

Ekspertyza w ramach projektu „Sieć Regionalnych Obserwatoriów Specjalistycznych w Procesie Przedsiębiorczego Odkrywania (SO RIS w PPO)” nr WND-RPSL.01.03.00-24-06A2/16-005
(Obserwatorium Produkcja i Przetwarzanie Materiałów)

Promocja i animowanie współpracy wokół projektów B+R+I – Katalog dobrych praktyk

Ekspertyza 6.3.

Innowacyjny produkt w obszarze produkcji i przetwarzania materiałów

Opracował: dr hab. inż. Bogdan Panic, prof. PŚ

Katowice, marzec 2019

Streszczenie

Ekspertyza zawiera opis poziomu innowacyjności oraz przewidywane kierunki rozwoju wybranych grup produktów w obszarze produkcji i przetwarzania materiałów.

Doboru zaprezentowanych materiałów dokonano w oparciu o znaczenie tworzywa dla nowych technologii a także wagi dla gospodarki województwa śląskiego - za takie uznano tworzywa wykorzystywane w dziedzinach o najwyższej wartości produkcji sprzedanej przemysłu województwa. Przewidywania rozwoju oparto na kryteriach związanych, z jednej strony, z rozwojem wyrobów już wytwarzanych, zaś z drugiej strony, z nowymi wyrobami wnoszącymi postęp technologiczno-techniczny. Wytypowano i wszechstronnie scharakteryzowano rozwojowe oraz nowe materiały metaliczne i polimerowe, w tym kompozyty oraz biomateriały. Określono także kierunki rozwoju dla materiałów z grupy ceramiki i szkła oraz innych materiałów, z których powstawanie nowego wyrobu niesie istotny postęp techniczny.

Scharakteryzowano ponadto poziom innowacyjności gospodarki śląskiej, na tle gospodarki polskiej i europejskiej.

Słowa kluczowe: innowacyjny produkt, innowacyjność, województwo śląskie, materiały: metaliczne, polimerowe, ceramiki i szkła.

1. Wprowadzenie

Współcześnie, jedną z kluczowych oznak rozwoju społeczno-ekonomicznego każdego kraju jest wprowadzanie do obrotu innowacyjnych wyrobów. Stanowią one źródło energii dla całej gospodarki i decydują o jej konkurencyjności i nowoczesności. Stąd też dążenia do wprowadzania innowacji zauważalne są we wszystkich działach gospodarek narodowych. Innowacje są uosobieniem i wizytówką współczesnego postępu cywilizacyjnego, przez co stały się jednymi z kluczowych obszarów wiedzy zgłębianych przez współczesnych badaczy.

Bardzo istotnym aspektem innowacyjności jest jej wpływ na zwiększanie nowoczesności techniki, czego efektem są nowe wyroby, nowe technologie produkcji, ograniczanie ujemnego oddziaływania na środowisko itp. [1]. Większość autorów utożsamia innowacyjność z wprowadzaniem innowacji, choć znaleźli się i tacy, dla których pojęcia te nie są jednoznaczne [2]. Często określenie „innowacyjność” kojarzy się wyłącznie z najnowszymi osiągnięciami nauki i techniki w elektronice i informatyce. W rzeczywistości innowacyjność to zdolność i skłonność przedsiębiorstw do ciągłego poszukiwania, tworzenia, wdrażania i upowszechniania innowacji, czyli nowych pomysłów, wynalazków, praktyk i zwyczajów.

Słowo „innowacyjność”, pochodzi od łac. Innovatio, czyli odnowienie. Dziś zostało ono szeroko rozbudowane o takie pojęcia jak: eko-innowacja oraz innowacja produktowa, których ogólne rozumienie wynika z następujących definicji:

- Eko-innowacje (ang. *eco-innovations*): „Eko-innowacje to nowe dla organizacji produkty, metody produkcji, procedury eksploatacji zasobów, sposoby świadczenia

usług oraz metody zarządzania, które w całym cyklu życia zapewniają mniejsze ryzyko środowiskowe, emitują mniej zanieczyszczeń, zużywają mniej surowców oraz powodują mniej szkodliwe dla środowiska skutki niż alternatywne rozwiązania”;

- Innowacje produktowe (ang. *product innovations*): „Innowacje produktowe to nowe lub znacząco udoskonalone pod względem cech bądź zastosowań produkty lub usługi”[3].

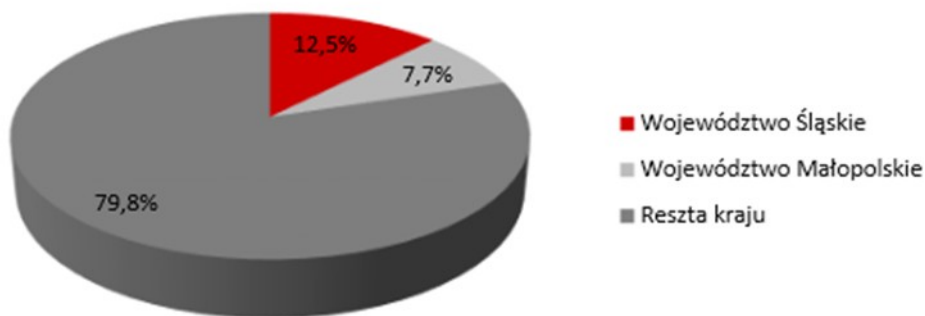
Innowacje mogą dotyczyć zarówno najwyższych technologii, jak i elementów życia codziennego, zaś innowacje produktowe mają tu zasadnicze znaczenie, ponieważ współczesna forma konkurencji dotyczy nowych produktów. Innowacyjne wyroby wytwarzane w obszarze produkcji i przetwarzania materiałów wymagają zastosowania wysokojakościowych procesów produkcyjnych i systemów organizacyjnych. Innowacyjność, w przypadku produktów tego typu, oznacza ingerencję np w skład chemiczny (możliwość zastosowania nowych związków oraz pierwiastków chemicznych), mikrostrukturę, która poza składem chemicznym jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o właściwościach (mechanicznych, fizycznych, użytkowych itp.), a przez to również zastosowanie danego tworzywa [4]. Nie bez znaczenia pozostaje poziom wyprzedzania innowacji, czyli stopień nowoczesności i oryginalności rozpatrywany na tle kryteriów światowych lub krajowych.

Według J. Bogdanienko [5] innowacje produktowe można zdefiniować jako celowe zastępowanie dotychczas wytwarzanych produktów ich nowymi wersjami oraz kreowanie zupełnie nowych produktów. Zmiany mogą być zawarte w specyfikacji technicznej, składzie i materiałach, wprowadzonych ulepszeniach systemowych, użyteczności dla użytkownika lub innych specyficznych cech własnych produktów. Innowacje produktowe mogą być tworzone w oparciu o nową wiedzę lub technologię czy też bazować na nowych sposobach użycia z zastosowaniem dotychczas znanej technologii, a słowo produkt jest używane dla pojęcia fizycznego towaru czy usługi [6].

Tak więc, niemal w każdym produkcie, tkwi szansa dalszego rozwoju i kreowania nowości. Jednak innowacja produktowa sama w sobie może, choć nie musi, być synonimem nowości. Sposób powstawania nowego produktu zależy od wielu czynników, np. stopnia nowości, charakteru produktu, możliwości finansowych przedsiębiorstwa, a czasem przypadku. Zupełnie nowe produkty – nowości na skalę światową – są z reguły efektem badań naukowych i prac badawczych prowadzonych przez jednostki badawczo-rozwojowe. Określenie stopnia nowości innowacji produktowych jest bardzo złożone. Jest zupełnie naturalne, że innowacje różnią się stopniem nowoczesności, natomiast określenie skali zmian jest trudne. Różnice stopnia nowości zaczynają się od minimalnych zmian poprzez zmiany zasadnicze, aż do zmian radykalnych. Czasami zmiany są typowe dla określonego sektora przemysłu lub działalności, lecz czasami zmiany są tak radykalne, że powodują przełomy społeczne. Stopień nowości produktu jest zależny przede wszystkim od różnicowania technologicznego i jest to wartość obiektywna i fizycznie niezbędna [6].

2. Innowacyjność w gospodarce województwa śląskiego na tle innych regionów Polski i Europy

Województwo Śląskie należy do najsilniej rozwiniętych gospodarczo regionów Polski. W 2017 r. produkcja sprzedana przemysłu w województwie śląskim osiągnęła wartość 224219,9 mln zł (w cenach bieżących) i była o 4,5% (w cenach stałych) wyższa w porównaniu z rokiem poprzednim oraz o 16,8% wyższa niż w 2010 r. Wytwarza się tutaj 12,5% PKB, co daje województwu drugie miejsce w kraju.



