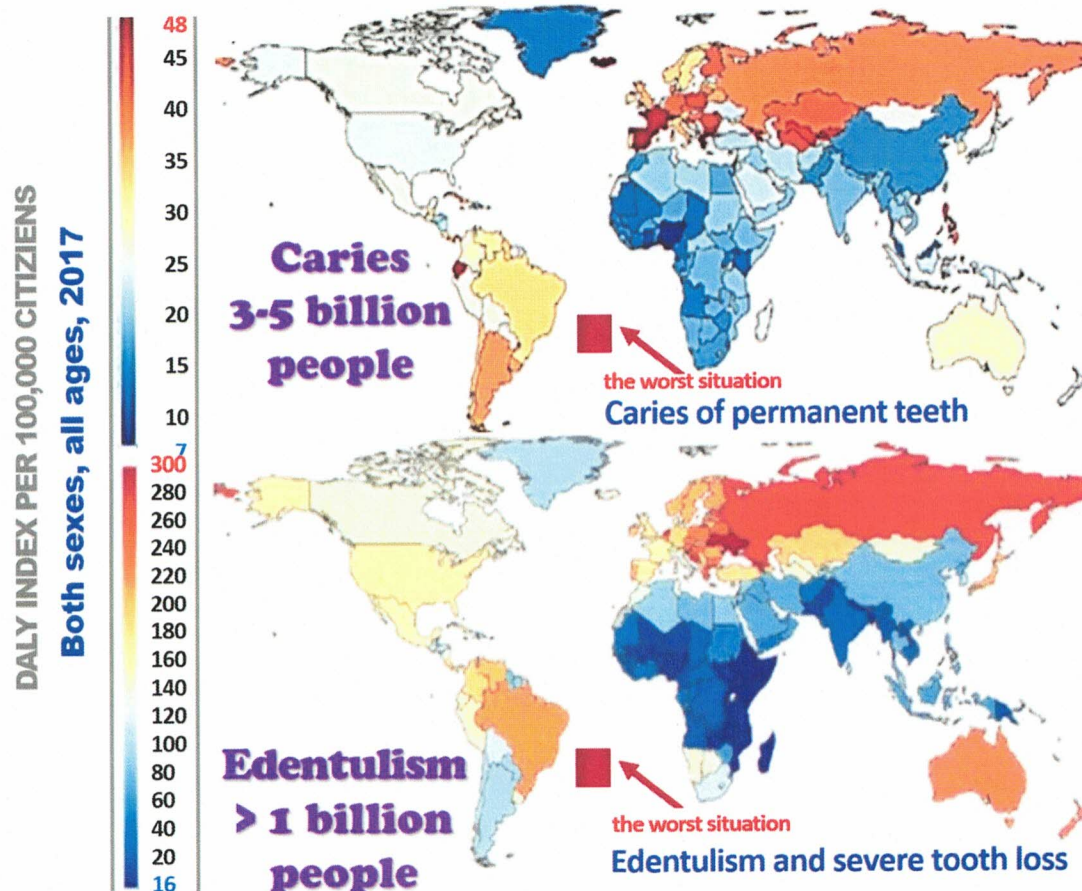
Podane zależności łączące paradygmat inżynierii materiałowej wyrażony zasadą sześciu oczekiwań 6 × O oraz podstawowe i nierozłączne elementy projektowania inżynierskiego

z projektowaniem materiałowym i projektowaniem technologicznym włącznie (**rys. 7**) stoją u podstaw wszelkich działań teoretycznych, poznawczych i badawczych objętych autorskimi pracami wykonanymi w ostatniej dekadzie i zawartymi w niniejszym artykule przeglądowym.

3. Autorska analiza teoretyczna podstaw rozwojowych współczesnej stomatologii i jej inżynierskiego wspomaganie

Wśród ważnych celów rozwojowych wyznaczonych przez Organizację Narodów Zjednoczonych ONZ oraz podtrzymanych w tzw. Agendzie 2030 [7-9, 39,42] ważne znaczenie ma cel 3. Dobre Zdrowie i Samopoczucie (j. ang. *health and well-being*) (**rys. 7**).

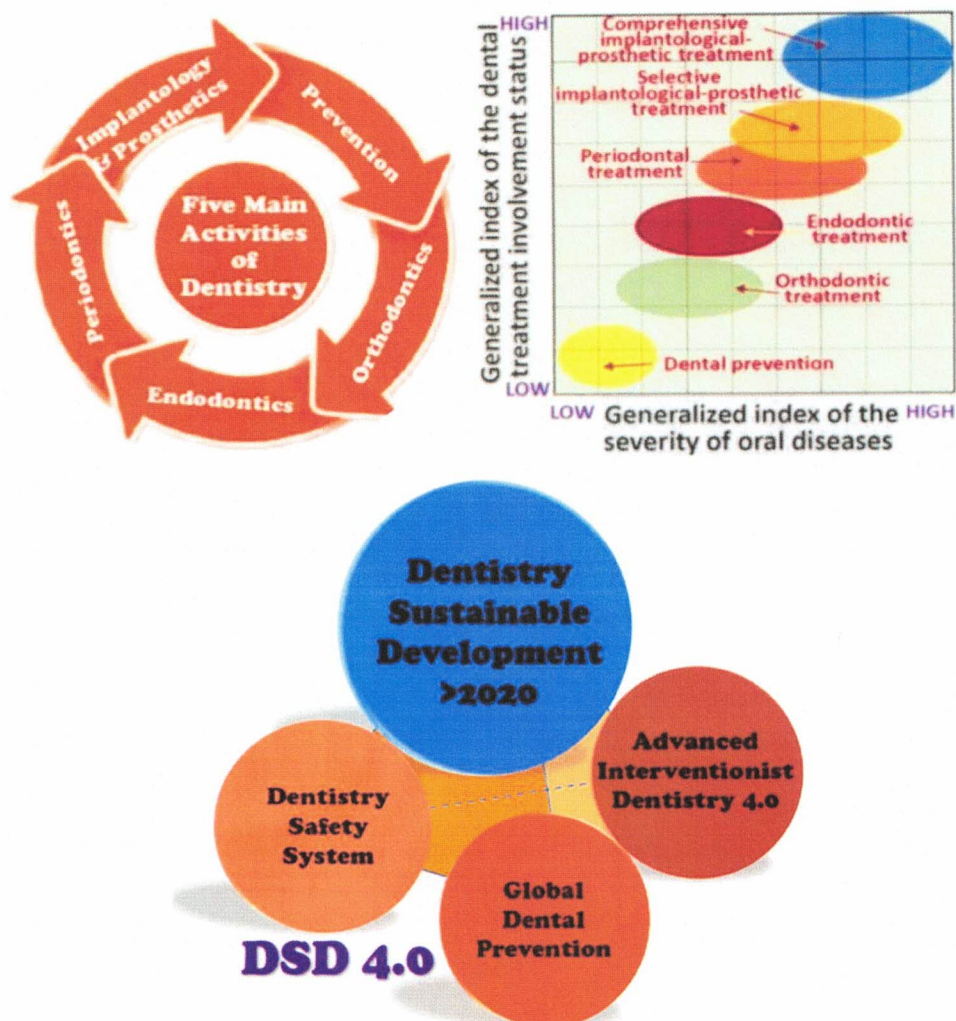
Z całą pewnością wyjaśnienia wymaga powód zainteresowania wymienioną problematyką, zwłaszcza związaną ze stomatologią. Choroby zębów stanowią niezwykle istotny problem, ze względu na swoją powszechność w skali światowej. Próchnica zębów, której niechybnym następstwem jest częściowe, a bardzo często całkowite bezzębie dotyka 3-5 miliardów ludzi w świecie [7-9, 39] (**rys. 8**).



Rysunek 8

Mapy geograficznego zróżnicowania wskaźników lat życia skorygowanych o niepełnosprawność DALY (j. ang. *disability-adjusted life years indicator*) odniesionych do 100 000 mieszkańców ze względu na stopień zaawansowania próchnicy, niezależnie od płci i wieku pacjentów (na górze) i ze względu na stopień bezzębia, niezależnie od płci i wieku pacjentów (na dole)

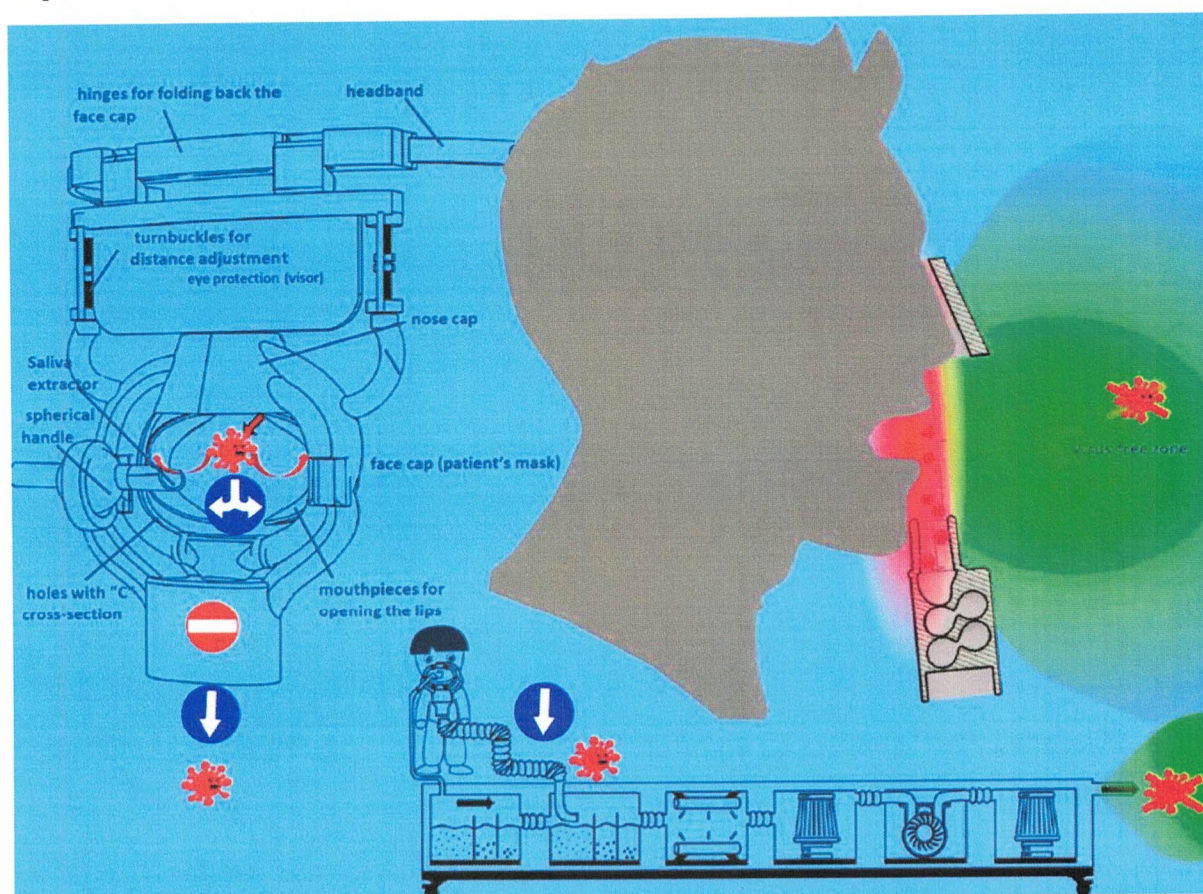
Polska niestety według danych Światowej Organizacji Zdrowia WHO (j. ang. *World Health Organization*) [7-9, 39] należy do 6 krajów najdotkliwiej dotkniętych tą chorobą w Świecie. Drugim schorzeniem, będącym przyczyną bezzębia są choroby przyzębia decydujące o konieczności usunięcia wszystkich zębów. Brak zębów ma poważny wpływ na aspekty estetyczne pacjenta, ale również wpływa bardzo niekorzystnie na jego ogólny stan zdrowia, gdyż może być przyczyną ok. 500 chorób ogólnoustrojowych, w tym zawału serca, udaru mózgu, dysfunkcjonalności hipokampu mózgowego decydującego o utracie orientacji przestrzennej, a także np. przyspieszonego porodu z dysfunkcjami płodu. Nie ma najmniejszych wątpliwości, że leczenie implantoprotetyczne jest koniecznością ze wskazań medycznych. W tym świetle kuriozalne jest podejście autorów dwóch prac w czasopiśmie *Lancet*, którzy uważają, że wymagana jest jedynie profilaktyka w obszarze stomatologii, co w żadnej mierze nie wytrzymuje krytyki i wobec tego stało się podstawą opracowania autorskiej koncepcji [1-5, 8] Zintegrowanego Rozwoju Stomatologii DSD (j.ang. *Dentistry Sustainable Development*) (**rys. 9**).



Rysunek 9

Schemat autorskich: zasady Pięciu Głównych Działań Stomatologii 5MAD (j. ang. *Five Main Activities of Dentistry*) (na górze po lewej), koncepcja matrycy zaawansowania i leczenia chorób jamy ustnej z uwzględnieniem leczenia endodontycznego i implantoprotetycznego (na górze po lewej) oraz modelu Stomatologii Zrównoważonego Rozwoju Stomatologii DSD (j. ang. *Dentistry Sustainable Development*) (na dole)

Pandemia SARS-CoV-2 wskazała na szczególne zagrożenie lekarzy dentystów i personelu medycznego na zakażenie kropelkowe koronawirusem, ale także innymi wirusami pochodzącymi z oddechu pacjentów. Stało się to podstawą bardzo intensywnych prac własnych i opracowania specjalnej aparatury z maską nakładaną na usta pacjenta, w której podciśnienie powoduje wyssanie wirusów i zabezpieczenie lekarzy dentystów (**rys. 10**). Urządzenie zostało objęte własnym patentem oraz spotkało się z uznaniem na wystawach wynalazczych. Stanowi to ważny element systemu DSD 4.0 w ramach modułu Stomatologicznego Systemu Bezpieczeństwa DSS (j. ang. *Dentistry Safety System*) [10-24].

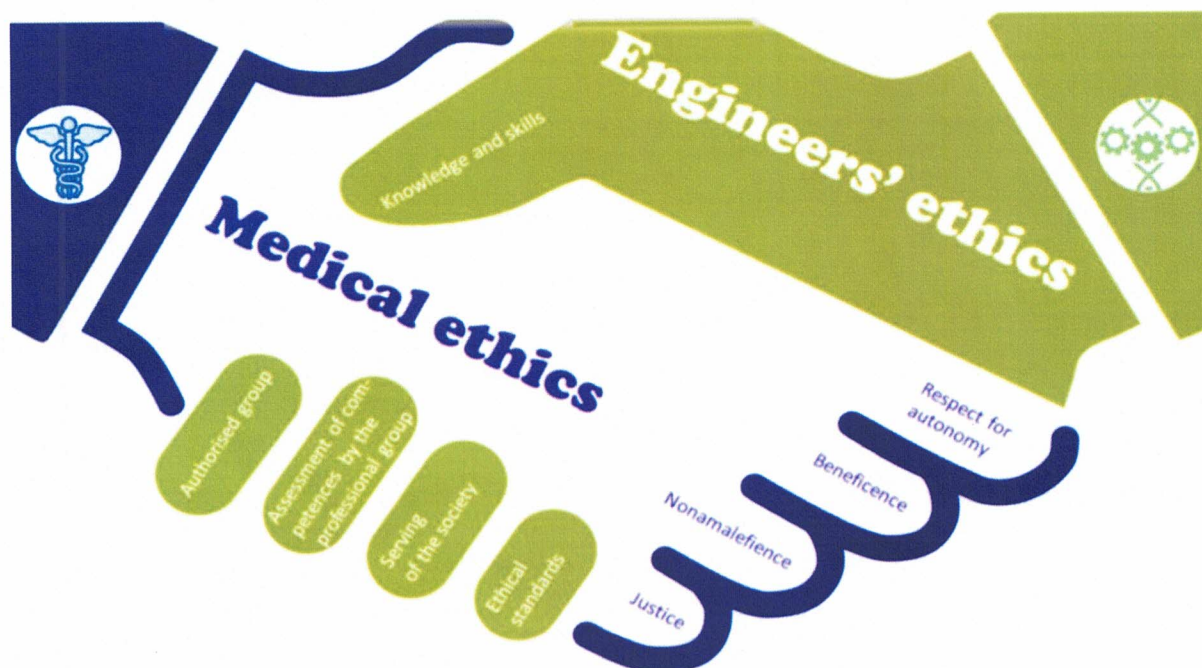


Rysunek 10

Schemat przetłomowego autorskiego urządzenia zapewniającego bezpieczeństwo lekarza stomatologa poprzez eliminację aerozolu klinicznego wirusa SARS-CoV-2 u źródła poprzez podciśnienie zasysające bioaerozol z linii jamy ustnej pacjenta

Należy zwrócić uwagę, że realizacja podstawowej zasady obowiązującej każdego lekarza, wymagająca przestrzegania zasad etycznych zawartych w przysiędze Hipokratesa przyjętej w skali światowej [6,59] stawia szczególnie wysokie wymagania inżynierom stomatologicznym, odpowiedzialnym za właściwy, wysoki poziom techniczny stomatologicznych implantów i uzupełnień protetycznych aplikowanych pacjentom w wyniku leczenia implantoprotetycznego. Aspekty te szeroko rozpatrzono we własnych pracach [6,59] i zilustrowano na **rys. 11**.

Niedopuszczalne jest bowiem wykorzystywanie tego typu urządzeń i wyrobów medycznych wytworzonych np. z materiałów o toksycznym oddziaływaniu na organizm pacjenta, jak np. stal odporna na korozję Cr-Ni, lub stosowanie anachronicznych technologii, np. odlewania związanego zwykle z nieakceptowalnie wysokim udziałem wtrąceń niemetalicznych i pęcherzy gazowych, znacznie obniżających własności mechaniczne i zwiększających kruchość. Pojawiające się doniesienia literaturowe wskazujące, że dobór technologii nie ma znaczenia w tym kontekście i że wręcz preferowane są technologie anachroniczne, wynikają wyłącznie z błędów technologicznych, związanych z brakiem świadomości autorów tych prac, że pożądane własności uzupełnień protetycznych można uzyskać wyłącznie poprzez bardzo staranną selekcję warunków technologicznych, co było przedmiotem własnych prac badawczych [40,41], a z czego autorzy krytykowanych prac nie zdają sobie sprawy, wybierając bezkrytycznie fabryczne warunki procesu technologicznego.



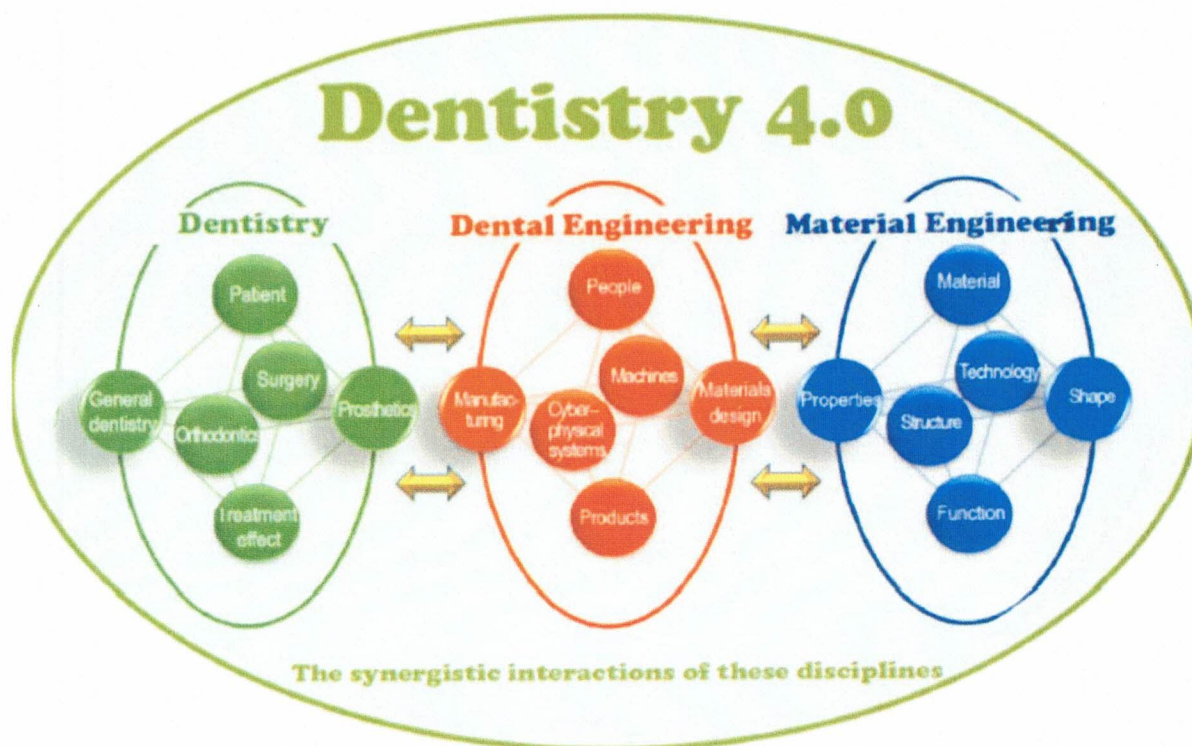
Rysunek 11

Schemat koegzystencji zasad etycznych wiążących lekarzy i lekarzy dentystów oraz współpracujących z nimi bioinżynierów i inżynierów stomatologicznych symbolizowany przez uścisk ręki lekarza i inżyniera

We własnych publikacjach [1-5, 42] wskazano, że w zakresie stomatologii i inżynierii stomatologicznej osiągnięto również wysoko rozwinięte stadium rozwojowe, określone jako Stomatologia 4.0 (j. ang. *Dentistry 4.0*) (**rys. 12**).

Niemożliwe jest bowiem wytworzenie zarówno implantów, a zwłaszcza uzupełnień protetycznych w tym mostów pełnotukowych bez wykorzystania bardzo zaawansowanych materiałów inżynierskich, w tym stopów tytanu [41], a z czasem nieresorbowalnych stopów magnezu, o gęstości bardzo zbliżonej do gęstości kości [52], zaawansowanych technologii inżynierii powierzchni [44,45,52], włącznie z metodą nanoszenia powłok atomowych ALD [44,45,52] oraz zaawansowanych technologii wytwarzania przyrostowego [40,41,52] oraz obróbki skrawaniem w centrach sterowanych numerycznie CNC [24,35-37, 41,46,52], przy wysoce rozwiniętym komputerowym wspomaganie

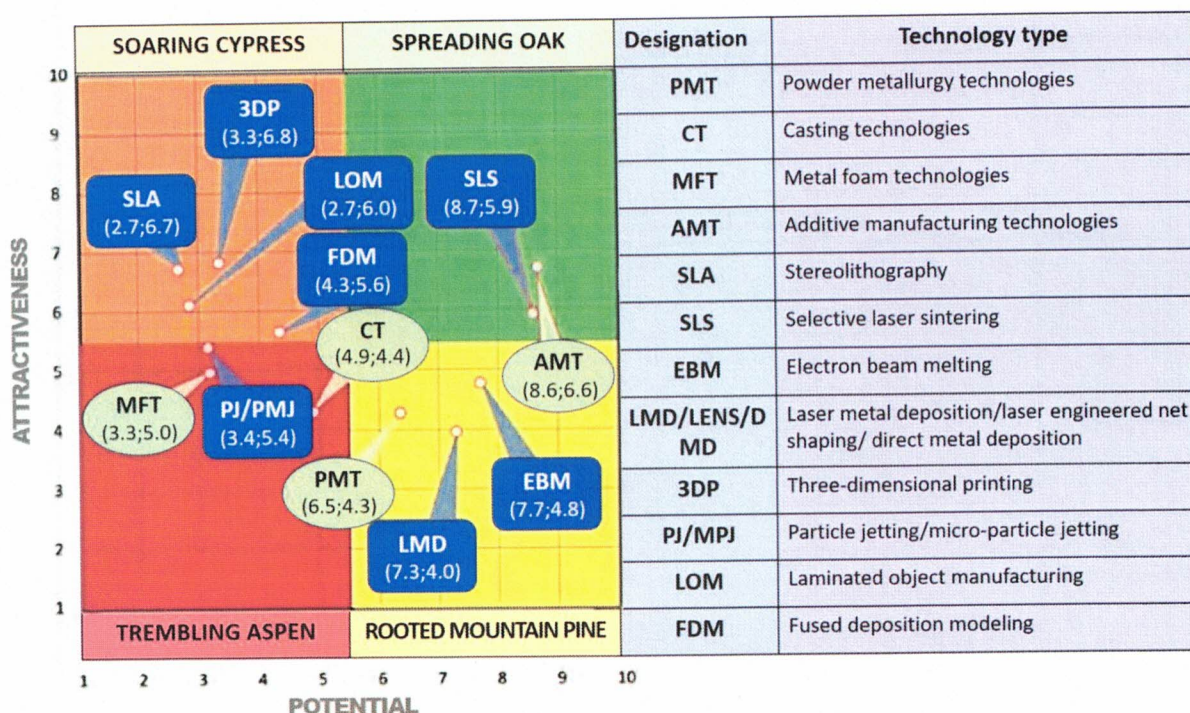
projektowania i wytwarzania CAD/CAM wraz ze znacznym wykorzystaniem przemysłowej sztucznej inteligencji [52], a także wirtualnego projektowania m.in. metodą elementów skończonych MES [25].



Rysunek 12

Ogólny schemat modelu Stomatologii 4.0 (j. ang. Dentistry 4.0) przedstawiającego synergiczne powiązania pomiędzy stomatologią, inżynierią stomatologiczną i inżynierią materiałową

Do wytwarzania różnych implantów, w tym implantów i mostów dentystycznych, implantów indywidualizowanych kości żuchwy, ale również stawu biodrowego i fragmentów czaszki są stosowane technologie przyrostowe [7-9, 24, 35-37, 39-42, 47-50, 52, 60-66]. Wyjątkową przydatność w medycynie i stomatologii technologii przyrostowych wytwarzania materiałów litych i mikroporowatych potwierdzono we własnych pracach przez porównanie technologii metalurgii proszków, odlewniczych, wytwarzania pian metalicznych oraz wytwarzania przyrostowego, wykorzystując metodologię inżynierii wiedzy, a w tym foresightu technologicznego, a zwłaszcza benchmarkingu proceduralnego [43,51,57,58]. Do oceny komparatystycznej wykorzystano opinie eksperckie, posługując się uniwersalną skalą stanów względnych, w której wartość 1 oznacza minimalną ocenę lub poziom zgodności z daną cechą/zjawiskiem/czynnikiem/stwierdzeniem, natomiast 10 jest wybitnie wysoką oceną lub poziomem takiejże zgodności. Na podstawie doświadczeń technologicznych poszczególnym kryteriom przypisano odpowiednie wagi w ocenie potencjału stanowiącego obiektywną miarę wartości każdej z wytypowanych technologii oraz atrakcyjności odpowiadającej wrażeniu wytwórcy co do jej wartości (**rys. 13**).



Rysunek 13

Dendrologiczna matryca technologii metalurgii proszków, odlewniczych, wytwarzania pian metalicznych oraz wytwarzania przyrostowego przydatnych w medycynie i stomatologii do wytwarzania materiałów litych i mikroporowatych

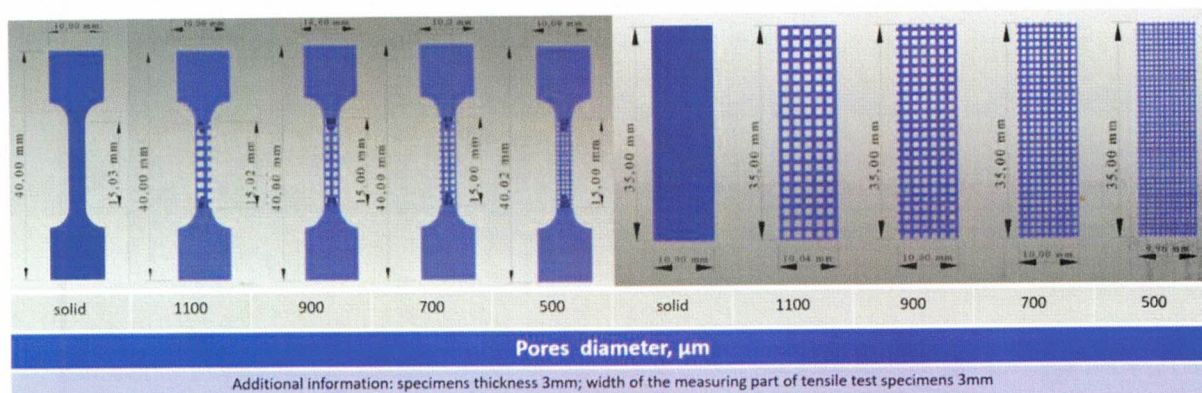
Spośród najczęściej stosowanych w przemyśle technologii przyrostowych [43,51,57,58], do których należą stereolitografia (znana jako STL), laserowe osadzanie metalu (LMD/LENS/DMD), druk trójwymiarowy (3DP), nastrzeliwanie fotoutwardzanej żywicy (PJ/PMJ), wytwarzanie modeli laminowanych (LOM), osadzanie topionego materiału (FDM), w protetyce stomatologicznej, zastosowanie znalazły tylko nieliczne, tzn. topienie wiązką elektronów (EBM), a także druk trójwymiarowy do wytwarzania modeli pośrednich, chociaż największe możliwości daje selektywne spiekanie/stapianie laserowe (SLS/SLM) [57].

Wyniki wskazanej autorskiej analizy teoretycznej stały się przesłanką podjętych własnych obszernych badań empirycznych, polegających na optymalizacji struktury i własności stopów metali najczęściej stosowanych w stomatologii tj. tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi poddanych różnym procesom technologicznym wytwarzania i przetwarzania zawarte w kolejnych częściach niniejszego artykułu przeglądowego.

4. Badania wpływu warunków wytwarzania przyrostowego na strukturę i własności litych tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi

Wykonano bardzo obszerne badania wpływu warunków wytwarzania przyrostowego na strukturę i własności tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi z

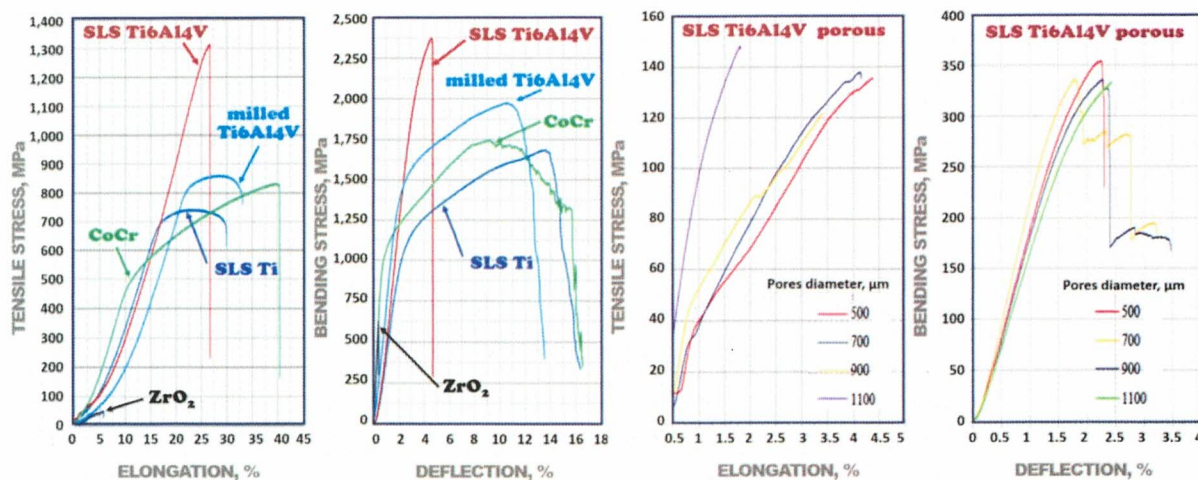
wykorzystaniem licznych metod badań materiałoznawczych, opublikowane w dużej mierze we własnych pracach [40,41]. Jako standard przyjęto autorsko opracowane mikropróbkki do badań własności mechanicznych w statycznych próbach rozciągania, zginania (**rys. 14**) oraz ściskania.



Rysunek 14

Schemat mikropróbek litych i porowatych do badań własności mechanicznych w statycznych próbach rozciągania i zginania

Porównano własności licznych materiałów [25], które mogą znaleźć zastosowanie w stomatologii wytwarzanych poprzez konwencjonalne technologie z bloczków dostarczanych do frezowania w centrum sterowanym numerycznie CNC oraz przez wytwarzanie przyrostowe metodą selektywnego spiekania laserowego.



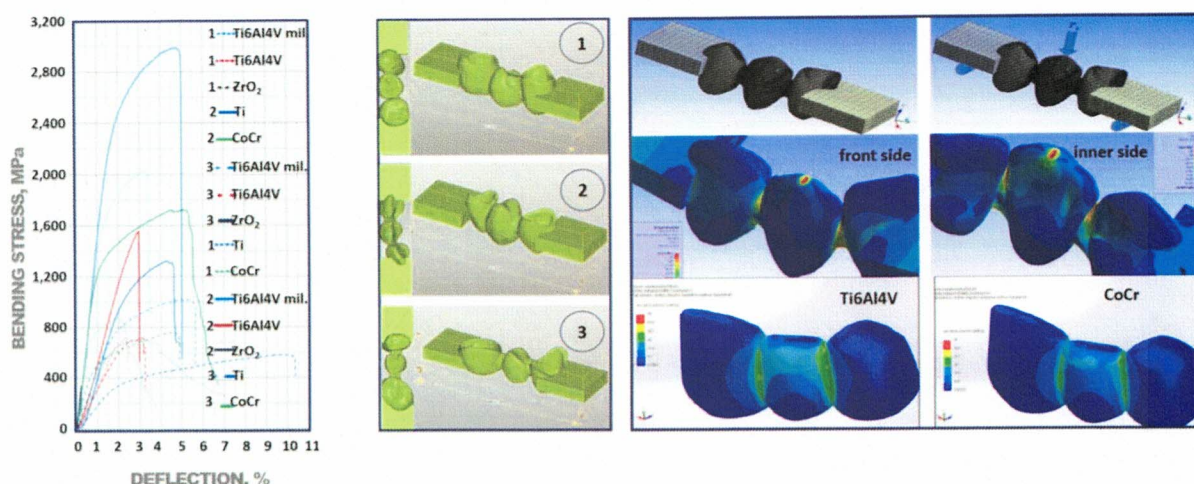
Rysunek 15

Zależność wytrzymałości na rozciąganie i na zginanie mikropróbek litych (a,b) oraz porowatych o różnych średnicach porów (c,d) odpowiednio od wydłużenia lub ugięcia odpowiednio różnych materiałów stosowanych w stomatologii na implanty i/lub uzupełnienia protetyczne

Porównanie własności (**rys. 15**) wskazuje, że najwyższe możliwe wartości wytrzymałości na rozciąganie oraz na zginanie wykazuje stop Ti6Al4V wytwarzany poprzez selektywne spiekanie laserowe, w porównaniu ze stopami Co-Cr oraz tytanem wytwarzanymi tą samą metodą, w porównaniu z frezowanym stopem Ti6Al4V, gdy wytrzymałość dwutlenku

cyrkonu ZrO_2 jest kilka do kilkunastu razy mniejsza (**rys. 15**). Materiały porowate wytworzone metodą selektywnego spiekania laserowego wykazują własności odpowiednio mniejsze w zależności od średnicy porów (**rys. 15 c,d**).

Oprócz standardowych mikropróbek opracowano autorski standard specjalizowanych mikropróbek do prób zginania [25] odpowiadających 3 rodzajom wytypowanych trójpunktowych mostów stomatologicznych (**rys. 16** druga kolumna). W ten sposób wytworzone mikroprobki z różnych materiałów wytworzonych poprzez frezowanie w centrum sterowanym numerycznie CNC oraz alternatywnie selektywnie spiekane laserowo poddano próbom statycznym zginania, o wynikach przedstawionych na **rys 16** (kolumna lewa). Wyniki modelowania metodą elementów skończonych zarówno dla stopów Ti6Al4V i Co25Cr5W5MoSi (**rys. 16** kolumna trzecia i czwarta), wskazujące na maksymalne krytyczne naprężenia w strefie łączników łączących ząb środkowy z zębami filarowymi.

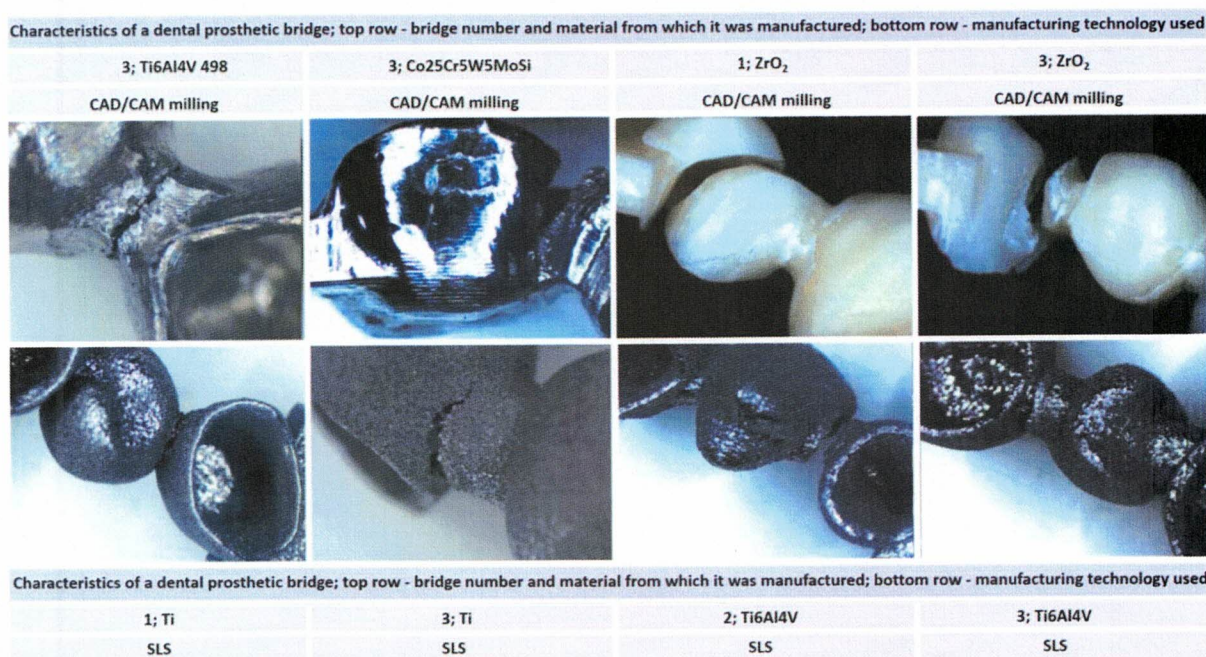


Rysunek 16

Wykresy rozciągania statycznego (kolumna po lewej) specjalizowanych mikropróbek do prób zginania odpowiadających 3 rodzajom wytypowanych trójpunktowych mostów stomatologicznych (kolumna druga od lewej) oraz przykładowe wyniki modelowania metodą elementów skończonych dla stopów Ti6Al4V i Co25Cr5W5MoSi

Na **rys. 17** przedstawiono z kolei wybrane wyniki badań w mikroskopie stereoskopowym uszkodzeń mikropróbek do prób zginania odpowiadających 3 rodzajom wytypowanych trójpunktowych mostów stomatologicznych powstałych w wyniku wykonanych badań [25]. Wyniki tych badań potwierdzają wyniki modelowania [25], że właśnie połączenie łączników materiałowych z zębami filarowymi jest koncentratorem naprężeń, co zaowocowało pęknięciami lub całkowitą dekohezją w tych właśnie miejscach. Należy przy tym zwrócić uwagę, że przy niewielkich nieprężeniach następuje całkowita dekohezja mostów wytworzonych z tlenku cyrkonu, wskazując na wyjątkowo ograniczoną przydatność tego materiału do zastosowań w protetyce stomatologicznej, pomimo bardzo wysoko cenionych walorów estetycznych tego materiału. W istocie, na podstawie przedstawionych wyników badań, zasadnym wydaje się stosowanie tlenku cyrkonu

wyłącznie jako podbudowy koron protetycznych i nierozległych mostów 3-punktowych. Materiał ten nie wykazuje jednak wystarczających własności mechanicznych do stosowania jako podbudowy rozległych prac pełnotukowych, w szczególności z przęsłami mostów zawierających więcej niż 1 ząb. Przy stosowaniu tego materiału jako podbudowy na korony, rekomendowane jest także stosowanie tzw. koron $\frac{3}{4}$, które zapewniają w miejscu kontaktu na powierzchniach żujących występowania największych sił zgryzowych, a przekrój korony jest znacznie większy niż minimalna grubość 0,6 mm.