Rys. 1. Wartość PKB w województwie śląskim na tle kraju [7].

W skład sekcji przetwórstwa przemysłowego wchodzi 24 działy obejmujące różnorodne dziedziny wytwórczości. W obszarze produkcji i przetwarzania materiałów najważniejsze z nich, o największej liczbie zatrudnionych i najwyższej wartości produkcji sprzedanej to:

- produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep,
- produkcja metali i wyrobów z metalu, w tej grupie czołową pozycję zajmują producenci związani z hutnictwem żelaza wytwarzający m.in. surówkę, stal, wyroby walcowane, a także firmy przetwarzające te produkty. Potrzeby hutnictwa w zakresie dostaw koksu zaspakajają koksownie.

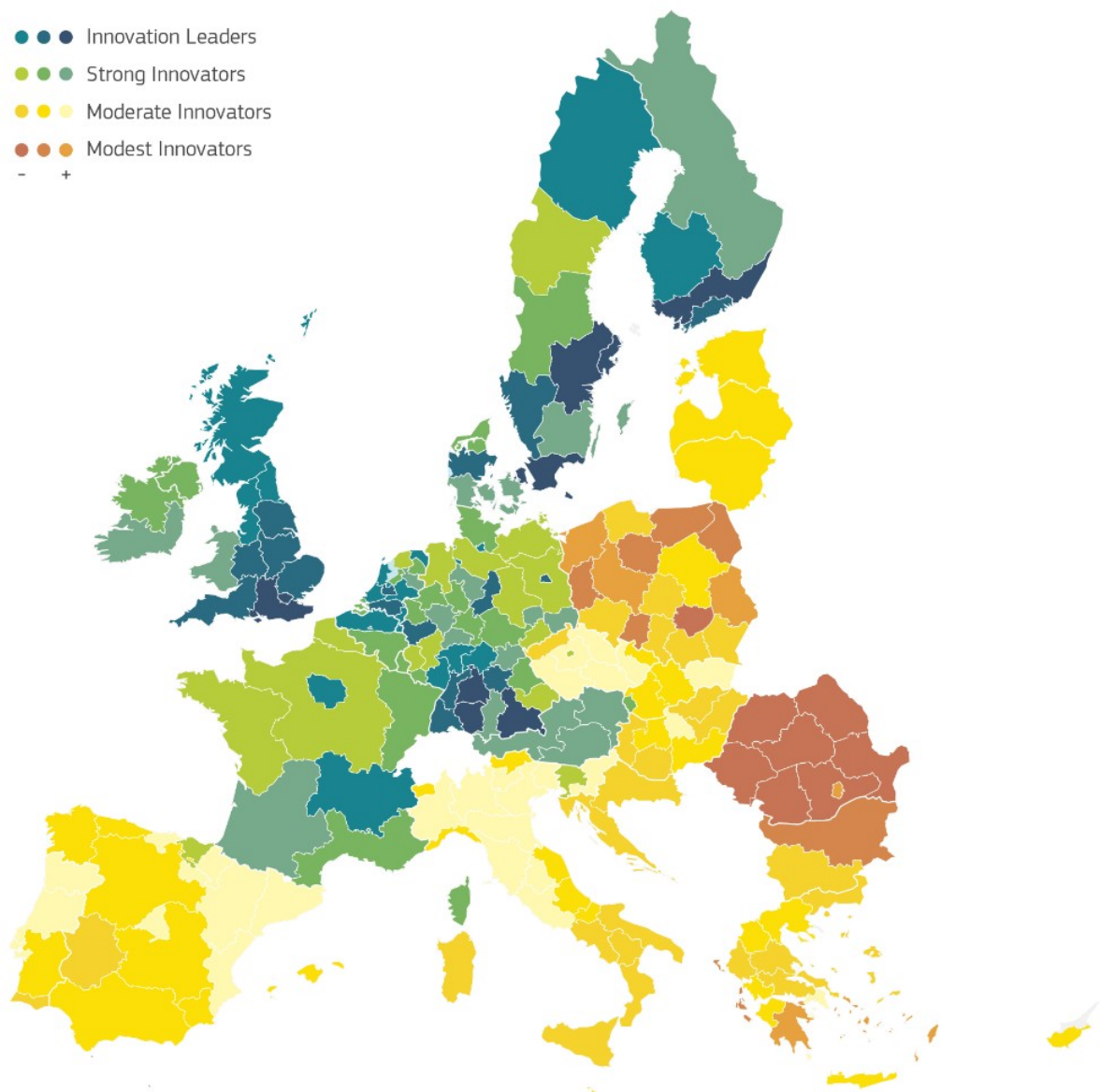
Na potrzeby górnictwa, hutnictwa i energetyki pracują zlokalizowane w województwie zakłady produkujące maszyny i urządzenia do wymienionych działalności.

Dobrze rozwijają się także inne branże przemysłu elektromaszynowego i branże o orientacji rynkowej, takie jak produkcja materiałów budowlanych, zwłaszcza cementu i szkła, wyrobów sanitarnych, tworzyw sztucznych[8].

Badając innowacyjność poszczególnych regionów Europy w 2017 roku, można zauważyć (rys. 2), że najbardziej innowacyjne regiony znajdują się w najbardziej innowacyjnych krajach. Najbardziej innowacyjnym regionem w UE jest Sztokholm w Szwecji, a następnie Hovedstaden (Kopenhaga) w Danii i południowo-wschodni region Wielkiej Brytanii. Niektóre regionalne ośrodki innowacyjne istnieją również w krajach o umiarkowanej innowacyjności: Praga (Praga) w Republice Czeskiej, Bratislavský kraj (Bratysława) na Słowacji i País Vasco

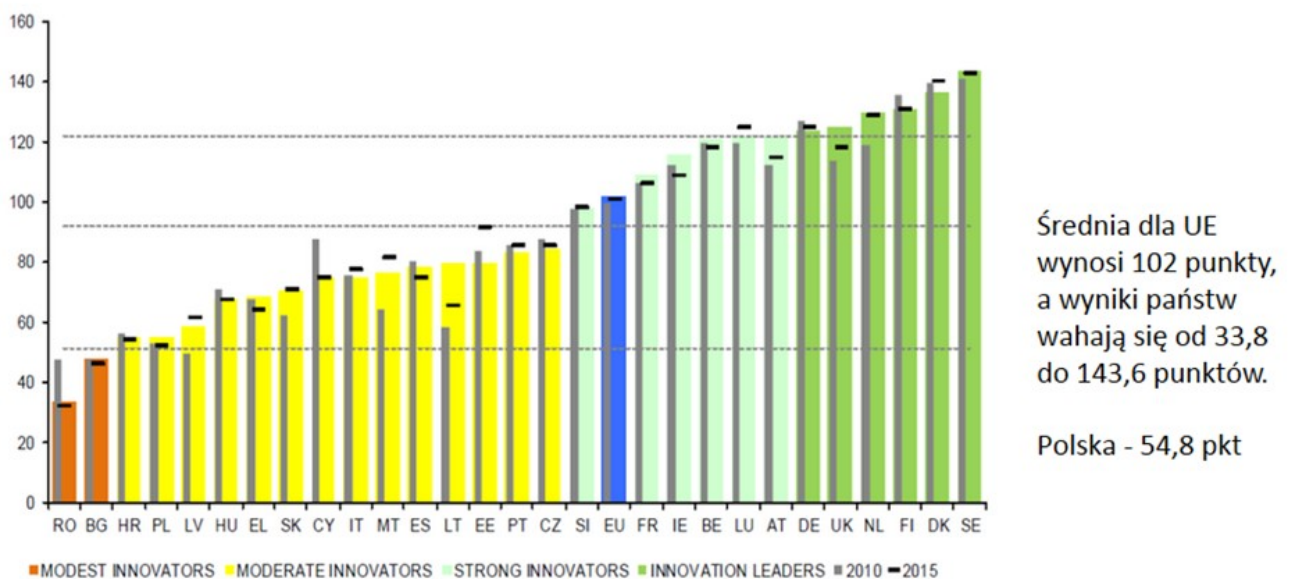
(Kraj Basków) w Hiszpanii. W unijnym zestawieniu „European Innovation Scoreboard 2017” nasz kraj zajął 25. Pozycję (razem z Chorwacją) i pozostał w grupie tzw. umiarkowanych innowatorów [9], co przedstawiono na rysunku 3.

Ponad 44% tzw. dużych przedsiębiorstw wprowadzało w 2017 roku innowacje produktowe. Udział przedsiębiorstw przemysłowych, które wprowadziły innowacje produktowe lub procesowe, był największy w górnictwie ropy naftowej i gazu ziemnego (66,7%). Duży odsetek innowacyjnych firm znajdziemy również wśród producentów chemikaliów i wyrobów chemicznych, a także koksu oraz produktów rafinacji ropy naftowej. Niska innowacyjność cechowała natomiast podmioty działające w transporcie lądowym rurociągowym, produkcji odzieży oraz wyrobu skór. Prawie 1/3 wszystkich nakładów na innowacje poniosły firmy z trzech województw: śląskiego, dolnośląskiego i wielkopolskiego [10].



Rys. 2. Innowacyjność w poszczególnych regionach Europy w 2017 roku wg danych Komisji Europejskiej [9]

Jak podają eksperci banku Millenium pierwsza piątka najbardziej innowacyjnych województw w Polsce pozostaje niezmienna od trzech lat. Są to województwa: mazowieckie, małopolskie, pomorskie, dolnośląskie oraz lubelskie (rysunek 4). W tegorocznej edycji rankingu zaszła jednak zmiana. Na podium pojawiło się województwo pomorskie, które w poprzednich trzech latach zajmowało czwartą pozycję a sześć województw zmniejszyło dystans do podium. Zdaniem analityków banku, wśród nich, na wyróżnienie zasługują: łódzkie, warmińsko-mazurskie, śląskie oraz polskie [11].



Rys. 3. Wskaźniki innowacji krajów UE w 2017 roku [9]



Rys. 4. Innowacje w województwach według rankingu „Indeks Millennium 2018 – Potencjał Innowacyjności Regionów” [11].

3. Innowacje w obszarze produkcji i przetwarzania materiałów w świetle aktualnego stanu wiedzy eksperckiej i badań literaturowych

Kiedy ludzie myślą o innowacjach, często myślą o innowacjach produktowych. Innowacja produktu może przybierać różne formy. Jednak nowe materiały stanowią priorytet w zakresie innowacji produktowych, a także są postrzegane jako źródło konkurencji i korzyści. Rozwój nowych metod produkcji materiałów otwiera szereg innych innowacji. Nowe materiały są kluczowymi komponentami nowych technologii i powstających produktów finalnych, przez co mogą stać się głównymi czynnikami wzrostu gospodarki. W niniejszym rozdziale opisano stan innowacyjności i kierunki rozwoju wybranych grup materiałów o największym znaczeniu dla województwa śląskiego. Doбору zaprezentowanych grup materiałów dokonano w oparciu o wybrane wskaźniki dotyczące wykorzystywania tworzyw w dziedzinach o najwyższej wartości produkcji sprzedanej przemysłu województwa śląskiego. Są to w szczególności materiały metaliczne i polimerowe, w tym kompozyty oraz biomateriały. Określono także kierunki rozwoju dla materiałów z grupy ceramiki i szkła oraz innych materiałów, z których powstawanie nowego wyrobu niesie istotny postęp techniczny.

Za materiały innowacyjne uznano:

- materiały obecnie stosowane, o uznanych właściwościach, oczekujące na unowocześnienie,
- już wytworzone materiały innowacyjne, wdrożone do produkcji,
- materiały znajdujące się w stadium badań, o nowych właściwościach uzyskanych np. poprzez ingerencję w skład chemiczny (zastosowanie nowych związków oraz

pierwiastków chemicznych), mikrostrukturę, itp., z nadzieją wprowadzenia do produkcji.

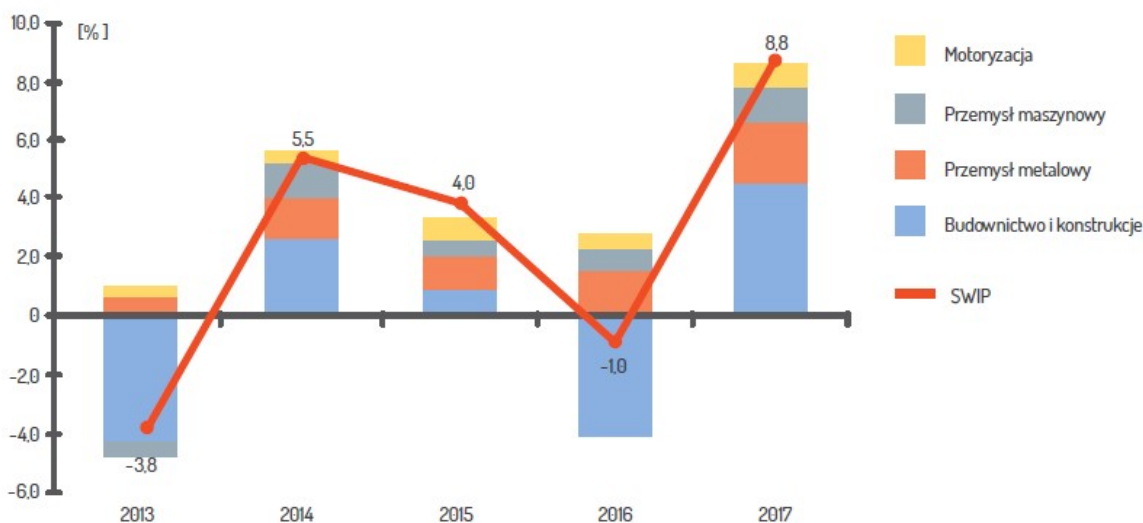
3.1. Innowacyjny produkt w obszarze tworzyw metalicznych

a. Żelazo i jego stopy

Stopy żelaza charakteryzują się dużym potencjałem rozwojowym. Podnosząc ich właściwości można otrzymać produkty o charakterystyce trudno osiągalnej dla innych materiałów. Z tych powodów nowoczesne gatunki stali i wykonane z nich wyroby można zaliczyć do produktów innowacyjnych.

Globalne zapotrzebowanie na stal rośnie od 2009 roku. Dzieje się tak dzięki trwającemu ożywieniu w gospodarce światowej, zwłaszcza przyspieszeniu dynamiki PKB w krajach rozwiniętych i ustabilizowaniu się sytuacji w Chinach. Pozytywny wpływ na popyt na stal miały również zwiększone inwestycje i poprawa sytuacji na rynku surowcowym.

W 2017 roku Polska gospodarka zużyła lub przetworzyła ok. 13,5 mln ton wyrobów stalowych. Największym odbiorcą było budownictwo (ok. 42%), z zapotrzebowaniem stali na poziomie ok. 5,7 mln ton wykorzystanej przy budowie m.in. budynków, dróg, rurociągów, linii kablowych oraz konstrukcji stalowych. Przemysł wyrobów metalowych do produkcji konstrukcji stalowych (przeznaczonych na eksport), zbiorników i pojemników metalowych oraz innych mniejszych wyrobów metalowych zużył ok. 2,8 mln ton wyrobów stalowych (ok. 21%). Produkcja maszyn i urządzeń skonsumowała ok. 2,1 mln ton wyrobów stalowych (ok. 15%), a głównymi odbiorcami byli producenci maszyn ogólnego przeznaczenia (np. łożysk, urządzeń dźwigowych i chłodniczych) oraz maszyn specjalnego przeznaczenia (np. maszyn górniczych, budowlanych i rolniczych). Motoryzacja była odbiorcą ok. 1,7 mln ton stali (ok. 12,5%) używanej przy produkcji samochodów, nadwozi oraz części samochodowych. W produkcji pozostałego sprzętu transportowego zużyto ok. 0,6 mln ton wyrobów stalowych (ok. 4%) do wytworzenia m.in. statków, konstrukcji morskich oraz taboru kolejowego. Branża sprzętu gospodarstwa domowego skonsumowała ok. 0,45 mln ton stali (3,5%) do produkcji m.in. pralek, chłodziarek i kuchenek. Pozostałe działy przemysłu zużyły 0,15 mln ton stali (ok. 1%). W 2017 roku wskaźnik SWIP (Steel Weighted Industrial Production Index), wiążący poziom aktywności produkcyjnej w sektorach zużywających wyroby stalowe z krajowym jej zużyciem, zanotował wzrost o 9%, wobec 1% spadku w 2016 r., co przedstawia rysunek 5 [12].