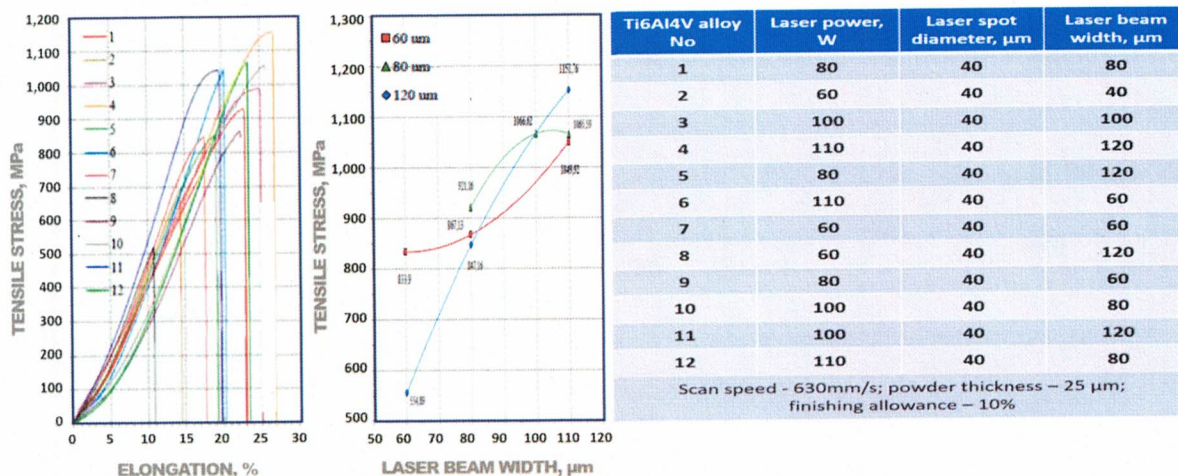


Rysunek 16

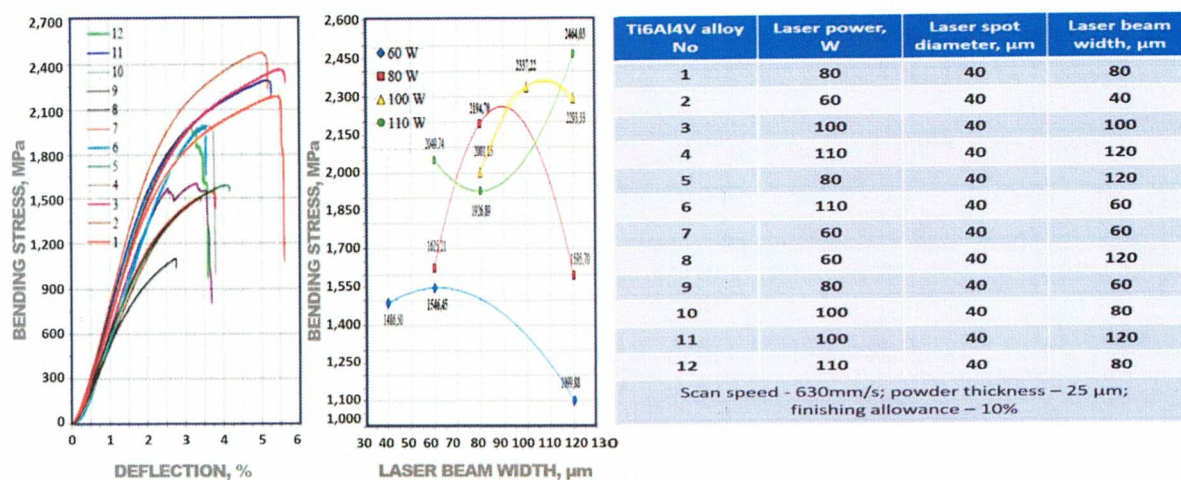
Wyniki obserwacji materiałograficznych w mikroskopie stereoskopowym uszkodzeń mikropróbek wytworzonych odpowiednio z tytanu, stopów Ti6Al4V i Co25Cr5W5MoSi oraz dwutlenku cyrkonu ZrO₂ wytworzonych odpowiednio poprzez frezowanie w centrum CNC lub selektywne spiekanie laserowe, do prób zginania odpowiadających 3 rodzajom wytypowanych trójpunktowych mostów stomatologicznych powstałych w wyniku statycznych prób zginania

Wyniki tych wstępnych badań wytrzymałościowych [25] stanowiły istotną przesłankę do kontynuacji bardzo szczegółowych badań wpływu warunków wytwarzania przyrostowego na strukturę i własności stopu tytanu Ti6Al4V oraz stopu kobaltu Co25Cr5W5MoSi, uzasadniających powszechne stosowanie tychże stopów w stomatologicznym leczeniu implantoprotetycznym [40,41].

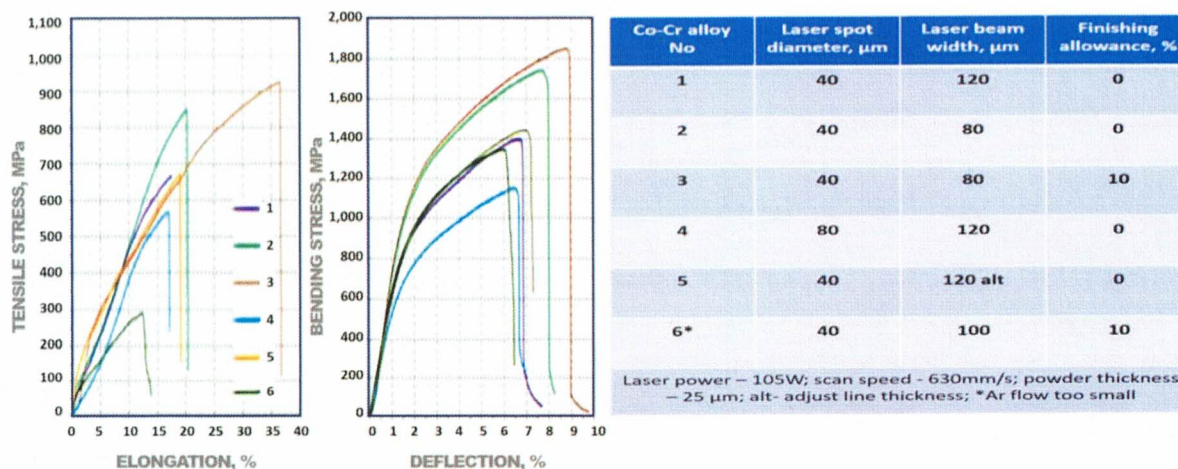
Wykonano szczegółowe badania własności mechanicznych obu wytypowanych stopów Ti6Al4V i Co25Cr5W5MoSi w zależności od szeroko zróżnicowanych warunków selektywnego spiekania laserowego w powiązaniu ze zmianami struktury, które w sposób zasadniczy decydują o tych własnościach w zgodzie z paradygmatem inżynierii materiałowej określonym zasadą 6 × O sześciu oczekiwaniach, wskazującej m.in. że procesy technologiczne którym poddano badane materiały poprzez nadanie odpowiedniej struktury, zapewniającej oczekiwane własności mechaniczne i fizykochemiczne.

**Rysunek 17**

Zależność wytrzymałości na rozciąganie stopu Ti6Al4V w zależności od warunków selektywnego spiekania laserowego wskazanych w tabeli po prawej

**Rysunek 18**

Zależność wytrzymałości na zginanie stopu Ti6Al4V w zależności od warunków selektywnego spiekania laserowego wskazanych w tabeli po prawej

**Rysunek 19**

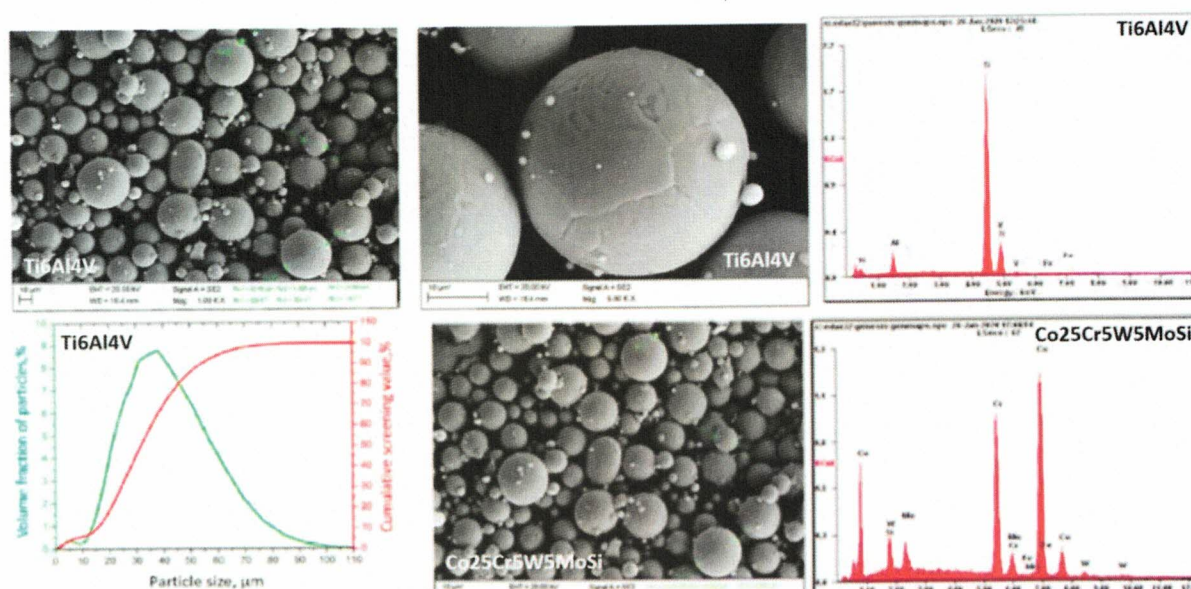
Wykresy rozciągania i zginania selektywnie spiekanego laserowo stopu Co25Cr5W5MoSi w warunkach wskazanych w tabeli po prawej

Rys. 17 i 18 dotyczą odpowiednio wytrzymałości na rozciąganie oraz zginanie stopu Ti6Al4V. W zależności od doboru warunków selektywnego spiekania podanych w tablicy stanowiącej fragment tego rysunku po prawej stronie, wytrzymałość R_m różni się ponad dwukrotnie od 554 do 1551 MPa. Z kolei wytrzymałość na zginanie zawarta jest w zakresie 1099 do 2464 MPa (**rys. 17**).

W przypadku stopu Co25Cr5W5MoSi występuje również znaczące zróżnicowanie zarówno wytrzymałości na rozciąganie pomiędzy 276 a 912 MPa, jak i na zginanie od 255 do 1467 MPa w zależności od warunków selektywnego spiekania laserowego (**rys. 19**).

Zróżnicowane warunki selektywnego spiekania laserowego wpływające jak wykazano powyżej wpływają na własności mechaniczne jak wykazano powyżej, zależne od znaczącego zróżnicowania struktury badanych stopów.

Materiałem wejściowym jest proszek obu wymienionych materiałów przedstawiony na **rys. 20**.

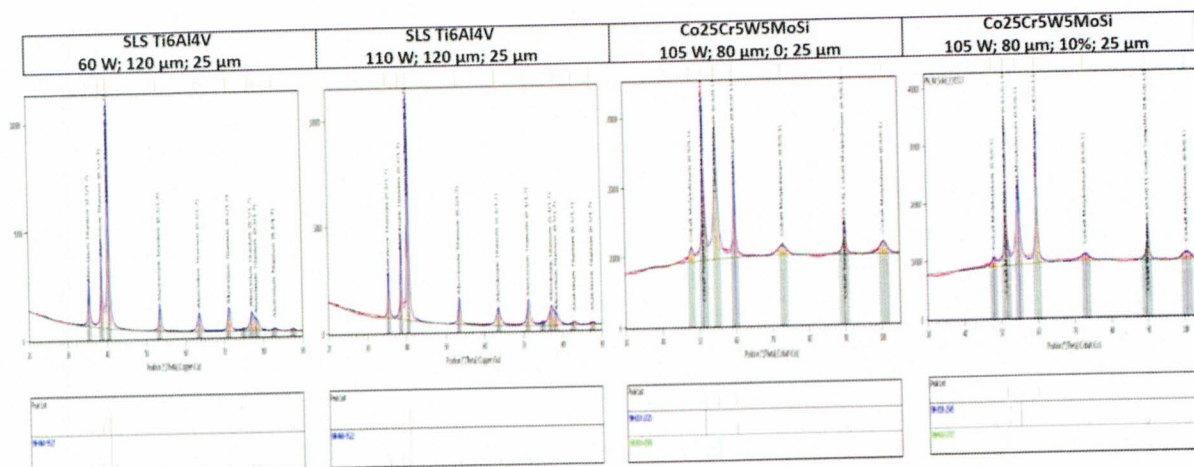


Rysunek 20

Struktura proszku odpowiednio Ti6Al4V oraz Co25Cr5W5MoSi obserwowana w skaningowym mikroskopie elektronowym wraz z wynikami badania ich składu chemicznego metodą EDS

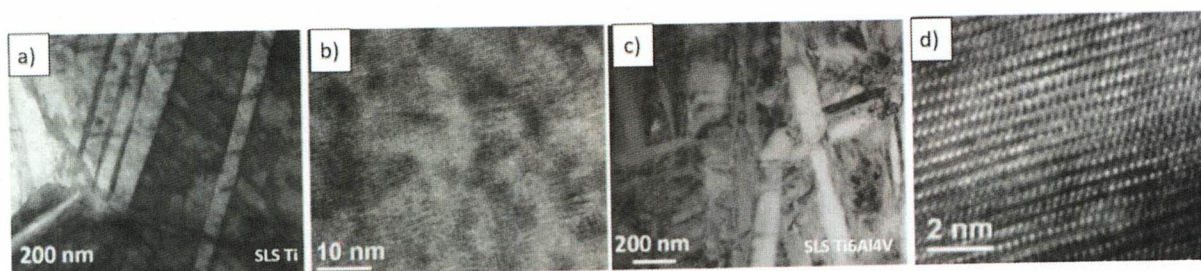
W wyniku selektywnego spiekania laserowego w każdym z badanych stopów występuje struktura roztworu stałego (**rys. 21**) oraz odpowiednio faza Ti_3Al oraz Co_3W i Co_3Mo , co potwierdza szczegółowa analiza rentgenograficzna po selektywnym wytwarzaniu laserowym.

Poprzez badania struktury cienkich foli w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym HRTEM wykazano, że strukturę zarówno tytanu, jak i stopu Ti6Al4V wytworzonych poprzez selektywne spiekanie laserowe i to niezależnie, czy są to materiały lite, czy też porowate, stanowi martenzyt listwowy identyfikowany dyfrakcyjnie jako faza $\alpha-Ti$ (**rys. 22**), co potwierdzono również powyżej przedstawionymi wynikami analizy rentgenograficznej.



Rysunek 21

Dyfraktogramy rentgenowskie stopów odpowiednio Ti6Al4V oraz Co25Cr5W5MoSi wytworzonych w różnych wybranych warunkach metodą selektywnego spiekania laserowego SLS



Rysunek 22

Krystaliczna struktura martenzytu listwowego w cienkich foliach obserwowanych w wysokorozdzielczym mikroskopie elektronowym w czystym tytanie (a,b) i stopie Ti6Al4V (c,d) wytwarzanych metodami selektywnego spiekania laserowego

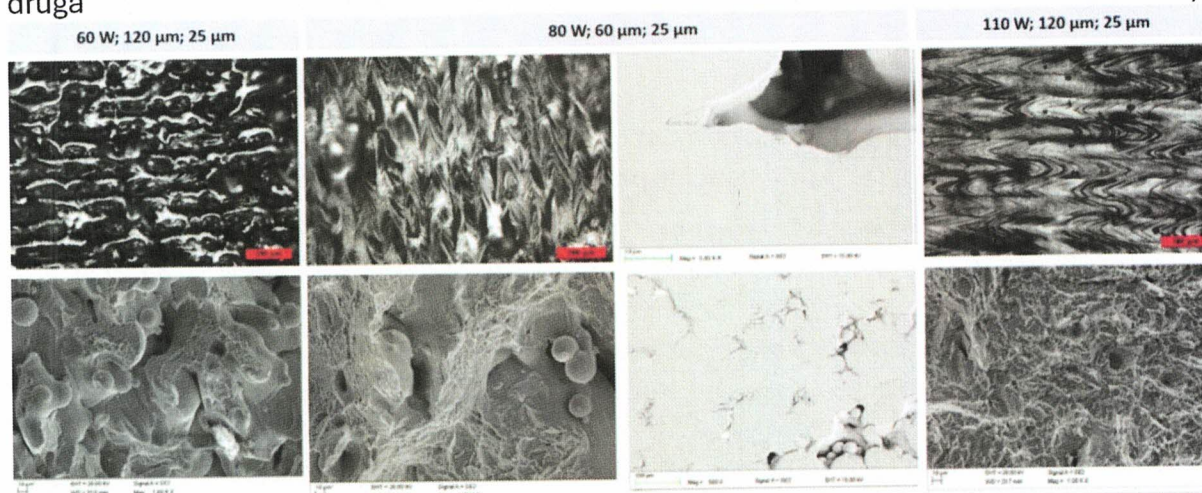
Total surface: 1,188,754.10 μm ² ; the share of solid surface, %; pore surface, μm ² ; share of pores, %; in the second line, SLS manufacturing conditions				
99.68; 3,760; 0.32	89.47; 125,134.352; 10.53	95.29; 56,030.52; 4.71	99.94; 4,093.40; 0.06	
CNC milling	60 W; 120 μm; 25 μm	80 W; 60 μm; 25 μm	110 W; 120 μm; 25 μm	
Ti6Al4V				
CNC milling	SLS	SLS	SLS	
Co25Cr5W5MoSi				
CNC milling	SLS	SLS	SLS	
Total surface: 1,188,754.10 μm ² ; the share of solid surface, %; pore surface, μm ² ; share of pores, %; in the second line, SLS manufacturing conditions				
99.68; 3,760; 0.32	90.23; 117,292.86; 9.87	99.66; 4,093.40; 0.34	99.92; 949.19; 0.08	
CNC milling	105 W; 630 mm/s; 120 μm; 0%; 25 μm	105 W; 630 mm/s; 80 μm; 0%; 25 μm	105 W; 630 mm/s; 80 μm; 10%; 25 μm	

Rysunek 23

Przykłady udziału powierzchniowego porów w stopach Ti6Al4V (górny wiersz) i Co25Cr5W5MoSi (wiersz dolny) po standardowym frezowaniu (pierwsza kolumna) i po selektywnym spiekaniu laserowym w warunkach dobranych niepoprawnie (kolumny środkowe) oraz optymalnie (kolumna ostatnia)

Bardzo szczegółowe badania strukturalne wskazują, że gęstość mocy lasera, jak i dobór licznych pozostałych warunków technologicznych decyduje o poprawności lub wadach strukturalnych wymienionych materiałów w wyniku selektywnego spiekania laserowego. Zasadniczym skutkiem strukturalnym poprawnego lub błędnego doboru tych warunków technologicznych jest porowatość, która jak wskazano na **rys. 23** waha się od 0,06 do 10,53 % w wyniku badania udziału powierzchniowego na zgładach metalograficznych w mikroskopie świetlnym przy standardowym powiększeniu 100 razy (**rys. 23**).

Struktura badanych stopów wskazuje na układ pasmowy wynikający z istoty selektywnego spiekania laserowego, natomiast obserwacje przy większych powiększeniach w skaningowym mikroskopie elektronowym przetomów po próbach rozciągania i zginania wskazują na obecność zupełnie nieprzetopionych drobnych węglików w wyniku zbyt małej gęstości wiązki lasera (dwie pierwsze kolumny w przypadku stopu Ti6Al4V (**rys. 24**) i pierwsza kolumna w przypadku stopu Co25Cr5W5MoSi (**rys. 25**), co przy jeszcze większym powiększeniu na zgładzie ujawnia się w postaci nieprzetopionych kulistych cząstek wyzierających z niszy utworzonej przez większe i połączone ze sobą ziarna proszku w wyniku procesów spiekania. (odpowiednio trzecia lub druga kolumna).

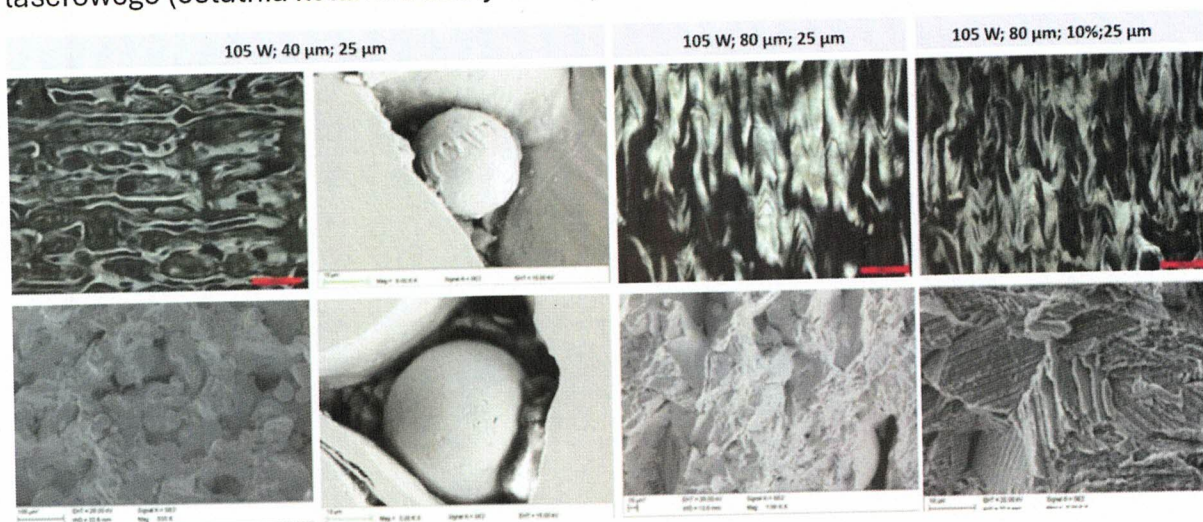


Rysunek 24

Przykłady struktury stopu Ti6Al4V po selektywnym spiekaniu laserowym w warunkach dobranych niepoprawnie (trzy kolumny po lewej) oraz w warunkach optymalnych (kolumna po prawej)

Wskazuje to na niewłaściwie przeprowadzony proces selektywnego spiekania laserowego. W kolumnie czwartej pokazano przykład poprawnie wykonanego procesu selektywnego spiekania laserowego, gdzie na przetomie nie obserwuje się żadnych nieprzetopionych ziarn proszku. W dolnym wierszu widoczne są struktury przetomów uzyskanych w próbach rozciągania z widocznymi drobnymi ziarnami proszku nieprzetopionymi w wyniku selektywnego spiekania laserowego. Efektów takich nie

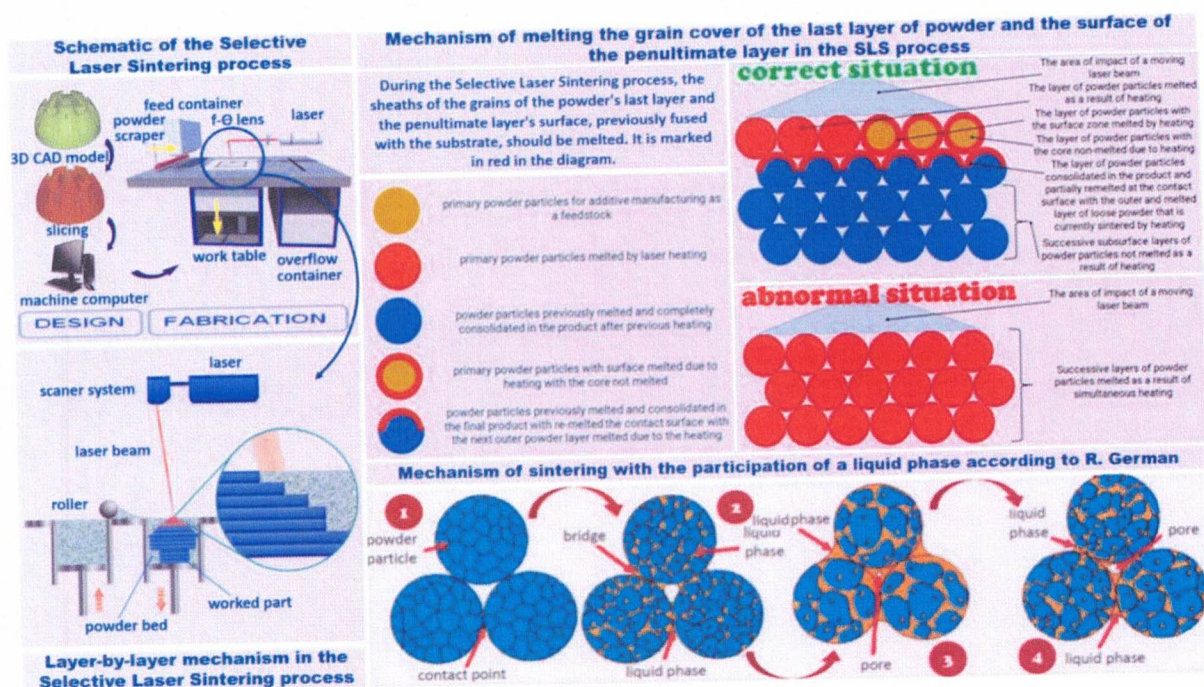
obserwuje się w razie poprawnie wykonanego procesu selektywnego spiekania laserowego (ostatnia kolumna dolny wiersz).



Rysunek 25

Przykłady struktury stopu $\text{Co}_{25}\text{Cr}_5\text{W}_5\text{MoSi}$ po selektywnym spiekaniu laserowym w warunkach dobranych niepoprawnie (trzy kolumny po lewej) oraz w warunkach optymalnych (kolumna po prawej)

Pełen zestaw wykonanych badań umożliwił opracowanie autorskiego uogólnionego modelu selektywnego spiekania laserowego (**rys. 26**) [1-5, 67]. Podstawą jest wykazanie zgodnie z sugestią R. Germana, że proces ten przebiega poprzez spiekania z udziałem fazy ciekłej. Zbyt duża gęstość wiązki lasera doprowadza do równoczesnego przetopienia kilku warstw proszku, włącznie z tymi które były już przetopione w poprzednich przejściach wiązki lasera. Pomijając nieefektywność ekonomiczną procesu prowadzonego w takich warunkach związaną z nadmiarowym wykorzystywaniem mocy, powoduje to zwykle procesy wyginania się i wypaczania wytwarzanego elementu w wyniku zdecydowanie nadmiarowych naprężeń cieplnych. Unikanie związanych z tym problemów wymagało w trakcie prób zmniejszania gęstości i w konsekwencji tego mocy lasera. Nadmiar mocy lasera prowadził także do „nadpalania” się powierzchni spiekane go elementu. Jak wskazuje opracowany model należy tak dobrać moc lasera i w konsekwencji tego gęstość mocy nagrzewania, aby doprowadzić do naskórkowego nagrzewania ostatniej warstwy proszku i jedynie powierzchni warstwy spiekanej poprzednio, co gwarantuje najkorzystniejsze własności mechaniczne i strukturę materiałów selektywnie spiekanych laserowo. Ze względu na zróżnicowanie wielkości proszku, wynikające z jej rozkładu (**porównaj rys. 20**) dochodzi w takich warunkach najpewniej do całkowitego przetopienia najdrobniejszych cząstek proszku, gdy większość tych o średnich rozmiarach lub większych, ulega jedynie nadtopieniu powierzchniowemu, co zapewnia częściowe nadtopienie w zgodzie z mechanizmem udziału, a nie dominacji fazy ciekłej w procesach spiekania (tak jakby to miało miejsce w przypadku stapiania SLM).



Rysunek 26

Autorski uogólniony model selektywnego spiekania laserowego polegający na naskórkowym nagrzewaniu ostatniej warstwy proszku i jedynie powierzchni warstwy spiekanej poprzednio

5. Badania wybranych własności fizyko-chemicznych wytwarzanych przyrostowo stopów tytanu Ti6Al4V oraz kobaltu Co25Cr5W5MoSi

Badania odporności na korozję wżerową przeprowadzono z wykorzystaniem metody potencjodynamicznej rejestracji krzywej polaryzacji [52]. Badania wykonano w temperaturze pokojowej w różnych środowiskach wodnych zestawionych w **tablicy 1**.

Tablica 1

Składy chemiczne odczynników wykorzystanych w badaniach korozyjnych

Składnik roztworu	Roztwór soli fizjologicznej (sztuczna ślina wg Fusayamy)	Roztwór Ringera	Roztwór Tyroda
NaCl, g/l	0,4	8,6	8,0
KCl, g/l	0,4	0,3	0,2
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O, g/l	0,69	-	0,05
CaCl ₂ · H ₂ O, g/l	0,79	0,243	0,2
Mocznik, g/l	1,0	-	-
Woda destylowana, l	1,0	1,0	1,0
Dodatkowe składniki alternatywne	-	Może być z dodatkiem 1% H ₂ O ₂ lub z dodatkiem 1% kwasu octowego stężonego	-

Testy korozyjne wykonane były w dwóch etapach:

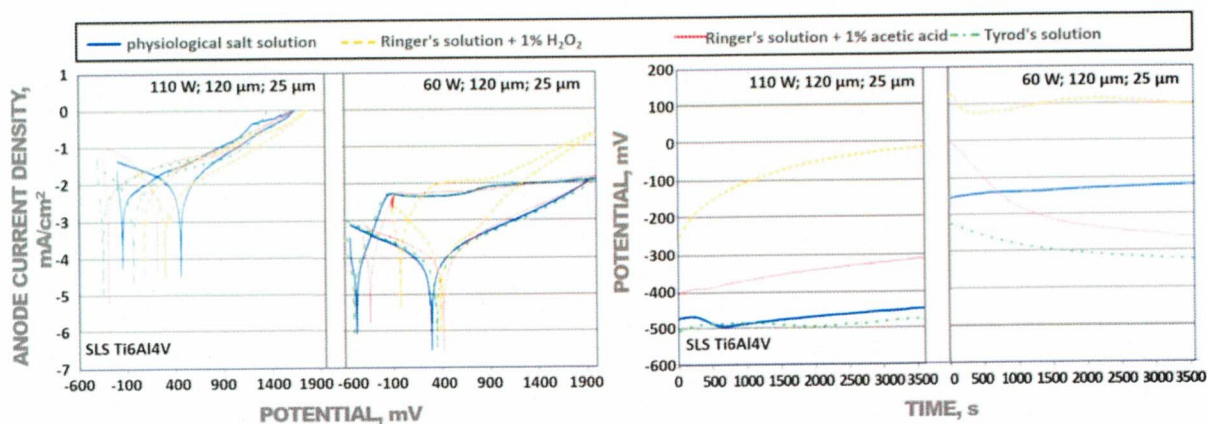
- wyznaczenie potencjału obwodu otwartego (E_{ocp}) przez 1 godzinę;
- rejestracja krzywych polaryzacji anodowej od potencjału $E_{start} = E_{ocp} - 100$ mV do osiągnięcia przez potencjał wartości 2 V lub osiągnięcia przez prąd wartości 1 mA/cm², z tempem przyrostu potencjału 1 mV/s, a następnie rejestracja krzywej powrotnej w potencjału E_{start} .

Z zastosowaniem metody Tafela wyznaczono charakterystyczne wartości elektrochemiczne materiałów:

- j_{kor} – gęstość prądu anodowego;
- E_{kor} – potencjał korozyjny;
- R_{pol} – opór polaryzacyjny.

W przypadku stopu Ti6Al4V najlepszą odpornością korozyjną charakteryzuje się stop selektywnie spiekany laserowo w warunkach zapewniających minimalną porowatość (**rys. 27** po lewej), wykazując najwyższą wartość oporu polaryzacyjnego i najniższą wartość gęstości prądu korozyjnego.

W przypadku stopu Ti6Al4V najlepszą odpornością korozyjną charakteryzuje się stop selektywnie spiekany laserowo w warunkach zapewniających minimalną porowatość (**rys. 27** po lewej), wykazując najwyższą wartość oporu polaryzacyjnego i najniższą wartość gęstości prądu korozyjnego. Środowiskiem, w którym tak wytworzony materiał uzyskał najlepszą odporność korozyjną okazał się roztwór Tyroda gdzie uzyskano najwyższą wartość oporu polaryzacyjnego i najniższą gęstość prądu. Dodatkowo należy zwrócić uwagę że w badaniu w roztworze Ringera z dodatkiem nadtlenu wodoru wartość oporu polaryzacyjnego zmniejszyła się nawet o 85%. Materiał wytworzony w warunkach zapewniających porowatość 10,53% wykazuje niską odporność korozyjną.

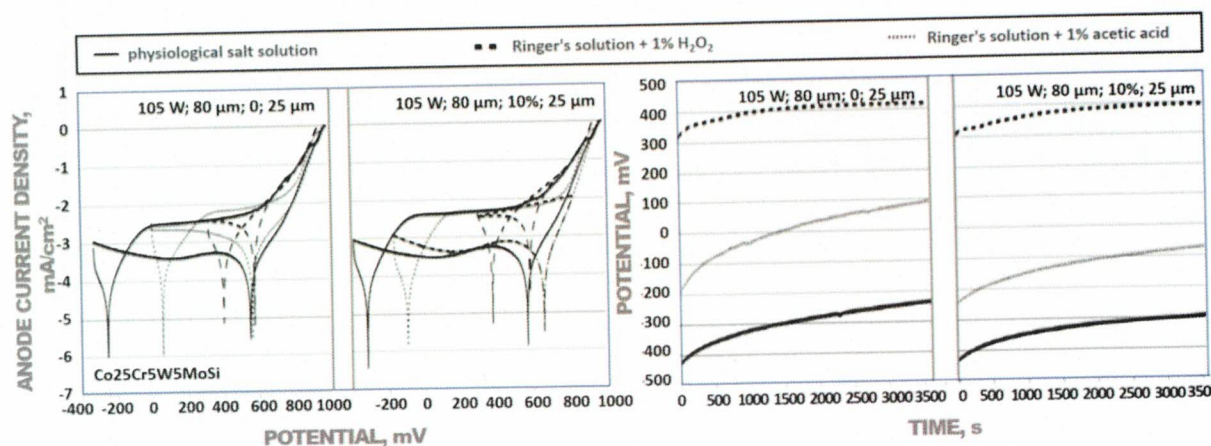


Rysunek 27

Krzywe zarejestrowane w badaniu odporności korozyjnej stopu Ti6Al4V wytworzonego w warunkach zapewniających minimalną porowatość (po lewej) i porowatość 10,53% (po prawej); 2 rysunki po lewej krzywe anodowe metody potencjodynamicznej; 2 rysunki po prawej – zmiany potencjału obwodu otwartego w czasie

Wyniki badań korozyjnych selektywnie spiekanego laserowo stopu Co25Cr5W5MoSi wskazują, że w roztworze Ringera z dodatkiem nadtlenu wodoru wartość oporu polaryzacyjnego zmniejszyła się kilkukrotnie o 82-90 w zależności czy występuje częściowe nałożenie ścieżek lasera (najlepszy wariant0 czy też nie (**rys. 28**). Analiza

wyników wskazuje także na wyraźnie wyższą podatność do uszkodzeń korozyjnych badanych materiałów w roztworze, w którym występował dodatek nadtlenu wodoru w porównaniu z roztworem o odczynie kwaśnym zawierającym 1% dodatku kwasu octowego, czego dowodem są zarejestrowane wartości między innymi potencjału swobodnego i korozyjnego materiałów.



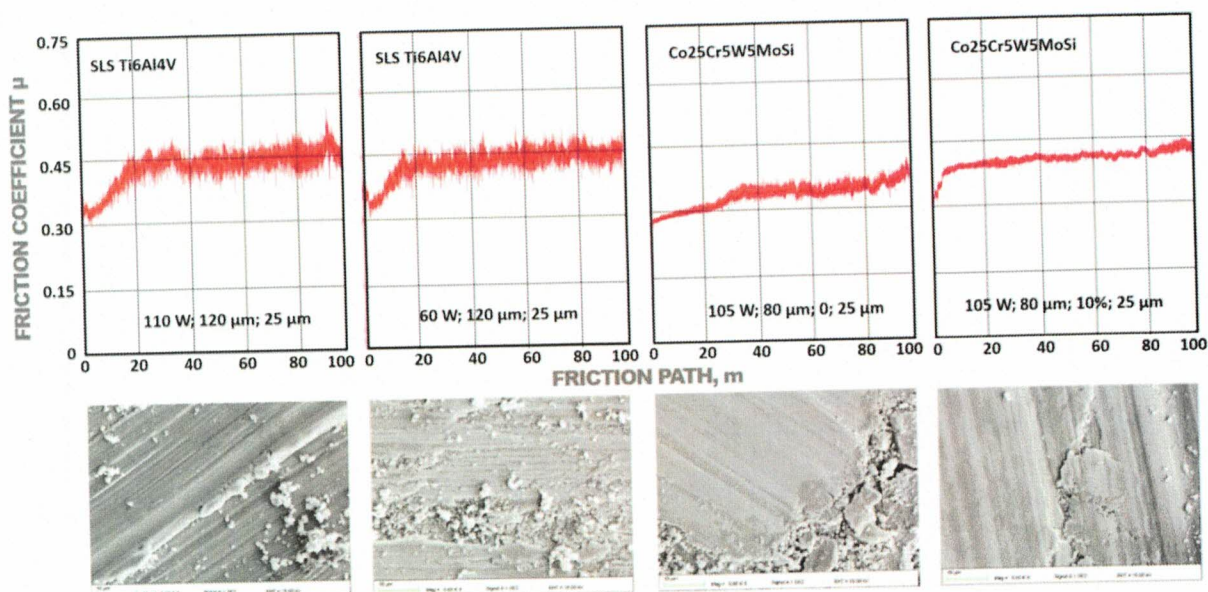
Rysunek 28

Krzywe zarejestrowane w badaniu odporności korozyjnej stopu Co25Cr5W5MoSi wytworzonego w warunkach zapewniających minimalną porowatość (po prawej); 2 rysunki po lewej krzywe anodowe metody potencjodynamicznej; 2 rysunki po prawej – zmiany potencjału obwodu otwartego w czasie

Na podstawie zarejestrowanych krzywych polaryzacji anodowej odczytać można, że każdy z materiałów po polaryzacji powyżej wartości potencjału korozyjnego przechodził w stan pasywny, o czym świadczy prosty odcinek krzywej równoległej do osi rzędnych na obu rysunkach po lewej. Porównując przebieg procesu polaryzacji badanych materiałów można stwierdzić, że graniczna wartość gęstości prądu 1 mA/cm² została zarejestrowana przy potencjale w zakresie od 0,95 do 0,99 V.

W wyniku badań trybologicznych [52] wytworzonych przez selektywne spiekanie laserowe stopów Ti6Al4V i Co25Cr5W5MoSi wykonanych metodą kulki na tarczy (j. ang. *ball-on-disc*) z zastosowaniem węgla wolframu jako przeciwpróbki nie ustalono zasadniczego wpływu nawet znaczne zróżnicowanie warunków wytwarzania przyrostowego (jak to ma miejsce w przypadku stopu Ti6Al4V) na warunki zużycia badanych materiałów. W miarę wzrostu drogi tarcia ulega zwiększeniu współczynnik tarcia, a wobec stałego obciążenia jest to równoznaczne ze zwiększaniem się sił tarcia, a zużycie stopu Co25Cr5W5MoSi jest przy tym mniejsze niż stopu Ti6Al4V (**rys. 29**).

Charakter zużycia zilustrowano na zdjęciach wykonanych w skaningowym mikroskopie elektronowym, przy powiększeniu 5000 razy (**rys. 29** dolny wiersz).