Rys. 5. Wskaźnik SWIP* (rok do roku) i skala wpływu poszczególnych sektorów na wzrost SWIP w latach 2013-2017, % [12].

*SWIP wg metodologii Eurostatu

Biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy oraz przewidywalny rozwój polskiej gospodarki (w tym gospodarki województwa śląskiego), najważniejszymi sektorami oczekującymi na unowocześnienie wyrobów z żelaza i jego stopów są:

- przemysł zbrojeniowy,
- transport: kolejowy, samochodowy i morski,
- infrastruktura transportowa (autostrady, wiadukty, mosty),
- przemysł energetyczny.

Jako priorytetowe asortymenty wyrobów produkowanych obecnie, a oczekujące na rozwiązania innowacyjne, można wskazać:

- kształtowniki walcowane na gorąco i na zimno, pręty, blachy grube oraz kompozyty z udziałem żelaza,
- blachy taśmowe walcowane na gorąco wykonane z nowoczesnych wysokowytrzymałych gatunków stali,
- wyroby stalowe wykonane z nowych gatunków stali do zastosowań w warunkach ekstremalnych obciążeń, w tym w przemyśle obronnym i energetyce,
- specjalistyczne wyroby do zastosowań w transporcie kolejowym, samochodowym i morskim a także lotniczym.

Za najbardziej rozwojowe i innowacyjne stopy żelaza uznano:

Stale austenityczne

Stale austenityczne to stale kwasoodporne, odporne na korozję. Ze względu na niską cenę i dobrze poznane właściwości, stosowane są praktycznie w każdej dziedzinie życia np.

lotnictwie, budownictwie, architekturze, przemyśle spożywczym, ochronie środowiska, sprzęcie agd, przemyśle chemicznym, papierniczym, farmaceutycznym, motoryzacji. W medycynie stosuje się je do produkcji igieł śródspikowych, narzędzi chirurgicznych, płytek kostnych, śrub i drutów kostnych, igieł, a nawet stentów i elementów endoprotez. W ich skład wchodzi przede wszystkim chrom (16-25%), nikiel (powyżej 8%) i molibden (ok 3 %) oraz mangan i azot w mniejszych ilościach. Zawartość węgla w stalach austenitycznych jest minimalna ($C < 0,003$ %). Mogą mieć wytrzymałość nawet 1850 MPa [13-14].

Nowoczesne żarowytrzymałe stale o osnowie austenitycznej znajdują zastosowanie na elementy instalacji bloków energetycznych pracujących przy wysokich parametrach pary. Najnowocześniejszym gatunkiem stali austenitycznych obecnie wdrażanym do energetyki jest Sanicro 25. Wzrost żarowytrzymałości i żaroodporności stali osiągnięto modyfikując jej skład chemiczny poprzez wprowadzanie odpowiednich pierwiastków stopowych. Wymagany skład chemiczny dla stali Sanicro 25 przedstawiono w tabeli 1 [15-16].

Tabela 1. Wymagany skład chemiczny stali Sanicro 25, % mas.[15]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	W	Co	Cu	Nb	N	B
0,04-0,11	max. 0,40	max. 0,60	max. 0,02 5	max. 0,01 5	21,5-23,5	23,5- 26,5	2,0-4,0	1,0-2,0	2,0-3,5	0,3- 0,6	0,15- 0,30	max. 0,008

Stale bainityczne

Są to stale przeznaczone do zaawansowanych zastosowań konstrukcyjnych, m.in. w przemyśle lotniczym i zbrojeniowym. Stal nanostrukturalną bainityczną NANOS-BA rekomenduje się do wytwarzania blach stanowiących elementy opancerzenia pojazdów i obiektów infrastruktury oraz elementy urządzeń i infrastruktury przemysłowej o wymaganej wysokiej odporności na ścieranie, zaś wysokowytrzymała stal bainityczna gat. 10GHMBA-E620T może znaleźć zastosowanie na okrętowe osłony konstrukcyjno-balistyczne. Stale bainityczne mogą także znaleźć zastosowanie jako nowy materiał do produkcji szyn kolejowych. Obecnie prowadzi się prace nad nowym gatunkiem stali o lepszych właściwościach (w szczególności odporności na wady kontaktowo zmęczeniowe) sterując właściwościami stali poprzez modyfikację mikrostruktury z perlitycznej na bainityczną [17-20].

Stale typu maraging

Stale typu maraging ze względu na swoje właściwości mają zastosowanie jako materiał konstrukcyjny w energetyce i lotnictwie, w przemyśle kolejowym i motoryzacyjnym, a także w technologiach wojskowych, m.in. na elementy luf czy poszycia zbiorników paliwowych rakiet. Mimo wysokiej ceny stale te znalazły swoje miejsce w grupie chętnie wybieranych materiałów konstrukcyjnych do zastosowań specjalnych. Wykazano, że obróbką cieplną można sterować parametrami wytrzymałościowymi oraz plastycznymi. W przypadku stali maraging MS350 (18Ni350) dzięki nowatorskiej metodzie obróbki cieplnej zwanej

„starzeniem krótkotrwałym”, osiąga się unikalne właściwości, w szczególności dobre połączenie wytrzymałości i odporności na uderzenia [21-22].

Ponadto, jako innowacyjne produkty w obszarze produkcji i przetwarzania materiałów metalicznych wykonanych z żelaza i jego stopów, rekomenduje się następujące materiały znajdujące się w stadium badań, o nowych właściwościach:

- materiały na bazie proszków żelaza, które mogą znaleźć zastosowanie np. w produkcji spiekanych narzędzi metaliczno-diamentowych [23],
- materiały o strukturze nanokrystalicznej wytwarzanej metodami przeróbki plastycznej oraz scalania i obróbki cieplnej proszków amorficznych,
- stale o strukturze superdrobnoziarnistej, na bazie składów chemicznych o małej zawartości pierwiastków stopowych.

b. Metale nieżelazne i ich stopy

Wielkość produkcji metali nieżelaznych stanowi ok. 22% produkcji światowej, a zużycie ok. 28% zużycia światowego. Poszczególne metale nieżelazne znajdują różnorodne zastosowanie:

- miedź i srebro – przemysł elektryczny i elektroniczny,
- aluminium i jego stopy – transport i budownictwo,
- cynk - na pokrycia antykorozyjne, różnego rodzaju stopy, szczególnie mosiądze,
- ołów i jego stopy - nadal głównie w produkcji baterii i akumulatorów.

Rozwój technologii wytwarzania metali nieżelaznych sprawia, że pojawiają się nowe, szczególne możliwości ich stosowania. Polska jest czołowym producentem miedzi i srebra w skali światowej oraz dużym producentem cynku i ołowiu.

Obecnie w Polsce działa dziewięć zakładów, w których otrzymuje się miedź, ołów, cynk oraz metale towarzyszące, tj. srebro, ren, nikiel złoto i platynowce. Produkcja miedzi prowadzona jest w trzech zakładach KGHM Polska Miedź S.A.. Cynk otrzymywany jest w hucie ZGH „Bolesław” oraz w hucie „Miasteczko Śląskie” S.A.. Ołów wytwarza się w procesie ISP i technologiach przerobu odpadów ołowiowych [24].

W świetle aktualnej wiedzy można wskazać następujące kierunki rozwoju przetwórstwa metali nieżelaznych.

- Poprawa właściwości drutów i mikrodrutów ze stopów miedzi, charakteryzujących się wysokim zespołem własności elektrycznych i wytrzymałościowych. Materiały tego typu znajdują zastosowanie w produkcji np. generatorów silnych pól magnetycznych, magnesów pulsacyjnych, aparatury medycznej oraz drutów dla branży motoryzacyjnej oraz elektroenergetycznej.
- Druty bimetalowe, w tym kompozytowe, o podwyższonych właściwościach fizyko-mechanicznych, stosowane głównie w budownictwie, przemyśle elektrotechnicznym, na przewody elektryczne i kable w kolejnictwie.

- Wytwarzanie mikro- i nanoproszków metalicznych i kompozytowych metodami chemicznymi, mechanicznej syntezy oraz poprzez mielenie,
- Recykling materiałów oparty o technologie plazmowe i chemiczne.

Ponadto przewiduje się dalszy rozwój badań nad udoskonalaniem obecnych i tworzeniem innowacyjnych materiałów występujących w następujących grupach tematycznych:

- ultra drobnoziarniste i nanokrystaliczne materiały wykonane z metali nieżelaznych i ich stopów,
- wielowarstwowe blachy i taśmy wykonane ze stopów MN,
- zaawansowane nowe stopy aluminium,
- nowe materiały nanokrystaliczne.

Aluminium

Aluminium, to drugi - po żelazie- najczęściej wykorzystywany metal. Obecnie w Polsce produkcja opiera się głównie na aluminium wtórnym, ponieważ w 2008 r. Huta Aluminium Konin zawiesiła swoją działalność. W 2016 r. w krajach Unii Europejskiej produkcja sprzedana wyrobów z aluminium osiągnęła wartość 68 mld euro. Głównym producentem wyrobów z aluminium w Unii Europejskiej od lat pozostają Niemcy, które w 2016 r. miały 28% udział. Polska z produkcją na poziomie 2,87 mld zajęła 6 miejsce z udziałem 4.2% w EU-28 (2,9% udział polskiej gospodarki w PKB Unii Europejskiej). Konsumpcja aluminium w Polsce kształtuje się na poziomie 50% konsumpcji krajów posiadających dłuższe niż Polska tradycje w wolnorynkowym rozwoju technologicznym. Przekłada się to na bardzo dynamiczny rozwój polskiego sektora aluminiowego, jaki obserwuje się w ostatniej dekadzie.

Własności fizykomechaniczne aluminium, a w szczególności niska masa właściwa, niezła przewodność elektryczna, zdolność do natychmiastowej pasywacji i wynikająca stąd naturalna odporność korozyjna, duża odkształcalność, to najważniejsze cechy technologiczne i użytkowe nie tylko aluminium, ale także wszystkich stopów wytwarzanych na jego podstawie. O atrakcyjności aluminium, jako materiału stosowanego niemal we wszystkich gałęziach przemysłu decydują ponadto duża zdolność do tworzenia różnorodnych stopów, w których aluminium występuje, jako materiał bazowy oraz jego znakomita podatność do recyklingu. Jak wynika z przeprowadzonych analiz, kraje technicznie wysoko rozwinięte, zużywają rocznie średnio ok. 35 kg aluminium na mieszkańca, zaś konsumpcja aluminium w krajach o niższym poziomie gospodarczym kształtuje się na poziomie dwu, a nawet trzykrotnie niższym.

Główne zastosowania aluminium i jego stopów w asortymencie wyrobów wytwarzanych na drodze przeróbki plastycznej, a więc poza sektorem odlewniczym, lokują się w obszarze wyrobów walcowanych, wyciskanych i kutych. Segment wyrobów walcowanych obejmuje: blachy i taśmy walcowane na gorąco oraz blachy i taśmy walcowane na zimno wykorzystywane w coraz to bardziej wymagających przemysłach transportowym i samochodowym. Segment wyrobów wyciskanych obejmuje: profile i rury dla wyrafinowanego przemysłu maszynowego, transportowego i budowlanego, a

segment wyrobów kutech: odkuwki dla przemysłu samochodowego. Powyższy asortyment obejmuje praktycznie wszystkie rodzaje dwu i wieloskładnikowych stopów aluminium.

Główne obszary innowacyjności mieszczą się w potrzebie osiągnięcia ponadstandardowej wytrzymałości mechanicznej, reologicznej, zmęczeniowej, termicznej i korozyjnej stopów aluminium, które charakteryzują cały zespół właściwości eksploatacyjnych wyrobów dla nowoczesnych potrzeb przemysłu transportowego, samolotowego, maszynowego, budowlanego i elektrotechnicznego. Perspektywnym obszarem aplikacji aluminium jest również elektromobilność, gdzie obok zastosowań tego materiału na elementy konstrukcyjne pojazdów czy kable elektryczne obserwuje się zainteresowanie wykorzystaniem aluminium w ogniwach o wysokiej gęstości energii [25].

Najważniejsze kierunki zwiększania innowacyjności materiałów ze stopów Al:

- Dalszy rozwój wieloskładnikowych stopów aluminium serii 5000, 6000, 7000 i 8000. Seria 5000 – definiuje stopy aluminium z magnezem. Wykazują one średnią wytrzymałość przy bardzo wysokiej odporności na korozję. Nadają się do spawania i anodowania. Zastosowanie: automotive, sprzęt AGD, przemysł budowlany, chemiczny, spożywczy.

Seria 6000 – stopy aluminium zawierające magnez i krzem. Stopy z tej serii posiadają bardzo wysoką odporność na korozję i dobrą plastyczność. Zastosowanie: budownictwo, wyposażenie wnętrz, automotive, meblarstwo, elektronika, oświetlenie, elementy nośne ciężarówek, autobusów, statków, dźwigów, wagonów, mostów i barier, przemysł górniczy, chemiczny, spożywczy i stoczniowy.

Seria 7000 – to stopy aluminium z cynkiem i magnezem. Po poddaniu ich odpowiedniej obróbce cieplnej, zyskują najwyższą wytrzymałość spośród wszystkich stopów aluminium. Mają one średnią odporność na korozję i nadają się do spawania oraz obróbki skrawaniem. Zastosowanie: w silnie obciążonych elementach konstrukcji i częściach samolotów, jako elementy maszyn, sprzęt sportowy.

Seria 8000 – określa pozostałe stopy aluminium, czyli wszystkie, które nie zostały ujęte w poprzednich seriach. Ich własności oraz podatność na obróbkę mechaniczną zależą od składu chemicznego.

- Opracowanie stopów o poprawionych właściwościach funkcjonalnych (stopy aluminium o podwyższonej temperaturze rekrytalizacji, stopy wysokoprzewodzące i wysokowytrzymałe, stopy o podwyższonej odporności korozyjnej, stopy o niskim współczynniku temperaturowym rezystancji, stopy o wysokiej odporności zmęczeniowej i reologicznej itp.) [26].
- Coraz szersze wprowadzanie do użytku kompozytów na osnowie aluminiowej (kompozyty włóknowe na elementy nośne i nośno-przewodzące wyrobów dla elektroenergetyki).

Miedź

Miedź, po żelazie i aluminium, jest jednym z trzech najbardziej użytecznych metali na świecie. Głównie znajduje zastosowanie w budownictwie, urządzeniach elektrycznych, elektronice, przemyśle chemicznym i jubilerstwie. Miedź może być wielokrotnie przetwarzana bez utraty swoich właściwości i parametrów jakościowych. Polska należy do państw mających największe zasoby miedzi. Największą kopalnią rudy miedzi w Europie oraz jedną z największych kopalni głębinowych tej rudy na świecie jest kopalnia Rudna.

Miedź ma wiele właściwości, które są niezbędne w rozwoju współczesnych, innowacyjnych technologii. Ma drugą, tuż po srebrze, najwyższą przewodność elektryczną (o połowę wyższą od aluminium). Charakteryzuje ją wytrzymałość, sprężystość, plastyczność i doskonale przewodnictwo ciepła. Miedź ma też ważne własności reologiczne – jest odporna na pęczanie, a także wyjątkowo odporna na korozję. Te właściwości oraz fakt że ma o ponad 400 stopni C wyższą temperaturę topnienia od aluminium, są szczególnie przydatne w elektrotechnice, zwłaszcza tam, gdzie materiałom stawia się najwyższe wymagania w zakresie wysokiej sprawności, wytrzymałości, stabilności chemicznej, trwałości, szybkiego odprowadzania ciepła i odporności na wysokie temperatury. Jest ona materiałem pierwszego wyboru w maszynach elektrycznych i kablach. Całkowicie dominuje w produkcji kabli układanych na dnie morza czy systemów odgromowych i uziemień elektrowni wiatrowych. Miedzi nie da się zastąpić w konstrukcji toru prądowego (taśmy modułowe, przewody) paneli fotowoltaicznych. Wymagania większej sprawności i efektywności chłodzenia wymusiły zamianę aluminium na miedź w mikroprocesorach i układach chłodzenia komputerów [27].

Podstawowe stopy miedzi tworzy z cynkiem, cyną i niklem. Stopy te są trwalsze od czystej miedzi i zachowują jej właściwości. W zależności od przeznaczenia stopy miedzi dzielą się na odlewnicze i do przeróbki plastycznej. Mosiądze są stopami miedzi, w których głównym składnikiem stopowym jest cynk (w ilości powyżej 2%). Brązy są stopami miedzi, w których głównym składnikiem stopowym jest cyna (ponad 2%), aluminium, krzem, beryl, ołów i inne, z wyjątkiem cynku i niklu. Miedzionikle są przerabialnymi plastycznie stopami miedzi, w których głównym składnikiem stopowym jest nikiel (w ilości powyżej 2%).