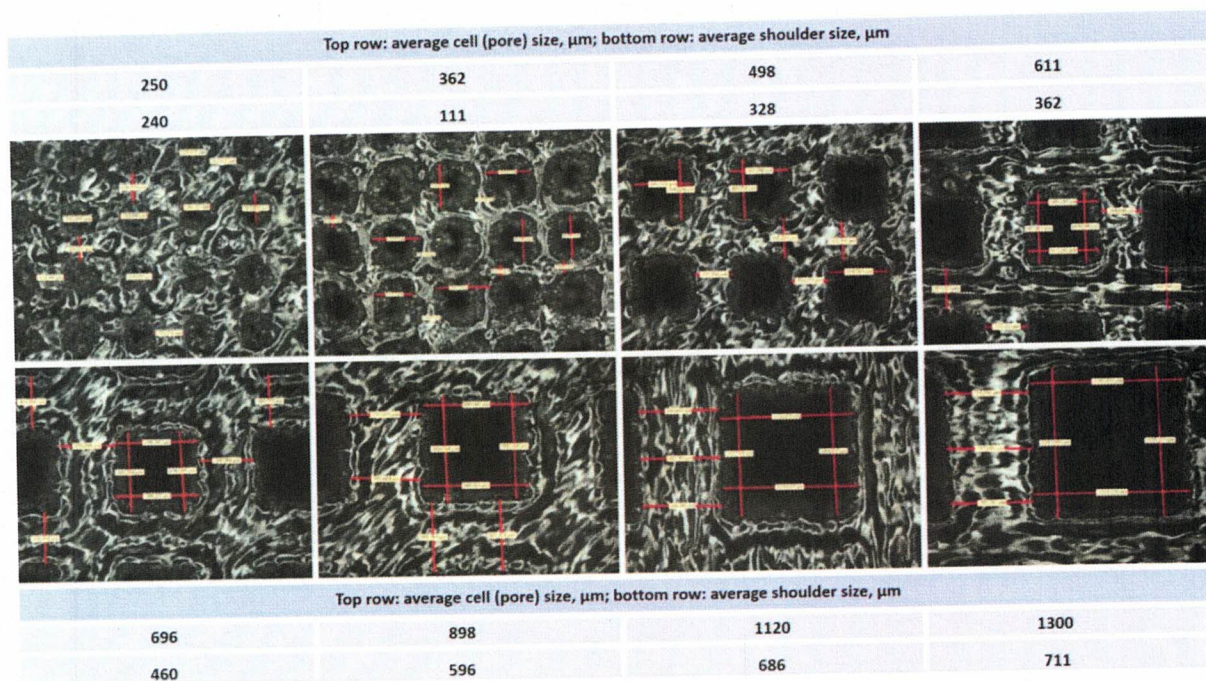


Rysunek 29

Krzywe zużycia (górny wiersz) w wyniku badań trybologicznych wykonanych metodą ball-on-disc z zastosowaniem węgla wolframu jako przeciwpróbki wytworzonych przez selektywne spiekanie laserowe stopów Ti6Al4V (dwie kolumny po lewej) w warunkach zapewniających minimalną porowatość (pierwsza kolumna) i maksymalną porowatość (druga kolumna) i Co25Cr5W5MoSi (dwie kolumny po prawej) w warunkach zapewniających minimalną porowatość (czwarta kolumna) oraz struktura powierzchni czołowej po teście trwającym ok 690 s (wiersz dolny)

6. Badania struktury i własności materiałów mikropoprawiatych i z mikrowypustkami wytwarzanych z tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz poddanego nanoszeniu warstw atomowych ALD

Niezwykle istotnym z punktu widzenia terapii implantologicznych jest zapewnienie proliferacji żywych komórek, zwłaszcza osteoblastów na powierzchni implantów, tak aby wytworzyć trwałe wysokowytrzymałe połączenie pomiędzy sztucznie wprowadzanym do organizmu implantem a naturalnymi żywymi komórkami organizmu. To oczekiwanie stoi u podstaw autorskich materiałów biologiczno-metalowych, objętych własnymi patentami [47-50,60,61] oraz różnymi nagrodami na międzynarodowych targach wynalazczych [62-66] i własnymi publikacjami. Dotyczy to rozwiązań dwójakiego rodzaju. Z jednej strony są to materiały porowate o regulowanej wielkości porów, wytworzone metoda selektywnego spiekania laserowego w postaci skafoldów (**rys. 30**).



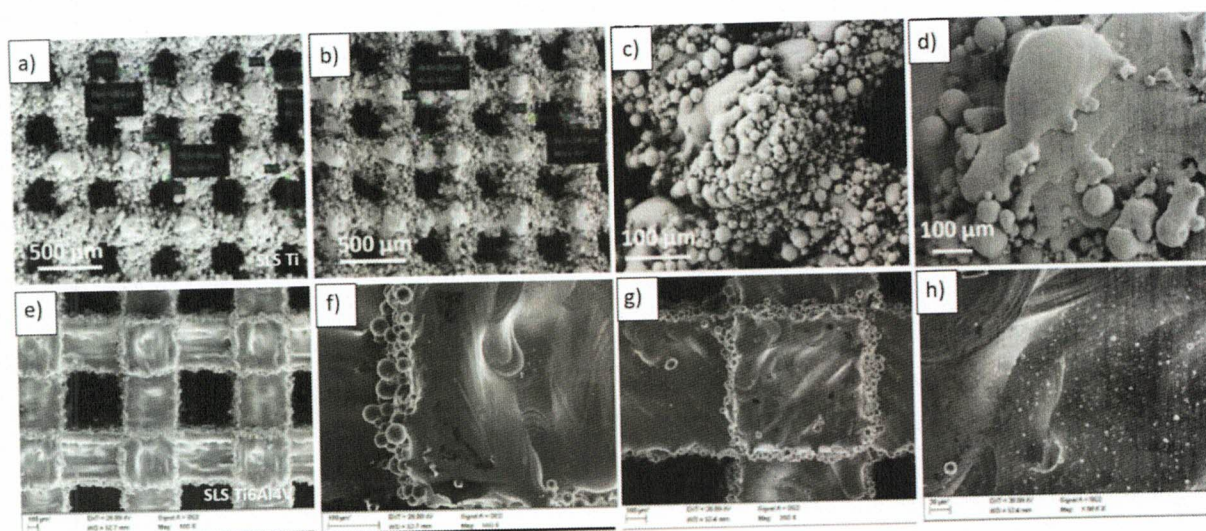
Rysunek 30

Przykłady różnych skafoldów z wykonanymi pomiarami w mikroskopie świetlnym dla ustalenia wielkości porów oraz ramion skafoldów między nimi wytworzonych poprzez selektywne spiekanie laserowe Ti6Al4V

Wykonano bardzo obszerne studia doświadczalne w celu ustalenia korelacji pomiędzy warunkami selektywnego spiekania laserowego a cechami geometrycznymi uzyskiwanych skafoldów z uwzględnieniem wielkości porów oraz ramion szkieletu między nimi (**rys. 30**) [44,45,52]. Ma to zasadnicze znaczenie dla projektowania procesów proliferacji żywych komórek wewnątrz porów skafoldów.

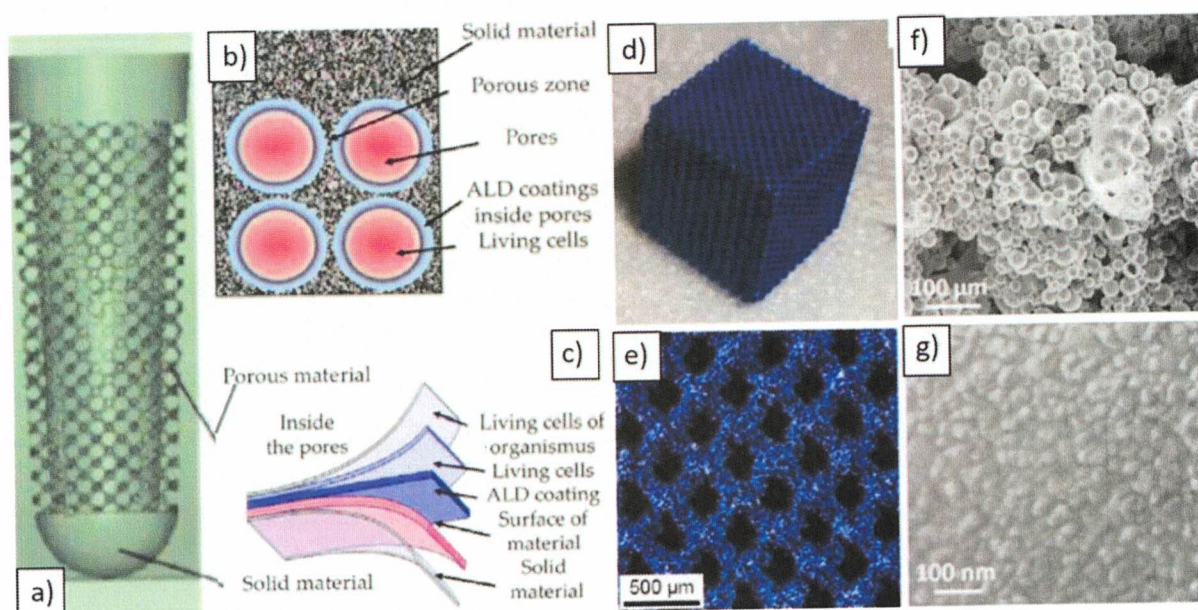
Na kolejnym rys. 31 przedstawiono strukturę skafoldów wytworzonych metodą selektywnego spiekania laserowego z proszku tytanu (górny wiersz) oraz stopu Ti6Al4V (dolny wiersz)

Alternatywnie można w ten sposób konstruować implanty stomatologiczne [44,45,52], gdzie na litym rdzeniu np. w postaci walca lub ściętego stożka nanoszona jest kilkuwarstwowa szkieletowa warstwa porowata skafoldu określane jako implanto-skafoldy (**rys. 32 a**). Schemat na **rys. 32 b** wskazuje koncepcję materiału biologiczno-metalowego, z układem warstw jak na **rys. 32 c**, gdzie wewnątrz porów skafoldu następuje proliferacja naturalnych żywych komórek osteoblastów obrazowanych na różowo.



Rysunek 31

Struktura porowata skafoldów wytworzonych metodą selektywnego spiekania laserowego z proszku tytanu (górny wiersz) oraz stopu Ti6Al4V (dolny wiersz) – od lewej do prawej wzrasta powiększenie

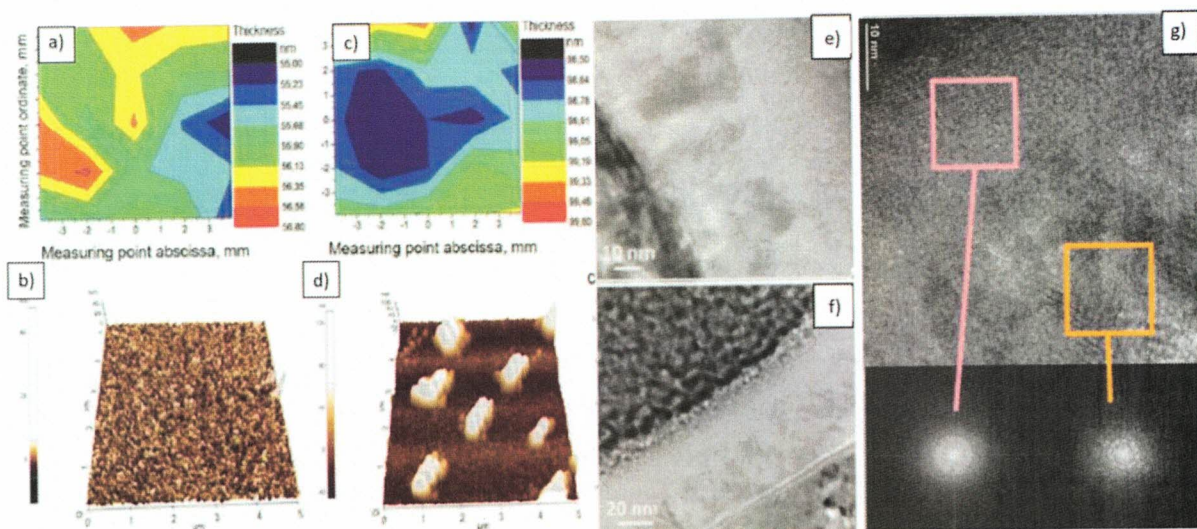


Rysunek 32

Schemat stożkowych implantów stomatologicznych o litym rdzeniu i naniesioną kilkuwarstwową szkieletową warstwą porowatą określony jako implanto-skafold (a) oraz materiałów biologiczno-metalowych (b) o sekwencji warstw na wewnętrznych powierzchniach porów (c); struktura porowatego szkieletu Ti5Al4V w formie sześciangu o boku 10 mm (d), na który naniesiono warstwy atomowe TiO_2 w 1000 cyklach (e) z widokiem powierzchni warstwy Al_2O_3 po 1500 cyklach ALD na podłożu porowatym Ti6Al4V (f) oraz powierzchni warstwy TiO_2 po 1500 cyklach ALD na podłożu porowatym Ti (g)

Pomiary grubości warstw ALD z wykorzystaniem elipsometru spektroskopowego w 25 miejscach każdej próbki wskazują że różnice grubości warstw np. TiO_2 nie przekraczają 2 nm, a ich grubość zwiększa się od 55.95 nm do 148.73 nm wraz ze zwiększeniem liczby cykli ALD z 500 do 1500, co zilustrowano przykładowo na dwuwymiarowych mapach rozkładu grubości naniesionych warstw atomowych (**rys. 33 a-d**). W przypadku naniesienia warstw w 500 cyklach są one równomierne, natomiast przy 500 lub większej liczbie cykli ALD występują klastry atomów o średnicy ok. 1 μm usytuowanych co kilka mikrometrów, natomiast w przypadku 1500 cykli osiągają nawet rozmiary kilku mikrometrów w formie wysp atomów.

Warstwy powierzchniowe o grubości kilkudziesięciu do stukilkudziesięciu nanometrów mają strukturę amorficzną obserwowaną na krystalicznym podłożu tytanu (**rys. 33 e**) i stopu Ti6Al4V (**rys. 33 f**) w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym HRTEM (**rys. 33 e, f**), co potwierdzono badaniami dyfrakcji elektronów (**rys. 33 g**).

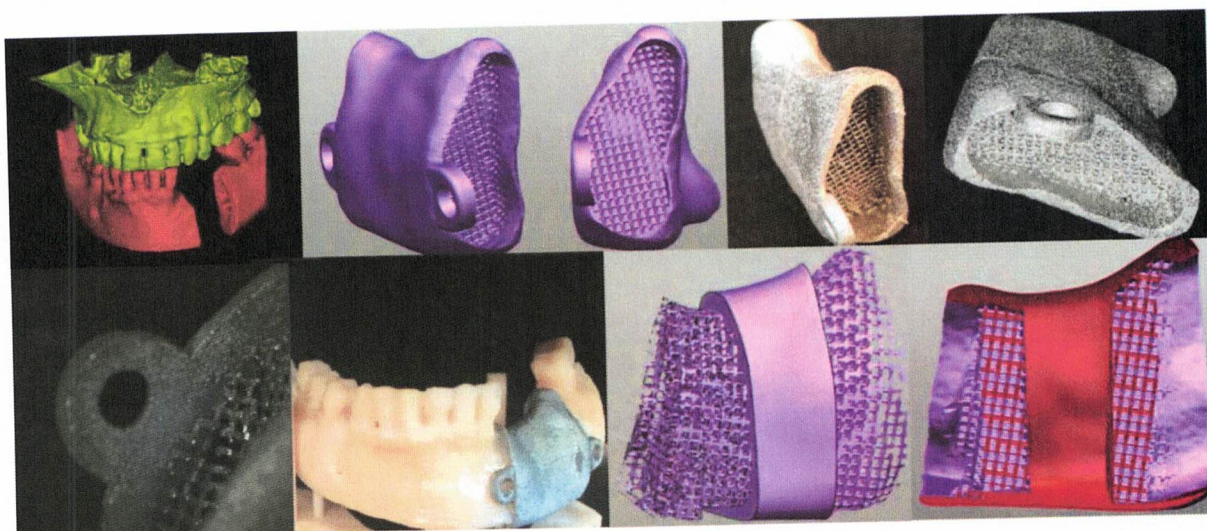


Rysunek 33

Mapy rozkładu grubości warstw TiO_2 wytworzonych metodą ALD na podłożu Ti po 500 (a,b) i 1000 cykli (c,d) oraz widok powierzchni (b,d) oraz struktura amorficznej warstwy powłok TiO_2 na podłożu Ti (e) i Ti6Al4V (f) wraz z obrazami dyfrakcyjnymi amorficznej powłoki (różowe) i krystalicznego podłoża Ti (pomarańczowe) (g)

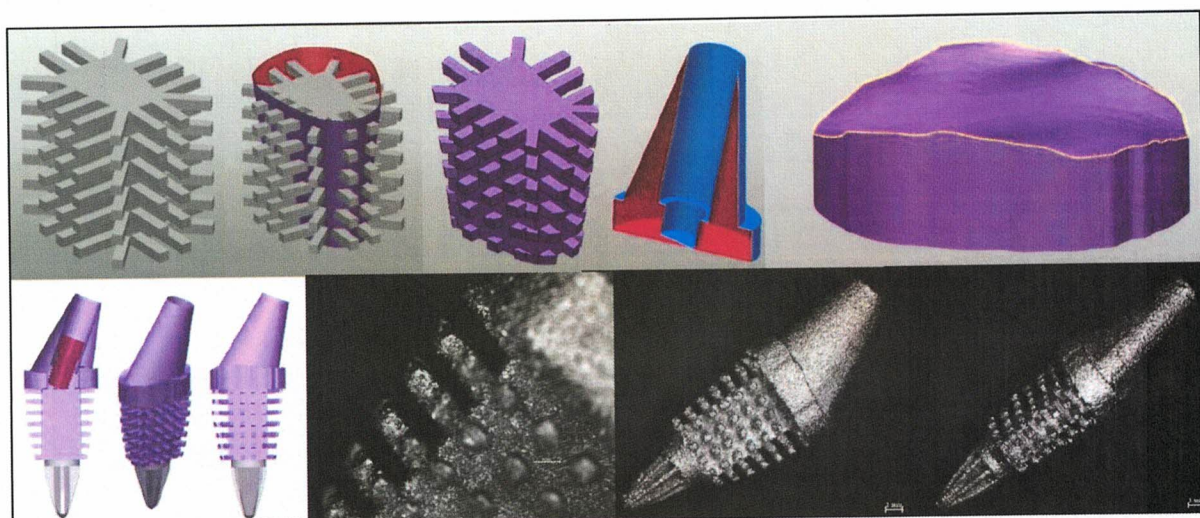
Możliwe jest również wykorzystanie analogicznych implantów stosowanych w chirurgii szczękowo-twarzowej (**rys. 34**) [52] do operacyjnego leczenia progenii (przodożuchwia morfologicznego) poprzez ekstrakcję części kości żuchwy nadmiernie rozwiniętej w stosunku do szczęki górnej.

Drugie podejście proliferacyjne żywych komórek polega na wytwarzaniu przez selektywne spiekanie laserowe konstrukcji implantów stomatologicznych z mikrowypustkami powierzchniowymi. Przykłady tego podwójścia przedstawiono na **rys. 35**.



Rysunek 34

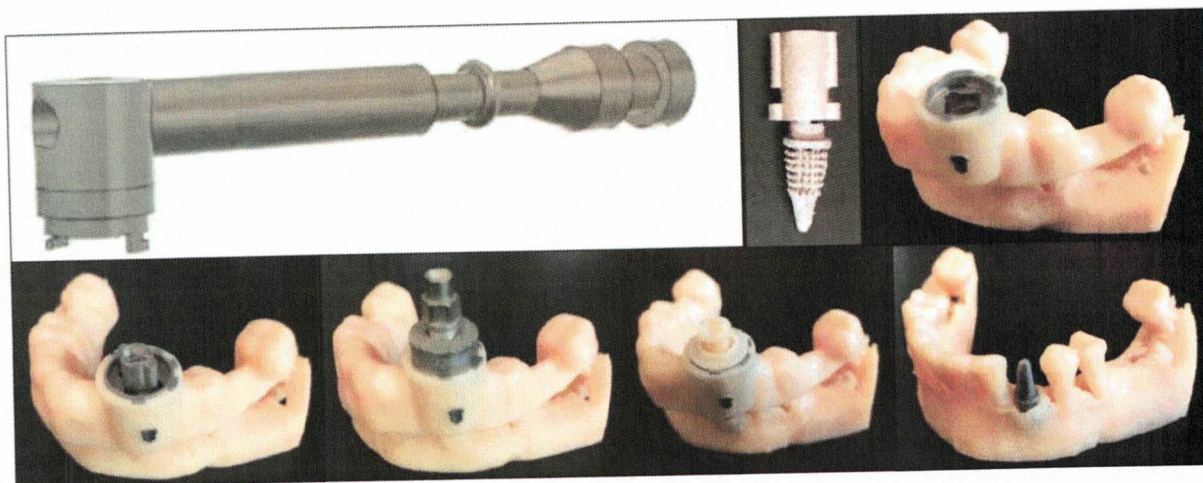
Schemat wirtualnego projektowania ekstrakcji części żuchwy w wyniku zmian nowotworowych oraz projekty wirtualne niezbędnych implantów łączących (w kolorze fioletowym) oraz przykłady wytworzonych implantów metoda selektywnego spiekania laserowego (szare) oraz przykład zastosowania na modelu polimerowym wytworzonym metodą SLA; ostatni schemat wskazujący na wytworzenie materiału biologiczno-metalowego, gdzie fioletowe tkanki są naturalne, a czerwone są fragmenty metalowe wraz ze skafoldem



Rysunek 35

Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych implantów stomatologicznych z wypustkami wraz z przykładami wytworzonych implantów metodą selektywnego spiekania laserowego SLS (3 ostatnie zdjęcia)

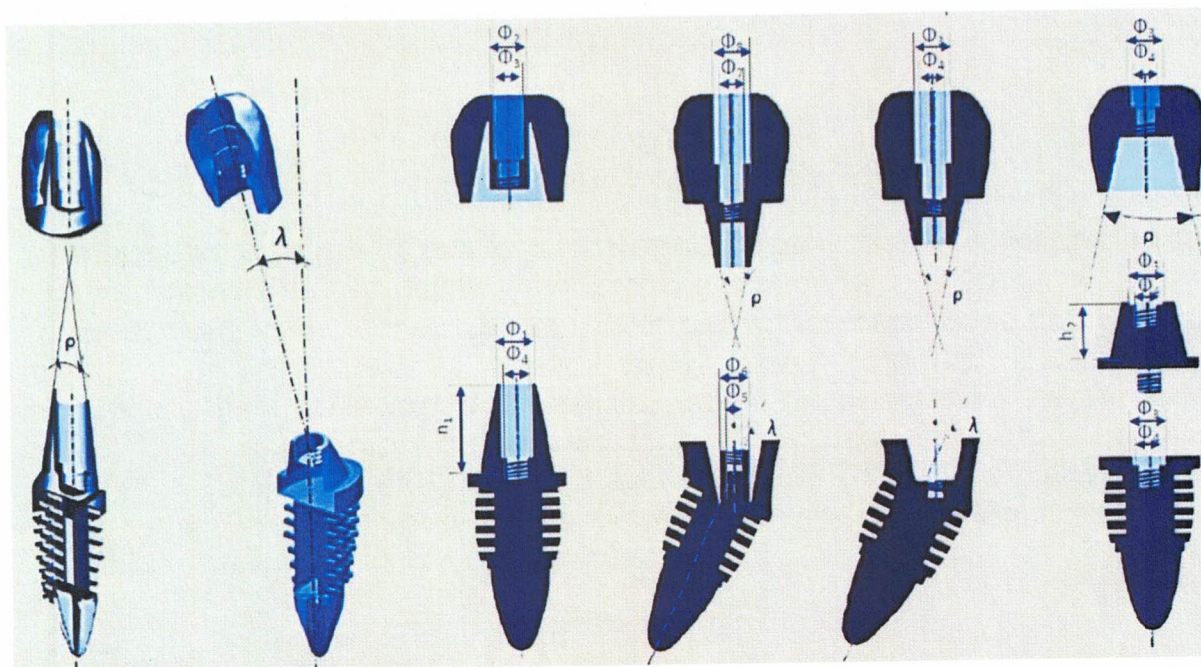
Konstrukcje implantów stomatologicznych w postaci skafoldów oraz zawierających mikrowypustki powierzchniowe umożliwiają wykorzystanie oryginalnej autorskiej technologii montażu tych implantów poprzez wsuwanie/wciskanie w zębodół po bezpośrednio usuniętym zębie, zamiast klasycznego wiercenia otworu w wyrostku zębowym i następnego wkręcania implantów zawierających odpowiedni gwint. W tym celu opracowano oryginalny autorski przyrząd, który wraz ze sposobem montażu implantów został zgłoszony do opatentowania (**rys. 36**) [52,67,68].



Rysunek 36

Schemat przyrządu do wciskania/wbijania implantów i imlanto-skafoldów stomatologicznych oraz sekwencji czynności montażowych

Interesujące jest zapewnienie gwarantowanej siły wbijania/wsuwania implantu w wyniku pobijania młotkiem przez dentystę w poziomą końcówkę urządzenia. Wewnątrz urządzenia zawarty jest odpowiedni bezpiecznik (także objęty zgłoszeniem patentowym) przenoszące jedynie obciążenia mniejsze od krytycznych w wyniku odpowiedniego dobrania własności plastycznych materiału, który jest przepychany przez oczko analogiczne do ciągarskiego w razie przekroczenia siły ustalonej jako krytyczna, kiedy to następuje odkształcenie plastyczne tego elementu, a siła nie jest przenoszona na elementy wykonawcze urządzenia, aby poprzez zbyt silne obciążenie nie spowodować jakichkolwiek uszkodzeń w jamie ustnej pacjenta.



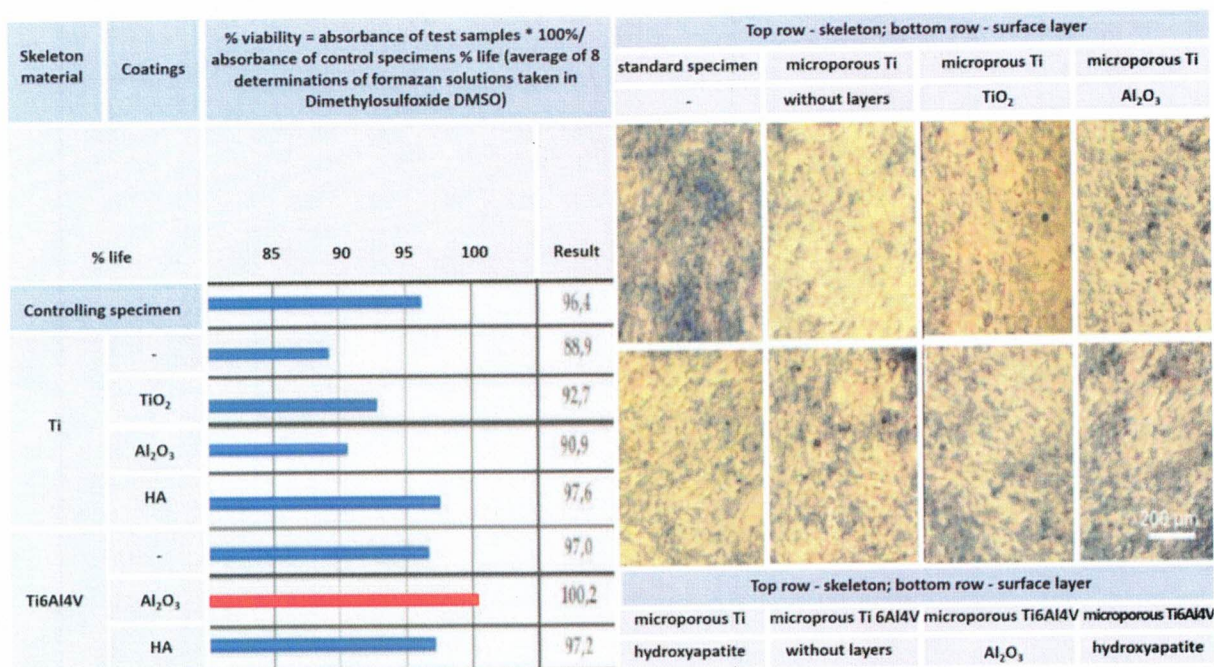
Rysunek 37

Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne sposobu mocowania koron na podbudowie implantów lub imlanto-skafoldów ze stożkowym połączeniem implantu i korony

Nieco inny jest cel zmian konstrukcyjnych zarówno implantów, jak i implanto-skafoldów wynikający z analizy wytrzymałościowej metodą elementów skończonych MES, a głównie z praktyki klinicznej, dotyczący sposobu mocowania korony na podbudowie implantów lub implanto-skafoldów [68]. Okazuje się, że krytyczne naprężenia występują w śrubie mocującej, występującej w typowych rozwiązaniach dostępnych na rynku, gdzie w pewnym bliżej niezidentyfikowanych warunkach, pacjenci doprowadzają do przekroczenia dopuszczalnej wytrzymałości tych śrub i dezintegracji tego rodzaju uzupełnienia protetycznego. Autorskim rozwiązaniem problemu, objętym własnym patentem, jest stożkowe połączenie implantu i korony, w którym dopuszczalne są znacznie większe obciążenia, praktycznie zupełnie eliminujące przyczyny wspomnianych uszkodzeń uzupełnienia protetycznego (**rys. 37**).

7. Ocena własności biologicznych materiałów mikropoprawiatych i z mikrowypustkami wytwarzanych z tytanu i jego stopu Ti6Al4V oraz poddanego nanoszeniu warstw atomowych ALD

Implanto-skafoldy i implanty z wypustkami, jak również implanty lite poddano serii badań biologicznych [44,45,52] w celu ustalenia możliwości proliferacji żywych komórek oraz wykluczenia działania toksycznego.



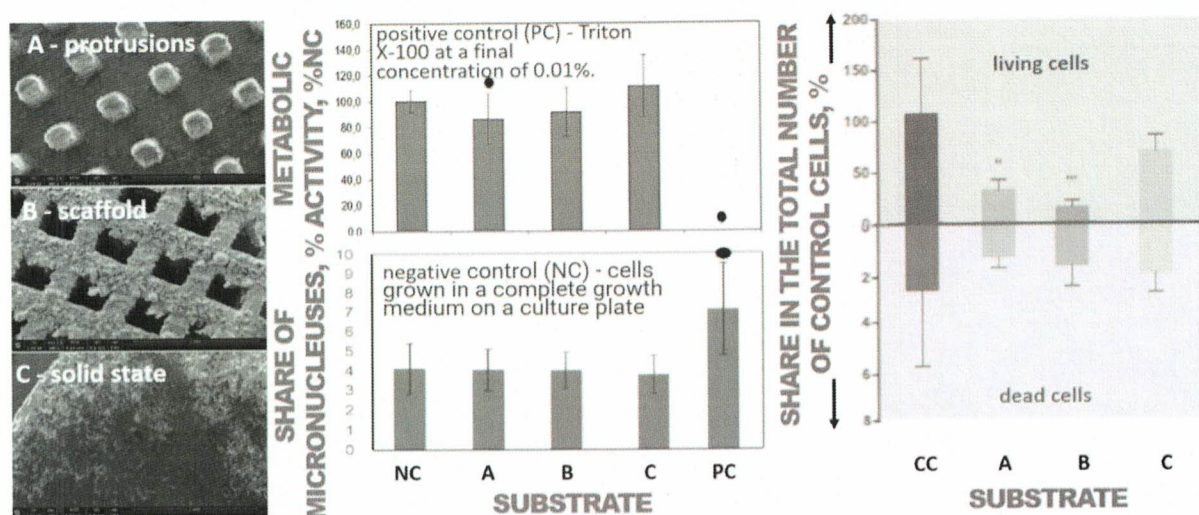
Rysunek 38

Zależność przeżywalności (j. ang. *viability*) żywych komórek osteoblastów z linii doświadczalnej hFOB 1.19 (Human ATCC-CRL-11372) od rodzaju materiału oraz stosowanych warstw powierzchniowych wraz z przeglądem widoku wyhodowanych komórek osteoblastów

Wykazano, że żywe komórki osteoblastów ulegają proliferacji na wszystkich badanych podłożach (**rys. 38**), z tym że w przypadku podłoża Ti6Al4V w każdym przypadku lepiej niż w przypadku próbki kontrolnej ze szkła laboratoryjnego. Okazuje się, że pokrycie powierzchni wielowarstwową powłoką ALD z Al₂O₃ powoduje najkorzystniejsze efekty w tym zakresie,

co potwierdza celowość nanoszenia warstw powierzchniowych metodą ALD na implantach i implanto-skafoldach, aby poprawić warunki proliferacji żywych komórek.

Wykonano badania wpływu struktury powierzchni stopu Ti6Al4V na zachowania biologiczne. W celu zbadania cytotoksyczności dokonano hodowli komórek w fazie logarytmicznego wzrostu z SAOS-2 Cell Line Human w kontakcie bezpośrednim z badanym materiałem w temperaturze 37°C w atmosferze 5% CO₂. 24 godziny przed zakończeniem inkubacji wykonano kontrolę pozytywną (PC) – Triton X-100 o stężeniu końcowym 0,01%. Jako kontrolę negatywną (NC) zastosowano komórki hodowane w pełnym medium wzrostowym na płycie hodowlanej. Po upływie 72 godzin wykonano test XTT polegający na rozszczepieniu żółtej soli tetrazoliowej XTT (sól sodowa 2,3-bis [2-metoksy-4-nitro-5-sulfofenylo]-2H-tetrazolio-5-karboksyanilidu), która ulega przekształceniu w produkt rozpuszczalny w środowisku wodnym, a proces redukcji zachodzi głównie na powierzchni komórki lub w błonie plazmatycznej z udziałem przezbłonowego łańcucha transportu elektronów. Stwierdzono, że aktywność maetaboliczna (przeżywalność) komórek jest pełna w przypadku powierzchni litej, a nieco zmniejszona w przypadku skafoldów i wypustek powierzchniowych (*rys. 39*).



Rysunek 39

Struktura podłoża do hodowli żywych komórek SAOS-2 jako powierzchni próbek stopu Ti6Al4V obserwowana w skaningowym mikroskopie skaningowym (kolumna po lewej); powyżej aktywność metaboliczna (przeżywalność) komórek SAOS-2 po 72 h inkubacji z badanymi materiałami (* – istotność statystyczna względem kontroli negatywnej (NC) 24 h dla $p < 0,05$) i poniżej ocena genotoksyczności badanych próbek po 72 h inkubacji z badanymi materiałami (* – istotność względem NC- dla $p < 0,0001$) (kolumna środkowa); liczba komórek linii SAOS-2 odpowiednio żywych (na górze) i martwych (na dole) na badanych powierzchniach przedstawiona jako % całkowitej liczby komórek kontrolnych; wynik istotny statystycznie dla ** $p < 0,01$ oraz *** $p < 0,001$ względem kontroli

W celu określenia stopnia genotoksyczności za pomocą testu mikrojądrowego przygotowano analogicznie przeprowadzoną hodowlę komórkową. Po 24 godzinach medium kondycjonowane wymieniono na ekstrakty podając 100 µl ekstraktu na doteł. Po upływie 48 godzin podano cytochalazynę B w stężeniu końcowym 3 µg/ml w celu

zahamowania cytokinezy. Jako kontrolę pozytywną (PC) zastosowano mitomycynę C w stężeniu 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Po zakończeniu inkubacji monowarstwę komórek przemywano roztworem soli fizjologicznej, utrwalano przy pomocy 3,7% roztworu formaldehydu przez 20 minut w temperaturze pokojowej, a następnie utrwalone komórki przemywano solą fizjologiczną, a następnie dodano znacznik fluorescencyjny Hoechst 33342 w stężeniu końcowym 5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ w celu wybarwienia DNA jąder komórkowych i mikrojąder. Wyniki przedstawione jako % mikrojąder w komórkach dwujądrowych wskazują na niewielkie znaczenie struktury powierzchni selektywnie spiekanego laserowo stopu Ti6Al4V z tego punktu widzenia (**rys. 39**).

Hodowla komórkowa z SAOS-2 Cell Line Human została wykonana analogicznie jak poprzednio w celu oceny proliferacji i cytotoksyczności badanego materiału poprzez znakowanie typu LIVE/DEAD (z j. ang. żywe/martwe) opartego o techniki fluorescencyjne za pomocą dwóch sond rozróżniających parametry przeżywalności komórek, to jest czynności wewnątrzkomórkowych esteraz i integralności błony komórkowej. Sondami są fluorofory: ester acetoksymetylowy kalceiny (kalceina-AM) barwiący na kolor zielony cytoplazmę żywych komórek (ex/em 495/515 nm) oraz homodimer etydyny barwiący martwe komórki na kolor czerwony, przechodząc przez uszkodzoną błonę komórkową i przyłączając się do kwasów nukleinowych (ex/em 495/635 nm) oraz dodatkowo do znakowania jąder komórkowych wykorzystano znacznik Hoechst 33342. Po okresie inkubacji komórki delikatnie optukiwano za pomocą buforowanego fosforem roztworu soli (pH 7,4) PBS, i barwiono przez 15 minut w ciemności za pomocą wymienionych barwników, aby je poddać badaniom w mikroskopie fluorescencyjnym. Na **rys. 39** w kolumnie ostatniej przedstawiono wyniki tych badań, najkorzystniejsze w wyniku proliferacji komórek na powierzchni płaskiej.

Badanie aktywacji oraz spontanicznej agregacji płytek krwi metodą cytometrii przepływową wykonano w celu oceny znaczenia kontaktu z materiałem o zróżnicowanej powierzchni. W eksperymencie wykorzystano również kontrolę negatywną (NC), którą stanowiła pełna krew cytrynianowa oraz kontrolę pozytywną (PC) – pełną krew cytrynianową aktywowaną adenozy-5'-trifosforanem (ADP). Pełną krew cytrynianową poddano jednogodzinnej inkubacji z badanymi próbkami, a następnie rozcieńczono ją 10-krotnie i wyznakowano trzema przeciwciałami:

1. CD61 sprzężonego z sondą PerCP rozpoznającego ten marker na powierzchni płytek (glikoproteinę o masie cząsteczkowej 110kDa, gpIIb – podjednostkę β integryny gpIIb/IIIa),
2. CD62 wyznakowane fikoerytryną (PE) rozpoznającego ten receptor (selektyna P),
3. PAC-1 wyznakowane FITC łączące się z aktywnym receptorem fibrynogenu (GPIIb/IIIa).

Przeciwciała CD62 i PAC-1 to markery aktywacji płytek krwi. Znakowanie przeciwciałami odbywało się przez 20 min w temperaturze pokojowej w ciemności. Następnie próbki krwi utrwalono za pomocą odczynnika CellFix. Tak przygotowane próbki poddano analizie na cytometrze przepływowym Accuri BD oraz FACS ARIA (Becton Dickinson). Na podstawie analizy światła laserowego rozproszonego do przodu (FSC – j. ang. *Forward Scatter*) oraz w bok (SSC – j. ang. *Side Scatter*) wyznaczono populacje pojedynczych płytek krwi oraz płytek krwi występujących w postaci agregatów. Płytki krwi identyfikowano na podstawie

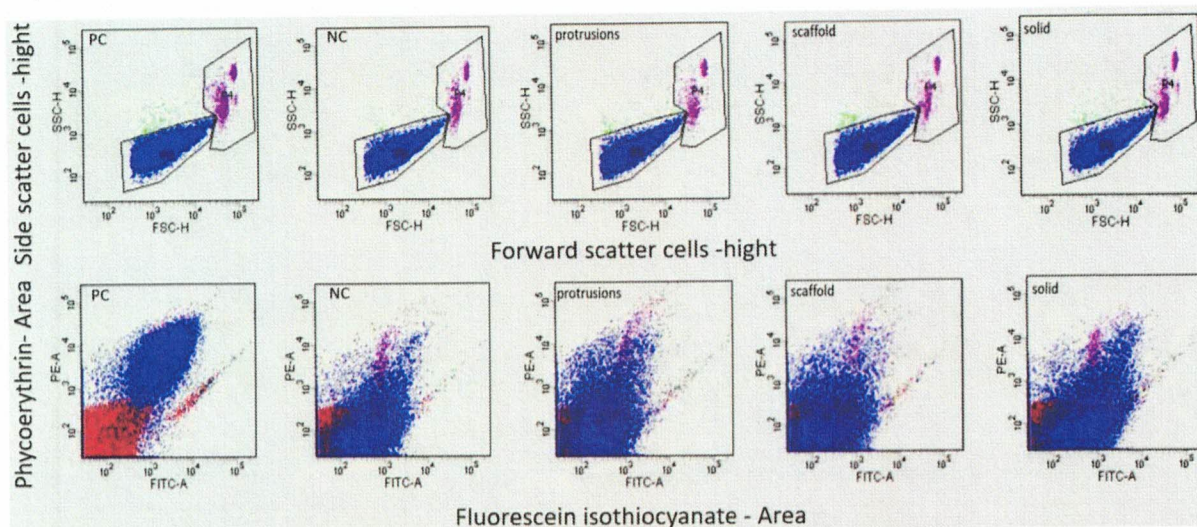
sygnału fluorescencyjnego pochodzącego od fluorochtomu PerCP sprzężonego z przeciwciałem CD61.

Poziom agregacji płytek krwi przez materiał próbki o gładkiej powierzchni jest na poziomie kontroli negatywnej i wśród badanych materiałów wykazuje najmniejszą trombogenność.

Dla próbek z wypustkami i skafoldów zaobserwowano wzrost agregacji o około 25% względem kontroli negatywnej.

Sygnał fluorescencyjny pochodzący od markerów aktywacji płytek krwi zarówno dla aktywnej formy receptora fibrynogenu, jak i dla selektyny P we krwi inkubowanej z badanym materiałem o gładkiej powierzchni jest o ponad 50% wyższy od kontroli negatywnej, co oznacza, że powierzchnia ta silnie aktywuje płytki krwi. Materiały próbek z wypustkami i skafoldów dla markera aktywnej formy fibrynogenu emitują sygnał na poziomie kontroli negatywnej. Natomiast dla markera Selektyny P materiał skafoldu bardzo mocno aktywuje płytki krwi.

Wyniki tych badań są ilustrowane na **rys. 40**.



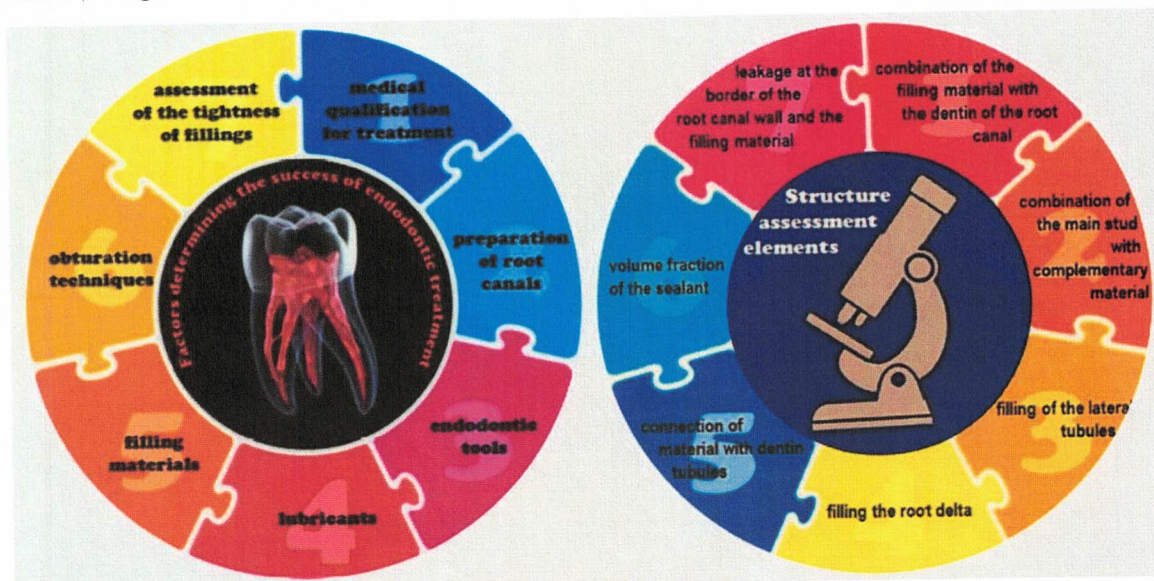
Rysunek 40

Ocena spontanicznej agregacji płytek krwi po kontakcie z badanymi materiałami – w górnym wierszu obrazy z cytometru przepływowego; obszary oznaczone jako P3 - single to prawidłowe, pojedyncze płytki krwi, a obszar oznaczony jako P4 – aggregates, agregaty płytkowe; w dolnym wierszu przedstawiono wykresy kropkowe aktywacji płytek krwi

8. Badania wypełnień protetycznych stosowanych w leczeniu endodontycznym próchnicy

Bardzo obszerny zakres badań własnych [53-56], wykorzystujących metody i narzędzia inżynierii materiałowej obejmuje dobór materiałów wypełniających oraz technologii opracowania kanałów korzeniowych i obturacji. Do tej analizy wykorzystano szeroki zestaw metod, stosowanych nie tylko w materiałoznawstwie i inżynierii produkcji, ale także w inżynierii zarządzania i zarządzaniu wiedzą oraz foresighcie technologicznym. Jest to podejście oryginalne, wymagające jednak spójnej analizy wpływu wszystkich czynników składowych decydujących o powodzeniu leczenia endodontycznego, które

przedstawiono na **rys. 41** (po lewej). Na **rys. 41** (po prawej) przedstawiono kryteria oceny materiału badawczego w zależności od wariantów rozwoju i obturacji kanału korzeniowego.



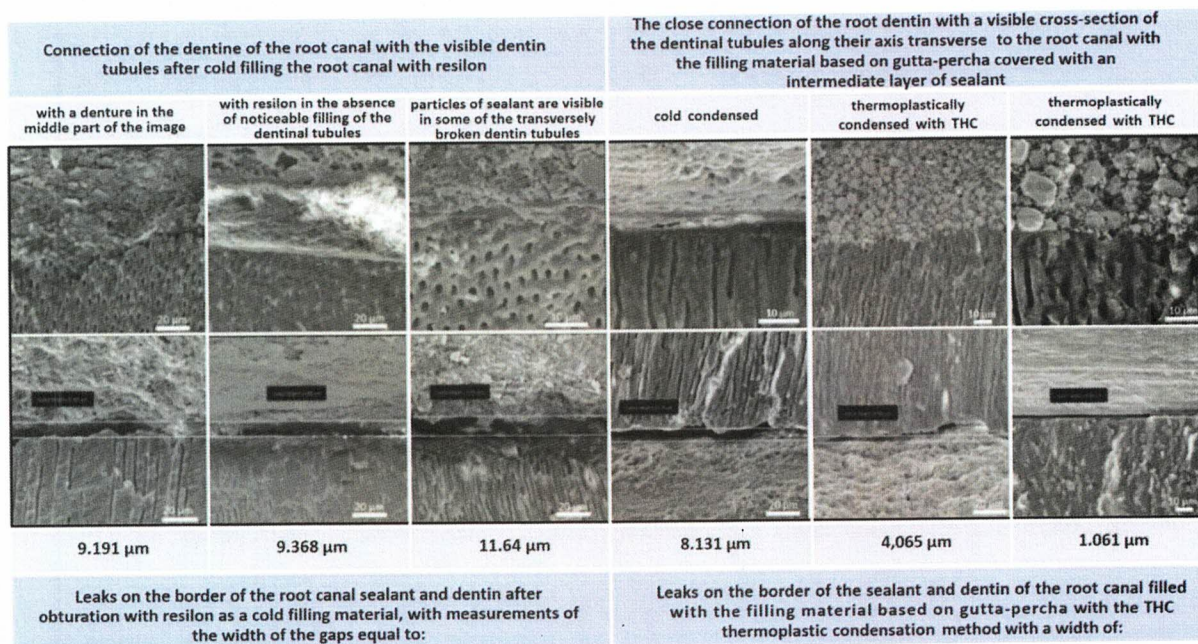
Rysunek 41

Schemat czynników decydujących o powodzeniu leczenia endodontycznego (po lewej) oraz kryteria oceny materiału badawczego w zależności od wariantów rozwoju i wypełnienia kanału korzeniowego (po prawej)

Do istotnych czynników, które decydują o prawidłowości leczenia endodontycznego należy opracowanie kanału korzeniowego, doświadczenie lekarza stomatologa i związana z tym technika obturacji, ale również dobór narzędzi. Leczenie endodontyczne opiera się na optymalnym wykorzystaniu materiału wypełniającego, zapewniającego jak najlepsze uszczelnienie kanału korzeniowego o odpowiednio nadanym i wymaganym kształcie po usunięciu zawartości znajdującej się w nim i po jej dokładnej dezynfekcji. Jak wykazały eksperymenty, celem endodoncji jest "asymptotyczne" i hipotetyczne wytworzenie monobloku jako stałego, związanego, ciągłego materiału wypełniającego od jednej ściany kanału korzeniowego do drugiej, zwykle mechanicznie tworzącego jednorodną jednostkę z zębina korzenia. Wymagane jest mocne połączenie elementów monobloku z materiałem wzmacniającym, a moduł sprężystości monobloku i tego materiału powinien mieć podobne wartości. Koncepcja monobloku jest jedynie modelem przyjętym w literaturze i w praktyce klinicznej nie znajduje pełnego potwierdzenia. Podstawowy rodzaj monobloku wykazuje pojedynczy interfejs między materiałem a ścianą kanału korzeniowego, jak w przypadku systemów Hydron, kruszywa trójtlenku mineralnego MTA, bio-gutaperki i rdzenia z włókien polietylenowych. Monoblok wtórny ma dwa punkty styku, między materiałem rdzenia a cementem, a drugi między cementem a zębina, jak w przypadku wypełniaczy na bazie gutaperki ze względu na obecność szczeliwa oraz kleje jako substytuty gutaperki, a także resilon z uszczelniaczem na bazie metakrylanu. Trzeciorzędowe monobloki mają trzecią granicę między materiałem wypełniającym a medium wiążącym, takim jak EndoRez lub gutaperka pokryta żywicą ze spoiwem CLEARFIL LINER BOND 2V lub ActiV GP.

Wykorzystano szczegółowe wyniki badań przeprowadzonych na 80 ludzkich zębach usuniętych ze wskazań medycznych, ale niedotkniętych próchnicą, podzielonych na 5

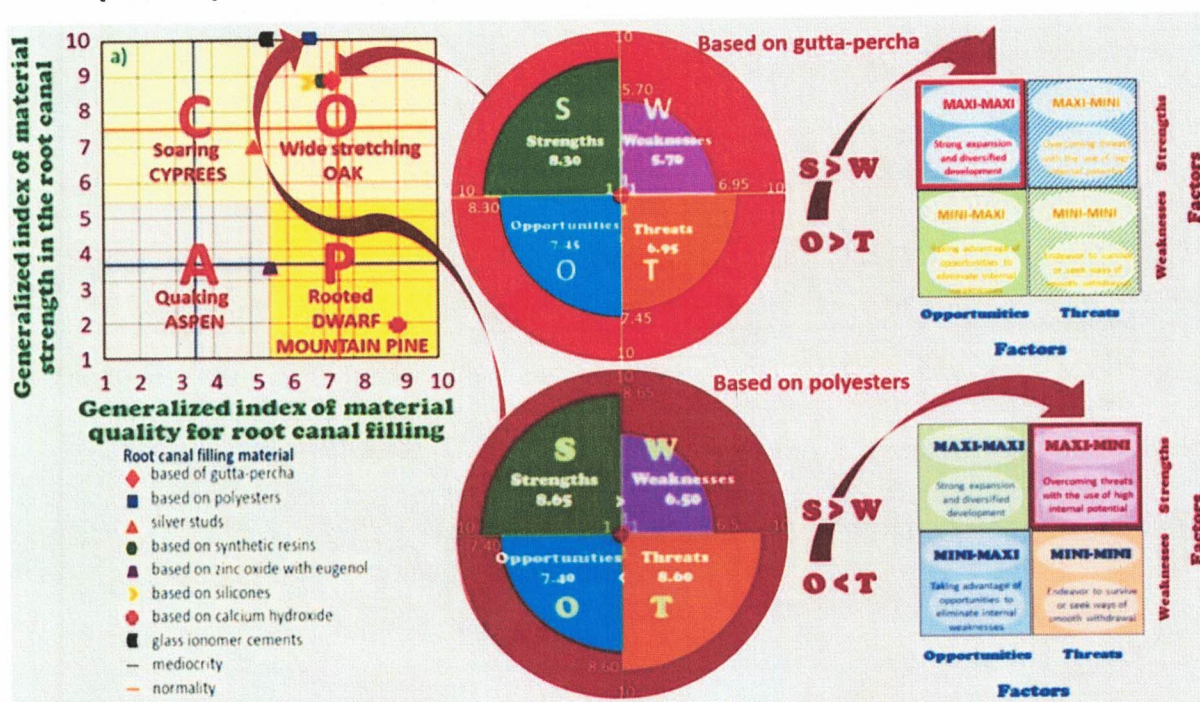
grup po 16 zębów. Po opracowaniu kanałów korzeniowych badane zęby wypełniono materiałem na bazie gutaperki (trzy grupy) i resilonu (dwie grupy) różnymi metodami, w tym z użyciem termoplastycznej techniki Kondensacji Termohydraulicznej przy użyciu zatyczki Buchanan (SybronEndo) oraz systemu typu Obtura III (SybronEndo) utrwalonego w temperaturze 160 °C. Po wypełnieniu materiałem wypełniającym, zęby nacięto tarczą diamentową z jednej strony wzdłuż korzenia, na głębokość 1 mm, za pomocą rękojeści protetycznej. Po zanurzeniu w ciekłym azocie wykonano pęknięcie podłużne. Każda próbka została napyłona cienką warstwą złota w celu przygotowania do badań materiałograficznych w skaningowym mikroskopie elektronowym SEM. W celu oceny szczelności wypełnienia kanału korzeniowego materiałami na bazie gutaperki i resilonu, zwrócono uwagę na siedem elementów oceny materiału badawczego w zależności od opracowania i obturacji kanału korzeniowego. Przeprowadzono analizę metody punktacji ważonej wraz z opracowaniem meteorologicznej matrycy atrakcyjności kontekstowej, która wykazała, że spośród metod oceny szczelności wypełnień kanałów korzeniowych najwyższe wartości i wyraźną przewagę nad innymi metodami pod względem skuteczności uzyskano metodą wizualizacji z wykorzystaniem mikroskopów materiałograficznych i dlatego wykonano obszerne badania materiałograficzne, m.in. z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego. Przykłady wyników badań dla obydwu wymienionych materiałów, w przypadkach zapewnienia wymaganej szczelności (górny wiersz), a także w razie wad polegających na wystąpieniu niepożądanych szczelin (dolny wiersz) przedstawiono na **rys. 42**, na podstawie czego możliwa jest optymalizacja warunków obturacji kanałów korzeniowych w leczeniu endodontycznym.



Rysunek 42

Przykładowe wyniki badań w skaningowym mikroskopie elektronowym SEM (w górnym wierszu) połączenia zębiny kanału korzeniowego z widocznymi kanalikami zębinowymi po wypełnieniu na zimno kanału korzeniowego resilionem (po lewej) oraz ściste połączenie zębiny korzeniowej z widocznym przekrojem kanalików zębinowych wzdłuż ich osi poprzecznej do kanału korzeniowego z materiałem wypełniającym na bazie gutaperki pokrytym pośrednią warstwą uszczelniacza (po prawej) z pomiarami szerokości szczelin w przypadkach w których je zidentyfikowano (w dolnym wierszu)

Do analizy przydatności materiałów wypełniających wykorzystano metodą bliźniaka cyfrowego jako podejście właściwe dla Przemysłu 4.0 i wynikającej z niego idei Stomatologii 4.0, poprzez przeprowadzanie doświadczeń w przestrzeni wirtualnej oraz analizę teoretyczną metodami stosowanymi zwykle w naukach o zarządzaniu, a zwłaszcza w badaniach foresightowych w ramach zarządzania wiedzą, wykorzystując metody portfelowe, czerpiąc z prototypu opracowanego przez Boston Consulting Group (BCG). W analizie wirtualnej wykorzystano m.in. metodologię benchmarkingu proceduralnego oraz analizę porównawczą z wykorzystaniem macierzy kontekstowych, jako narzędzia często wykorzystywanego wcześniej przez zespół Autora, m.in. do oceny technologii inżynierii powierzchni i innych zagadnień stomatologicznych. Określono kryteria wielokryterialnej oceny uogólnionych wskaźników charakteryzujących potencjał i atrakcyjność materiałów wypełnienia kanałów korzeniowych. Każdemu z kryteriów przypisano wagi odzwierciedlające ich znaczenie, dla każdego zestawu kryteriów sumowano je do jednego, a następnie dokonywano oceny tych metod według wcześniej przyjętych kryteriów w odpowiednio dobranej skali, wykorzystując wiedzę ekspercką. Zastosowano dziesięciopunktową jednobiegunową dodatnią skalę interwałową bez zera, gdzie 10 to maksymalna możliwa ocena, a 1 to minimalna ocena. Ocenę liczbową odpowiadającą każdemu z materiałów wypełniających kanały korzeniowe, przyznaną w ramach każdego z kryteriów, należy pomnożyć przez jej wagę, a następnie zsumować poszczególne wyniki cząstkowe dla każdego zestawu kryteriów, uzyskując w ten sposób średnią ważoną stanowiącą narzędzie do analizy porównawczej.



Rysunek 43

Wyniki analizy dendrologicznej analizowanych materiałów wypełniających (po lewej) oraz wyniki analizy SWOT (w środku) materiałów wypełniających na bazie gutaperki (na górze) i na bazie poliestrów (tzw. resilonu) (na dole) ze wskazaniem zalecanej strategii rozwojowej (po prawej)

Wyniki analizy przedstawiono na **rys. 43** (po lewej) w postaci macierzy dendrologicznej podzielonej na 4 ćwiartki, gdzie najlepszą pozycję gwarantuje rozłożysty dąb (j. ang. *wilde stretching oak*), w którym lokują się materiały na poliestrowe, gutaperka, na bazie syntetycznych żywic i silikonów, natomiast najłabszą drżąca osika (j. ang. *quaking aspen*).

Wyniki analizy wykazały, że nie ma materiałów wypełniających, które spełniałyby wszystkie wymagania, wykazując że tylko dwa materiały wypełniające, tj. materiał na bazie gutaperki i resilon, mają realne znaczenie praktyczne. Materiał na bazie gutaperki osiągnął wysoką ocenę pod względem wytrzymałości i stosunkowo wysokiego poziomu jakości wypełnienia, w przeciwieństwie do resilonu, który ma porównywalny wskaźnik wytrzymałości, ale traci na ocenie jakości.

Dokonano również analizy punktowej SWOT (j. ang. *Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats*) jako metody zintegrowanego określenia i porównania mocnych i słabych stron każdego z tych materiałów wypełniających bazujących na gutaperce i resilonie, a także szans i zagrożeń, które płyną dla nich ze środowiska. Za każdym razem i dla każdego z porównywanych materiałów wypełniających określono pięć kluczowych wewnętrznych i zewnętrznych czynników SWOT, którym przypisano wagi odzwierciedlające ich znaczenie. Wykorzystano opisaną wcześniej uniwersalną skalę stanów względnych i na podstawie każdego z czynników kryterialnych oceniano porównywane materiały, mnożąc przyznaną ocenę ekspercką przez wagę przypisaną każdemu z kryteriów. W ten sposób uzyskano sumę ważonych wyników dla każdej grupy współczynników SWOT dla każdego materiału wypełniającego (**rys. 43** w środku). Przyjęte kryteria oceny uwzględniają specyfikę każdego z porównywanych materiałów wypełniających, a przypisane im wagi nie są identyczne w każdym z analizowanych przypadków, w związku z czym wyniki analiz nie mogą być porównywane bezpośrednio i bezkrytycznie. W przypadku obturacji przy użyciu materiału na bazie gutaperki, wielokryterialna analiza SWOT wskazuje, że silne strony są oceniane jako (8,30) i (8,65) dla wypełniania za pomocą resilonu. Ocena słabych stron wynosi (5,70) dla wypełniania materiałem na bazie gutaperki, natomiast w przypadku zastosowania resilonu, wartość wynosi (6,80). W przypadku zastosowania materiału wypełniającego na bazie gutaperki szanse oceniono na (7,45), natomiast przy zastosowaniu resilonu, szanse wynosiły (7,40). Zagrożenia związane ze stosowaniem materiału na bazie gutaperki wynoszą (6,95), natomiast zagrożenia środowiskowe związane z resilonem odpowiadają ocenie (8,60).

Macierz możliwych strategii rozwoju dla każdego materiału może być jedyną platformą do porównania perspektyw rozwoju obu tych materiałów wypełniających (**rys. 43** po prawej). W przypadku materiału na bazie gutaperki słabe strony są znacznie mniejsze niż silne strony tego materiału wypełniającego $S > W$, a jednocześnie zagrożenia są nieco mniejsze niż szanse $O > T$. Przewaga pozytywnych czynników, zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych, wskazuje na wymaganie pełnego wykorzystania i wynikającą z tego dywersyfikację rynku w połączeniu z silną ekspansją rynkową. Poszukiwanie nowych grup klientów i nowych rynków zbytu jest wysoce pożądane. Strategia taka jest określana jako agresywna **MAXI-MAXI**.

W przypadku resilonu, mocne strony mają znaczną przewagę nad jego słabymi stronami $S > W$, natomiast szanse są znacznie mniejsze niż zagrożenia ze strony otoczenia $O < T$. Możliwe jest zatem jedynie zastosowanie konserwatywnej strategii rozwoju **MAXI-MINI**,

wymagającej przewyciężenia znacznych zagrożeń środowiskowych, przy koniecznym wykorzystaniu znacznego potencjału tego materiału wypełniającego, co może doprowadzić zarówno do spektakularnej porażki, chociaż możliwy jest również niespodziewany sukces.

Analiza ta nie wskazuje na rzeczywistą konkurencyjność resilonu w stosunku do materiału na bazie gutaperki, który zastrzeżenie utrzymuje silną pozycję „**złotego standardu endodoncji**”, przy czym szczelne połączenie materiału wypełniającego jest równomiernie pokryte pośrednią warstwą uszczelniacza, a zębina kanału korzeniowego ulega połączeniu tylko w przypadku termicznego wypełnienia materiałem wypełniającym metodą THC przy użyciu urządzeń Obtura III i System B.

9. Zastosowanie koncepcji Dentistry 4.0 do optymalnego projektowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych opartych o implanty wytwarzanych technologiami przyrostowymi

Projektowanie optymalnego uzupełnienia protetycznego powinno rozpoczynać się już na etapie wizyty konsultacyjnej pacjenta u lekarza dentysty, w trakcie której zawsze powinien być wykonany tomogram na urządzeniu do tomografii komputerowej wiązką stożkową CBCT (j. ang. *cone beam computer tomography*), tak aby zagwarantować najwyższą dostępną rozdzielczość zdjęć rentgenowskich RTG gwarantujących prawidłowe odwzorowanie najmniejszych struktur w szczególności w tkankach kostnych i tkankach zęba pacjenta. Dla przeprowadzenia prawidłowej diagnostyki przed rozpoczęciem leczenia rekonstruującego utracone uzębienie pacjenta, bardzo istotne jest prawidłowe określenie przebiegu kanałów nerwu, prawidłowe zakwalifikowanie zębów do leczenia zachowawczego, endodontycznego, protetycznego lub do podjęcia decyzji o ich ekstrakcji. Tylko wysokorozdzielcze aparaty CBCT pozwalają na osiągnięcie w dzisiejszej stomatologii odpowiedniej jakości informacji wstępnych. Dodatkowo technologia ta umożliwia aktualnie skuteczne wygenerowanie bliźniaka cyfrowego zębów i bazy kostnej pacjenta. Technologia ta posiada także istotne ograniczenie. Jest nim stosunkowo niedokładne odwzorowanie tkanek miękkich. Mimo stosowania wielu filtrów i rozwoju tej technologii, nadal te informacje są niewystarczające dla wytworzenia uzupełnienia protetycznego spełniającego najwyższe oczekiwania dopasowania do tkanek miękkich. Konieczne było zatem opracowanie skutecznego protokołu przeniesienia informacji z jamy ustnej pacjenta, pozyskiwanej w wyniku wykonania skanu wewnątrzustnego lub skanu wycisku wykonanego masą wyciskową i przeniesienia tego dokładnego modelu na model bliźniaka cyfrowego, w którym znajdzie się także model bazy kostnej. W tym celu autorsko opracowano sposób projektowania i wytwarzania płytek pozycjonujących, które wytwarzane są w technologii stereolitograficznej SLA (j. ang. *stereolithography*) z geometrycznymi znacznikami. Zarówno płytka jak i znaczniki są dobrze widoczne na tomogramie CBCT, przez co możliwe jest przeprowadzenie pozycjonowania bazy kostnej i modelu wewnątrzustnego z wykorzystaniem typowej metody pozycjonowania np. trzech lub pięciu punktów. Niezalecane jest korzystanie z automatycznej funkcji pozycjonowania dostępnej w wielu programach CAD gdyż zwykle jest to metoda wprowadzająca nieznaczne odchylenie, dyskwalifikujące taki model z dalszych procedur projektowych. Wytworzenie odpowiedniego cyfrowego modelu 3D tych tkanek udostępnia zarówno

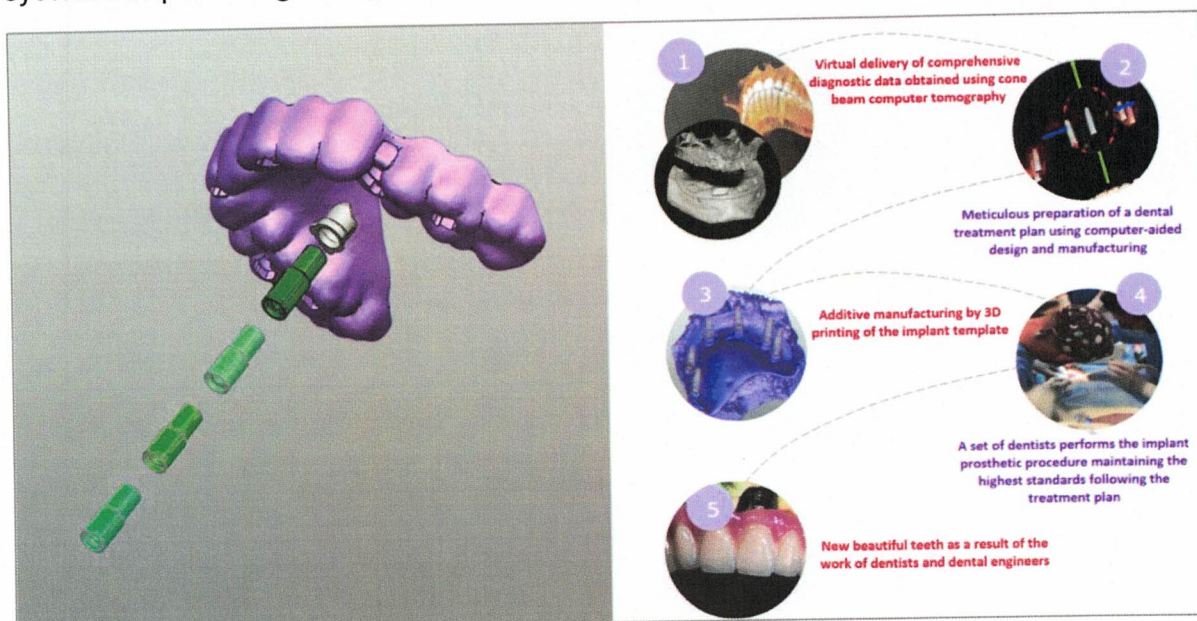
informacje o zakresie tkanek miękkich w jamie ustnej jak i bazy kostnej, znajdującej się pod tymi tkankami.

Po wykonaniu bliźniaka cyfrowego obrazującego tkanki miękkie oraz kostne w jamie ustnej pacjenta możliwe jest przystąpienie do planowania rozmieszczenia implantów tak aby maksymalnie wykorzystać bazę kostną i zminimalizować konieczność wykonywania dodatkowych zabiegów regeneracji kości. W praktyce Autora przyjęto założenie, że właściwe jest wykorzystywanie przede wszystkim bazy kostnej pacjenta tak aby minimalizować ryzyko resorpcji bazy kostnej wytworzonej w wyniku regeneracji kości zarówno poprzez zabiegi regeneracji kości materiałem kościozastępczym, jak i poprzez przeszczepy bloczków kostnych w długim okresie użytkowania. Podejście takie minimalizuje ryzyko powikłań w dłuższym okresie użytkowania, co jest szczególnie istotne u pacjentów o trudnych warunkach implantacji.

Według koncepcji Autora możliwe jest prawidłowe odtworzenie łuku zębowego w oparciu o dwa rozwiązania. W celu odtworzenia całego łuku zębowego możliwe jest zastosowanie tylko 2 implantów w przypadku dolnego łuku i 3 implantów w przypadku łuku górnego. Optymalnym rozwiązaniem stosowanym szeroko w praktyce Autora jest stosowanie 4 implantów zarówno w łuku dolnym jak i górnym. Po uzyskaniu od pacjenta i głównego lekarza dentysty prowadzącego leczenie, informacji związanych z zakresem leczenia, inżynier stomatologiczny opracowuje optymalny pod względem przenoszonych sił, wstępny plan leczenia, który jest weryfikowany przez lekarza dentystę, a następnie po zatwierdzeniu go przez pacjenta następuje zaprojektowanie i wytworzenia szablonu implantologicznego.

Szablon implantologiczny wytwarzany jest w technologii przyrostowej druku 3D (rys.44). Stosowane są dwa materiały. Pierwszy z nich to żywica utwardzana w technologii stereolitograficznej SLA, z której tworzona jest płyta szablonu implantologicznego. Ten element odpowiada za prawidłowe ustawienie szablonu względem tkanek miękkich, tak aby jego pozycja była jednoznaczna. Z racji bardzo dobrego odwzorowania kształtu względem projektu nie stosuje się dodatkowych tzw. „pinów” mocujących do bazy kostnej. Jest to spójne z koncepcją minimalnej inwazyjności zabiegu. Mimo braku stałego umocowania szablonu możliwe jest osiągnięcie bardzo wysokiej powtarzalności umiejscowienia implantów. Tuleje prowadzące wykonywane są technologią przyrostową selektywnego spiekania laserowego druku 3D ze stopów tytanu. Są to zawsze elementy wytwarzane indywidualnie dla konkretnej sytuacji klinicznej konkretnego pacjenta i stosowane wyłącznie jednokrotnie. Element ten oparty jest o bazę kostną przez co poprawie ulega stabilizacja szablonu. Nawet w przypadku bezzębia możliwe jest skuteczne przeprowadzenie implantacji bez konieczności stosowania dodatkowych „pinów” mocujących. Ostatnim elementem systemu są wiertła do nawiercania kości na których montowane są indywidualnie projektowane i wytwarzane w technologii przyrostowej stereolitograficznej SLA druku 3D nakładki dystansujące, które umożliwiają bardzo dokładne prowadzenie wiertła względem szablonu. Luz technologiczny wprowadzony pomiędzy tuleją prowadzącą a nakładką na wiertło wynosi ok. 0,005 mm, dzięki czemu prowadzenie wiertła przez lekarza dentystę wykonującego zabieg implantacji, jest dokładne, a przy tym tuleja umożliwia stosowanie silnika implantologicznego z pomiarem momentu obrotowego, gdyż nie wytwarza się tarcie pomiędzy elementami systemu. Stosuje się minimum 3 wiertła przed przystąpieniem do opracowania łoża implantu. Pierwsze wiertło jest wiertłem pilotującym, które pozwala na

weryfikacje założeń projektowych w praktyce, drugie i trzecie wiertła umożliwiają poszerzenie otworu tak, aby jego średnica była mniejsza o ok. 0,5 mm względem średnicy implantu. Następnie stosowane są standardowe wiertła z kasety implantologicznej systemu implantologicznego w celu opracowania łoża implantu.

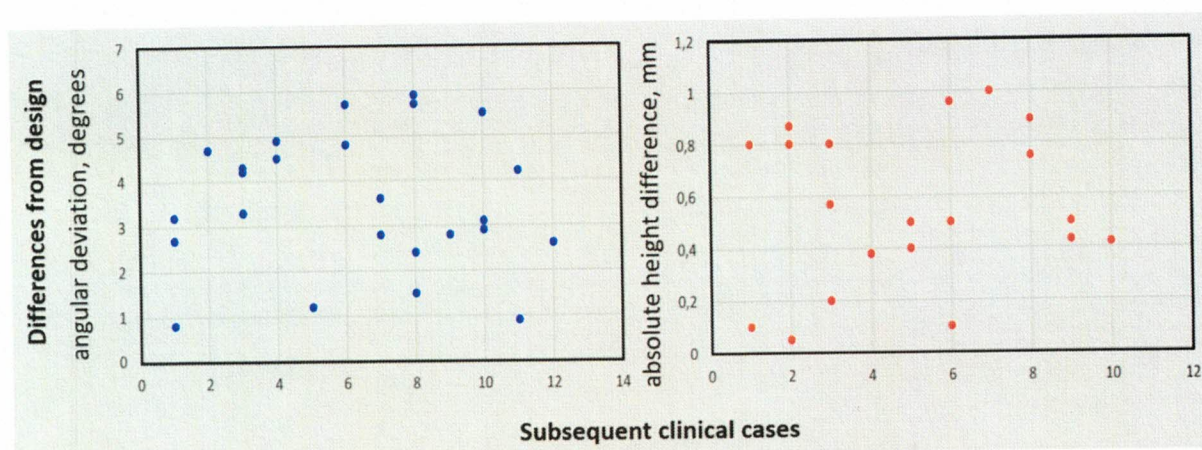


Rysunek 44

Schemat szablonu implantologicznego wg koncepcji Autora zawierający od góry płytę szablonu wykonaną w technologii przyrostowej SLA druku 3D z wykorzystaniem dedykowanej żywicy, indywidualną tuleję tytanową wytwarzaną przyrostowo metoda SLS oraz 4 nakładki na wiertła wykonane przyrostowo technologią SLA druku 3D (wszystkie elementy mogą być sterylizowane z zachowaniem pierwotnego kształtu) (po lewej) oraz schemat organizacyjny protokołu postępowania przy projektowaniu i zabiegu implantacji wg koncepcji Autora (po prawej)

Samo wprowadzenie implantu może (aczkolwiek nie musi) być wykonane z użyciem szablonu. Obserwacje Autora potwierdzają, że odwzorowanie umieszczenia implantu względem projektu mieści się w założonych ramach. Jest to protokół który umożliwia zachowanie odpowiedniego chłodzenia kości w momencie wprowadzania implantu. Dodatkowo operator może wykonywać tę procedurę pod kontrolą wzroku, minimalizując ryzyko błędu.

Na **rys. 45** przedstawiono przykłady przeprowadzonej weryfikacji odwzorowania umieszczenia implantów w bazie kostnej względem projektu, u pacjentów w dwóch rodzajach prac: przy całkowitym bezzębieniu łuku górnego i dolnego oraz w przypadku odbudów braków skrzydłowych i pojedynczych. Wyniki dotyczą zabiegów implantologicznych wykonanych w oparciu o szablony implantologiczne wykonane wg koncepcji Autora przedstawionej powyżej.



Rysunek 45

Przykłady przeprowadzonej weryfikacji odwzorowania umieszczenia implantów w bazie kostnej względem projektu: odchylenia kąтового (po lewej) i bezwzględnej różnicy wysokości (po prawej)

Potwierdzono na podstawie podanych wyników, że stosowany protokół postępowania w oparciu o autorskie szablony implantologiczne pozwala na zachowanie bardzo dokładnego odwzorowania pozycji implantów względem projektu. W przypadku bezzębia zarówno łuku górnego jak i dolnego możliwe jest zachowanie bardzo wysokiej zgodności odwzorowania równoległości względem siebie wszczepianych implantów zarówno w przypadku równoczesnej implantacji 2,4 lub 6 implantów. Potwierdza to, że nie ma konieczności stosowania „pinów” mocujących szablony dla zapewnienia wymaganych warunków implantacji. W przypadkach szablonów mocowanych na zębach własnych pacjenta wokół lub obok miejsca implantacji, powtarzalność umiejscowienia implantu jest jeszcze większa. Wynika to z faktu całkowitej stabilizacji szablonu i uniemożliwienia jego ruchów na boki. Oczywiście możliwe jest podniesienie szablonu w trakcie wykonywania poszczególnych faz zabiegu, jednak ostatecznie wiertło zmierza w jednym kierunku a jego ruch jest ograniczony przez nakładki na wiertłach, wobec czego odwzorowanie jest właściwie.

10. Opracowanie metodologii aplikacji uzupełnień protetycznych projektowanych i w oparciu o szablony implantologiczne wytwarzane z wykorzystaniem technologii przyrostowych

Stosowanie technologii przyrostowych selektywnego spiekania laserowego druku 3D pozwala na radykalną zmianę sposobu projektowania i wytwarzania elementów protetycznych. W szczególności możliwe jest szybkie i relatywnie niedrogo wytwarzanie rozległych elementów konstrukcyjnych takich jak podbudowy protez, podbudowy mostów okrężnych, belki indywidualne, korony teleskopowe z pełnym odwzorowaniem kształtu względem projektu. Dodatkowo szerokie stosowanie stopów tytanu pozwala na radykalne obniżenie masy takiego uzupełnienia. W szczególności redukcja ta zachodzi w stosunku do odlewanych elementów wytwarzanych ze stopów Co-Cr, w tym zwykle Co25Cr5W5MoSi. Podobna sytuacja występuje w przypadku elementów frezowanych w centrum sterowanym numerycznie CNC. Warto zwrócić uwagę, że podbudowy protetyczne mają bardzo skomplikowane, nieforemne kształty, które wymagają

stosowania narzędzi skrawających o średnicy 1-3 mm, co prowadzi do występowania wielu problemów technologicznych związanych z prawidłowym odwzorowaniem kształtu np. pomiędzy koronami, elementów precyzyjnych stanowiących łączenie z implantami czy innych.

Tablica 2

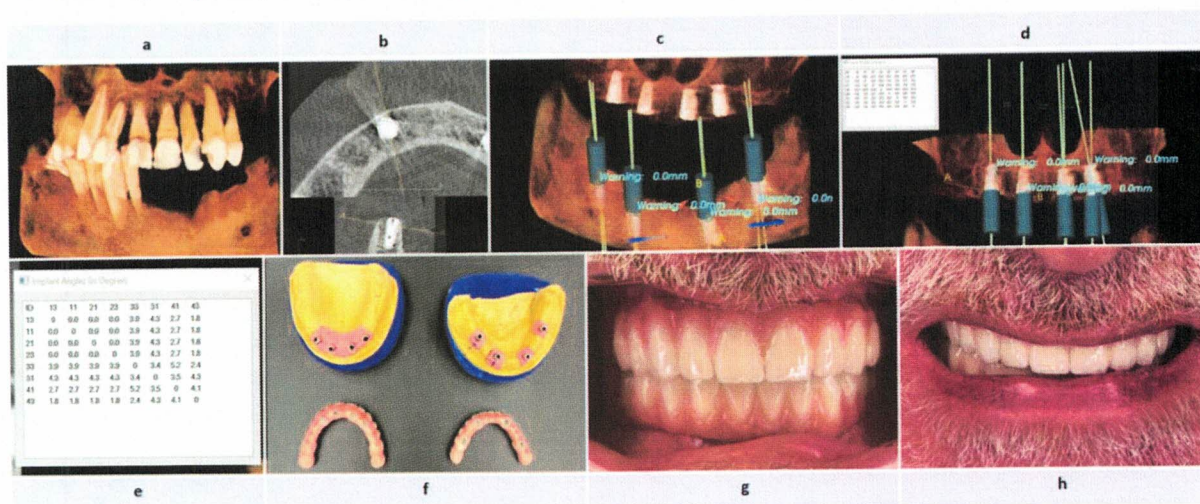
Praktyczna klasyfikacja prac protetycznych stosowanych w stomatologii

L.p.	Stan bazy kostnej	Rodzaj mocowania	Rodzaj uzupełnienia protetycznego
1.	W przypadku szczątkowej bazy kostnej żuchwy ze znacznym zanikiem kości gałęzi żuchwy dyskwalifikującej do wprowadzenia implantów w odcinkach bocznych stosowane jest rozwiązanie oparte o 2 implanty z belką indywidualną tytanową i protezą licowaną akrylem wzmacnianą podbudową tytanową		
2.	W przypadku średniej bazy kostnej uniemożliwiającej umiejscowienie implantów za otworem brudkowym nerwu zębodołowego dolnego wprowadzane stosowane jest rozwiązanie oparte o 4 implanty wprowadzane w miejscach 44,42,32,34 w dwóch rodzajach:	Belka indywidualna tytanowa na 4 implantach wraz z protezą wzmacnianą podbudową tytanową licowana akrylem	
		4 korony teleskopowe do mocowania uzupełnień protetycznych	Proteza licowana akrylem z podbudową tytanową i 4 koronami teleskopowymi wtórnymi wykonanymi z materiału kompozytowego wklejanego
			Most tytanowy licowany materiałem ceramiczno-kompozytowym licowany porcelaną
3.	W przypadku dobrej bazy kostnej możliwe jest zastosowanie uzupełnień stałych przykręcanych niewyciąganych		most typu monobridge opartego o 6 implantów wprowadzanych optymalnie w miejscach 46,44,42,32,34,36. Jest to most na podbudowie ze stopu Co25Cr5W5MoSi licowany porcelaną ze zintegrowanymi łącznikami indywidualnymi przykręcany bezpośrednio z poziomu implantów.