Najważniejsze kierunki zwiększania innowacyjności stopów Cu odnoszą się do takich materiałów i produktów jak:

- Bimetalowe druty kompozytowe składające się z rdzenia ze stali miękkiej i zewnętrznej warstwy miedzi beztlenowej, do wielu zastosowań, szczególnie w kolejnictwie na przewody, kable oraz inne elementy sieci trakcyjnej.
- Druty i mikrodruty ze stopów miedź-niob i miedź-srebro cechujące się bardzo wysokimi własnościami wytrzymałościowymi oraz wysoką konduktywnością elektryczną, umożliwiającymi ich stosowanie przy wytwarzaniu generatorów silnych pól magnetycznych. Mogą one znaleźć zastosowanie w układach zasilania oraz systemach bezpieczeństwa wysoko zaawansowanych technologicznie produktów branży energetycznej, motoryzacyjnej oraz medycznej, gdzie z uwagi na pełnione funkcje muszą wykazać się niezawodnością działania [28].
- Poprawa właściwości stopów miedź-żelazo i miedź-cynk poprzez rozdrobnienie ziaren stopu do wielkości ultradrobnoziarnistej [29,30].

Nanomateriały i nanoproszki metaliczne

Nanoproszki są to drobinki substancji stałych o wielkości poniżej 100nm. W praktyce granica ta jest przesunięta i wynosi około 10nm. Nanoproszki są obecnie najbardziej rozpowszechnioną formą nanomateriałów. Mają szerokie zastosowanie - są dodawane do farb, kremów, mogą występować w formie "wolnej" lub też być substratem do otrzymywania materiałów litych. Dodawane są również do tradycyjnych materiałów, powodując istotne zmiany ich właściwości fizycznych, mechanicznych, magnetycznych, elektrycznych i optycznych. Niewielkie rozmiary cząstek proszku powodują, że mogą być one łatwo transportowane w organizmie ludzkim, np. przez krew, co może być wykorzystane w diagnostyce medycznej lub transporcie leków.

Przewiduje się dalszy rozwój nanotechnologii, poprawę właściwości i zastosowań nanoproszków i nanomateriałów. Jednak w związku z wciąż nie do końca poznany ryzykiem zdrowotnym niektórych ich zastosowań, możliwości wprowadzania nanotechnologii do niektórych obszarów działalności i produktów codziennego użytku mogą być ograniczone.

Jako główne kierunki rozwoju innowacyjności wśród nanomateriałów metalicznych przyjęto:

- Wykorzystanie nanocząstek złota do wczesnego wykrywania i efektywnego leczenia nowotworów [31].
- Wykorzystanie metalurgii proszków do wytwarzania materiałów spiekanych o poprawionych właściwościach mechanicznych, w tym materiałów supertwardych oraz powłok funkcjonalnych, wykazujących m.in. wysoką odporność na korozję.
- Wytwarzanie metalicznych materiałów nanoporowatych, o nowych właściwościach zapewniających wysokie własności mechaniczne w wysokich temperaturach.
- Opracowanie kompozytów na podstawie tworzyw sztucznych z dodatkiem ultradrobnych proszków metali.

Inne kierunki rozwoju innowacyjności materiałów metalicznych z grupy metali nieżelaznych to opracowanie nowych materiałów takich jak:

- stopy tytanu z pierwiastkami biogodnymi o podniesionej odporności na korozję do zastosowań medycznych,
- nanokompozyty, biokompozyty, materiały amorficzne i nanokrystaliczne na potrzeby przemysłowe i medyczne,
- nowe kompozytowe materiały stykowe na bazie srebra charakteryzujące się odpowiednio wysokimi własnościami eksploatacyjnymi podczas pracy w aparatach elektrycznych niskiego i średniego napięcia,
- grafenu i innych nanostruktur węglowych pod kątem wytwarzania kompozytów na bazie metali [28, 32-33].

3.2. Innowacyjny produkt w obszarze tworzyw polimerowych

Materiały polimerowe (tworzywa sztuczne) są używane niemal w każdej dziedzinie życia i techniki. Coraz częściej zastępują tradycyjne materiały konstrukcyjne, toteż można z nich

wykonywać elementy maszyn i urządzeń lub wykorzystywać je jako materiały funkcjonalne, głównie z uwagi na to, że cechuje je duża odporność na zmienne warunki środowiskowe.

Światowa produkcja tworzyw sztucznych w roku 2017 wzrosła o 3,9 % w porównaniu do roku poprzedniego i wyniosła 348 mln ton. Europa, z udziałem 18,5%, pozostaje drugim regionem pod względem wielkości produkcji tworzyw sztucznych, ustępując jedynie Chinom, których udział wynosi 29,4%. Według wielu prognoz, wzrost produkcji tworzyw sztucznych w Europie odnotowany w roku 2017 (7,3%) nie zostanie utrzymany. Pierwsze wyniki za rok 2018 wskazują na niewielki spadek produkcji.

Zapotrzebowanie na tworzywa sztuczne ze strony przetwórców w 2017 roku w Europie wyniosło 51,2 mln ton, co oznacza wzrost o ok. 2,7%. Udział sektora opakowaniowego w ogólnym zużyciu tworzyw wyniósł 39,9%, budownictwa 19,7%, zaś motoryzacji 10%. Największe zapotrzebowanie na tworzywa w krajach europejskich występuje w Niemczech – kraj ten odpowiada za 24,5% europejskiego zapotrzebowania. Na kolejnych miejscach znajdują się Włochy, z udziałem 14,2% i Francja - 9,6%. Polska, z udziałem 6,3 % zajmuje 6. miejsce, ustępując jeszcze miejsca Wielkiej Brytanii (7,5%) i Hiszpanii (7,7%).

Wyzwania dla branży tworzyw sztucznych wnoszone przez wymagania „Gospodarki o Obiegu Zamkniętym i Strategii dla Tworzyw Sztucznych”, w tym osiągnięcie znacznie wyższych poziomów recyklingu odpadów, mobilizują branżę do intensyfikacji działań na rzecz pełniejszego wykorzystania zasobów. Deklaracje podjęte przez przemysł w ramach Dobrowolnego Zobowiązania Plastics 2030, wskazują na obszary intensyfikacji prac badawczych podejmowanych przez przemysł w kierunku zwiększenia zdolności do recyklingu wyrobów z tworzyw sztucznych. Bierze się tu pod uwagę między innymi nie tylko nowe zasady ekoprojektowania czy nowe struktury folii wielowarstwowych, ale także praktyczne kierunki udoskonalenia metod sortowania i recyklingu, zarówno mechanicznego, jak i chemicznego [34].

Stan innowacyjności i kierunki rozwoju w zakresie produkcji i przetwarzania materiałów polimerowych.

Biopolimery

Obecnie dąży się do opracowania technologii produkcji polimerów, które charakteryzowałyby się takimi właściwościami jak znane dotychczas tworzywa sztuczne, a jednocześnie byłyby łatwo biodegradowalne i otrzymywane ze źródeł odnawialnych. Już obecnie rośnie zakres zastosowania opakowań z naturalnych biopolimerów o jadalne i biodegradowalne osłonki, zbudowane z polisacharydów lub białek. Na szczególną uwagę zasługują poliestry alifatyczne, takie jak polilaktyd (PLA) i polihydroksyalkaniany (PHA).

PLA znajduje szereg zastosowań w przemyśle budowlanym, technice, optyce oraz przemyśle samochodowym. Z uwagi na swoje właściwości (m.in. przezroczystość) PLA jest stosowany również przy produkcji ogniw fotowoltaicznych, pozwalając na obniżenie kosztów produkcji takich wyrobów. Istotnymi branżami, w których wykorzystywane jest PLA są też medycyna i farmacja, gdzie stosuje się go do produkcji implantów, śrub jak również nici chirurgicznych. Kluczową rolę w produkcji w pełni biodegradowalnego polilaktydu odgrywa

kwas mlekowy. Nad innowacyjną metodą biotechnologicznego przekształcania biorafineryjnych produktów ubocznych oraz surowców pochodzenia roślinnego w kwas mlekowy pracuje m.in. spółka ORLEN Południe.