Stosowanie technologii przyrostowej druku selektywnego spiekania laserowego SLS/SLM druku 3D (j. ang. *Selective Laser Sintering/Selective Laser Melting*) pozwala na zdecydowaną poprawę tych własności, ponieważ możliwe jest ograniczenie obszarów niedofrezowanych, które według analiz Autora powodują zwiększenie masy

wytwarzanych elementów nawet o 25-30% względem elementu będącego podbudową uzupełnienia protetycznego wytworzonego metodą przyrostową SLS druku 3D o tych samych cechach konstrukcyjnych. Dodatkowo stosowanie stopów tytanu zamiast stopów Co-Cr, w tym zwykle Co25Cr5W5MoSi, umożliwia ograniczenie masy elementu protetycznego o 50% ze względu na różnicę gęstości tych dwóch materiałów. Ma to niezwykle istotne znaczenie ze względu na przeciwdziałanie dysfunkcji i finalnie nieodwracalnym uszkodzeniom stawów szczękowo-żuchwowych.

W toku prowadzonej praktyki zawodowej Autor opracował następujący podział stosowanych prac protetycznych (**tablica 2**), zilustrowany na **rys. 46**.



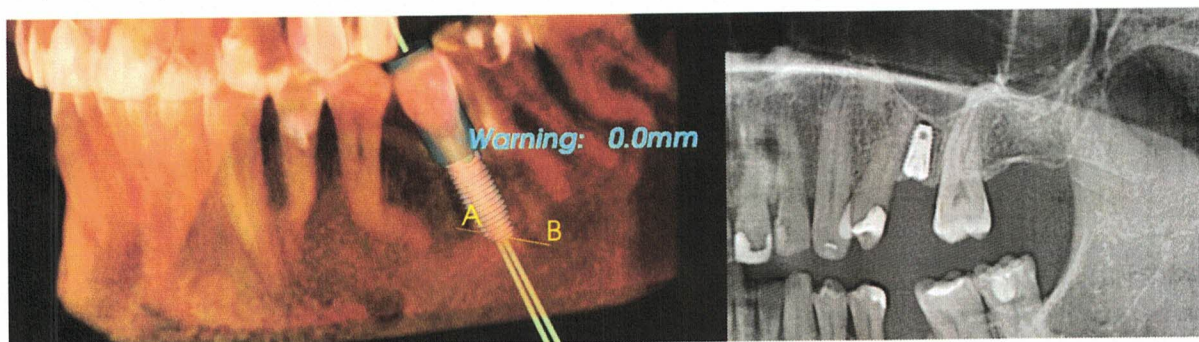
Rysunek 46

Sekwencja realizacji planu leczenia składającego się z wykonania odbudowy całego uzębienia w oparciu o 4 implanty łuku górnego i 4 implanty łuku dolnego u pacjenta z chorobą przyzębia, gdzie zastosowano most higieniczny ze stopu tytanu Ti6Al4V a) widok stanu wyjściowego – zęby w 3 stopniu rozchwiania zakwalifikowane do ekstrakcji, b) widok jednego z wszczepionych implantów na przekroju poprzecznym, c, d) widok implantów planowanych do wszczepienia wraz z ich zaznaczonym planowanym rozmieszczeniem, e) tablica obrazująca odchylenia wszczepionych implantów od projektu w stopniach, f) widok gotowej pracy protetycznej na modelu tuż przed montażem, g, h) widok gotowej pracy protetycznej w prawidłowej relacji góra/dół

Rozmieszczenie implantów z zastosowaniem procedury projektowania zabiegu i uzupełnienia protetycznego zgodnego z protokołem opracowanym przez Autora pozwala na redukcję liczby punktów niezbędnych do realizacji skutecznego leczenia. Ograniczenie punktów podparcia powoduje występowanie ograniczeń praktycznych związanych z prawidłowym oczyszczaniem przestrzeni pomiędzy uzupełnieniem protetycznym a tkankami miękkimi, gdyż w takich pracach przestrzeń pomiędzy filarami zawierają często 3 lub 4 zęby w prześle. Z tego też powodu opracowano rozwiązanie określane jako tytanowy most higieniczny. Zastosowano mocowanie oparte o korony teleskopowe. Pozostałe elementy uzupełnienia protetycznego są typowe. Z racji tego, że praca jest dedykowana osobom z bruksizmem, licowana jest materiałem kompozytowo-ceramicznym. Dla ograniczenia masy całego uzupełnienia zastosowano podbudowę wytworzoną metodą przyrostową druku 3D z wykorzystaniem technologii selektywnego spiekania laserowego SLS (selektywnego stapiania laserowego SLM) (j. ang. *Selective*

Laser Sintering/Selective Laser Melting). Takie rozwiązanie posiada ograniczenie technologiczne polegające na braku możliwości licowania tej podbudowy bezpośrednio porcelaną, gdyż niemożliwie jest zapewnienie trwałego utrzymania koloru uzupełnienia w długim okresie użytkowania. Autor z Zespołem podjął prace badawczo-rozwojowe zmierzające do opracowania rozwiązania, które umożliwi licowanie prac na podbudowie ze stopów tytanu. Takie rozwiązanie posiadałoby wiele pożądanych, a aktualnie niedostępnych cech takich jak niska masa, większa wytrzymałość, możliwość dowolnego kreowania koloru, redukcja przekrojów niezbędnych do zapewnienia wymaganej wytrzymałości. Prace te aktualnie wyszły już poza zakres prac koncepcyjnych na poziomie 3-6 TRL. Rozważane jest stosowanie nanoszenia warstw atomowych ALD (j. ang. *atomic layer deposition*), wspomagające także przyleganie tkanek miękkich do podbudowy w strefie przyszyjkowej, gdzie znajduje się strefa licowania. Związane z tym problemy biologiczne omówiono w jednej z wcześniejszych części niniejszego opracowania monograficznego.

Co niezwykle istotne stosowanie szablonów implantologicznych umożliwia wykonanie skutecznego leczenia implantologicznego w przypadkach, gdy anatomia zębów sąsiadujących z implantowaną strefą jest nietypowa. W szczególności konieczne jest planowanie leczenia implantoprotetycznego z użyciem badania tomograficznego CBCT, które umożliwi określenie szczegółowych warunków początkowych przed rozpoczęciem leczenia. Dodatkowo tory wprowadzenia narzędzi mogą być nietypowe i nieoczywiste (**rys. 47**). Pomimo, że przedstawione poniżej przypadki dotyczą wszczepienia wyłącznie pojedynczych implantów, poziom trudności wykonania tego typu zabiegu bez użycia szablonu dyskwalifikuje wykonywanie takiego planu leczenia bez użycia szablonu implantologicznego.



Rysunek 47

Widok wszczepionego implantu na zdjęciu CBCT wraz z pierwotnym projektem omijającym ząb sąsiedni z niezwykle nietypową anatomią wierzchołka (po lewej) oraz widok na zdjęciu ortopantomograficznym OPG wszczepionego implantu wzdłuż wychylonego zęba sąsiedniego gdzie wprowadzenie implantu wzdłuż dalszego zęba sąsiedniego spowodowałoby jego perforację

11. Zastosowanie metodologii projektowania cyfrowego stomatologicznych zabiegów implantologicznych z natychmiastowym obciążeniem implantów

W codziennej praktyce natychmiastowe obciążenia implantów wykorzystywane są w przypadku, gdy pacjent oczekuje natychmiastowego efektu w postaci tymczasowego

uzupełnienia protetycznego z prawidłowym, skutecznym umocowaniem bezpośrednio po zabiegu. Często, pacjent w takim przypadku rezygnuje także z leczenia swojego szczątkowego uzębienia i decyduje się na leczenie implantologiczne z ekstrakcją zębów. W ocenie Autora zasadnym wydaje się, aby wykorzystywać zęby pacjenta jako podstawę od odbudowy protetycznej tak długo, jak długo leczenie takie gwarantuje długie utrzymanie pracy protetycznej. Zasadnym jest wykorzystanie wszystkich dostępnych opcji protetycznych przed decyzją o rozpoczęciu leczenia implantologicznego.

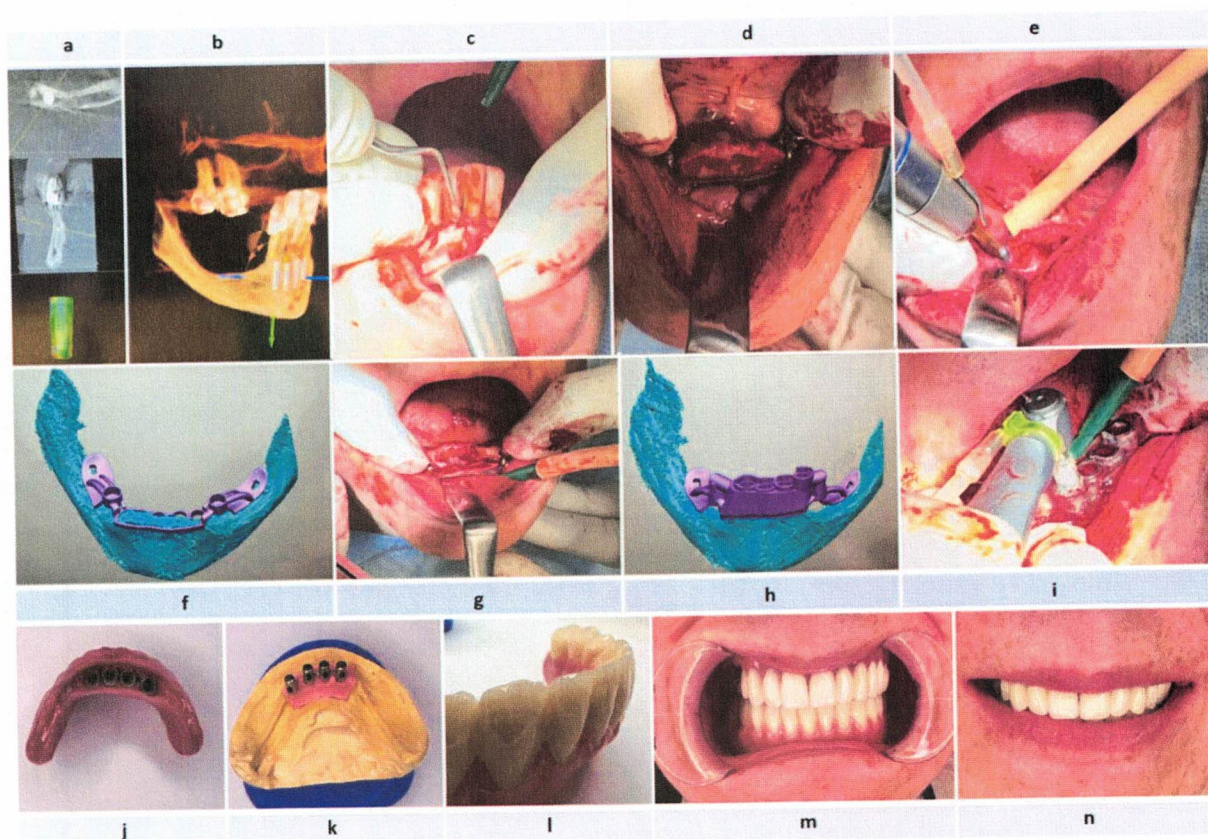
Czasem jednak warunki początkowe rozpoczęcia leczenia są tak trudne, że konieczne jest zastosowanie natychmiastowego obciążenia implantów. W szczególności zasadne jest to w przypadku, gdy przekroje bazy kostnej uniemożliwiają wykonanie innego leczenia. Takie skomplikowane przypadki wymagają współpracy zespołu składającego się z chirurga stomatologicznego, protetyka, inżyniera stomatologicznego i asystentek stomatologicznych.

Przykładem zasadnego ze wskazań medycznych zastosowania natychmiastowej implantacji bezpośrednio po ekstrakcji zębów i montażu długoczasowego uzupełnienia protetycznego bezpośrednio po zakończeniu części chirurgicznej leczenia jest wykonany plan leczenia przez zespół Autora w czerwcu 2023 roku, który to *case of study* jest przedstawiony jako przykład (**rys. 48**). Zgłosiła się Pacjentka w wieku 65 lat z 6 siekaczami łuku dolnego w znacznym wychyleniu względem bazy kostnej wraz z niemal całkowitym obnażeniem zębów w strefie przedsionkowej, co uniemożliwiało wykonanie skutecznej i użytecznej odbudowy protetycznej z wykorzystaniem tych zębów. W strefach bocznych stwierdzono niewystarczającą bazę kostną do wszczepienia implantów. Kanał nerwu zębodołowego bocznego przebiegał po szczycie wyrostka. Zęby zostały zakwalifikowane do ekstrakcji. Problemem był bardzo nietypowy kształt wyrostka zębodołowego oczekiwany po ekstrakcji zęba, uniemożliwiający wszczepienie implantów bez wykonania dodatkowych zabiegów.

W pierwszej kolejności konieczne było wykonanie zabiegu składającego się z następujących etapów:

1. ekstrakcja zębów;
2. oddzielenie okostnej;
3. korekta przebiegu wyrostka zębodołowego z wykorzystaniem wcześniej przygotowanego szablonu wykonanego ze stopu tytanu metodą przyrostową SLA druku 3D - szablon był kostny i śluzowy;
4. montaż drugiego szablonu do wkręcania implantów;
5. montaż gotowego rozwiązania protetycznego, czyli indywidualnej belki wykonanej metodą przyrostową SLS druku 3D ze stopu tytanu bezpośrednio po założonej lokalizacji implantów;
6. założenie przygotowanej wcześniej pracy protetycznej, w tym przypadku protezy wzmocnionej rdzeniem ze stopu tytanu.

Zabieg zakończył się powodzeniem. Po 4 miesiącach wykonano wymianę elementów retencyjnych zwiększających siły przenoszone przez implanty.



Rysunek 48

Sekwencja realizacji planu leczenia polegającego na ekstrakcji siekaczy łuku dolnego wraz z korektą wyrostka zębodołowego do pozycji umożliwiającej wykonanie implantacji natychmiastowej wraz z obciążeniem ostateczną pracą protetyczną a) b) początkowy stan na tomogramie obrazujący skomplikowanie sytuacji klinicznej przed rozpoczęciem zabiegu c) widok zębów pacjentki w trakcie ekstrakcji, d) kontrola pasowności szablonu nakostnego po odwarstwieniu okostnej a przed rozpoczęciem procedury korekty wyrostka zębodołowego e) rozpoczęcie zabiegu korekty wyrostka przez chirurga stomatologicznego f) projekt przebiegu wyrostka zębodołowego po korekcie g) widok wewnątrzustny śródzabiegowy h) widok projektu nakładki na szablony nakostny umożliwiającej wprowadzenie implantów i) widok śródzabiegowy w trakcie realizacji nawiertu kości z wykorzystaniem szablonu implantologicznego. j), k), l) widok gotowej pracy protetycznej – widok mostu higienicznego tytanowego wraz z koronami teleskopowymi pierwotnymi ze zintegrowanymi łącznikami indywidualnymi m), n) gotowa praca protetyczna po montażu w jamie ustnej

Osiągnięty efekt estetyczny był bardzo wysoki. Zdołano także prawidłowo odtworzyć relację łuku górnego do dolnego. Na górze ze względów finansowych pacjentka zdecydowała o zastosowaniu protezy szkieletowej opartej o szczątkowe uzębienie zębów trzonowych jako rozwiązanie tymczasowe.

Przeprowadzony zabieg udowodnił, że możliwe jest wykonanie implantacji w oparciu o szablony implantologiczne nie mocowane dodatkowy „pinami” do bazy kostnej, umożliwiający radykalną zmianę przebiegu wyrostka zębodołowego z redukcją tkanek miękkich, połączony z natychmiastową implantacją i montażem gotowego, ostatecznego uzupełnienia protetycznego. Nie ma konieczności stosowania uzupełnień tymczasowych opartych o akrylanowe protezy.

12. Opracowanie generalnej koncepcji centrum badawczo-projektowo-wytwórczego uzupełnień protetycznych oraz wirtualnego pozyskiwania danych diagnostycznych ze współpracujących klinik stomatologicznych

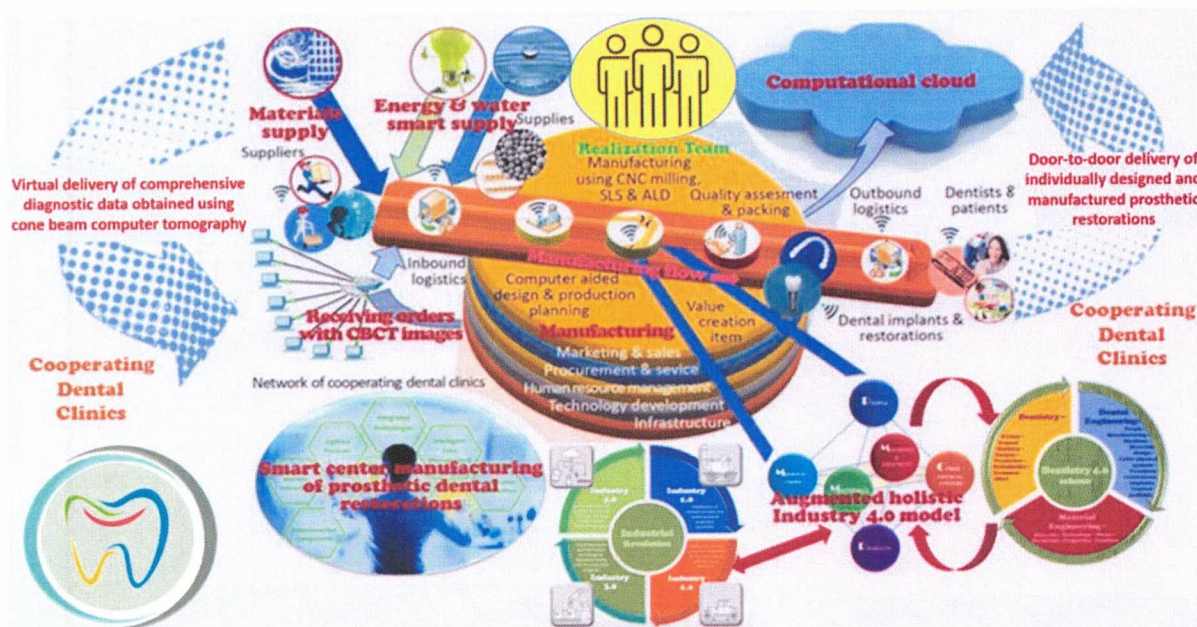
Podsumowując niniejsze opracowanie monograficzne, należy podkreślić że liczne autorskie publikacje, rozwiązania patentowe, zrealizowane projekty i nagrody na Międzynarodowych Targach Innowacyjności organizowanych przy wsparciu World Intellectual Property Organization WIPO, a także doświadczenia kliniczne związane z leczeniem tysięcy pacjentów stomatologicznych we własnej klinice potwierdzeniem wszczepienia ponad 1000 implantów z użyciem szablonów implantologicznych wg przedstawionej w niniejszym opracowaniu koncepcji potwierdzają oryginalność podejścia i wskazują na innowacyjny charakter dotychczasowych dokonań w skrócie zaprezentowanych w niniejszym opracowaniu monograficznym.

Należy zauważyć, że co do istoty proces projektowania i wytwarzania uzupełnień protetycznych nie różni się od bardzo zaawansowanego wytwarzania elementów samolotu lub samochodu osobowego. W przypadku elementów protetycznych skomplikowanie kształtu poszczególnych elementów jest dużo większe niż w przypadku elementów o foremnych kształtach geometrycznych wykorzystywanych w przemyśle np. lotniczym. Modele elementów protetycznych MES posiadają miliony trójkątów odwzorowujących organiczne kształty tkanek pacjenta. Oczywiście sam element w swoim założeniu nie posiada tylu części co np. silniki lotnicze, jednak ich nieregularny kształt i bardzo niewielkie rozmiary, gdzie często ściany poszczególnych elementów mają ok. 0,3mm w przekroju a dokładność elementów protetycznych musi być liczona w mikrometrach stawia równie duże wyzwania technologiczne i projektowe co inne elementy inżynierskie stosowane w innych przemysłach. Funkcje użytkowe tych produktów są prostsze od tych wykorzystywanych w przemyśle lotniczym lub samochodowym. Długoletnie doświadczenia doprowadziły do uruchomienia, stale rozwijanego centrum wytwórczego uzupełnień protetycznych wraz z wirtualną strukturą pozyskiwania danych diagnostycznych ze współpracujących klinik stomatologicznych, którego schemat przedstawiono na **rys. 49**.

Istotą aktualnego systemu pracy jest ścisła współpraca kliniki stomatologicznej i centrum inżynierii stomatologicznej na każdym etapie leczenia pacjenta protetycznego i implantoprotetycznego. Istotne jest bardzo dokładne wdrożenie skomplikowanych procedur projektowania, wytwarzania wraz z pełnym protokołem zastosowania technologii w konkretnych przypadkach klinicznych. Wymaga to przeszkolenia zarówno lekarzy dentystów jak i inżynierów stomatologicznych. Liczba współpracujących klinik, obecnie stosunkowo ograniczona, ulega systematycznemu powiększaniu w ramach wdrażanego planu skalowania biznesowego, związanego ściśle z planem pozyskiwania kolejnych projektów badawczo-wdrożeniowych w kolejnych ogłaszanych konkursach.

Uzupełnienie systemu dostaw o zasadę D2D (j. ang. *door to door*) umożliwia sprawne realizowanie usług w zakresie inżynierii stomatologicznej związanych z w pełni spersonalizowanym i wysoce wydajnym projektowaniem i wytwarzaniem implantów, a zwłaszcza uzupełnień protetycznych przez centrum inżynierii stomatologicznej, ściśle współpracujące z wieloma klinikami stomatologicznymi, specjalizującymi się w implantologii i protetyce stomatologicznej. Ta supernowoczesna idea w skali globalnej, realizowana już od kilku lat w realiach własnego centrum wytwórczego i własnej kliniki

stomatologicznej oraz w ramach własnych projektów, wymaga natomiast szerokiej akceptacji i zrozumienia w kręgach medycznych oraz zasługuje w pełni na wsparcie finansowe w ramach systemów finansowania badań i prac wdrożeniowych.



Rysunek 49

Docelowy schemat integracji poziomej i pionowej inteligentnych ośrodków wykonywania uzupełnień protetycznych zębów, zawierający przykład linii technologicznej oraz wskazanie sposobów wirtualnego przesyłania wyników tomograficznych badań diagnostycznych pacjentów z klinik stomatologicznych oraz przesyłania fizycznego "od drzwi do drzwi" spersonalizowanych, w pełni wyprodukowanych uzupełnień protetycznych z szablonami implantologicznymi i technicznym planem leczenia do tych klinik

Prace własne Autora i jego zespołu potwierdzają, że stosowanie zaawansowanej technologii dla realizacji leczenia protetycznego i implantoprotetycznego ma uzasadnienie praktyczne. Dzięki wdrożonym rozwiązaniom możliwe jest wykonanie skutecznej, długoczasowej odbudowy zębów u pacjentów wcześniej zdyskwalifikowanych z wykonywania zabiegów implantologicznych ze względu na liczne powikłania we wcześniejszym leczeniu lub naturalnych procesów starzenia wywołujących degradację bazy kostnej. Jednocześnie dzięki wypracowanemu protokołowi postępowania uwzględniającemu planowanie całego leczenia z użyciem nowoczesnego oprogramowania CAD już od wstępnej wizyty możliwe jest znaczące skrócenie czasu niezbędnego do realizacji procedur stomatologicznych. W szczególności zabieg implantacji może trwać nawet 4 razy krócej niż bez stosowania szablonów implantologicznych dzięki temu, że nie ma konieczności dokonywania odwarstwiania okostnej na całej szerokości wyrostka zębodołowego, szablony nie wymagają przytwierdzania dodatkowymi „pinami” a pojedyncze nawierty gwarantują prawidłowe umieszczenie implantu w bazie kostnej. Dodatkowo procedury protetyczne mogą odbywać się na 2-3 wizytach w gabinecie stomatologicznym, a nawet przy stosowaniu rozwiązań licowanych akrylem możliwe jest wykonanie montażu uzupełnienia protetycznego na stałe na 2 wizytach. Pozwala to na skrócenie całej procedury do 4 wizyt. Możliwe jest także wykonanie w określonych warunkach pracy protetycznej jeszcze przed

wszczepieniem implantów i wykonanie zabiegu natychmiastowego obciążenia implantów ostatecznym uzupełnieniem protetycznym w trakcie jednego zabiegu. Nowoczesna technologia pozwala zatem skrócić do niezbędnego minimum okres rekonwalescencji pacjenta po zabiegu, zmniejszyć liczbę niezbędnych wizyt oraz umożliwia wykonywanie pełnej odbudowy uzębienia u pacjentów z zagranicy bez stosowania kompromisów w rodzaju wykonywanej ostatecznej pracy protetycznej. Dodatkowo pacjent na fotelu dentystycznym spędza w trakcie całego leczenia około 3-5 godzin.

Przedstawione wyniki badań pozwalają także na znaczące skrócenie czasu realizacji procesu wytwarzania uzupełnień protetycznych. W szczególności przełomowy jest pod tym względem stosowanie wytwarzania przyrostowego druku 3D jako podstawowego procesu produkcyjnego wszystkich elementów protetycznych oraz elementów szablonów implantologicznych. W chwili obecnej standardem jest stosowanie technologii frezowania CNC w laboratoriach protetycznych. Z doświadczenia wiadomo, że wytwarzanie przyrostowe metodami druku 3D elementów metalowych pozwala na zredukowanie czasu produkcji o nawet 20 razy (sic !) jeśli porównuje się to do czasu procedur wytwarzania elementów wysokich przekraczających 25 mm na podstawowych frezarkach dedykowanych do stomatologii przez skrócenie czasu o 5 razy w przypadku porównania do profesjonalnych centrów frezarskich CNC. Dodatkowo w tym czasie, przy minimalnym wydłużeniu procesu możliwe jest wytworzenie więcej niż jednego elementu. Kolejną bezsporną korzyścią jest zmniejszenie czasu niezbędnego na przeprowadzenie procesu postprodukcji elementów. W przypadku elementów frezowanych konieczne jest dokonanie korekty kształtu odciętych podpór, a także konieczne jest zniwelowanie podcieni i niedofrezowanych stref, które są nieuniknione. W przypadku elementów wytworzonych przyrostowo metodą selektywnego spiekania laserowego SLS druku 3D konieczne jest wyłącznie wygładzenie stref podparcia. Proces ten można wykonać nawet w automatycznych urządzeniach. Wykorzystanie tych możliwości w sposób optymalny pozwala na wykonanie skoku jakościowego w zakresie zarówno zapewnienia technologicznych parametrów uzupełnienia protetycznego jak i sposobu jego montażu, co przynosi same korzyści dla pacjentów i lekarzy dentystów w codziennej praktyce stomatologicznej, ułatwiając w znaczący sposób wytwarzanie kompleksowych odbudów protetycznych całej jamy ustnej.

13. Wniosek generalny

Niezwykle istotne w ramach podsumowania niniejszego opracowania monograficznego jest stwierdzenie, że podstawą wszelkich opisanych tu osiągnięć są wszechstronne wyniki badań związanych z badaniami struktury i własności materiałów inżynierskich, zwłaszcza stopów tytanu i kobaltu wykorzystywanych w stomatologii, poddanych wytwarzaniu przyrostowemu metodą selektywnego spiekania laserowego SLS oraz obróbce powierzchniowej metodą nanoszenia warstw atomowych ALD, jako domeny inżynierii materiałowej, w kontekście modelu Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 3 x I 4.0/5.0, szeroko wykorzystanych metod wirtualnego projektowania i komputerowego wspomaganie wytwarzania oraz zasady 6 oczekiwań 6 x O, stanowiącej paradygmat inżynierii materiałowej. Istotne w tym ujęciu są wyniki badań biologicznych tak wytworzonych materiałów, prowadzące w konsekwencji tego do licznych aplikacji we własnej praktyce klinicznej we

współpracy z lekarzami dentystami. W wyniku zaawansowanych procesów wirtualnego projektowania, odpowiednio dobrany materiał inżynierski poddany odpowiednim procesom technologicznym uzyskuje odpowiedni kształt i cechy geometryczne, wykazując odpowiednią strukturę, która zapewnia zarówno odpowiednie własności mechaniczne, jak i fizyko-chemiczne i biologiczne, co gwarantuje odpowiednią funkcjonalność, w tym przypadku stopów tytanu i kobaltu w zastosowaniu na uzupełnienia protetyczne w stomatologii. Oczekiwanie można zatem rozumieć w ten sposób jako odpowiedniość.

14. Zestawienie wszystkich publikacji naukowych, patentów i wystąpień konferencyjnych, które stanowią przedstawione osiągnięcie naukowe (bez 4 w druku)

- [1] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Overview of the sustainable development of modern dentistry for the prevention of dental diseases, treatment with significant technological support, and the safety of patients and dentists, keynote lecture at the 4th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Paris, France, 6-8 February 2023. (unpublished)
- [2] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Unity of models for the development of advanced materials and their processing technologies, industry's integrated idea, and dentistry's sustainable development, invited lecture at the 23rd Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials and Technologies AMT'2023, Wista, Poland, 18-21 June 2023. (unpublished)
- [3] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, To what extent does modern dental engineering fit into the integrated model of the industry sustainable development, which takes into account the expectations of consumers, keynote lecture at the 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rome, Italy, 18-20 September 2023. (unpublished)
- [4] **L.B. Dobrzański**, The innovative technology of additive manufacturing of Dental prosthetic restorations using multi-component titanium alloys with aluminum and vanadium and cobalt alloys with chromium, keynote lecture at the 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rome, Italy, 18-20 September 2023. (unpublished)
- [5] **L.B. Dobrzański**, Innovative technology for additive manufacturing of prosthetic tooth restorations using multi-component titanium alloys with aluminum and vanadium and cobalt alloys with chromium, XXI Biomaterials and Mechanics in Dentistry Conference, Ustroń, 12-15 October 2023 (in Polish). (unpublished)
- [6] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, Chapter 8. Ethical imperatives towards the development prospects of the triad of Dentistry 4.0, dental engineering, and nanoengineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), Ethics in Nanotechnology: Social Sciences and Philosophical Aspects, de Gruyter, Berlin, Germany, 2021, 157-248. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110719932-008>
- [7] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, Effect of Biomedical Materials in the Implementation of a Long and Healthy Life Policy, Processes 9/5 (2021) 865. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9050865>
- [8] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, The Concept of Sustainable Development of Modern Dentistry, Processes 8/12

- (2020) 1605. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8121605>
- [9] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Approach to the design and manufacturing of prosthetic dental restorations according to the rules of the Industry 4.0, Materials Performance and Characterization 9/1 (2020) 394-476. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200020>
- [10] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Non-Antagonistic Contradictoriness of the Progress of Advanced Digitized Production with SARS-CoV-2 Virus Transmission in the Area of Dental Engineering, Processes 8/9 (2020) 1097. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8091097>
- [11] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the Kaohsiung International Invention and Design Expo, Kaohsiung, Tajwan, 10-12 December 2020.
- [12] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the International Invention and Design Competition "IIDC 2020", Hongkong, Chiny, 2-4 December 2020.
- [13] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the International Inventions and Innovations Competition "Sahasak Nimavum-2020", Colombo, Sri Lanka, 1-3 July 2020.
- [14] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Best Presentation Award at the Malaysia Technology Expo "MTE 2020", COVID-19 International Innovation Awards, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 February 2020.
- [15] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, IFIA Best Invention Medal at the Malaysia Technology Expo "MTE 2020", COVID-19 International Innovation Awards, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 February 2020.
- [16] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the Malaysia Technology Expo "MTE 2020", COVID-19 International Innovation Awards, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 February 2020.
- [17] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the 4th World Invention Academic Conference "WIAC 2020", Seul, Korea, 1.10-15.11.2020.
- [18] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Special Award at the 4th World Invention Academic Conference "WIAC 2020", Seul, Korea, 1.10-15.11.2020.
- [19] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak,

- Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the 14th International Exhibition of Inventions "IWIS 2020", ONLINE, Warszawa, Poland, 19-21.10.2020.
- [20] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, TOP 20 BEST INVENTION AWARDS at the 5th International Invention Innovation Competition in Canada "iCAN 2020", Toronto, Canada, 29.08.2020.
 - [21] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Gold Medal at the 5th International Invention Innovation Competition in Canada "iCAN 2020", Toronto, Canada, 29.08.2020.
 - [22] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, Special Award at the 5th International Invention Innovation Competition in Canada "iCAN 2020", Toronto, Canada, 29.08.2020.
 - [23] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak, Patent No 245582, Accessory for personal protection of dental staff against the SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms, filing date June 19, 2020 (in Polish).
 - [24] **L.B. Dobrzański** (project manager), Research and development work in the field of dental engineering for the client in the development of a globally innovative concept for securing a dental office during the COVID19 pandemic (in Polish).
 - [25] **L.B. Dobrzański**, Structure and properties of the engineering materials for prosthetic restorations of the stomatognathic system produced by additive and loss technologies, PhD Thesis, AGH University of Science and Technology, Kraków, 2018 (in Polish).
 - [26] **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, The digitisation for the immediate dental implantation of incisors with immediate individual prosthetic restoration, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 97/2 (2019) 57-68. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.8541>
 - [27] **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, J. Dobrzańska, P. Pietrucha, Application of polymer impression masses for the obtaining of dental working models for the stereolithographic 3D printing, *Archives of Materials Science and Engineering* 95/1 (2019) 31-40. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.1015>
 - [28] **L.B. Dobrzański**, P. Malara, Chapter 9: Methodology of computer-aided design and production of dental prosthetic restorations from solid engineering materials, in: L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz (eds), *Microporous and solid metallic materials for medical and dental applications*, Open Access Library, Annal VII(1), International OCSCO World Press, Gliwice, 2017, 500-534 (in Polish).
 - [29] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Chapter 1: Strategies for computer-aided designing of surgical guides for dental implant procedures based on cone beam computed tomography, in: D. Carter (ed), *Computed Tomography: Advances in Research and Applications*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2017, 1-22.
 - [30] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Screw-retained full arch restorations – methodology of computer aided design and manufacturing, *Archives of Materials Science and Engineering* 83/1 (2017) 23-29. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7538>

- [31] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer aided manufacturing and design of fixed bridges restoring the lost dentition, soft tissue and the bone, Archives of Materials Science and Engineering 81/2 (2016) 68-75. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7101>
- [32] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, Computer-aided designing and manufacturing of partial removable dentures, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 73/2 (2015) 157-164.
- [33] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Designing and manufacturing of implantoprosthodontic fixed suprastructures in edentulous patients on the basis of digital impressions, Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 163-171.
- [34] P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography, Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 140-149.
- [35] **L.B. Dobrzański** (project manager), CODIDENT Research, Development and Implementation Project, Increasing competitiveness and diversification of dental services through the implementation of an innovative system for performing prosthetic works and an innovative dental diagnostic system, Gliwice, 2013-2015 (in Polish). (unpublished)
- [36] **L.B. Dobrzański** (project manager), CODIDENT Research, Development and Implementation Project, Development of technology for the production of innovative prosthetic restorations using CAD/CAM technology, Gliwice, 2013-2015 (in Polish). (unpublished)
- [37] **L.B. Dobrzański** (project manager), Development and implementation works related to the implementation of innovative prosthetic restorations manufactured using SLS/SLM 3D printing technology (in Polish). (unpublished)
- [38] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska (eds), Synthesis and Characterization of Biomedical Materials, MDPI, Basel, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2523-5>
- [39] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, The Importance of Synthesis and Characterization of Biomedical Materials for the Current State of Medicine and Dentistry, Processes 9/6 (2021) 978. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060978>
- [40] **L.B. Dobrzański**, Anna Achtełik-Franczak, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, Comparison of the Structure and Properties of the Solid Co-Cr-W-Mo-Si Alloys Used for Dental Restorations CNC Machined or Selective Laser-Sintered, Materials Performance and Characterization 9/4 (2020) 556-578. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200023>
- [41] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak, J. Dobrzańska, Application Solid Laser-Sintered or Machined Ti6Al4V Alloy in Manufacturing of Dental Implants and Dental Prosthetic Restorations According to Dentistry 4.0 Concept, Processes 8/6 (2020) 664. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8060664>
- [42] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Dentistry 4.0 Concept in the Design and Manufacturing of Prosthetic Dental Restorations, Processes 8/5 (2020) 525. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8050525>
- [43] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Additive and hybrid technologies for products manufacturing using powders of metals, their alloys and ceramics, Archives of Materials Science and Engineering 102/2 (2020) 59-

85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1525>
- [44] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, The new generation of the biological-engineering materials for applications in medical and dental implant-scaffolds, *Archives of Materials Science and Engineering* 91/2 (2018) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5490>
- [45] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, Metallic skeletons as reinforcement of new composite materials applied in orthopaedics and dentistry, *Archives of Materials Science and Engineering* 92/2 (2018) 53-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6585>
- [46] **L.B. Dobrzański**, Chapter 4: Mechanical Properties Comparison of Engineering Materials Produced by Additive and Subtractive Technologies for Dental Prosthetic Restoration Application, in: L.A. Dobrzański (ed), *Biomaterials in Regenerative Medicine*, IntechOpen, Rijeka, 2018, 111-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70493>
- [47] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achteplik-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawet, Patent No. PL229148, Implanto-scaffold or prosthesis of anatomical elements of the stomatognathic system and facial skeleton, date of granting the right: January 9, 2018 (in Polish).
- [48] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, Patent No. PL237449, Biological-engineering composites for regenerative medicine, date of granting the right: January 24, 2020 (in Polish).
- [49] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteplik-Franczak, Patent No. PL241034, Highly developed bone implant, including the facial skeleton, date of granting the right: May 10, 2022 (in Polish).
- [50] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteplik-Franczak, Patent application P.434312, Highly surface-developed dental implant, filing date June 15, 2020 (in Polish).
- [51] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Manufacturing technologies thick-layer coatings on various substrates and manufacturing gradient materials using powders of metals, their alloys and ceramics, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 99/1 (2020) 14-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1598>
- [52] **L.B. Dobrzański** (Deputy Project Manager, Deputy R&D Manager, Production Manager, Head of the CAD/CAM Studio), IMSKA-MAT Innovative dental and maxillofacial implant scaffolds manufactured using innovative additive technology supported by computer material design ADD-MAT, Gliwice, 2017-2023 (in Polish). (unpublished)
- [53] J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, What Are the Chances of Resilon to Dominate the Market Filling Materials for Endodontics?, *Metals* 11/11 (2021) 1744. DOI: <https://doi.org/10.3390/met11111744>
- [54] L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, Development Strategy of Endodontic Filling Materials Based on Engineering and Medical Approaches, *Processes* 9/11 (2021) 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9112014>
- [55] J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, K. Gołombek, A.D. Dobrzańska-

- Danikiewicz, Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment?, *Processes* 9/8 (2021) 1467. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9081467>
- [56] J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, K. Gołombek, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Virtual Approach to the Comparative Analysis of Biomaterials Used in Endodontic Treatment, *Processes* 9/6 (2021) 926. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060926>
- [57] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, M. Kraszewska, Manufacturing powders of metals, their alloys and ceramics and the importance of conventional and additive technologies for products manufacturing in Industry 4.0 stage, *Archives of Materials Science and Engineering* 102/1 (2020) 13-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1452>
- [58] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Overview of conventional technologies using the powders of metals, their alloys and ceramics in Industry 4.0 stage, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 98/2 (2020) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1481>
- [59] L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska, Chapter 7: The synergistic ethics interaction with nanoengineering, dentistry, and dental engineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), *Ethics in Nanotechnology: Emerging Technologies Aspects*, de Gruyter, Berlin, 2021, 119-190. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110701883-007>
- [60] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawęł, Patent No. PL229149, Implanto-bone scaffold, date of granting the right: January 9, 2018 (in Polish).
- [61] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, M. Kremzer, Patent No. PL236090, Method of producing composite materials with a microporous skeleton reinforcement structure, date of granting the right: December 16, 2019 (in Polish).
- [62] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Gold Medal at the International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions "INVENT ARENA 2016", Třinec, Czech Republic, 16-18.06.2016.
- [63] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Gold Medal at the International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition "IPITEX 2016", Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016.
- [64] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Leading Innovation Award at the International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition "IPITEX 2016", Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016.
- [65] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawęł, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications, Semi Grand Prize at the Global Inventions and

Innovations Exhibitions Innova Cities Latino-America "ICLA 2015", Foz do Iguaçu, Brazil, 10-12.12.2015.

- [66] L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawęł, **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak, The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications, Gold Medal at the 9th International Warsaw Invention Show "IWIS 2015", Warszawa, Poland, 12-14.10.2015.
- [67] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtełik-Franczak, K. Rudziarczyk, Patent application P.434313, Dental implant mounting accessory, filing date June 15, 2020 (in Polish).
- [68] **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtełik-Franczak, Patent no 245344, System for attaching a crown to a dental implant, filing date: June 15, 2020 (in Polish).

.....
(Dr inż. Lech Bolestaw Dobrzański - wnioskodawca)

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

5.A. Współpraca z jednostką macierzystą

- 5.1. **Politechnika Śląska w Gliwicach – Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki (2002-2007)** -Uzyskanie stopnia magistra inżyniera elektroniki i telekomunikacji o specjalności elektronika biomedyczna – Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki (dyplom magisterski załącznik nr 1) – **2007 – jednostka macierzysta**

5.B. Współpraca z innymi jednostkami uczelni, instytucjami naukowymi i instytucjami kultury, w tym zagranicznymi

- 5.2. **Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie** – uzyskanie stopnia doktora inżyniera w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Współpraca z prof. Jerzym Pacyną i jego Zespołem oraz z Zespołem prof. Piotra Bały (zaświadczenie prof. Piotra Bały załącznik nr 1, dyplom doktorski załącznik nr 2) – **2014-2025**
- 5.2.1. **W ramach przygotowywania pracy doktorskiej** dr L.B. Dobrzański wielokrotnie gościł na AGH konsultując liczne problemy naukowe z Prof. Jerzym Pacyną i Jego najbliższymi Współpracownikami, jak również poznając w laboratoriach Uczelni liczne urządzenia i metody badawcze, spędzając w ciągu kilku lat łącznie wiele tygodni, na własnych badaniach dotyczących:
- struktury, własności mechanicznych i fizycznych badanych materiałów, głównie tytanu i jego stopów,
 - badania dylatometryczne, a także metody metalografii ilościowej
 - metody modelowania m.in. metodą elementów skończonych.
 - prezentacja wyników swych badań na otwartych zebraniach Katedry Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków AGH,
 - doskonalenia praktycznej znajomości technicznego języka angielskiego w Centrum Języków Obcych AGH.
 - Wyniku tej kilkuletniej współpracy z AGH, a także równoległych działań badawczych w laboratoriach Politechniki Śląskiej w Gliwicach oraz we własnych laboratoriach Centrum Asklepios i pracy własnej, była **praca doktorska pt. „Struktura i własności materiałów inżynierskich na uzupełnienia protetyczne układu stomatognatycznego wytwarzane metodami przyrostowymi i ubytkowymi”**, przedstawiona w 2017 roku, która została obroniona przed Radą Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej Akademii Górniczo-Hutniczej w dniu 23 kwietnia 2018 roku.
- 5.2.2. Po zakończeniu realizacji pracy doktorskiej dr L.B. Dobrzański **nadal aktywnie współpracuje z Akademią Górniczo-Hutniczą:**
- 5.2.2.1. W roku 2021 dr L.B. Dobrzański był **współredaktorem Wydania Specjalnego czasopisma MDPI Processes pt. „Synthesis and Characterization of Biomedical Materials”** wydanego w Bazylei w Szwajcarii w formie książki

liczącej 527 stron (ISBN 978-3-0365-2522-8). W tej książce opublikowano **1 rozdział zaproszonych Autorów z AGH. Prof. Anna Ślósarczyk** we współpracy z Joanną Czechowską, Ewelina Cichoń i Anetą Zimą opublikowała rozdział pt. "Bioactive composites for bone substitution".

- 5.2.2.2. Również w roku 2021 zainicjowano **współpracę dr L.B. Dobrzańskiego z Prof. Piotrem Bałą oraz Prof. Bogdanem Pawłowskim w związku z badaniami przyczyn awarii instalacji ciepłej wody użytkowej i uszkodzeń oraz korozji rur instalacyjnych**, którą to współpracę rozszerzono również na działania w Gliwickim Instytucie Technologicznym Sieci Łukasiewicza. Zgromadzony materiał badawczy stanowi podstawę przygotowywanej wspólnej publikacji naukowej, wymagającej jeszcze zakończenia kontynuowanych badań strukturalnych.
- 5.2.2.3. Do innych form współpracy należy zaliczyć **udział dr L.B. Dobrzańskiego reprezentującego jedno z kilku przedsiębiorstw przemysłowych w europejskim Projekcie CEEPUS INTEGRATION nt. "Development, education and practical improvement in the field of multifaceted problems of designing and manufacturing products for industrial and biomedical purposes"**, początkowo koordynowanego przez Politechnikę Koszalińską, a obecnie przez Uniwersytet Zielonogórski, w którym AGH uczestniczy od dwóch lat i jest reprezentowana przez Prodziekana Wydziału Metali Nieżelaznych Prof. Beatę Leszczyńską-Madej zatrudnioną w Katedrze Nauki o Materiałach i Inżynierii Metali Nieżelaznych.
- 5.2.2.4. W roku 2024 dr L.B. Dobrzański należał do głównych organizatorów **the 26th International Scientific Conference on Achievements in Mechanical and Materials Engineering AMME & bio 2024 w Wiśle w maju 2024**, na której **wygotoszono na zaproszenie Organizatorów 2 referaty opracowane przez Zespoły Pracowników Naukowych AGH. Prof. Beata Leszczyńska-Madej** wygłosiła referat pt. "Microstructural aspects of manufacturing composites based on aluminum and aluminum alloys reinforced with SiC particles", natomiast **Prof. Agnieszka Radziszewska** wygłosiła referat pt. "Pulsed laser deposition of thin films". Oba referaty przewidziano do publikacji w miesięczniku naukowym Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering referowanym przez SCOPUS, w którym dr L.B. Dobrzański pełni funkcję Statistical Editor.

5.3. Politechnika Śląska – Wydział Mechaniczny Technologiczny (zaświadczenie Dziekana Wydziału prof. Marcina Adamiaka – załącznik nr 5)

- 5.3.1. W latach 2013-2016 dr L.B. Dobrzański czynnie i aktywnie uczestniczył w realizacji różnych badań naukowych (laserowe wytwarzanie przyrostowe, badania strukturalne, badania wytrzymałościowe) i prac koncepcyjnych, będąc **członkiem zespołu naukowego realizującego Projekt BIOLASIN pt. "Badanie struktury i własności nowo opracowanych porowatych materiałów biomimetycznych wytwarzanych metodą selektywnego spiekania laserowego"** na rzecz NCBiR.
- 5.3.1.1. **współautor w patentach:**

- Patent nr PL229148, Implanto-scaffold lub proteza elementów anatomicznego układu stomatognatycznego oraz twarzoczaszki, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelik-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawęł.
- Patent nr PL229149, Implanto-scaffold kostny, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelik-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawęł.
- Patent nr PL 236090, Sposób wytwarzania materiałów kompozytowych o mikroporowatej szkieletowej strukturze wzmocnienia, data udzielenia prawa 16.12.2019 r., Leszek Dobrzański, Anna Dobrzańska-Danikiewicz, Piotr Malara, **Lech Dobrzański**, Anna Achtelik-Franczak, Marek Kremzer.

5.3.1.2. **opracowane publikacje naukowe:**

- L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawęł, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelik-Franczak, Fabrication of scaffolds from Ti6Al4V powders using the computer aided laser method, Archives of Metallurgy and Materials, vol. 60, No 2, 2015, 1065-1070. <https://doi.org/10.1515/amm-2015-0260>
- L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, A. Achtelik-Franczak, **L.B. Dobrzański**, Comparative analysis of mechanical properties of scaffolds sintered from Ti and Ti6Al4V powders, Archives of Materials Science and Engineering, vol. 73, no. 2 (2015) 69-81.

5.3.1.3. **Nagrody:**

- 5.3.1.3.1. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, L.B. Dobrzański, A. Achtelik-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Gold Medal at the International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions "INVENT ARENA 2016", Třinec, Czech Republic, 16-18.06.2016.
- 5.3.1.3.2. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, L.B. Dobrzański, A. Achtelik-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Gold Medal at the International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition "IPITEX 2016", Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016.
- 5.3.1.3.3. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, L.B. Dobrzański, A. Achtelik-Franczak, T.G. Gawęł, Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial, Leading Innovation Award at the International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition "IPITEX 2016", Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016.
- 5.3.1.3.4. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawęł, L.B. Dobrzański, A. Achtelik-Franczak, The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin

polymeric surface layer for medical applications, Semi Grand Prize at the Global Inventions and Innovations Exhibitions Innova Cities Latino-America "ICLA 2015", Foz do Iguaçu, Brazil, 10-12.12.2015.

- 5.3.1.3.5. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, L.B. Dobrzański, A. Achtelek-Franczak, The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications, Gold Medal at the 9th International Warsaw Invention Show "IWIS 2015", Warszawa, Poland, 12-14.10.2015.

5.3.2. **Współpraca z zespołem prof. Janusza Mazurkiewicza w okresie 2019-2021 w ramach realizacji prac badawczych zgodnie z agendą projektu IMSKA-MAT** wykonano badania materiałoznawcze i własności mechanicznych w laboratoriach Laboratorium Materiałoznawczym Wydziału Mechanicznego Technologicznego w zakresie:

- 5.3.2.1. Badań wytrzymałości materiałów stosowanych na uzupełniania protetyczne takich jak Ti6Al4V, Ti, CoCr, ZrO
- 5.3.2.2. Badań wytrzymałości podbudów 3-punktowych uzupełnień protetycznych wykonanych z CoCr, ZrO, Ti6Al4V, Ti
- 5.3.2.3. Badań wytrzymałości 3-punktowych mostów protetycznych wykonanych z CoCr i ZrO licowanych porcelaną w sposób typowy
- 5.3.2.4. Badań z użyciem mikroskopii SEM powierzchni przetomów
- 5.3.2.5. Badań z użyciem mikroskopii sił atomowych próbek z pkt 2.5.1-2.5.3

5.3.3. **2010-2011 oraz 2021 – badania systemów wypełniania kanałów korzeniowych we współpracy z prof. Klaudiuszem Gołombkiem oraz dr Joanną Dobrzańską z wykorzystaniem mikroskopu SEM.**

5.3.3.1. **opracowane publikacje:**

- J. Dobrzańska, K. Gołombek, **L.B. Dobrzański**, Polymer materials used in endodontic treatment-in vitro testing, Archives of Materials Science and Engineering, tom 52 wydanie 2, 2012, 110-115.
- J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, K. Gołombek, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment?, Processes, tom 8 wydanie 8, 2021, 1467. <https://doi.org/10.3390/pr9081467>
- J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, What Are the Chances of Resilon to Dominate the Market Filling Materials for Endodontics?, Metals, tom 11 wydanie 11, 2021, 1744. DOI: <https://doi.org/10.3390/met11111744>

5.3.4. **09.2012-03.2013 – współpraca z dr inż. Łukaszem Reimannem, staż związany z uruchomieniem Pracowni Zintegrowanych Procesów Materiałowych w Bioinżynierii i Protetyce Stomatologicznej (sala 1) w**

szczegółności związany z uruchomieniem i wdrożeniem technologii CAD/CAM w projektowaniu i produkcji uzupełnień protetycznych opartych o system CAD/CAM 3M ESPE LAVA:

- skaner optyczny LavaScan ST, frezarka CNC 240 firmy 3M ESPE;
- system CAD/CAM Incise Renishaw: skaner kontaktowy DS10, frezarka CNC DM10, firmy Renishaw;
- skaner bezdotykowy z kamerą rejestrującą obraz w jamie ustnej Lava Chairside Oral Scanner firmy 3M ESPE;
- piec do spiekania ceramiki Lava Furnace 200 firmy 3M ESPE;

5.3.5. **współpraca w ramach projektu Doktorat Wdrożeniowy (2024-nadal) – Opiekun z przemysłu doktoratu mgr inż. Karoliny Rudziarczyk-Jagody.**

5.3.6. **Realizacja agendy badawczej doktoratu pod kierownictwem prof. Piotra Malary – Profesora Nadzwyczajnego Politechniki Śląskiej w latach 2014-2017:**

5.3.6.1. **opracowane publikacje:**

- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, Computer-aided designing and manufacturing of partial removable dentures, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, tom 73 wydanie 2, 2015, 157-164,
- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Designing and manufacturing of implantoprosthodontic fixed suprastructures in edentulous patients on the basis of digital impressions, Archives of Materials Science and Engineering, tom 76 wydanie 2, 2015, 163-171,
- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography, Archives of Materials Science and Engineering, tom 76 wydanie 2, 2015, 140-149,
- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer aided manufacturing and design of fixed bridges restoring the lost dentition, soft tissue and the bone, Archives of Materials Science and Engineering, tom 81, wydanie 2, 2016, 68-75. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7101>
- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Screw-retained full arch restorations–methodology of computer aided design and manufacturing, Archives of Materials Science and Engineering, tom 83, wydanie 2, 2017, 23-29. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7538>
- P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Chapter 1: Strategies for computer-aided designing of surgical guides for dental implant procedures based on cone beam computed tomography, in: D. Carter (ed), Computed Tomography: Advances in Research and Applications, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2017, 1-22.

- 5.4. 10.02.-22.02.2025 Uniwersytet w Żylinie na Słowacji – dwutygodniowy staż badawczy w Katedrze Inżynierii Materiałowej Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu w Żylinie (zaświadczenie prof. Evy Tillovej, załącznik nr 6), w tym w szczególności:**
- 5.4.1. zaproszony wykład inauguracyjny** na temat „Additive Manufacturing of Ti and Co Alloys for Use in Dental Engineering” w ramach XXVIII Międzynarodowego seminarium doktorantów SEMDOK 2025,
 - 5.4.2. Referat w Sali Rady Wydziału** nt. „Nowoczesne metody wytwarzania przyrostowego i osadzania warstw atomowych dla potrzeb stomatologii interwencyjnej” dla pracowników, doktorantów i studentów wydziału.
 - 5.4.3. Zapoznanie się z metodologią badań strukturalnych i fizycznych materiałów inżynierskich, realizowanych w Uniwersytecie w Żylinie**
- 5.5. 1.03-31.03.2025 - Politechnika Krakowska - staż w zakresie inżynierii materiałowej, zaawansowanych metod charakteryzacji struktury i własności materiałów inżynierskich, także w zastosowaniu do celów inżynierii stomatologicznej oraz komputerowego wspomagania technologii procesów materiałowych. Opiekun stażu Dr hab. inż. Bożena Tyliczszak (zaświadczenie prof. Bożeny Tyliczszak, załącznik nr 7), w tym:**
- 5.5.1. 19.03.2025 – Referat pt. „Druk 3D w technologii SLS/SLM z użyciem stopów Ti oraz CoCr w zastosowaniu w inżynierii stomatologicznej” w ramach Seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Krakowskiej.**
 - 5.5.2. Zapoznanie się z metodologią badań strukturalnych i fizycznych oraz odporności na korozję chemiczną i biologiczną materiałów biomedycznych do zastosowań inżynierskich, a także w farmacji oraz komputerowego wspomagania technologii procesów materiałowych.**
 - 5.5.3. Opracowanie planu kilkuletniej współpracy naukowej w ramach tworzonego konsorcjum naukowego i szczegółowego wniosku dotyczącego projektu naukowo-badawczego do przedstawienia w kolejnym konkursie**
- 5.6. Medyczny Uniwersytet w Varnie, zespół prof. Tsanki Dikovej (zaświadczenie prof. Tsanki Dikovej, załącznik nr 8) – współpraca naukowa w okresie 2018-2025:**
- 5.6.1. Współpraca w zakresie wydawania artykułów naukowych we współwydawany przez Centrum Asklepios od wielu lat: T.D. Dikova, D.A. Dzhenkov, D. Ivanov, K. Bliznakova, „Dokładność wymiarowa i chropowatość powierzchni polimerowych mostów dentystycznych wytwarzanych różnymi procesami drukowania 3D”, Archives of Materials Science and Engineering 94/2 (2018) 65-75.**

5.6.2. W 2021 r. Multidisciplinary Digital Publishing Institute w Bazylei w Szwajcarii opublikował 528-stronicową książkę zatytułowaną „**Synthesis and Characterization of Biomedical Materials**” pod współredakcją dr. Lecha B. Dobrzańskiego, w której kierowany zespół Prof. Tsanki Dikovej opublikował dwa artykuły:

- Tsanka Dikova, Jordan Maximov, Vladimir Todorov, Georgi Georgiev i Vladimir Panov „Optimization of Photopolymerization Process of Dental Composites” Przedruk z: Processes 2021, 9, 779, doi:10.3390/pr9050779(411-424)
- Tsanka Dikova, Tihomir Vasilev, Vesela Hristova i Vladimir Panov „Finite Element Analysis in Setting of Fillings of V-Shaped Tooth Defects Made with Glass-Ionomer Cement and Flowable Composite” Przedruk z Processes 2020, 8, 363, doi:10.3390/pr8030363 (425-436).

5.6.3. W dniach 20-23 maja 2024 r. liczna delegacja zespołu Prof. Tsanki Dikovej wzięła udział w 26. Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Osiągnięcia w inżynierii mechanicznej i materiałowej z bioinżynierią i inżynierią stomatologiczną” AMME & bio 2024 połączonej z „For you WW Worldwide CEEPUS Workshop INTEGRATION” w Wiśle Malince, w Polsce, współorganizowanej przez Centrum Badań, Projektowania i Produkcji Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS Gliwice, przy aktywnym osobistym udziale Prezesa tego Centrum, dr Lecha B. Dobrzańskiego i jego współpracowników zatrudnionych w Centrum. Podczas tej Konferencji zespół Prof. Tsanki Dikovej przedstawił kilka artykułów naukowych opracowanych przez nich:

- Implementacja zaawansowanych technologii – podstawa rozwoju nowoczesnej stomatologii T. Dikova (wykład otwierający)
- Mechanizm korozji w warstwach stali nierdzewnej austenitycznej stopionych laserowo w roztworze Ringera T. Dikova, N. Panova, I. Parushev (wykład zaproszony)
- Analiza wytrzymałości na zginanie i modułu Younga żywic bazowych protez dla technologii druku 3D metodą stereolitografii maskowanej P. Penchev
- Synteza jadalnych folii na bazie chitozanu z dodatkiem olejku goździkowego z różnymi plastyfikatorami G. Zsivanovits, S. Milenkova, M. Marudova, K. Nikolova
- Modele anatomiczne drukowane w 3D do przedoperacyjnego planowania złożonych operacji ortopedycznych kończyn dolnych. P. Valchanov, S. Ivanov

5.6.4. W roku akademickim 2021/2022, wspólnie z Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjnego Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej do ASKLEPIOS Gliwice, Polska, kierowanym przez CEO dr Lecha B. Dobrzańskiego, jako instytucją wspierającą, zespół Uniwersytetu Medycznego w Warnie wzięło udział w Projekcie CEEPUS PL-1705-02-22122 – „INTEGRACJA Rozwój, edukacja i praktyczne doskonalenie w zakresie

wieloaspektowych problemów projektowania i wytwarzania produktów do celów przemysłowych i biomedycznych”.

5.6.5. **W okresie od 22 do 29 czerwca 2024 r. dr Lech B. Dobrzański wziął udział na zaproszenie Prof. Tsanki Dikovej w stażu naukowym na Uniwersytecie Medycznym w Warnie w Bułgarii.**

5.6.5.1 **W ramach tego stażu był zaproszonym wykładowcą na warsztatach „Inżynieria Biomedyczna” na Uniwersytecie Medycznym w Warnie w Bułgarii.** Ramowy program warsztatów obejmował spotkania z kierownictwem Uniwersytetu Medycznego w Warnie i Wydziału Stomatologii, dyskusje, pokazy i szkolenia z członkami grup badawczych. Warsztaty zostały zorganizowane w ramach projektu NQ BG-RRP-2.004-0009-C02 Unii Europejskiej-NextGenerationEU, poprzez Narodowy Plan Odbudowy i Odporności Republiki Bułgarii.

5.6.5.2 **W ramach stażu dr Lech B. Dobrzański wygłosił również wykład podczas udziału w X Międzynarodowym Kongresie Naukowym „Innowacje 2024” w Międzynarodowym Domu Naukowców im. Fryderyka Joliot-Curie, w ośrodku St. Konstantin i Elena koło Warny na temat „Zastosowanie precyzyjnych implantologicznych szablonów chirurgicznych w rekonstrukcjach sąsiadujących z zębami o nietypowej anatomii - wykorzystanie technologii Stomatologia 4.0”.**

5.6.5.3 **Dr Lech B. Dobrzański wygłosił również dwa wykłady publiczne dla pracowników i studentów Uniwersytetu Medycznego w Warnie na temat:**

- „Znaczenie współczesnej inżynierii stomatologicznej w zintegrowanym rozwoju idei przemysłu i rosnących oczekiwań konsumentów” oraz
- „Projektowanie komputerowe i produkcja addytywna w implantologii i diagnostyce proekologicznej”.

5.7. **Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, zespół prof. Zenona Czuby, (zaświadczenie prof. Zenona Czuby, załącznik nr 9); Współpraca w zakresie realizacji agendy badawczej w zakresie badań biologicznych realizowanych w ramach projektu IMSKA-MAT wykonywane w laboratoriach SUM w Zabrze -Rokitnicy w latach 2017-2018 :**

5.7.1. **realizacja badań biologicznych dotyczących proliferacji ludzkich komórek z linii doświadczalnych na różnych podłożach metalowych**

5.7.2. **opublikowanie 2 artykułów naukowych:**

- L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. AchtelekFranczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, The new generation of the biological-engineering materials for applications in medical and dental implant-scaffolds, Archives of Materials Science and Engineering 91/2 (2018) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5490>

- L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelik-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll, Metallic skeletons as reinforcement of new composite materials applied in orthopaedics and dentistry, Archives of Materials Science and Engineering 92/2 (2018) 53-85.
DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6585>

5.8. Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze

- 5.8.1. współpraca przy realizacji agendy badawczej przy realizacji doktoratu (2024)- doktorant Uniwersytetu Zielonogórskiego odbywał 2-miesięczny staż przemysłowy w Centrum Asklepios pod opieką dr inż. Lecha B. Dobrzańskiego, związany z wytwarzaniem implantów stomatologicznych metodą selektywnego spiekania laserowego**
- 5.8.2. reprezentując instytucję współpracującą w Projekcie CEEPUS o akronimie „Integration” (2024-2025)**

5.9. Politechnika Koszalińska w Koszalinie (2021-2023)-

- 5.9.1. reprezentując instytucję współpracującą w Projekcie CEEPUS o akronimie „Integration”, (2021-2023)**
- 5.9.2. współpraca przy realizacji doktoratu wdrożeniowego – przerwany przez Uczelnię poprzez odmowę akceptacji przygotowanej umowy o realizację projektu po zwycięskiej ocenie w konkursie ministerialnym bez podania przyczyn pomimo rekrutacji Kandydatki z wynikiem najlepszym na Uczelni (2023)**
- 5.9.3. przygotowanie wspólnego projektu polsko-chińskiego, pozytywnie ocenionego w Polsce, lecz ostatecznie odrzuconego w Chinach**

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę i sztukę.

6.1 Działalność dydaktyczna:

6.1.1 Opiekun merytoryczny stażów organizowanego przez Centrum Badawczo-Rozwojowe Asklepios dla studentów w ramach stażu projektu IMSKA-MAT dla studentów: 6 osób w okresie 2018-2020

6.1.2 Opiekun z przemysłu doktoratu wdrożeniowego mgr inżynier Karoliny Rudziarczyk-Jagody realizowany na Politechnice Śląskiej w Gliwicach

6.1.3 Wygłoszone referaty dla studentów i pracowników Uczelni:

6.1.3.1 Uniwersytet Medyczny w Varnie, Bułgaria:

- „Znaczenie współczesnej inżynierii stomatologicznej w zintegrowanym rozwoju idei przemysłu i rosnących oczekiwań konsumentów”,
- „Projektowanie komputerowe i produkcja addytywna w implantologii i diagnostyce proekologicznej”.

6.1.3.2 Politechnika Poznańska:

- 9.01.2025 „Zaawansowane materiały inżynierskie i komputerowo wspomagane technologie procesów materiałowych w zastosowaniu do stomatologicznego leczenia implanto-protetycznego z uwzględnieniem przypadków klinicznych” w ramach Seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej

6.1.3.3 Uniwersytet w Żylinie:

- 20.02.2025 – referat pt: Additive Manufacturing of Ti and Co Alloys for Use in Dental Engineering, Seminarium Wydziału Mechanicznego

6.1.3.4 Politechnika Krakowska, Wydział Materiałowej i Fizyki Technicznej

- 19.03.2025 – Referat pt. Druk 3D w technologii SLS/SLM z użyciem stopów Ti oraz CoCr w zastosowaniu w inżynierii stomatologicznej w ramach Seminarium Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Krakowskiej

6.1.4. Działalność dydaktyczna w ramach Stowarzyszenia Gliwickiej Młodzieży SIGNUM w latach 2004-2025

6.1.4.1. Organizacja projektów szkoleniowych z zakresu przygotowania uczestników do egzaminu ECDL tzw. Komputerowego Prawa Jazdy (2007-2012):

- **Kierownik Projektu** w 15. projektach dotyczących szkolenia studentów i młodych pracowników (do 30 lat) w zakresie podstawowych umiejętności obsługi komputera uprawniających do wykonywania pracy biurowej kończących się egzaminem państwowym i otrzymaniem certyfikatu ECDL:

- Około **500 przeszkolonych osób**
- Wskaźnik skuteczności przekraczający **95%**
- Około **90. dwudniowych wyjazdowych sesji** zorganizowanych w ramach tych projektów

6.1.4.2. Działalność związana z popularyzacją sportu i aktywności sportowej wśród dzieci i młodzieży (2005-2025):

- Główny Wychowawca i Główny Organizator 10. Obozów żeglarskich dla dzieci i młodzieży łącznie dla około 250 uczestników na szlaku Wielkich Jezior Mazurskich
- Główny Wychowawca i Główny Organizator 10. Obozów narciarsko-snowboardowych dla dzieci i młodzieży łącznie dla około 350 uczestników w polskich Tatrach
- Główny Wychowawca i Główny Organizator 25. Rejsów żeglarskich dla rodzin z dziećmi Obozów żeglarskich dla dzieci i młodzieży łącznie dla około 250 uczestników

6.1.4.3. **Koordynator Projektu oraz główny Trener MEDIACJA SZKOLNA** (2. Edycje) organizowanego wraz z Młodzieżową Radą Miasta Gliwice, w ramach których:

- Przeprowadzono szkolenie mediatorów szkolnych wśród młodzieży gliwickich szkół średnich:
 - 35 szkół średnich z Gliwic
 - około 400 przeszkolonych uczniów z certyfikatem MEDIATORA SZKOLNEGO
 - około 25. trenerów
 - około 30. zjazdów weekendowych

6.2. Działalność organizacyjna związana z realizacją projektów naukowo-badawczych realizowanych przez Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo, w którym dr inż. Lech B. Dobrzański od roku 2016- nadal jest Prezesem Zarządu, kierując całą instytucją:

6.2.1. Projekt badawczo wdrożeniowy IMSKA-MAT Innowacyjne implanto-skafoldy stomatologiczne i szczękowo-twarzowe wytwarzane z wykorzystaniem innowacyjnej technologii addytywnej wspomaganej komputerowym projektowaniem materiałowym ADD-MAT realizowany przez Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo

6.2.1.1. W latach 2017-2023 Zastępca Kierownika Projektu

6.2.1.2. W latach 2020-2023 Koordynator Produkcji

6.2.1.3. W latach 2019-2023 Kierownik Pracowni CAD/CAM

- Efekty projektu to wdrożenie do sprzedaży elementów protetycznych posiadających następujące cechy:
 1. prostota procedury implantacyjnej,
 2. skrócenie czasu rekonwalescencji do kilku godzin,
 3. zmniejszenie rozległości zabiegu,

4. możliwość natychmiastowego wykonania ostatecznej odbudowy protetycznej,
 5. umożliwienie wykonywania precyzyjnych zabiegów rekonstrukcji kości twarzo-czaszki w oparciu o CBCT
- **Projekt zrealizowany ze środków Unii Europejskiej we współpracy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie**
 - **Wartość projektu: 14 727 464,80 zł**
 - **Wkład Funduszy Europejskich: 10 857 900,63 zł**
 - **Wkład własny: 3 869 564,17 zł**

6.2.2. Projekt Badawczo-Rozwojowy i Wdrożeniowy: CODIDENT

6.2.2.1. 2012-2014 Koordynator Projektu/Główny Inżynier Stomatologiczny

- Cel: Wzrost konkurencyjności i dywersyfikacja usług stomatologicznych poprzez wdrożenie innowacyjnego systemu wykonywania prac protetycznych i innowacyjnego systemu diagnostyki stomatologicznej
- Wdrożenie zintegrowanej technologii leczenia stomatologicznego z komputerowo wspomaganym projektowaniem i wytwarzaniem wyrobów dentystycznych z materiałów pełnoceramicznych, z badaniem wolumetrycznym metodą tomografii wiązki stożkowej CBCT zębów i kości szczęk i żuchwy z użyciem cyfrowego skanera wewnątrzustnego i linii produkcyjnej CAD/CAM w codziennej praktyce spółki Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI.
- **Finansowany przez Śląskie Centrum Przedsiębiorczości - dofinansowanie z EFPR 60% , 40% - środki CMIS SOBIESKI**
- **Wartość projektu: 1 500 000 zł**

6.2.3. Projekt Badawczo-Rozwojowy Zakończony Wdrożeniem: Rozbudowa Oferty Spółki CMIS Sobieski: CODIDENT2

6.2.3.1. 2013-2016 Kierownik Projektu

- Cel: Opracowanie technologii produkcji innowacyjnych uzupełnień protetycznych z użyciem technologii CAD/CAM i wdrożenie do sprzedaży następujących produktów: 1. innowacyjne protezy na teleskopach oparte na implantach, 2. mosty okrężne frezowane, 3. frezowane protezy szkieletowe, 4. zintegrowane z łącznikami mosty implantologiczne oparte na platformach
- **Finansowany przez Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI**
- **Wartość projektu: 1 000 000 zł**

6.2.4. prace badawczo-rozwojowe z zakresu inżynierii stomatologicznej zlecone przez klienta

6.2.4.1. 2017-2018 Kierownik Projektu

- Cel: w ramach prac badawczo-rozwojowych realizowanych wdrożone zostały następujące innowacyjne produkty: drukowane szablony implantologiczne ASKLEPIOSguide wraz z procedurą kliniczną ich stosowania.

- Wartość projektu: 600 000 zł

6.2.5. prace badawczo-rozwojowe z zakresu inżynierii stomatologicznej dla klienta w zakresie opracowania innowacyjnej w skali świata koncepcji zabezpieczenia gabinetu stomatologicznego w pandemii COVID19

6.2.5.1. 2020-2021 Kierownik B+R / Główny Inżynier Stomatologiczny

- Cel: Opracowanie koncepcji zabezpieczenia gabinetu stomatologicznego i przebywającego w nim personelu przed drobnoustrojami, w tym przede wszystkim SARS-cov-2. Opracowanie i zgłoszenie do opatentowania innowacyjnych urządzeń. Projekt obejmował I-III TRL.
- **Wartość projektu: 600 000 zł**

6.2.6. prace rozwojowe CPBPIMIS Asklepios

6.2.6.1. 2018-2021 Dyrektor Centrum Inżynierii Stomatologicznej Asklepios - Koordynator

- Cel: w ramach prac rozwojowych realizowanych wdrożone zostały następujące innowacyjne produkty: drukowane mosty protetyczne z CoCr i stopów tytanu, higienic titanium bridge, drukowane tytanowe protezy szkieletowe, procedury natychmiastowej implantacji połączone z osadzeniem ostatecznej pracy protetycznej, procedura wykonywania jednoelementowych prac protetycznych przykręcanych opartych na implantach i inne
- **Wartość projektu: 1 700 000 zł**

6.2.7. wykonanie dokumentacji oceny zgodności wyrobu medycznego z wymaganiami zasadniczymi dla wyrobów medycznych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 17. lutego 2016 roku

6.2.7.1. 2017-2018 Kierownik Zadania

- Cel: złożenie 14 wniosków zgłoszeniowych dotyczących 14 różnych rodzajów uzupełnień protetycznych i wyrobów stomatologicznych wykonywanych na zamówienie w spółce CPBPIMIS Asklepios, do którego złożenia konieczne były wykonanie oceny zgodności - wnioski tożsame z wnioskiem, który będzie złożony jako kamień milowy w etapie 5 niniejszego projektu
- **Wartość projektu: 500 000 zł**

6.2.8. 2016-nadal Prezes Zarządu Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjnego Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo

6.2.9. 2017-nadal Dyrektor Centrum Inżynierii Stomatologicznej ASKLEPIOS

6.2.10. 2023 – nadal Prezes Zarządu Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI sp zoo:

6.2.10.1. Menadżer medyczny

6.2.10.2. Główny Inżynier Stomatologiczny

6.2.11. 2011- nadal Prezes Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI L. Dobrzański, J.Dobrzańska s.c.

6.2.11.1. Menadżer medyczny

6.2.11.2. Główny Inżynier Stomatologiczny

6.2.11.3. Kierownik Centrum Badawczo-Rozwojowego CODIDENT

6.3. Działalność popularyzująca naukę

- 6.3.1. Członek Komitetu Organizacyjnego The 26th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering with Bioengineering and Dental Engineering" AMME & bio 2024 joined with "For you WW Worldwide CEEPUS Workshop INTEGRATION", organizowanej w okresie 20-23.05.2024 w Wiśle Malince w Polsce
- 6.3.2. Członek Komitetu Organizacyjnego konferencji CASICAM 2025 w Casablance w Maroko, która odbędzie się w okresie 23.04-25.04.2025 w Casablance
- 6.3.3. Członek Editorial board of the International Scientific Journal "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations", published by the Scientific Technical Union of Mechanical Engineering in Bulgaria. <https://stumejournals.com/ms.htm>
- 6.3.4. Członek the International Program Committee of the International Scientific Conference "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations". <https://www.material-science.eu/index.html>
- 6.3.5. Statistic Editor członek Editorial Board w Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering , Gliwice, Poland (Scopus 2,3)
- 6.3.6. Guest Editor w wydawnictwie MDPI w następujących specjalnych zeszytach:
 - 6.3.6.1. "Recent Biomedical Materials" METALS (*IF 2.351 Scopus 3.4*),
 - 6.3.6.2. "DENTAL ENGINEERING" Processes (*IF 2.847, Scopus 2.4*),
 - 6.3.6.3. „Synthesis and Characterization of Biomedical Materials” (*IF2,847 and Scopus 2,4*).
 - 6.3.6.4. REPER Recent Materials Engineering Performances, ENG (Scopus 3,1 2024, tracked in IF)
 - 6.3.6.5. Applications of Ceramic and Cermet Coatings, Coatings (*IF 2,9 and Scopus 5.0*)
 - 6.3.6.6. REPER Recent Materials Engineering PERformances 2025–2026 (tracked in IF and Scopus 2,1)
- 6.3.7. Section Board Member Journal ENG MDPI Szwajcaria-Chiny

6.4. Działalność popularyzująca sztukę

- 6.5.1. współpraca z wydawnictwem NAXOS (Niemcy) przy wydaniu płyt z muzyką klasyczną jako Producent płyty z ramienia Stowarzyszenia SIGNUM :
 - 6.5.1.1. F. Liszt - Harmonies poétiques et religieuses, Naxos (2019), maestro prof. Wojciech Waleczek

6.5.1.2. F. Schubert - Rarities and Short Piano Works, Naxos (2021), maestro prof. Wojciech Waleczek

6.5.1.3. F. Liszt - Weihnachtsbaum, Naxos (2024), maestro prof. Wojciech Waleczek

6.5.2. współpraca z wydawnictwem Capriccio (Austria) przy wydaniu płyt z muzyką klasyczną jako Producent płyty z ramienia Stowarzyszenia SIGNUM:

6.5.1.2. F. Liszt - Grandes études de Paganini, Transcendental études de Paganini, maestro prof. Wojciech Waleczek (Capriccio)

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej, oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6.

7.1. Medale:

- Medal przyjaźni Uniwersytetu Medycznego w Varnie, 2024

7.2. Pozostałe osiągnięcia.

Jestem autorem 47 publikacji (, w tym tych wliczone do wniosku habilitacyjnego) oraz 10 Patentów RP.

Liczba cytowań (według bazy Scopus): 499 (stan na dzień 31.03.2025)

Indeks h(Sc): 14 (stan na dzień 31.03.2025)

W tym:

- 14 prac z Impact Factor - $\Sigma IF = 37,655$ (aktualny)
- 47 z MNiSW - $\Sigma MNiSW = 1396,42$ (aktualne)

Liczba cytowań wg Google Scholar: 924 (stan na dzień 31.03.2025)

Indeks h(GS) 19, i10(GS) 32,

Liczba cytowań wg Web of Science : 166 (stan na dzień 31.03.2025)

Indeks h(Ws) 8

W 10. publikacjach jestem pierwszym autorem, a w 24. jestem drugim autorem.