Przewiduje się też coraz szerszy zakres stosowania opakowań z naturalnych biopolimerów. Jako proekologiczne i bezpieczne dla zdrowia konsumentów materiały opakowaniowe proponuje się poliestry alifatyczne z dodatkiem ryboflawiny, jako naturalnego środka stabilizującego i barwiącego polilaktyd (PLA) i polihydroksymaślan (PHB) [35-38]. Rozwijają się biodegradowalne modyfikowane polimery naturalne ze wzmocnieniem z włókien konopnych, szałowych lub lnianych które nadają się na jednorazowe naczynia i opakowania.

Biodegradowalne nanopolimery

Biorąc za kryterium podziału źródła pozyskiwania surowców, biodegradowalne polimery dzielą się na otrzymywane z surowców kopalnych i z surowców odnawialnych.

Biodegradowalne materiały polimerowe, poza cennymi zaletami, mają także wady (np. skomplikowana obróbka i koszty). W szczególności kruchość i przepuszczalności dla pary wodnej i gazu oraz słaba odporność na długotrwałe operacje przetwarzania powodują ograniczenia ich stosowania. Wymienione wyżej wady biodegradowalnych materiałów polimerowych stanowią podstawę prowadzenia prac badawczych w zakresie poprawy ich właściwości lub ograniczenia występujących wad. Właściwości mechaniczne, cieplne, a także przetwórcze mogą być modyfikowane różnymi metodami. Do głównych zalicza się wytwarzanie kompozytów lub nanokompozytów ze składnikami dodatkowymi, np. napełniaczami, nukleantami, nanozwiązkami lub włóknami. Zastosowanie nanotechnologii dla tych polimerów może otworzyć nowe możliwości w celu poprawy ich właściwości i cech takich jak koszt czy wydajność. Nanokompozyty mogą wykazywać znaczną poprawę czynników mechanicznych, termicznych i fizykochemicznej bariery w porównaniu do polimerów wyjściowych [37,39].

Nowe kompozyty i nanokompozyty polimerowe

Znaczący postęp w inżynierii materiałowej i technologii polimerów umożliwił opracowanie nowych tworzyw wielkocząsteczkowych o znacznie większej wytrzymałości mechanicznej i cieplnej, a więc o szerszym zakresie zastosowania. Pod tym względem ważną rolę odgrywają kompozyty polimerowo-włókniste, a zwłaszcza tworzywa wzmocniane włóknami węglowymi, które wyraźnie poprawiają wytrzymałość mechaniczną i moduł sprężystości przy niewielkim zwiększeniu gęstości produktu. Poważną przeszkodą w upowszechnieniu tych kompozytów jest wysoka cena włókna węglowego oraz kosztowny proces technologiczny kompozytów. Z tego względu wykorzystuje się je w takich obszarach, jak: lotnictwo, sprzęt sportowy, elektrownie wiatrowe, specjalne konstrukcje budowlane czy samochody elektryczne. Zastępowanie dotychczasowych technik formowania kompozytów włóknistych innymi metodami powinno przyczynić się do obniżenia kosztów ich wytwarzania [40].

Ważnym kierunkiem innowacji jest rozwój samonaprawialnych kompozytów (SHC – self healing composites). Zawarte w nich komponenty takie jak żywica i katalizator, zamknięte w szklanych sferach, uwalniają się pod wpływem mechanicznego uszkodzenia kompozytu. Pomiedzy komponentami dochodzi do reakcji i zalania pęknięcia, dzięki czemu element staje się znów gotowy do eksploatacji [41]. Tworzywa ze zdolnością samoczynnej naprawy uszkodzeń znajdują na pewno szerokie zastosowanie w konstrukcjach przemysłu motoryzacyjnego i lotniczego. Przewiduje się, że takie nowoczesne tworzywa polimerowe będą intensywnie wykorzystywane do wytwarzania części, których bieżąca wymiana bądź naprawa są niemożliwe lub bardzo utrudnione, czego przykładem mogą być różnorodne implanty medyczne, od których wymaga się jak najdłuższego prawidłowego funkcjonowania wewnątrz organizmu ludzkiego [37].

Inny kierunek innowacji wyznaczają nanokompozyty polimerowe, w których napelniacze, takie jak np. grafen czy nanorurki węglowe, rozdrobione w osnowie polimerowej do rozmiarów nanometrycznych, powodują wzrost wytrzymałości tych materiałów [42,43].

Nowe kompozyty i nanokompozyty wytworzone z surowców wtórnych

Zagospodarowanie odpadów z tworzyw sztucznych, na drodze recyklingu materiałowego umożliwia ograniczenie produkcji polimerów, zmniejszając przy tym emisje szkodliwych substancji do środowiska oraz zużycie energii. Badania prowadzone przez liczne ośrodki naukowe wykazują możliwość ponownego wykorzystania odpadów z tworzyw termoplastycznych. Przykładowo jedno z rozwiązań zakłada wytworzenie materiału kompozytowego z recyklatu folii PVB pochodzącej z szyb samochodowych. Kompozyty wytworzone z tworzyw recyklatowych posiadają dobre właściwości dielektryczne, z tego powodu coraz częściej znajdują zastosowanie jako elementy elektroizolacyjne w przemyśle elektrotechnicznym [44]. Dobre właściwości kompozytów opartych na osnowie polimerowej z napelniaczami szklanymi skłaniają do wykorzystania ich na zaawansowane elementy elektrokonstrukcyjne [37].

Innowacyjnym pomysłem wykorzystania odpadów z tworzyw sztucznych jest wytworzenie z nich nanokompozytów polimerowych. Nanokompozyty polimerowe wykazują wiele zalet, m.in.: dużą wytrzymałość uderzeniową, korzystną wytrzymałość zmęczeniową, małą gęstość własną zapewniającą konstrukcjom zmniejszenie masy, właściwości barierowe w stosunku do przenikania gazów oraz dużą odporność na rozpuszczalniki i zwiększoną odporność ogniową [45].

Polimery przewodzące

Niektóre polimery mogą przewodzić prąd elektryczny i z tego tytułu posiadają pewne właściwości metaliczne lub półprzewodnikowe. Przewodnictwo elektryczne tych polimerów zawiera się w szerokich granicach od przewodnictwa bliskiego izolatorom aż do przewodnictwa na poziomie metali. Do głównych przedstawicieli tej grupy materiałów zalicza się polimery, takie jak poli(siaczek fenylenu), polipirol, politiofen, polifuran, polikarbazol i polianilina.

Polimery przewodzące w zależności od swoich właściwości są bardzo interesującymi tworzywami wykorzystywanymi na wiele sposobów. Znajdują zastosowanie w produkcji ogniw paliwowych, baterii, akumulatorów, sensorów elektrochemicznych, konstrukcji wskaźników elektro-chromowych, wyświetlaczy oraz do powlekania szyb, które po przyłożeniu odpowiedniego potencjału można w sposób odwracalny zaciemniać.

Zastosowanie przewodzących tworzyw umożliwia elektrostatyczne lakierowanie wielu elementów samochodowych bez konieczności stosowania przewodzących, podkładowych warstw. Polimery elektroprzewodzące wykazują również właściwości antykorozyjne. Na szczególną uwagę zasługuje polianilina. Wykazano, że warstwa polianiliny nałożona na stalową płytkę, zwiększa odporność metalu na korozję w środowisku kwaśnym. Podobne zjawisko miało miejsce w przypadku stali węglowej. Inna interesująca możliwość zastosowania tych polimerów to konstruowanie sensorów chemicznych, gdzie wykorzystuje się zmianę w odporności polianiliny narażonej na działanie amoniaku [46].

Poszukiwania nowych przewodzących polimerów koncentrują się na poprawieniu efektywności transportu ładunku oraz na wytworzeniu materiału o dużej stabilności zarówno termicznej, jak i mechanicznej. Przewiduje się także, że w kolejnych dziesięcioleciach obserwować będziemy stopniowe transformacje na obszarze stosowanych obecnie źródeł światła. Możliwe, iż pomieszczenia codziennego użytku oświetlać będą elektroluminescencyjne folie polimerowe o dużych rozmiarach, umieszczane we wszelkich dostępnych miejscach. Podobnie rozwijać się będzie technologia polimerowych ogniw bazujących na elementach tworzywowych o bardzo małej grubości. Pozwoli to na nakładanie ogniw pod różnym kątem na elewacje budynków lub na elementy pojazdów mobilnych. Dzięki temu możliwe będzie zbieranie i transformowanie energii słonecznej, potrzebnej do produkcji energii elektrycznej do oświetlenia lub napędu silników pojazdów hybrydowych. Drogi rozwoju układów opartych na polimerach przewodzących są jednak trudne do przewidzenia i uzależnia się je od konkretnych zapotrzebowań rynku nowych technologii [37].