7.3. Działalność recenzencka

Sumarycznie wykonałem 105 recenzji dla czasopism naukowych:

Wg ORCID:

1. Review activity for Algorithms. (2)
2. Review activity for Antibiotics. (2)
3. Review activity for Applied sciences. (1)
4. Review activity for Bioengineering. (1)
5. Review activity for Biomedicines. (6)
6. Review activity for Biomimetics. (1)
7. Review activity for Coatings. (1)
8. Review activity for Diagnostics. (8)
9. Review activity for Healthcare. (2)
10. Review activity for Hygiene. (1)
11. Review activity for International journal of molecular sciences. (5)
12. Review activity for Journal of clinical medicine. (6)
13. Review activity for Journal of composites science. (2)

14. Review activity for Journal of functional biomaterials. (10)
15. Review activity for Journal of manufacturing and materials processing. (1)
16. Review activity for Journal of personalized medicine. (2)
17. Review activity for Materials performance and characterization. (2)
18. Review activity for Materials. (16)
19. Review activity for Medicina. (3)
20. Review activity for Membranes. (1)
21. Review activity for Metals. (9)
22. Review activity for Microorganisms. (4)
23. Review activity for Polymers. (5)
24. Review activity for Processes. (3)
25. Review activity for Prosthesis (2)
26. Review activity for Sensors. (3)
27. Journal AMME: 6 recenzji

7.4. Współpraca krajowa i międzynarodowa – Partnerzy Naukowi

- Prof. Leszek A. Dobrzański – Politechnika Śląska, Politechnika Koszalińska, CPBPIMIS Asklepios sp zoo
- Prof. Anna Dobrzańska-Danikiewicz – Uniwersytet Zielonogórski
- Prof. Piotr Malara – Politechnika Śląska
- Prof. Marta Tanasiewicz – Śląski Uniwersytet Medyczny
- Dr hab. Inż. Mieczysław Pancielejko, Profesor Uczelni – Politechnika Koszalińska
- Prof. Zenon Czuba – Śląski Uniwersytet Medyczny
- Dr hab. inż. Klaudiusz Gołombek, Profesor Uczelni – Politechnika Śląska
- Dr inż. Marek Kremzer – Politechnika Śląska
- Dr inż. Anna Achteplik-Franczak – Politechnika Śląska, CPBPIMIS Asklepios
- Mgr inż. Karolina Rudziarczyk-Jagoda - Politechnika Śląska, CPBPIMIS Asklepios
- Dr n. hum. Marzena Kraszewska – Uniwersytet Merito
- Dr inż. Marek Szindler – Politechnika Śląska
- Prof. Lotar Kroll - Uniwersytet Techniczny w Chemnitz, Niemcy
- Dr inż. Eugeniusz Hajduczek – Politechnika Śląska
- Dr inż. Tomasz Gawęł – Politechnika Śląska
- Prof. Tsanka Dikova – Uniwersytet Medyczny w Varnie, Bułgaria
- Prof. Božo Smoljan, University of North, Koprivnica, Croatia
- Prof. Dr. Jorge Roberto Vargas Garcia Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales (ESIQIE), Instituto Politécnico Nacional, Col. Zacatenco, Mexico City, Mexico

- Prof. Dr. Gilmar Ferreira Batalha, Department of Mechatronics and Mechanical Systems Engineering (PMR) (POLI), University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil
- Prof. Dr. Jingwei Zhao College of Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, China
- Prof. Emilia Wołowicz-Korecka, Institute of Materials Science and Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Lodz University of Technology, Lodz, Poland
- Prof. Dr. Borut Kosec Department of Materials and Metallurgy, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenia
- Prof. Dr. Christof Sommitsch Institute of Materials Science, Joining and Forming, Graz University of Technology, Graz, Austria
- Prof. Dr. Sabu Thomas Vice Chancellor, Mahatma Gandhi University, Priyadarshini Hills, Kottayam, Kerala, India

7.5. Profile naukowe

- ORCID:
Lech B. Dobrzański (0000-0002-4671-3060) - ORCID
- SCHOLAR GOOGLE:
https://scholar.google.pl/citations?view_op=list_works&hl=pl&hl=pl&user=HSiwr4AAAAJ&pagesize=80&sortby=pubdate
- Scopus
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55608223100>
- Web of Science
Web of Science ResearcherID ABA-9778-2021

7.6. Sumaryczne zestawienie działalności naukowo – badawczej

	Po doktoracie	Przed doktoratem
Patenty	7	2
Liczba publikacji	28+4 w druku	19
Pierwszy autor	10	
Drugi autor	14	
Udział w konferencjach	15	1
Keynote lecture I invited lecture	9	
Udział w projektach badawczo-rozwojowych I naukowych - kierownik i koordynator	3	4
Udział w projektach badawczo-rozwojowych I naukowych - wykonawca	1	
Sumaryczny impact factor pozostałych prac na dzień 31.03.2025	36,395	1,26
Sumaryczny Impact Factor	37,655	

publikacji naukowych na dzień 31.03.2025		
Suma punktów MNiSW dla wszystkich prac	1396,42	
Aktualny Indeks Hirscha wg Scopus	14	
Aktualny Indeks Hirscha wg Scholar Google	19	
Aktualny Indeks i10 wg Scholar Google	32	
Aktualna liczba cytowań na dzień 31.03.2025 w Scopus	499	
Aktualna liczba cytowań na dzień 31.03.2025 w Scholar Google	924	
Recenzje manuskryptów publikacji	105	
Udział w Komitetach Organizacyjnych Konferencji Naukowych	2	
Udział w Komitetach Programowych czasopism naukowych	2	
Guest Editor w czasopismach naukowych	6	

7.5. Plany na przyszłość.

Dr inż. Lech Dobrzański nadal prowadzi aktywną działalność badawczo-naukową ukierunkowaną na wprowadzanie innowacyjnych materiałów, technologii wytwarzania i konkretnych rozwiązań technologicznych do praktyki stomatologicznej szczególnie związanej z projektowaniem uzupełnień protetycznych oraz implantoprotetycznych, szablonów chirurgicznych ukierunkowanych na przyspieszenie czasu realizacji leczenia protetyczno-implantologicznego w szczególności w oparciu o prawidłowe projektowanie rozmieszczenia implantów, optymalnego doboru materiału tego uzupełnienia, prawidłowego obciążenia implantów z zapewnieniem wystarczającej wytrzymałości wszystkich elementów składowych. Badania związane są w szczególności z wykorzystaniem stopów tytanu wytwarzanych w technologii addytywnej SLS/SLM. Badania w dalszym ciągu mają związek z optymalizacją procesu wytwarzania, prawidłowego doboru proszków metalowych oraz optymalizacji procesu. Dr inż. Lech Dobrzański prowadzi także zaawansowane badania związane z szerokim zastosowaniem technologii Atomic Layer Deposition do wytwarzania nanometrycznych warstw pośrednich stosowanych w licowanych uzupełnieniach protetycznych oraz wspomagających osteointegrację implantów wytwarzanych z różnych stopów tytanu. Rozszerzone badania w przyszłości mają także na celu zastąpienie stopów tytanu stopami magnezu, które wykazują własności lepiej odpowiadające kości pacjenta. Dr inż. Lech Dobrzański prowadzi także aktualnie szerokie badania związane z analizami metodą elementów skończonych warunków stosowania różnych rodzajów implantów w konkretnych

sytuacjach klinicznych, w szczególności w przypadku występowania deficytów kości, tak aby zobiektywizować możliwość stosowania poszczególnych rozwiązań implantologicznych w konkretnych sytuacjach klinicznych. Pierwsze publikacje z tego okresu będą publikowane w połowie roku 2025. Podstawą wszelkich wymienionych planowanych dokonań są gruntowne badania struktury i własności zaawansowanych materiałów inżynierskich i technologii procesów materiałowych z wykorzystaniem najnowocześniejszych metod badawczych. Tym celom służy nawiązana współpraca z kilkoma Uczelniami technicznymi i medycznymi oraz krystalizujące się plany w zakresie przygotowywanych projektów badawczo-wdrożeniowych.

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

**CI. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH,
STANOWIĄCYCH ZNACZNY WKŁAD
W ROZWÓJ DYSCYPLINY
INŻYNIERIA MATERIAŁOWA**

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice

CI. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

niniejsza część wniosku zawiera:

1. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy;
2. Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy;
3. Inne, niż wymienione w pkt. I.1-3, osiągnięcia naukowe.

Oświadczenie

Zaprezentowane wyniki analiz teoretycznych i badań doświadczalnych zawartych w wymienionych artykułach i innych publikacjach są wynikiem kilku projektów badawczo-wdrożeniowych, którymi Wnioskodawca kierował osobiście oraz wysokonakładowego projektu IMSKA-MAT wykonanego w latach 2017-2023 na rzecz NCBiR, w którym pełnił funkcję kierownika badawczo-rozwojowego i odpowiadał za całość rozliczeń finansowych i działań inwestycyjnych oraz realizację prac badawczo-rozwojowych. W ramach wszystkich cytowanych prac Wnioskodawca osobiście brał udział w opracowaniu koncepcji badań i innych prac, w realizacji badań naukowych i podsumowaniu ich wyników oraz w opracowaniu wyników badań i przygotowaniu końcowym publikacji, a w przypadku wystąpień konferencyjnych także w przygotowaniu odpowiednich prezentacji komputerowych. Ze względu na wiodącą rolę ustalono między Autorami, że mój udział własny w każdej publikacji jest powiększony każdorazowo o 15% w stosunku do 85/n % ze względu na wiodącą rolę merytoryczną w przygotowaniu każdej publikacji oraz kierownictwo organizacyjne, znaczący wkład w opracowanie koncepcji i hipotez badawczych oraz opracowania wyników badań oraz dokonanych studiów i analiz oraz zapewnienie finansowania w każdym z przypadków lub o 70/n %, gdy funkcje koordynacyjne sprawowały 2 osoby (gdzie n stanowi liczbę wszystkich współautorów). Wobec tego w każdym przypadku jest to dominujący udział współautorski w każdym z podanych artykułów współautorskich, z wyjątkiem autorskich, gdzie ten udział wynosi 100%.

.....
(Dr inż. Lech Bolestaw Dobrzański - wnioskodawca)

1. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy

1.1. Artykuł monograficzny

1. **L.B. Dobrzański**, Advanced engineering materials and materials processing technologies in dental implant and prosthetic treatment with clinical cases, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 121/1 (2023) 7-45. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3103>

1.2. Artykuły źródłowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora:

2. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, Effect of Biomedical Materials in the Implementation of a Long and Healthy Life Policy, Processes 9/5 (2021) 865. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9050865>
3. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, The Concept of Sustainable Development of Modern Dentistry, Processes 8/12 (2020) 1605. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8121605>
4. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Approach to the design and manufacturing of prosthetic dental restorations according to the rules of the Industry 4.0, Materials Performance and Characterization 9/1 (2020) 394-476. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200020>
5. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtełik-Franczak, Non-Antagonistic Contradictoriness of the Progress of Advanced Digitized Production with SARS-CoV-2 Virus Transmission in the Area of Dental Engineering, Processes 8/9 (2020) 1097. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8091097>
6. **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, The digitisation for the immediate dental implantation of incisors with immediate individual prosthetic restoration, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 97/2 (2019) 57-68. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.8541>
7. **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak, J. Dobrzańska, P. Pietrucha, Application of polymer impression masses for the obtaining of dental working models for the stereolithographic 3D printing, Archives of Materials Science and Engineering 95/1 (2019) 31-40. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.1015>
8. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, The Importance of Synthesis and Characterization of Biomedical Materials for the

- Current State of Medicine and Dentistry, Processes 9/6 (2021) 978. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060978>
9. **L.B. Dobrzański**, Anna Achteplik-Franczak, J.Dobrzańska, L.A. Dobrzański, Comparison of the Structure and Properties of the Solid Co-Cr-W-Mo-Si Alloys Used for Dental Restorations CNC Machined or Selective Laser-Sintered, Materials Performance and Characterization 9/4 (2020) 556-578. DOI: <https://doi.org/10.1520/MPC20200023>
 10. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, J. Dobrzańska, Application Solid Laser-Sintered or Machined Ti6Al4V Alloy in Manufacturing of Dental Implants and Dental Prosthetic Restorations According to Dentistry 4.0 Concept, Processes 8/6 (2020) 664. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8060664>
 11. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Dentistry 4.0 Concept in the Design and Manufacturing of Prosthetic Dental Restorations, Processes 8/5 (2020) 525. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr8050525>
 12. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Additive and hybrid technologies for products manufacturing using powders of metals, their alloys and ceramics, Archives of Materials Science and Engineering 102/2 (2020) 59-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1525>
 13. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, Z.P.Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, P.Malara, M. Szindler, L. Kroll, The new generation of the biological-engineering materials for applications in medical and dental implant-scaffolds, Archives of Materials Science and Engineering 91/2 (2018) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5490>
 14. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, P.Malara, M. Szindler, L. Kroll, Metallic skeletons as reinforcement of new composite materials applied in orthopaedics and dentistry, Archives of Materials Science and Engineering 92/2 (2018) 53-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6585>
 15. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Manufacturing technologies thick-layer coatings on various substrates and manufacturing gradient materials using powders of metals, their alloys and ceramics, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 99/1 (2020) 14-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1598>
 16. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, What Are the Chances of Resilon to Dominate the Market Filling Materials for Endodontics?, Metals 11/11 (2021) 1744. DOI: <https://doi.org/10.3390/met11111744>
 17. L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, K. Gołombek, Development Strategy of Endodontic Filling Materials Based on Engineering and Medical Approaches, Processes 9/11 (2021) 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9112014>

18. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, K. Gołombek, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment?, Processes 9/8 (2021) 1467. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9081467>
19. J. Dobrzańska, **L.B. Dobrzański**, K. Gołombek, L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Virtual Approach to the Comparative Analysis of Biomaterials Used in Endodontic Treatment, Processes 9/6 (2021) 926. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9060926>
20. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, M. Kraszewska, Manufacturing powder of metals, their alloys and ceramics and the importance of conventional and additive technologies for products manufacturing in Industry 4.0 stage, Archives of Materials Science and Engineering 102/1 (2020) 13-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1452>
21. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Overview of conventional technologies using the powders of metals, their alloys and ceramics in Industry 4.0 stage, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 98/2 (2020) 56-85. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1481>

1.3. Artykuły źródłowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego opublikowane przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

22. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Screw-retained full arch restorations – methodology of computer aided design and manufacturing, Archives of Materials Science and Engineering 83/1 (2017) 23-29. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7538>
23. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer aided manufacturing and design of fixed bridges restoring the lost dentition, soft tissue and the bone, Archives of Materials Science and Engineering 81/2 (2016) 68-75. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7101>
24. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, Computer-aided designing and manufacturing of partial removable dentures, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 73/2 (2015) 157-164.
25. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Designing and manufacturing of implantoprosthodontic fixed suprastructures in edentulous patients on the basis of digital impressions, Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 163-171.
26. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography, Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 140-149.4.3.

1.4. Materiały uzupełniające - rozdziały monograficzne w książkach naukowych wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (nieuwzględnione w przepisach art. 219 ust. 1 pkt 2 lit b cytowanej Ustawy) (5)

27. **L.B. Dobrzański**, Chapter 4: Mechanical Properties Comparison of Engineering Materials Produced by Additive and Subtractive Technologies for Dental Prosthetic Restoration, in: L.A. Dobrzański (ed), Biomaterials in Regenerative Medicine, IntechOpen, Rijeka, Croatia, 2018, 111-140. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.70493>
28. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska, Chapter 8. Ethical imperatives towards the development prospects of the triad of Dentistry 4.0, dental engineering, and nanoengineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), Ethics in Nanotechnology: Social Sciences and Philosophical Aspects, de Gruyter, Berlin, Germany, 2021, 157-248. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110719932-008>
29. **L.B. Dobrzański**, P. Malara, Chapter 9: Methodology of computer-aided design and production of dental prosthetic restorations from solid engineering materials, in: L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz (eds), Microporous and solid metallic materials for medical and dental applications, Open Access Library, Annal VII(1), International OCSCO World Press, Gliwice, 2017, 500-534 (in Polish).
30. P. Malara, **L.B. Dobrzański**, Chapter 1: Strategies for computer-aided designing of surgical guides for dental implant procedures based on cone beam computed tomography, in: D. Carter (ed), Computed Tomography: Advances in Research and Applications, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2017, 1-22.
31. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska, Chapter 7: The synergistic ethics interaction with nanoengineering, dentistry, and dental engineering, in: M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds), Ethics in Nanotechnology: Emerging Technologies Aspects, de Gruyter, Berlin, 2021, 119-190. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110701883-007>

1.5. Współredagowanie książki naukowej (nieuwzględnione w ustawie) (1)

32. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska (eds), Synthesis and Characterization of Biomedical Materials, Processes Special Issue, MDPI, Basel, Switzerland, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2523-5> wydane w Bazylei w Szwajcarii w formie książki liczącej 527 stron

1.6. Artykuły źródłowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego nie zacytowane w artykule monograficznym (opublikowane po opublikowaniu artykułu monograficznego)

33. A. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, Additive Manufacturing by Selective Laser Sintering at the Basics of the Integrated Industry Idea 4.0/5.0 and Contemporary

- Dental Implant-Prosthetic Treatment, Nova Science Publishers, New York, USA, 2025 (accepted for printing).
34. A. **L.B. Dobrzański**, Use of precise implantological surgical guides in reconstructions adjacent to teeth with unusual anatomy - use of Dentistry 4.0 technology, International Scientific Journal "Industry 4.0" 9/4 (2024) 138-142.
 35. A. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, Dentistry Sustainable Development model as a realization of updated assumptions of Industry 4.0/5.0 in the area of implant-prosthetic treatment, Archives of Materials Science and Engineering 130/1 (2024) 31-41. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.9131>
 36. A. **L.B. Dobrzański**, J. Dobrzańska, L.A. Dobrzański, K. Rudziarczyk-Jagoda, Strength Analysis of Selectively Laser Sintered Titanium Alloy Dental Implant-Scaffolds for Immediate Implantation Applications, Eng (2025) (in printing).
 37. A. L.A. Dobrzański, **L.B. Dobrzański**, The Role of Additive Manufacturing in the Contemporary Stage of the Industry Integrated Idea, Proceedings of the Casablanca International Conference on Additive Manufacturing, Casablanca, Morocco, 2025 (in printing).

2. Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy stanowiące znaczny wkład w zakresie Inżynierii materiałowej

- 3.1. **Dr inż. Lech Dobrzański uczestniczy od niemal 12 lat w procesie opracowywania i wdrażania do użytku we własnym laboratorium protetycznym oraz własnej praktyce klinicznej innowacyjnego implantoskafoldu dentystycznego oraz szczękowo-twarzowego.**
W tym celu opracował wraz ze współpracownikami w sumie 8 udzielonych już patentów, które pozwoliły na opracowanie ostatniej wersji implantoskafoldu w 4 patentach:

1. **Pat.245986**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant stomatologiczny, 2020

Przedmiotem zgłoszenia jest wysokorozwinięty powierzchniowo implant kostny w tym twarzoczaszki o wysoce rozwiniętej powierzchni kontaktu z kością składający się z materiałów metalowych, materiałów polimerowych, materiałów ceramicznych, materiałów kompozytowych, w tym tytanu i jego stopów, opracowany na podstawie danych z użyciem metod obrazowania medycznego oraz komputerowo wspomaganym metod wytwarzania przyrostowego zastępujący fragmenty ubytków kości kończyn stosowany na protezy kości oraz integralne fragmenty protez stawowych w medycynie rekonstrukcyjnej charakteryzuje się tym, że posiada strefę wypustkową (1) odwzorowującą ściśle kształt oraz cechy geometryczne ubytku kostnego, składający się z nierozłącznej i niemożliwej do zdemonstrowania połączonej w jedną całość warstwy podłoża w postaci rdzenia (2), ze strefą o strukturze odzwierciedlającej kształt zastępowanego ubytku kostnego oraz strefy wierzchniej zawierającej najeżone wypustki (3), mające postać pręcików o grubości do 5 mm i długości do 10 mm, niepokrytych lub pokrytych cienką warstwą materiału bioaktywnego, barierowego lub bakteriostatycznego

o grubości co najwyżej do 3000 μm , które w rzucie z góry korzystnie mają kształt prostokątny lub trapezowy, które trwale, w sposób niemożliwy do rozłączenia połączone są z rdzeniem (2), pomiędzy którym, a strefą wypustkową (1), korzystnie osadzona jest strefa (25) z od 0 do 10 porowatymi warstwami o otwartych mikroporach, o zróżnicowanym kształcie i wymiarach geometrycznych od 0 do 2000 μm , które są ułożone w kierunku prostopadłym do powierzchni implantu, stanowiąc kontynuację odległości dylatacyjnych gw pomiędzy rzędami wypustek (3) oraz odległościami „c” między wypustkami (3) w ich rzędach

2. **Pat.241034**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant kostny w tym twarzoczaszki, 2020

Przedmiotem zgłoszenia jest wysokorozwinięty powierzchniowo implant stomatologiczny jednoczęściowy o wysoce rozwiniętej powierzchni kontaktu z kością, wytworzony z materiałów metalowych, materiałów polimerowych, materiałów ceramicznych, materiałów kompozytowych, w tym tytanu, kobaltu i magnezu i ich stopów, opracowany na podstawie danych z użyciem metod obrazowania medycznego w tym komputerowej tomografii wiązki stożkowej CBCT (Cone-Beam Computed Tomography) oraz komputerowo wspomaganych metod wytwarzania przyrostowego, do uzupełniania ubytków zębowych, charakteryzujący się tym, że ma monowarstwową, wielowarstwową lub gradientową mikrostrukturę powierzchniową o grubości od 0 do 3 mm, korzystnie nie więcej, niż 10 μm bez warstw biologicznych, składa się z połączonych ze sobą nierozłącznie i w sposób niemożliwy do zdemontowania części środkowej (1), śróddziąstowej (2) zawierającej krążek bakteriostatyczny z kołnierzem przylegającym do części środkowej (1) do zapobiegania fizycznemu przeniknięciu bakterii do strefy środkowej (1) w szczelinie powierzchnią części śróddziąstowej i śluzówką ze stopniem protetycznym przebiegającym na długości do 2 mm poniżej linii dziąsła i części naddziąstowej zwanej łącznikiem (3), w osi której znajduje się otwór z gwintem wewnętrznym i/lub żeński wewnętrzny stożek typu Morse'a do łączenia z koroną lub mostem protetycznym, umieszczony pod kątem λ od 0 do 90 stopni, korzystnie od 0 do 60 stopni względem osi części środkowej (1) implantu do wkręcenia śruby mocującej łącznik, przy czym część środkowa (1) dzieli się na strefę korzeniową w postaci rdzenia (4) litego lub szkieletowego mikroporowatego bez otwartych porów na powierzchni, który na obwodzie posiada wypustki (5) w postaci pręcików o grubości i długości do 5 mm, niepokrywanych lub pokrytych cienką warstwą materiału bioaktywnego, barierowego i/lub bakteriostatycznego o grubości co najwyżej 3000 μm , przy czym wypustki (5) są usytuowane warstwowo tworząc warstwy wypustkowe oraz strefę wierzchołkową (6), mającą kształt części zęba zastępowanego lub stanowiącą grot.

3. **Pat.229149**, Implanto-scaffold kostny, 2015

Implanto - scaffold kostny składający się z zaawansowanych materiałów inżynierskich takich jak: tytan i jego stopy, ceramika obojętna, materiały polimerowe i materiały kompozytowe, włącznie z materiałami posiadającymi wymagane dopuszczenia i certyfikaty do zastosowań klinicznych, opracowany na podstawie danych z użyciem

komputerowo wspomaganych metod przyrostowych na protezy kości oraz integralne fragmenty protez stawowych charakteryzuje się tym, że składa się on ze strefy litej (1) i strefy o strukturze porowatej (2) w miejscu gdzie implanto - skafold łączy się z kikutami kostnymi lub odpowiednio w przypadku konstrukcji zintegrowanej z implantami stawowymi z elementami kostnymi pozostałymi po usunięciu stawów. Porowate strefy w implanto - skafoldzie charakteryzują się różną wielkością mikroporów w zakresie 0 - 2000 μm i różnym kształtem mikroporów, oraz w wariancie gdzie powierzchnie mikroporów pokrywa się cienką warstwą 0 - 500 μm z materiału bioaktywnego.

4. **Pat.229148**, Implanto-skafold lub proteza elementów anatomicznych układu stomatognatycznego oraz twarzoczaszki, 2015

Implanto - skafold i proteza elementów anatomicznych układu stomatognatycznego oraz twarzoczaszki, składające się z zaawansowanych materiałów inżynierskich, takich jak tytan i jego stopy, ceramika obojętna, materiały polimerowe i materiały kompozytowe, opracowane na podstawie danych z użyciem komputerowo wspomaganych metod przyrostowych, przeznaczone odpowiednio do zastosowań w protetyce i implantologii stomatologicznej oraz w chirurgii szczękowo - twarzowej oraz twarzoczaszki charakteryzują się tym, że zbudowane są z litego rdzenia (1) otoczonego hybrydową, konstrukcyjnie zintegrowaną warstwą mikroporów, tworzących strefę o strukturze porowatej (2) o wielkości porów w zakresie 0 - 2000 μm o zróżnicowanym kształcie i wymiarach geometrycznych.

Uzupełniające patenty do tych 4. głównych opisują szczegółowe rozwiązania technologiczne.

5. **Pat.236090**, Sposób wytwarzania materiałów kompozytowych o mikroporowatej szkieletowej strukturze wzmocnienia, 2016

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania materiałów kompozytowych, który polega na tym, że szkielet wytworzony z metalu wysokotopliwego w procesie selektywnego spiekania laserowego poddaje się procesowi infiltracji ciśnieniowej pod ciśnieniem nie wyższym niż 100 MPa, nie dłużej niż 30 minut, podczas której następuje wypełnienie szkieletu materiałem osnowy stanowiącym materiał metalowy ze stopów metali niskotopliwych.

6. **Pat.237449**, Kompozyty biologiczno-inżynierskie dla medycyny regeneracyjnej, 2015

Przedmiotem zgłoszenia są hybrydowe, wielowarstwowe, kompozyty biologiczno-inżynierskie tworzące całość i złożone z porowatych materiałów kompozytowych o osnowie powietrza ze wzmocnieniem z materiałów metalowych lub ceramicznych lub kompozytowych lub polimerowych, w tym z nanowłókien polimerowych, wytworzone z wykorzystaniem nowoczesnych metod w tym metod przyrostowych i technologii materiałowych, z elektroprzędzeniem nanowłókien włącznie oraz warstwy aktywnych

biologicznie żywych komórek wyhodowanych na tym podłożu, stosowanych przy regeneracji między innymi tkanek miękkich pacjenta m.in. takich jak tkanka chrzęstna, skóra, przy leczeniu oparzeń, zmian nowotworowych, a także powierzchniowych ubytków kostnych. Kompozyty te charakteryzują się tym, że materiał kompozytowy zbudowany jest z warstwy materiału inżynierskiego (1) stanowiącej podłoże zapewniające własności wytrzymałościowe, z co najmniej jednej inteligentnej warstwy zanikowej/przejsciowej (2), która po wypełnieniu funkcji terapeutycznej przez cały kompozyt ulega degradowaniu lub odkleja się od warstwy wyhodowanych komórek biologicznie aktywnych pod wpływem czynników otoczeniowych kontrolowanych przez terapeutę, ze steksturyzowanej warstwy materiału inżynierskiego, która nadaje większą przestrzeń do hodowli komórek (3) oraz z warstwy wyhodowanych żywych komórek biologicznie aktywnych (4).

Dodatkowo opatentowana została bardzo istotna cecha technologiczna związana z mocowaniem uzupełnienia protetycznego na indywidualnym implancie stomatologicznym:

7. Pat.245344, Zestaw osadzania korony na implancie stomatologicznym, 2020

Przedmiotem zgłoszenia jest system osadzania korony na implancie stomatologicznym wytworzony z materiałów metalowych, materiałów polimerowych, materiałów ceramicznych, materiałów kompozytowych, w tym tytanu, kobaltu i magnezu i ich stopów, opracowany na podstawie danych z użyciem metod obrazowania medycznego w tym komputerowej tomografii wiązki stożkowej CBCT (Cone-Beam Computed Tomography) oraz komputerowo wspomaganych metod wytwarzania przyrostowego, do uzupełniania ubytków zębowych, z fragmentem pozycjonującym o przekroju sześciokąta, trójkąta, owalu (elipsy) lub innych figur geometrycznych, takich jak: kwadrat, prostokąt, pięciobok, sześciobok, ośmiokąt lub inne wieloboki i inne kształty zapobiegającym wzajemnym obrotom łącznika oraz korony względem implantu charakteryzujący się tym, że ma monowarstwową, wielowarstwową lub gradientową mikrostrukturę powierzchniową każdego lub niektórych elementów o grubości od 0 do 3 mm, korzystnie nie więcej, niż 10 μm i składa się z implantu stomatologicznego jednoczęściowego zbudowanego z części śródkostnej (1) i części śróddziąstowej (2), która zintegrowana jest z częścią naddziąstową (3) w kształcie zewnętrznego stożka o wysokości h_1 od 0 do 30 mm, korzystnie nie więcej od 10 mm oraz o kącie wierzchołkowym p co najwyżej 45 stopni, korzystnie do 30 stopni, w osi której znajduje się otwór (4) zakończony gwintem wewnętrznym (5) do łączenia z koroną (6) posiadającą otwór mający kształt wewnętrznego ściętego stożka o kącie wierzchołkowym p co najwyżej 45 stopni, korzystnie do 30 stopni, w którym występuje słupek (7) o średnicy zewnętrznej $\Phi 2$ mniejszej od średnicy $\Phi 1$ otworu (4) o strefie (8) z wewnętrzną średnicą $\Phi 3$ większą od mniejszej średnicy $\Phi 4$ strefy (9) tworząc uskok, na którym opiera się łeb śruby łączącej zakończonej gwintem zewnętrznym, wkręcanej w gwint wewnętrzny (5) po wkręceniu w wewnętrzny gwint (14) w strefie (9) lub po przejściu przez strefę (9) bez gwintu przed osadzeniem korony (6).

Ostatnim z tej serii patentem przyznany 19.02.2025 roku jest ten związany ze zmianą sposobu montażu implantu-szkafoldu poprzez wtłaczanie zamiast wkręcania

umożliwiając lepsze wprowadzanie implantu bez ryzyka zmiany kąta wprowadzania tego implantu w procesie wkręcania:

8. Udzielony patent według zgłoszenia patentowego **P.434313, (numer patentu jeszcze nie nadany)**, Akcesorium montażowe implantu stomatologicznego, 2020

Akcesorium montażowe implantów stomatologicznych, charakteryzuje się tym, że składa się z płyty słuzówkowo - zębowej (1), której wielkość dobierana jest w zależności od warunków anatomicznych pacjenta, zaopatrzonej w gniazdo (3) określające usytuowanie implantu, stanowiące łożo do mocowania tulei zewnętrznej (4), której dopasowanie wynosi od 0 do 1 mm, korzystnie od 0 do 0,5 mm, zawierającą ucha mocujące (7) do osadzania klinów montażowych (8), w której znajduje się gniazdo (9) tłoczka (10) do osadzenia implantu (11), aparatu wtłaczającego (6) lub aparatu wbijającego (48), co najmniej 2, korzystnie 4 elastyczne półwkładki klinowe płaskie (35) lub półwkładki klinowe (38 i 39) z gniazdami (40 i 41) do osadzania co najmniej jednej, korzystnie dwóch śrub rzymskich (42) jako zewnętrznej regulacji odległości między szczęką górną i żuchwą w trakcie ich zaciskania przez pacjenta podczas zabiegu, osadzonych na końcu płyty słuzówkowo - zębowej (1) i na przeciwległej szynie słuzówkowo - zębowej (2) zawierającej 1, korzystnie 2 półwkładki klinowe płaskie (35) lub półwkładki klinowe (38 i 39) z gniazdami (40 i 41) do osadzania co najmniej jednej, korzystnie dwóch śrub rzymskich (42) oraz elementu do demontażu (20). Akcesorium montażowe implantów stomatologicznych, charakteryzuje się tym, że składa się z dobieranych w zależności od warunków anatomicznych pacjenta płyty słuzówkowo - zębowej (36) oraz szyny słuzówkowo - zębowej (37), zaopatrzonej w gniazdo (3) określające usytuowanie implantu, stanowiące łożo do mocowania tulei zewnętrznej (4), której dopasowanie wynosi od 0 do 1 mm, korzystnie od 0 do 0,5 mm, zawierającą ucha mocujące (7) do osadzania klinów montażowych (8), w której znajduje się gniazdo (9) tłoczka (10) do osadzenia implantu (11), aparatu wtłaczającego (6) lub aparatu wbijającego (48), co najmniej 2, korzystnie 4 elastyczne półwkładki klinowe płaskie (35) lub półwkładki klinowe (38 i 39) z gniazdami (40 i 41) do osadzania co najmniej jednej, korzystnie dwóch śrub rzymskich (42) jako zewnętrznej regulacji odległości między szczęką górną i żuchwą w trakcie ich zaciskania przez pacjenta podczas zabiegu, osadzonych na końcu płyty słuzówkowo - zębowej (1) i na przeciwległej szynie słuzówkowo - zębowej (2) zawierającej 1, korzystnie 2 półwkładki klinowe płaskie (35) lub półwkładki klinowe (38 i 39) z gniazdami (40 i 41) do osadzania co najmniej jednej, korzystnie dwóch śrub rzymskich (42) oraz elementu do demontażu (20).

3.2. Przedstawione rozwiązanie opatentowane tymi 8 patentami zostało wielokrotnie nagrodzone na targach wynalazczości:

3.2.1. Nadane tytuły

1. Tytuł AMBASADOR INNOWACJI przyznany przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2015 roku

2.2.2. Nagrody na targach wynalazczości i innowacyjności

2. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions, INVENT ARENA 2016, Trinec, Czech Republic, 16-18.06.2016
3. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016
4. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial –Leading Innovation Award, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016
5. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Semi Grand Prize, Global Inventions and Innovations Exhibitions Innova Cities Latino-America, ICLA 2015, Foz do Iguaçu, Brazil, 10-12.12.2015:
6. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achteplik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Gold Medal, 9th International Warsaw Invention Show IWIS 2015, Warsaw, Poland, 12-14.10.2015.

2.3. Przedstawione rozwiązanie było prezentowane na wielu konferencjach międzynarodowych:

1. 28th International Seminar of Ph.D. Students SEMDOK 2025, Western Tatras - Zuberec, Slovak Republic, 10.02.2025, **Invited Lecture**, Additive Manufacturing of Ti and Co Alloys for Use in Dental Engineering, **Lech B. Dobrzański**
2. International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies AMPT2024 30 October - 3 November 2024 Istanbul, Türkiye, **keynote lecture**, Synergistic Impact of Integrated Industry Idea and Dentistry Sustainable Development, **Lech B. Dobrzański**, Leszek A. Dobrzański
3. LECO Analytical Seminar 2024 – 30 years of striving for excellence, Kocierz-Targanice, Poland, 2024, Znaczenie metodologii oceny struktury i własności oraz niezawodności i jakości materiałów inżynierskich i wytwarzanych z nich produktów w Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 4.0. **Opening lecture**, Dobrzański, L.A.; **Dobrzański, L.B.**
4. Konferencja Naukowa **Najlepszych Naukowców W Świecie - Top 2%**, Katowice,

Polska, 9.09.2024, Zintegrowana Idea Przemysłu 3 × I 4.0/5.0 Z Uwzględnieniem Postępu Materiałów 4.0 Jako Determinanta Zrównoważonego Rozwoju Inżynierii Stomatologicznej 4.0, **Lech B. Dobrzański**, Leszek A. Dobrzański

5. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-28.06.2024, The use of 3D printing, in particular in SLS/SLM technology for CoCr and Ti6Al4V metal alloys and SLA for polymer materials, for applications in dental engineering, **Lech B. Dobrzański**
6. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, Computer design and additive manufacturing in implant and prosthetic dental clinical treatment, **Invited Lecture, Lech B. Dobrzański**
7. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, The modern dental engineering significance in integrated industry idea development and consumer expectations increasing, **Invited Lecture, Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański**
8. The 26th International Scientific Conference AMME & bio 2024, Wisła, Polska, 9-12.05.2024, Processing technologies of advanced materials in dental implant and prosthetic treatment, **Lech B. Dobrzański**
9. XXI Konferencja Biomateriały i Mechanika w Stomatologii, Ustroń, Polska, 14.10.2023, Innowacyjna technologia wytwarzania przyrostowego uzupełnień protetycznych zębów z wykorzystaniem wieloskładnikowych stopów tytanu z aluminium i wanadem oraz stopów kobaltu, **Lech B. Dobrzański**
10. 23rd Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials and Technologies AMT'2023, Wisła, Poland, 18-21 June 2023, Unity of models for the development of advanced materials and their processing technologies, industry's integrated idea, and dentistry's sustainable development, **invited lecture, L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański**
11. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rome, Italy, 18-20 September 2023, , To what extent does modern dental engineering fit into the integrated model of the industry sustainable development, which takes into account the expectations of consumers, **keynote lecture, 2023 L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański**
12. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rzym, Włochy, 09.2023, **keynote lecture**, The innovative technology of additive manufacturing of Dental prosthetic restorations using multi-component titanium alloys with aluminum and vanadium and cobalt alloys, **Lech B. Dobrzański**
13. 4th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Paryż, Francja, 6.02.2023, **keynote lecture**, Overview of the sustainable development of modern dentistry for the prevention of dental diseases, treatment with significant technological support and the safety of patients, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**

2.4. W dalszym ciągu planowane są udziały w konferencjach z prezentacją przedstawionego rozwiązania na konferencjach międzynarodowych (potwierdzone udziały) :

14. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered titanium alloy implant-scaffolds In dental treatment, **invited lecture, Lech B. Dobrzański**, Joanna Dobrzańska, Leszek A. Dobrzański, Karolina

Rudziarczyk-Jagoda

15. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, The role of additive manufacturing in the contemporary stage of the industry integrated idea, **keynote lecture**, Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański**
16. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Implementation of Dentistry 4.0/5.0 assumptions within the Industry Integrated Idea 4.0/5.0 in clinical practice of implant-prosthetic dental treatment Leszek A. Dobrzański, **Lech B. Dobrzański, keynote lecture**,
17. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered scaffold implants in comparison with typical screw implants used in selected bone conditions, **Lech B. Dobrzański**, Joanna Dobrzańska, Leszek A. Dobrzański, Karolina Rudziarczyk-Jagoda, **invited lecture**

2.5. Całosciowy wykaz patentów dotyczącym osiągnięć naukowych dokumentujących oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne

1. **Patent nr PL236090**, Sposób wytwarzania materiałów kompozytowych o mikroporowatej szkieletowej strukturze wzmocnienia, data udzielenia prawa 16.12.2019 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak, M. Kremzer.
2. **Patent nr PL237449**, Kompozyty biologiczno-inżynierskie dla medycyny regeneracyjnej, data udzielenia prawa 24.01.2020 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtelek-Franczak.
3. **Patent nr PL241034**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant kostny w tym twarzoczaszki, data udzielenia prawa 10.05.2022 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak.
4. **Patent PL245986**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant stomatologiczny, data zgłoszenia 15.06.2020 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak.
5. **Patent PL245344**, System osadzania korony na implancie stomatologicznym, data udzielenie prawa **2024-03-13**, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak.
6. **Patent PL245582**, Akcesorium do ochrony osobistej personelu dentystycznego przed koronawirusem SARS-CoV-2 i innymi drobnoustrojami chorobotwórczymi, data udzielenia prawa 15.05.2024 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak.
7. **Przyznany Patent 19.02.2025, zgłoszenie patentowe P.434313**, Akcesorium montażowe implantu stomatologicznego, data zgłoszenia 15.06.2020 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achtelek-Franczak, K. Rudziarczyk.
8. **Patent nr PL229148**, Implanto-skafold lub proteza elementów anatomicznych układu stomatognatycznego oraz twarzoczaszki, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawet.

9. **Patent nr PL229149**, Implanto-skafold kostny, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, L.B. Dobrzański, T.G. Gawęł.

9.2. Całosciowy wykaz nagród za osiągnięcia wynalazcze wykorzystane w niniejszym autoreferacie dotyczącym osiągnięć naukowych dokumentujących oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne, wymienione w artykule monograficznym

10.2.1. Nadane tytuły

1. Tytuł AMBASADOR INNOWACJI przyznany przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2015 roku

9.2.2. Nagrody na targach wynalazczości i innowacyjności

2. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, Kaohsiung International Invention and Design Expo, 10 Gru 2020 - 12 Gru 2020, Tajwan, Kaohsiung.
3. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, IIDC - International Invention and Design Competition, 2 Gru 2020 - 4 Gru 2020, Chiny, Hongkong
4. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, International Inventions and Innovations Competition "Sahasak Nimavum-2020", Sri Lanka Colombo, 1.07.2020 – 3.07.2020:
5. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – best presentation award, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
6. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – IFIA best invention medal, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
7. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achtelek-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2

- coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, Malaysia Technology Expo, MTE 2020, COVID-19 International Innovation Awards, 2.11.2020
8. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, 4th World Invention Academic Conference organized by the Korea Invention Newspaper and the Korea Invention Academy, Seoul, Korea, 15.11.2020
 9. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – special award, 4th World Invention Academic Conference organized by the Korea Invention Newspaper and the Korea Invention Academy, Seoul, Korea, 15.11.2020
 10. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, 14th International Exhibition of Inventions "IWIS 2020", ONLINE, Warszawa, Poland, 19-21.10.2020
 11. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - TOP 20 BEST INVENTION AWARDS, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020
 12. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms - Gold Medal, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020
 13. **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak: Accessory for personal protection of dental staff against SARS-CoV-2 coronavirus and other pathogenic microorganisms – special award, The 5th International Invention Innovation Competition in Canada, iCAN 2020, Toronto, Canada, 29.08.2020
 14. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteлик-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Exhibition of Technical Innovations, Patents and Inventions, INVENT ARENA 2016, Třinec, Czech Republic, 16-18.06.2016
 15. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteлик-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial – Gold Medal, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016

16. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak, T.G. Gawet: Implant-scaffold or Prosthesis Anatomical Structures of the Stomatognathic System and the Craniofacial –Leading Innovation Award, International Intellectual Property, Invention, Innovation and Technology Exposition, IPITEX 2016, Bangkok, Thailand, 2-6.02.2016
17. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Semi Grand Prize, Global Inventions and Innovations Exhibitions Innova Cities Latino-America, ICLA 2015, Foz do Iguaçu, Brazil, 10-12.12.2015:
18. L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawet, **L.B. Dobrzański**, A. Achtełik-Franczak: The novel composite consisting of a metallic scaffold, manufactured using a computer aided laser method, coated with thin polymeric surface layer for medical applications – Gold Medal, 9th International Warsaw Invention Show IWIS 2015, Warsaw, Poland, 12-14.10.2015.

10. Inne osiągnięcia naukowe.

3.1. Prace opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora

Lp.	Rok publikacji	autorzy	tytuł	dane	doi	MEIN	IF
1.	2018	Lech B. Dobrzański	Chapter 4 - Mechanical Properties Comparison of Engineering Materials Produced by Additive and Subtractive Technologies for Dental Prosthetic Restoration Application	Biomaterials in Regenerative Medicine, IntechOpen, 2018, 111-140.	http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70493	5	-
2.	2018	Anna D. Dobrzańska-Danikiewicz, Leszek A. Dobrzański, Marek Szindler, Lech B. Dobrzański , Anna Achtełik-Franczak, E. Hajduczek	Chapter 3 - Microporous Titanium-Based Materials Coated by Biocompatible Thin Films	Biomaterials in Regenerative Medicine, IntechOpen, 2018, 65-109.	http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.70491	1,25	-
3.	2017	Dobrzański, L.A.; Dobrzańska-Danikiewicz, A.D.; Achtełik-Franczak, A.; Dobrzański, L.B. ; Szindler M.; Gawet T.	chapter 7. Porous Selective Laser Melted Ti and Ti6Al4V Materials for Medical Applications	Powder Metallurgy – Fundamentals and Case Studies, L. A. Dobrzański ed., (Rijeka, Croatia: InechOpen, 2017), 161-181	http://dx.doi.org/10.5772/65375	1,25	-
4.	2017	Leszek A. Dobrzański, Grzegorz Matula, Anna D. Dobrzańska-Danikiewicz, Piotr Malara, Marek Kremzer, Błażej Tomiczek, Magdalena Kujawa, Eugeniusz Hajduczek, Anna Achtełik-Franczak, Lech B. Dobrzański and Jagoda Krzysieczko	chapter 5. Composite Materials Infiltrated by Aluminium Alloys Based on Porous Skeletons from Alumina, Mullite and Titanium Produced by Powder Metallurgy Techniques	Powder Metallurgy – Fundamentals and Case Studies, L. A. Dobrzański ed., (Rijeka, Croatia: InechOpen, 2017), 95-137	http://dx.doi.org/10.5772/65377	1,25	-
5.	2017	Dobrzański, L.A.;	chapter 2. Fabrication	Powder Metallurgy –	http://dx.doi.org/10.5772/65377	1,25	-

		Dobrzańska-Danikiewicz, A.D.; Achtelek-Franczak, A.; Dobrzański, L.B. ; Hajduczek E.; Matula G.	Technologies of the Sintered Materials Including Materials for Medical and Dental Application	Fundamentals and Case Studies, L. A. Dobrzański ed., (Rijeka, Croatia: InechOpen, 2017), 17-52	rg/10.5772/65376		
6.	2017	L.B. Dobrzański, P. Malara	chapter 9. Metodologia komputerowo wspomaganego projektowania i wytwarzania stomatologicznych uzupełnień protetycznych z litych materiałów inżynierskich	Metalowe materiały mikroporowate i lite do zastosowań medycznych i stomatologicznych, L.A. Dobrzański & A.D. Dobrzańska-Danikiewicz (red.), Open Access Library, Annal VII (1) 2017 s. 500-534	-	4	-
7.	2017	L.B. Dobrzański	chapter 8. Porównanie metod przyrostowych i ubytkowych wytwarzania uzupełnień protetycznych układu stomatognatycznego	Metalowe materiały mikroporowate i lite do zastosowań medycznych i stomatologicznych, L.A. Dobrzański & A.D. Dobrzańska-Danikiewicz (red.), Open Access Library, Annal VII (1) 2017 s. 434-499	-	4	-
8.	2017	Dobrzańska-Danikiewicz, Anna D. and Dobrzański, Leszek A. and Szindler, Marek and Achtelek-Franczak, Anna and Dobrzański, Lech B.	chapter 6. Obróbka powierzchni materiałów mikroporowatych wytworzonych metodą selektywnego spiekania laserowego w celu uiefektywnienia proliferacji żywych komórek	Metalowe materiały mikroporowate i lite do zastosowań medycznych i stomatologicznych, L.A. Dobrzański & A.D. Dobrzańska-Danikiewicz (red.), Open Access Library, Annal VII (1) 2017 s. 289-375	-	4	-
9.	2017	L.B. Dobrzański	chapter 3. Układ stomatognatyczny, podstawy jego anatomii, schorzenia i metody ich leczenia	Metalowe materiały mikroporowate i lite do zastosowań medycznych i stomatologicznych, L.A. Dobrzański & A.D. Dobrzańska-Danikiewicz (red.), Open Access Library, Annal VII (1) 2017 s. 121-185	-	4	-
10.	2017	P. Malara, L.B. Dobrzański	Chapter 1: Strategies for computer-aided designing of surgical guides for dental implant procedures based on cone beam computed tomography	Computed Tomography: Advances in Research and Applications1 January 2017, Pages 1-22	-	2,5	-
11.	2017	P. Malara, L.B. Dobrzański	Screw-retained full arch restorations – methodology of computer aided design and manufacturing	Archives of Materials Science and Engineering 83/1 (2017) 23-29.	https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7538	13	
12.	2016	P. Malara, L.B. Dobrzański	Computer aided manufacturing and design of fixed bridges restoring the lost dentition, soft tissue and the bone	Archives of Materials Science and Engineering 81/2 (2016) 68-75.	https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7101	13	
13.	2015	P. Malara, L.B. Dobrzański, J. Dobrzańska	Computer-aided designing and manufacturing of partial removable dentures	Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 73/2 (2015) 157-164.	-	12	-

14.	2015	P. Malara, L.B. Dobrzański	Designing and manufacturing of implantoprosthodontic fixed suprastructures in edentulous patients on the basis of digital impressions	Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 163-171	-	13	-
15.	2015	P. Malara, L.B. Dobrzański	Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography	Archives of Materials Science and Engineering 76/2 (2015) 140-149.	-	13	-
16.	2015	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, A. Achtelek-Franczak, L.B. Dobrzański	Comparative analysis of mechanical properties of scaffolds sintered from Ti and Ti6Al4V powders	Archives of Materials Science and Engineering 73/2 (2015) 69-81	-	13	-
17.	2015	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, T.G. Gawęł, L.B. Dobrzański , A. Achtelek-Franczak	Fabrication of scaffolds from Ti6Al4V powders using the computer aided laser method	Archives of Metallurgy and Materials 60/2 (2015) 1065-1070.	https://doi.org/10.1515/amm-2015-0260	30	1,26
18.	2012	J. Dobrzańska, K. Gołombek, L.B. Dobrzański	Polymer materials used in endodontic treatment - in vitro testing	Archives of Materials Science and Engineering 58/2 (2012) 110-115.	-	9	-
19.	2009	Joanna Dobrzańska and Lech Dobrzański and Marta Tanasiewicz	Wybrane metody uzyskiwania powiększenia w stomatologii: Część 1. Powiększenie w badaniach laboratoryjnych dla potrzeb stomatologii. Przegląd piśmiennictwa	Mag.Stomatol.2009, R.19, nr 4,s.78-83	-	6	-
20.	2009	Joanna Dobrzańska and Lech Dobrzański and Marta Tanasiewicz	Wybrane metody uzyskiwania powiększenia w stomatologii: Cz.2. Stomatologia kliniczna. Przegląd piśmiennictwa	Mag.Stomatol.2009, R.19, nr 9,s 118-124	-	6	-
Suma przed						156,5	1,26

10.2. Prace opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora

Lp.	Rok publikacji	autorzy	tytuł	dane	doi	MEIN	IF
21.	2024	Dobrzański LB , Dobrzański LA	Dentistry Sustainable Development model as a realization of updated assumptions of Industry 4.0/5.0 in the area of implant-prosthetic treatment	Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 130, 1	10.5604/01.30 01.0054.9131	70	-
22.	2024	Dobrzański LB	Use of precise implantological surgical guides in reconstructions adjacent to teeth with unusual anatomy – use of Dentistry 4.0 technology	Industry 4.0 Vol. 9 (2024), Issue 4	WEB ISSN 2534-997X; PRINT ISSN 2534-8582	-	-
23.	2023	Dobrzański LB	Advanced engineering materials and materials processing technologies in dental implant and prosthetic treatment with clinical cases	Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 121, 1	10.5604/01.30 01.0054.3103	140	-
24.	2022	Dobrzański, L.A.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzańska-Danikiewicz, A.D.;	Nitinol Type Alloys General Characteristics and Applications in Endodontics	Processes 2022, 10, 101	https://doi.org/10.3390/pr10010101	100	3,74

		Dobrzańska					
25.	2021	Dobrzański, L.A.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Dobrzański, L.B. ; J. Dobrzańska (eds)	Synthesis and Characterization of Biomedical Materials	MDPI, Processes	https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2523-5	1,25	-
26.	2021	Dobrzańska, J.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzański, L.A.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Gołombek, K.	What Are the Chances of Resilient to Dominate the Market Filling Materials for Endodontics?	Metals 2021, 11, 1744	https://doi.org/10.3390/met11111744	70	2,695
27.	2021	Dobrzański, L.A.; Dobrzańska, J.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Gołombek, K.	Development Strategy of Endodontic Filling Materials Based on Engineering and Medical Approaches	Processes 2021, 9, 2014	https://doi.org/10.3390/pr912014	70	3,30
28.	2021	L. A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , A.D. Dobrzańska- Danikiewicz, J. Dobrzańska, M. Kraszewska	7 The synergistic ethics interaction with nanoengineering, dentistry, and dental engineering	M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds.) in Ethics in Nanotechnology: E merging Technologies Aspects, de Gruyter, Berlin, Germany, 2021, pp. 119-190.	https://doi.org/10.1515/9783110701883-007	16	-
29.	2021	Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański and Joanna Dobrzańska	Chapter 8. Ethical imperatives towards the development prospects of the triad of Dentistry 4.0, dental engineering, and nanoengineering	M.H. van de Voorde, G. Jeswani (eds.) in Ethics in Nanotechnology: Social Sciences and Philosophical Aspects, de Gruyter, Berlin, Germany, 2021, pp. 157-248	https://doi.org/10.1515/9783110719932-008	26,67	-
30.	2021	Dobrzańska, J.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzański, L.A.; Gołombek, K.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.	Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment?	Processes 2021, 9/8 , 1467.	https://doi.org/10.3390/pr9081467	70	3,30
31.	2021	Dobrzański, L.A.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzańska, J.	The Importance of Synthesis and Characterization of Biomedical Materials for the Current State of Medicine and Dentistry	Processes 2021, 9, 978.	https://doi.org/10.3390/pr9060978	70	3,30
32.	2021	Dobrzańska, J.; Dobrzański, L.B. ; Gołombek, K.; Dobrzański, L.A.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.	Virtual Approach to the Comparative Analysis of Biomaterials Used in Endodontic Treatment	Processes 2021, 9, 926.	https://doi.org/10.3390/pr9060926	70	3,30
33.	2021	Dobrzański, L.A.; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Dobrzański, L.B.	Effect of Biomedical Materials in the Implementation of a Long and Healthy Life Policy	Processes 2021, 9, 865	https://doi.org/10.3390/pr9050865	70	3,30
34.	2020	Dobrzański, L.A.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Dobrzańska, J.	The Concept of Sustainable Development of Modern Dentistry	Processes 2020, 8(1 2), 1605	https://doi.org/10.3390/pr8121605	70	3,01
35.	2020	Dobrzański, L.A.; Dobrzański, L.B. ; Dobrzańska- Danikiewicz, A.D.; Dobrzańska, J.; Rudziarczyk, K.; Achtelik-Franczak, A.	Non-Antagonistic Contradictoriness of the Progress of Advanced Digitized Production with SARS-CoV-2 Virus Transmission in the Area of Dental Engineering	Processes 2020, 8/9 , 1097.	https://doi.org/10.3390/pr8091097	70	3,01

36.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański	Approach to the design and manufacturing of prosthetic dental restorations according to the rules of the Industry 4.0	Materials Performance and Characterization 9/1 (2020) 394-476.	https://doi.org/10.1520/MPC20200020	20	0,71
37.	2020	L.B. Dobrzański , Anna Achtełik-Franczak, Joanna Dobrzańska, L.A. Dobrzański	Comparison of the Structure and Properties of the Solid Co-Cr-W-Mo-Si Alloys Used for Dental Restorations CNC Machined or Selective Laser-Sintered	Materials Performance and Characterization 9, no. 4 (2020): 556-578	https://doi.org/10.1520/MPC20200023	20	0,71
38.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , Anna Achtełik-Franczak and Joanna Dobrzańska	Application Solid Laser-Sintered or Machined Ti6Al4V Alloy in Manufacturing of Dental Implants and Dental Prosthetic Restorations According to Dentistry 4.0 Concept	Processes 8/6 (2020) 664	https://doi.org/10.3390/pr8060664	70	3,01
39.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański	Dentistry 4.0 Concept in the Design and Manufacturing of Prosthetic Dental Restorations	Processes 8/5 (2020) 525	https://doi.org/10.3390/pr8050525	70	3,01
40.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, M. Kraszewska	Manufacturing powders of metals, their alloys and ceramics and the importance of conventional and additive technologies for products manufacturing in Industry 4.0 stage	Archives of Materials Science and Engineering 102/1 (2020) 13-41	https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1452	20	-
41.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , A.D. Dobrzańska-Danikiewicz	Additive and hybrid technologies for products manufacturing using powders of metals, their alloys and ceramics	Archives of Materials Science and Engineering 102/2 (2020) 59-85	https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1525	20	-
42.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , A.D. Dobrzańska-Danikiewicz	Manufacturing technologies thick-layer coatings on various substrates and manufacturing gradient materials using powders of metals, their alloys and ceramics	Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 99/1 (2020) 14-41	https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1598	20	-
43.	2020	L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański , A.D. Dobrzańska-Danikiewicz	Overview of conventional technologies using the powders of metals, their alloys and ceramics in Industry 4.0 stage	Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 98/2 (2020) 56-85	https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1481	20	-
44.	2019	L.B. Dobrzański , A. Achtełik-Franczak, J. Dobrzańska, P. Pietrucha	Application of polymer impression masses for the obtaining of dental working models for the stereolithographic 3D printing	Archives of Materials Science and Engineering 95/1 (2019) 31-40.	https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.1015	20	-
45.	2018	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, L.B. Dobrzański , A. Achtełik-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll	The new generation of the biological-engineering materials for applications in medical and dental implant-scaffolds	Archives of Materials Science and Engineering 91/2 (2018) 56-85	https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5490	13	-
46.	2018	L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, Z.P. Czuba, L.B. Dobrzański , A. Achtełik-Franczak, P. Malara, M. Szindler, L. Kroll	Metallic skeletons as reinforcement of new composite materials applied in orthopaedics and dentistry	Archives of Materials Science and Engineering 92/2 (2018) 53-85	https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6585	13	-
Suma po						1239,92	36,395

SUMA RAZEM 1396,42 punkty MNiSzW 37, 655 Impact Factor

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

CII. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice

CII. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ

Niniejsza część Wniosku zawiera:

1. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii.
2. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.
3. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.
4. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.
5. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.
6. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.
7. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).
8. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.
9. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.
10. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. 4.
11. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

1. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii

Guest Editor w wydawnictwie MDPI w następujących specjalnych zeszytach:

- a. "Recent Biomedical Materials" METALS (*IF 2.351 Scopus 3.4*),
- b. "DENTAL ENGINEERING" Processes (*IF 2.847, Scopus 2.4*),
- c. „Synthesis and Characterization of Biomedical Materials” (*IF2,847 and Scopus 2,4*).
- d. REPER Recent Materials Engineering Performances, ENG (Scopus 3,1 2024, tracked in IF)
- e. Applications of Ceramic and Cermet Coatings, Coatings (*IF 2,9 and Scopus 5.0*)
- f. REPER Recent Materials Engineering PERformances 2025–2026 (tracked in IF and Scopus 2,1)

2. Wykaz wystąpień na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.

2.1. Wystąpienia na konferencjach po uzyskaniu stopnia doktora

1. 28th International Seminar of Ph.D. Students SEMDOK 2025, Western Tatras - Zuberec, Slovak Republic, 10.02.2025, **Invited Lecture**, Additive Manufacturing of Ti and Co Alloys for Use in Dental Engineering, Lech B. Dobrzański - **sesja plenarna – otwarcie konferencji**
2. International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies AMPT2024 30 October - 3 November 2024 Istanbul, Türkiye, **keynote lecture**, Synergistic Impact of Integrated Industry Idea and Dentistry Sustainable Development, Lech B. Dobrzański, Leszek A. Dobrzański – **sesja plenarna**
3. LECO Analytical Seminar 2024 – 30 years of striving for excellence, Kocierz-Targanice, Poland, 2024, Znaczenie metodologii oceny struktury i własności oraz niezawodności i jakości materiałów inżynierskich i wytwarzanych z nich produktów w Zintegrowanej Koncepcji Przemysłu 4.0. **Opening lecture**, Dobrzański, L.A.; Dobrzański, L.B. – **sesja plenarna**
4. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-28.06.2024, The use of 3D printing, in particular in SLS/SLM technology for CoCr and Ti6Al4V metal alloys and SLA for polymer materials, for applications in dental engineering, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
5. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, Computer design and additive manufacturing in implant and prosthetic dental clinical treatment, **Invited Lecture**, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
6. Workshop „Biomedical Engineering” Medical University Varna, 24-27.06.2024, The modern dental engineering significance in integrated industry idea development and consumer expectations increasing, **Invited Lecture**, Leszek A. Dobrzański, Lech B.

Dobrzański – sesja plenarna

7. X-th International Scientific Congress Innovations 2024, Varna, Bulgaria, 26.06.2024, Use of precise implantological surgical guides in reconstructions adjacent to teeth with unusual anatomy - use of Dentistry 4.0 technology, Lech B. Dobrzański - **sesja plenarna**
8. The 26th International Scientific Conference AMME & bio 2024, Wisła, Polska, 9-12.05.2024, Processing technologies of advanced materials in dental implant and prosthetic treatment, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
9. XXI Konferencja Biomateriały i Mechanika w Stomatologii, Ustroń, Polska, 14.10.2023, W jakim stopniu nowoczesna inżynieria stomatologiczna wpisuje się w zintegrowany model zrównoważonego rozwoju przemysłu uwzględniający oczekiwania konsumentów, Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański - **sesja plenarna**
10. XXI Konferencja Biomateriały i Mechanika w Stomatologii, Ustroń, Polska, 14.10.2023, Innowacyjna technologia wytwarzania przyrostowego uzupełnień protetycznych zębów z wykorzystaniem wieloskładnikowych stopów tytanu z aluminium i wanadem oraz stopów kobaltu, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
11. 23rd Physical Metallurgy and Materials Science Conference Advanced Materials and Technologies AMT'2023, Wisła, Poland, 18-21 June 2023, , Unity of models for the development of advanced materials and their processing technologies, industry's integrated idea, and dentistry's sustainable development, **invited lecture** , L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański – **sesja plenarna**
12. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rome, Italy, 18-20 September 2023, , To what extent does modern dental engineering fit into the integrated model of the industry sustainable development, which takes into account the expectations of consumers, **keynote lecture**, 2023 L.A. Dobrzański, L.B. Dobrzański – **sesja plenarna**
13. 5th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Rzym, Włochy, 09.2023, **keynote lecture**, The innovative technology of additive manufacturing of Dental prosthetic restorations using multi-component titanium alloys with aluminum and vanadium and cobalt alloys, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
14. 4th World Congress on Dentistry and Maxillofacial Surgery, Paryż, Francja, 6.02.2023, **keynote lecture**, Overview of the sustainable development of modern dentistry for the prevention of dental diseases, treatment with significant technological support and the safety of patients, Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**

II.1.C . Potwierdzony udział w nadchodzących konferencjach

15. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered titanium alloy implant-scaffolds In dental treatment, **invited lecture**, Lech B. Dobrzański, Joanna Dobrzańska, Leszek A. Dobrzański, Karolina Rudziarczyk-Jagoda – **sesja plenarna**
16. CASICAM 2025 Casablanca, Maroko, 23-25.04.2025, The role of additive manufacturing in the contemporary stage of the industry integrated idea, **keynote lecture**, Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański – **sesja plenarna**
17. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Implementation of Dentistry 4.0/5.0 assumptions within the Industry

Integrated Idea 4.0/5.0 in clinical practice of implant-prosthetic dental treatment
Leszek A. Dobrzanski, Lech B. Dobrzanski **keynote lecture, sesja plenarna**

18. The 8th Annual World Congress of Oral & Dental Medicine, Sztokholm, Szwecja, 18-20.06.2025, Strength analysis of selectively laser-sintered scaffold implants in comparison with typical screw implants used in selected bone conditions, Lech B. Dobrzanski, Joanna Dobrzanska, Leszek A. Dobrzanski, Karolina Rudziarczyk-Jagoda, **invited lecture, sesja plenarna**

3. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych i międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji

- Członek Komitetu Organizacyjnego The 26th International Scientific Conference on "Achievements in Mechanical and Materials Engineering with Bioengineering and Dental Engineering" AMME & bio 2024 joined with "For you WW Worldwide CEEPUS Workshop INTEGRATION", organizowanej w okresie 20-23.05.20204 w Wiśle Malince w Polsce
- Członek Komitetu Organizacyjnego konferencji CASICAM 2025 w Casablance w Maroko, która odbędzie się w okresie 23.04-25.04.2025 w Casablance
- Członek the International Program Committee of the International Scientific Conference "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations".
<https://www.material-science.eu/index.html>

4. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

- 4.1. Projekt badawczo wdrożeniowy IMSKA-MAT Innowacyjne implanto-skafoldy stomatologiczne i szczękowo-twarzowe wytwarzane z wykorzystaniem innowacyjnej technologii addytywnej wspomaganej komputerowym projektowaniem materiałowym ADD-MAT realizowany przez Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo

W latach 2017-2023 Zastępca Kierownika Projektu

W latach 2020-2023 Koordynator Produkcji

W latach 2019-2023 Kierownik Pracowni CAD/CAM

Efekty projektu to wdrożenie do sprzedaży elementów protetycznych posiadających następujące cechy:

1. prostota procedury implantacyjnej,
2. skrócenie czasu rekonwalescencji do kilku godzin,
3. zmniejszenie rozległości zabiegu,
4. możliwość natychmiastowego wykonania ostatecznej odbudowy protetycznej,
5. umożliwienie wykonywania precyzyjnych zabiegów rekonstrukcji kości twarzoczaszki w oparciu o CBCT

- Projekt zrealizowany ze środków Unii Europejskiej we współpracy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie
- Wartość projektu: 14 727 464,80 zł
- Wkład Funduszy Europejskich: 10 857 900,63 zł
- Wkład własny: 3 869 564,17 zł

**4.2. Projekt Badawczo-Rozwojowy i Wdrożeniowy: CODIDENT
2012-2014 Koordynator Projektu/Główny Inżynier Stomatologiczny**

- Cel: Wzrost konkurencyjności i dywersyfikacja usług stomatologicznych poprzez wdrożenie innowacyjnego systemu wykonywania prac protetycznych i innowacyjnego systemu diagnostyki stomatologicznej
- Wdrożenie zintegrowanej technologii leczenia stomatologicznego z komputerowo wspomaganiem projektowaniem i wytwarzaniem wyrobów dentystycznych z materiałów pełnoceramicznych, z badaniem wolumetrycznym metodą tomografii wiązki stożkowej CBCT zębów i kości szczęk i żuchwy z użyciem cyfrowego skanera wewnątrzustnego i linii produkcyjnej CAD/CAM w codziennej praktyce spółki Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI.
- Finansowany przez Śląskie Centrum Przedsiębiorczości - dofinansowanie z EFPR 60% , 40% - środki CMIS SOBIESKI
- Wartość projektu: 1 500 000 zł

5. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach

1. **Akademia Inżynierska w Polsce** – członek zwyczajny z wyboru – od 2021
2. **Stowarzyszenie Komputerowej Nauki o Materiałach i Inżynierii Produkcji** – członek zwyczajny - 2017

6. Wykaz staży w instytucjach naukowych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru

- W ramach stażu dr Lech B. Dobrzański wygłosił również wykład podczas udziału w X Międzynarodowym Kongresie Naukowym „Innowacje 2024” w Międzynarodowym Domu Naukowców im. Fryderyka Joliot-Curie, w ośrodku St. Konstantin i Elena koło Warny na temat „Zastosowanie precyzyjnych implantologicznych szablonów chirurgicznych w rekonstrukcjach sąsiadujących z zębami o nietypowej anatomii - wykorzystanie technologii Stomatologia 4.0”.
- Dr Lech B. Dobrzański wygłosił również dwa wykłady publiczne dla pracowników i studentów Uniwersytetu Medycznego w Warnie na temat:
 - „Znaczenie współczesnej inżynierii stomatologicznej w zintegrowanym rozwoju idei przemysłu i rosnących oczekiwań konsumentów” oraz
 - „Projektowanie komputerowe i produkcja addytywna w implantologii i diagnostyce proekologicznej”.

7. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach

- Członek Editorial board of the International Scientific Journal "Materials Science. Non-Equilibrium Phase Transformations", published by the Scientific Technical Union of Mechanical Engineering in Bulgaria.
<https://stumejournals.com/ms.htm>
- Statistic Editor członek Editorial Board w Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering , Gliwice, Poland (Scopus 2,3)
- Guest Editor w wydawnictwie MDPI w następujących specjalnych zeszytach:
 - "Recent Biomedical Materials" METALS (IF 2.351 Scopus 3.4),
 - "DENTAL ENGINEERING" Processes (IF 2.847, Scopus 2.4),
 - „Synthesis and Characterization of Biomedical Materials” (IF2,847 and Scopus 2,4).
 - REPER Recent Materials Engineering Performances, ENG (Scopus 3,1 2024, tracked in IF)
 - Applications of Ceramic and Cermet Coatings, Coatings (IF 2,9 and Scopus 5.0)
 - REPER Recent Materials Engineering PERformances 2025–2026 (tracked in IF and Scopus 2,1)
- Section Board Member Journal ENG MDPI Szwajcaria-Chiny

10. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. 4.

10.1. Projekt Badawczo-Rozwojowy i Wdrożeniowy: CODIDENT, 2012-2014 Koordynator Projektu/Główny Inżynier Stomatologiczny

- Cel: Wzrost konkurencyjności i dywersyfikacja usług stomatologicznych poprzez wdrożenie innowacyjnego systemu wykonywania prac protetycznych i innowacyjnego systemu diagnostyki stomatologicznej
- Wdrożenie zintegrowanej technologii leczenia stomatologicznego z komputerowo wspomaganym projektowaniem i wytwarzaniem wyrobów dentystycznych z materiałów pełnoceramicznych, z badaniem wolumetrycznym metodą tomografii wiązki stożkowej CBCT zębów i kości szczęk i żuchwy z użyciem cyfrowego skanera wewnątrzustnego i linii produkcyjnej CAD/CAM w codziennej praktyce spółki Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI.
- Finansowany przez Śląskie Centrum Przedsiębiorczości - dofinansowanie z EFPR 60% , 40% - środki CMIS SOBIESKI
- Wartość projektu: 1 500 000 zł

10.2. Projekt Badawczo-Rozwojowy Zakończony Wdrożeniem: Rozbudowa Oferty Spółki CMIS Sobieski: CODIDENT, 2013-2016 Kierownik Projektu

- Cel: Opracowanie technologii produkcji innowacyjnych uzupełnień protetycznych z użyciem technologii CAD/CAM i wdrożenie do sprzedaży następujących produktów: 1. innowacyjne protezy na teleskopach oparte na implantach, 2. mosty okrężne frezowane, 3. frezowane protezy szkieletowe, 4. zintegrowane z łącznikami mosty implantologiczne oparte na platformach
- Finansowany przez Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI
- Wartość projektu: 1 000 000 zł

10.3. prace badawczo-rozwojowe z zakresu inżynierii stomatologicznej zlecone przez klienta, 2017-2018 Kierownik Projektu

- Cel: w ramach prac badawczo-rozwojowych realizowanych wdrożone zostały następujące innowacyjne produkty: drukowane szablony implantologiczne ASKLEPIOSguide wraz z procedurą kliniczną ich stosowania.
- Wartość projektu: 600 000 zł

10.4. prace badawczo-rozwojowe z zakresu inżynierii stomatologicznej dla klienta w zakresie opracowania innowacyjnej w skali świata koncepcji zabezpieczenia gabinetu stomatologicznego w pandemii COVID19, 2020-2021 Kierownik B+R / Główny Inżynier Stomatologiczny

- Cel: Opracowanie koncepcji zabezpieczenia gabinetu stomatologicznego i przebywającego w nim personelu przed drobnoustrojami, w tym przede wszystkim SARS-cov-2. Opracowanie i zgłoszenie do opatentowania innowacyjnych urządzeń. Projekt obejmował I-III TRL.
- **Wartość projektu: 600 000 zł**

10.5. prace rozwojowe CPBPIMIS Asklepios, 2018-2021 Dyrektor Centrum Inżynierii Stomatologicznej Asklepios - Koordynator

- Cel: w ramach prac rozwojowych realizowanych wdrożone zostały następujące innowacyjne produkty: drukowane mosty protetyczne z CoCr i stopów tytanu, higienic titanium bridge, drukowane tytanowe protezy szkieletowe, procedury natychmiastowej implantacji połączone z osadzeniem ostatecznej pracy protetycznej, procedura wykonywania jednoelementowych prac protetycznych przykręcanych opartych na implantach i inne
- **Wartość projektu: 1 700 000 zł**

10.6. wykonanie dokumentacji oceny zgodności wyrobu medycznego z wymaganiami zasadniczymi dla wyrobów medycznych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 17. lutego 2016 roku, 2017-2018 Kierownik Zadania

- Cel: złożenie 14 wniosków zgłoszeniowych dotyczących 14 różnych rodzajów uzupełnień protetycznych i wyrobów stomatologicznych wykonywanych na zamówienie w spółce CPBPIMIS Asklepios, do którego złożenia konieczne były wykonanie oceny zgodności - wnioski tożsame z wnioskiem, który będzie złożony jako kamień milowy w etapie 5 niniejszego projektu
- **Wartość projektu: 500 000 zł**

11. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

-

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

CIII. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice

CIII. WSPÓŁPRA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

Niniejsza część Wniosku zawiera:

1. Wykaz dorobku technologicznego.
2. Współpraca z sektorem gospodarczym.
3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych.
4. Wykaz wdrożonych technologii.
5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.
6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych.
7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.

1. Wykaz dorobku technologicznego

- W 2012 roku wdrożenie pełnego protokołu cyfrowego w projektowaniu uzupełnień protetycznych z zastosowaniem technologii CAD/CAM
- W 2013 roku jako jeden z pierwszych w Polsce rozpocząłem produkcję mostów protetycznych w technologii frezowania CNC z krążków CoCr.
- W 2016 roku wdrożyłem frezowane mosty CoCr na implantach oparte na indywidualnych łącznikach tytanowych w oparciu o własną technologię projektowania i produkcji indywidualnych łączników do wszystkich dostępnych na rynku systemów implantologicznych.
- Od 2019 roku 99,8% prac implantologicznych wykonuję jako uzupełnienia przykręcane z poziomu implantu nie stosując żadnych multiunitów ani innych rozwiązań pośrednich między implantem a pracą protetyczną. Takie rozwiązanie nazwałem MONOBRIDGE.
- W 2021 roku wdrożyłem technologię druku 3D stopów tytanu, z których wykonujemy struktury podporowe dla rozwiązań implantologicznych, takie jak monolityczne belki tytanowe mocowane z poziomu implantu, korony teleskopowe ze zintegrowanymi łącznikami indywidualnymi oraz mosty na podbudowie tytanowej
- W 2021 roku wprowadziłem również na rynek HYGIENIC TITANIUM BRIDGE - mosty tytanowe licowane hybrydowym materiałem ceramicznym z możliwością zdejmowania bez użycia dodatkowych narzędzi.
- W 2023 roku rozpocząłem również procedurę wdrażania do sprzedaży naszego innowacyjnego IMPLANTO-SKAFFOLD DENTAL i MAXILLOFACIAL.

2. Współpraca z sektorem gospodarczym

Historia zatrudnienia i aktywności zawodowej w jednostkach badawczo-rozwojowych:

2.1. 2011-nadal – Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI L. Dobrzański, J. Dobrzańska s.c.

2.1.1. 2013 – nadal Centrum Badawczo-Rozwojowe CODIDENT

2.1.2. 2013-2016 – Centrum Frezowania CODIDENT

- 2.1.3. 2011 – nadal Poradnia Stomatologiczna SOBIESKI
- 2.1.4. 2023-nadal – Centrum Medycyny i Stomatologii SOBIESKI sp zoo
- 2.1.5. 2023-nadal – Prezes Zarządu

2.2. 2016-nadal – Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS sp zoo

- 2.2.1. 2016-nadal – Prezes Zarządu
- 2.2.2. 2017-2023 – Zastępca Kierownika Projektu IMSKA-MAT
- 2.2.3. 2017-nadal – Dyrektor Centrum Inżynierii Stomatologicznej ASKLEPIOS
- 2.2.4. 2019-nadal – Kierownik Pracowni CAD/CAM
- 2.2.5. 2020-2023 – Koordynator Produkcji Projektu IMSKA-MAT

3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych

1. **Patent nr PL236090**, Sposób wytwarzania materiałów kompozytowych o mikroporowatej szkieletowej strukturze wzmocnienia, data udzielenia prawa 16.12.2019 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteлик-Franczak, M. Kremzer.
2. **Patent nr PL237449**, Kompozyty biologiczno-inżynierskie dla medycyny regeneracyjnej, data udzielenia prawa 24.01.2020 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, **L.B. Dobrzański**, A. Achteлик-Franczak.
3. **Patent nr PL241034**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant kostny w tym twarzoczaszki, data udzielenia prawa 10.05.2022 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteлик-Franczak.
4. **Patent PL245986**, Wysokorozwinięty powierzchniowo implant stomatologiczny, data zgłoszenia 15.06.2020 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteлик-Franczak.
5. **Patent PL245344**, System osadzania korony na implancie stomatologicznym, data udzielenia prawa **2024-03-13**, **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteлик-Franczak.
6. **Patent PL245582**, Akcesorium do ochrony osobistej personelu dentystycznego przed koronawirusem SARS-CoV-2 i innymi drobnoustrojami chorobotwórczymi, data udzielenia prawa 15.05.2024 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, K. Rudziarczyk, A. Achteлик-Franczak.
7. **Przyznany Patent 19.02.2025, zgłoszenie patentowe P.434313**, Akcesorium montażowe implantu stomatologicznego, data zgłoszenia 15.06.2020 r., **L.B. Dobrzański**, L.A. Dobrzański, J. Dobrzańska, A. Achteлик-Franczak, K. Rudziarczyk.
8. **Patent nr PL229148**, Implanto-skafold lub proteza elementów anatomicznych układu stomatognatycznego oraz twarzoczaszki, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achteлик-Franczak, **L.B. Dobrzański**, T.G. Gawet.

9. **Patent nr PL229149**, Implanto-skafold kostny, data udzielenia prawa 09.01.2018 r., L.A. Dobrzański, A.D. Dobrzańska-Danikiewicz, P. Malara, A. Achtelek-Franczak, L.B. Dobrzański, T.G. Gawet.

4. Wykaz wdrożonych technologii.

- a) Frezowanie CNC w zastosowaniach stomatologicznych, w szczególności na:
 - a. okrężne mosty protetyczne
 - b. okrężne mosty implantoprotetyczne
 - c. monobridge implantologiczny
 - d. protezy szkieletowe
- b) druk 3D w technologii Selective Laser Sintering / Selective Laser Melting w szczególności na:
 - a. impalnto-skafoldy
 - b. okrężne mosty protetyczne
 - c. okrężne mosty protetyczne
 - d. okrężne mosty implantoprotetyczne
 - e. monobridge implantologiczny
 - f. protezy szkieletowe
 - g. szablony implantologiczne
- c) druk 3D SLA w szczególności na:
 - a. modele robocze dla produkcji uzupełnień protetycznych
 - b. płyty szablonów implantologicznych i chirurgicznych
 - c. modele 3D twarzoczaszki
- d) Atomic Layer Deposition w szczególności dla:
 - a. Tworzenia warstw nanometrycznych dla wspomagania osteointegracji implantów stomatologicznych

5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

-

6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych

-

7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi

7.1. współpraca z wydawnictwem NAXOS (Niemcy) przy wydaniu płyt z muzyką klasyczną jako Producent płyty z ramienia Stowarzyszenia SIGNUM :

- F. Liszt - Harmonies poétiques et religieuses, Naxos (2019), maestro prof. Wojciech Waleczek
- F. Schubert - Rarities and Short Piano Works, Naxos (2021), maestro prof. Wojciech Waleczek
- F. Liszt - Weihnachtsbaum, Naxos (2024), maestro prof. Wojciech Waleczek

7.2. współpraca z wydawnictwem Capriccio (Austria) przy wydaniu płyt z muzyką klasyczną jako Producent płyty z ramienia Stowarzyszenia SIGNUM:

- F. Liszt - Grandes études de Paganini, Transcendental études de Paganini, maestro prof. Wojciech Waleczek (Capriccio)

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

CIV. DANE NAUKOMETRYCZNE

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice

C.IV DANE NAUKOMETRYCZNE

Niniejsza część Wniosku zawiera:

- A. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).
- B. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.
- C. Indeks Hirscha.

Sumaryczne zestawienie działalności naukowo – badawczej

	Po doktoracie	Przed doktoratem
Patenty	7	2
Liczba publikacji	28+4 w druku	19
Pierwszy autor	10	
Drugi autor	14	
Udział w konferencjach	15	1
Keynote lecture I invited lecture	9	
Udział w projektach badawczo-rozwojowych I naukowych - kierownik i koordynator	3	4
Udział w projektach badawczo-rozwojowych I naukowych - wykonawca	1	
Sumaryczny impact factor pozostałych prac na dzień 31.03.2025	36,395	1,26
Sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych na dzień 31.03.2025	37,655	
Suma punktów MNiSW dla wszystkich prac	1396,42	
Aktualny Indeks Hirscha wg Scopus	14	
Aktualny Indeks Hirscha wg Scholar Google	19	
Aktualny Indeks i10 wg Scholar Google	32	
Aktualna liczba cytowań na dzień 31.03.2025 w Scopus	499	
Aktualna liczba cytowań na dzień 31.03.2025 w Scholar Google	924	
Recenzje manuskryptów publikacji	105	
Udział w Komitetach Organizacyjnych Konferencji Naukowych	3	
Udział w Komitetach Programowych czasopism naukowych	3	
Guest Editor w czasopismach naukowych	6	

.....
(Dr inż. Lech Bolesław Dobrzański - wnioskodawca)

7.7. Profile naukowe

- ORCID:
[Lech B. Dobrzański \(0000-0002-4671-3060\) - ORCID](#)
- SCHOLAR GOOGLE:
https://scholar.google.pl/citations?view_op=list_works&hl=pl&hl=pl&user=HSiwrd4AAAAJ&pagesize=80&sortby=pubdate
- Scopus
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55608223100>
- Web of Science
Web of Science ResearcherID ABA-9778-2021

**ANEKS – ORYGINAŁ PUBLIKACJI
ARTYKUŁU MONOGRAFICZNEGO W
JĘZYKU ANGIELSKIM (140 PKT MNISZW)**

Dr inż. Lech B. Dobrzański

kwiecień 2025

Gliwice