3.3. Innowacyjny produkt w obszarze szkła i materiałów ceramicznych

Polska ceramika stanowi ważny dział przemysłu technologii chemicznej, obejmując również hutnictwo szkła. Stosuje nowoczesne technologie, w których wykorzystuje się krajowe surowce, produkując głównie przedmioty użytku domowego (ceramika sanitarna wraz z płytkami ceramicznymi), materiały ogniotrwałe oraz ceramiki techniczne.

Materiały ceramiczne stanowią grupę materiałów niemetaliczno-nieorganicznych, otrzymywanych poprzez obróbkę cieplną taką jak np. wypalanie i spiekanie. Natomiast szkło i jego wyroby otrzymywane są poprzez stapianie ze sobą odpowiedniej mieszanki surowców w jednolitą masę, uformowaniu z niej wyrobu i wystudzeniu go z prędkością gwarantującą duży udział fazy amorficznej [47].

Materiały ceramiczne dzielą się na wiele grup o określonych właściwościach i przeznaczeniu. Ceramika przetworzona dzieli się na szkła, spoiwa budowlane oraz na ceramiki: klasyczne

(oparte na surowcach naturalnych), konstrukcyjne (o szczególnych właściwościach), węglowe i grafitowe.

Szkła ze względu na właściwości i wynikające z nich zastosowania można podzielić na dwie grupy: a) szkło płaskie, opakowania szklane, szkło gospodarcze, b) szkło techniczne, w tym szkła specjalne o niekonwencjonalnych składach chemicznych oraz materiały szkło-ceramiczne oraz szkła specjalne o nieznanymi wcześniej właściwościach.

Za najważniejsze innowacje w obszarze produkcji materiałów ceramicznych uznano nowe ceramiczne materiały ogniotrwałe które mogłyby być wykorzystywane w koksownictwie i hutnictwie.

Udział Polski w produkcji materiałów ogniotrwałych w Unii Europejskiej stanowi blisko 7%, zarówno pod względem ilościowym jak i wartościowym. Blisko 50% wyprodukowanych materiałów jest przedmiotem eksportu, z czego jedna trzecia do państw poza Europę. Eksportowane są wyroby wysokiej jakości, zaawansowane technologicznie, skutecznie konkurujące na rynkach światowych.

Ciągły rozwój technologii materiałów ogniotrwałych, wynikający z rosnących oczekiwań użytkowników oraz silnej konkurencji, skutkuje wydłużeniem czasu pracy wyrobów i spadkiem jednostkowego zużycia. Przewiduje się, że szczególnie intensywnie rozwijać się będą badania i produkcja materiałów monolitycznych. Można wskazać na konieczność poprawy takich właściwości jak:

- ogniotrwałość pod obciążeniem,
- wytrzymałość na ściskanie
- przewodność cieplna,
- niska rozszerzalność w czasie rozgrzewania,
- odporność na nagłe zmiany temperatur.

Jako potencjalnie nowe i ulepszone materiały, o wymienionych powyżej wysokich właściwościach, wyróżnić należy:

- nowe tlenkowe i tlenkowo-nietlenkowe materiały ogniotrwałe o wysokiej odporności chemicznej,
- nowe betony ogniotrwałe, w tym betony bezcementowe korundowe z udziałem węglików,
- nowe systemy wiążące,
- wykorzystanie nanomateriałów w kształtowaniu własności materiałów ogniotrwałych,
- materiały o zdolnościach do „samowyleczenia” uszkodzeń w warunkach eksploatacji,
- materiały do filtracji stali,
- materiały na bazie i z udziałem nowych związków węglkowych i azotowych [48].

oraz

- materiały ceramiczne o jak największej biogodności i bioaktywności oraz odpowiednich właściwościach mechanicznych i biologicznych (np. biomateriały

stosowane jako implanty w medycynie. - porowate biokompozyty do wypełnienia ubytków tkanki kostnej).

- ceramiczne wyroby elektrotechniczne do wytwarzania izolatorów dla napięć powyżej 1000 kV -nowe innowacyjne szkliwa kryjące.
- ceramiki przezroczyste - to nowe materiały optyczne i optoelektroniczne, nieorganiczne i niemetaliczne w formie polikrystalicznego ciała stałego. Nie są one ciałami amorficznymi jak szkło. Predysponowane do zastosowań w energetyce jądrowej. [49]

Za szczególnie perspektywiczne rodzaje wyrobów w grupie szkieł i materiałów szkło pochodnych uznano:

- Zaawansowane szkła o nowych powłokach wielofunkcyjnych (energooszczędnych i samoczyszczących) i/lub barierowe (blokujące dyfuzję z wnętrza do powierzchni jonów sodu) oraz bakteriobójcze. Do zastosowań w budownictwie, farmacji, medycynie oraz w branży elektronicznej i telekomunikacyjnej.
- Specjalne szkła techniczne: dla optoelektroniki, elektroniki (w tym energetyka niekonwencjonalna - kolektory słoneczne, podłoża ogniw fotowoltaicznych) oraz włókna tekstylne chemo- i ognioodporne, szkło topnikowe dla stalownictwa, luty dla niemetali).
- Materiały szklane o nowych właściwościach znajdujące zastosowanie w obszarze fotoniki światłowodowej.
- Szkła porowate i mikroporowate nasycone różnymi związkami jako materiały inteligentne, dla zastosowań w ochronie zdrowia i środowiska [50].

3.4. Inne innowacyjne materiały, o bardzo szerokim zakresie aplikacji produktowych, wnoszące istotny postęp techniczny

Grafen to materiał, który ma predyspozycje ku temu, aby odgrywać pierwszoplanową rolę wśród nanomateriałów. Jest 200 razy silniejszy niż stal, przewodzi elektryczność lepiej niż miedź i jest nieprzepuszczalny dla gazów. Posiada ogromny zakres potencjalnych zastosowań w elektronice, jako materiał barierowy dla gazów, wykazujący właściwości przeciwdrobnoustrojowe, w nowych rodzajach ogniw słonecznych i ekranów dotykowych oraz w bateriach i katalizatorach. Obecnie trwają badania nad zastosowaniem grafenu jako nośnika leków w onkologii. Udowodniono bowiem, że grafen może być stosowany zarówno w terapii fotodynamicznej, jak i w terapii genowej [51].

Grafen – dzieło nanotechnologii - jest alotropową formą węgla, która może występować w postaci pojedynczej warstwy. Posiada dwuwymiarową strukturę o grubości jednego atomu. Grafen charakteryzują unikalne właściwości mechaniczne i fizyczne, jest również znakomitym przewodnikiem prądu: ruchliwość elektronów 20000 cm²/Vs, rezystywność rzędu 10⁻⁶ Ω · cm, prędkość elektronów w grafenie wynosi 10⁶ m/s, co pozwala na zaobserwowanie efektów relatywistycznych. Grafen może być łączony z innymi pierwiastkami, np. z żelazem, dzięki czemu można modyfikować jego właściwości, materiał taki może być superparamagnetykiem [46].

Grafen jest jednak tylko jednym z około 500 materiałów dwuwymiarowych poddawanych badaniom na całym świecie. Bardzo ciekawą strukturą o wielkości ok. 20 nm są dendrymery - silnie rozbudowane związki organiczne charakteryzujące się wysoce zdefiniowaną, symetryczną strukturą. Z chemicznego punktu widzenia są to rozgałęzione polimery, cechujące się trójwymiarową budową, o kształcie zbliżonym do kuli. W ich strukturze można wyróżnić rdzeń, czyli wielofunkcyjne centrum dendrymeru, od którego promieniście odchodzą ramiona (podobnie do gałęzi drzew) zwane dendronami. Struktura dendrymerów ma ogromny wpływ na ich fizyczne i chemiczne właściwości, a także na potencjalne zastosowanie w praktyce. Przede wszystkim, dzięki dużej liczbie powierzchniowych grup funkcyjnych, charakterystyczną cechą tych polimerów jest wysoka reaktywność. Pozwala to także na przyłączenie do dendrymeru wielu cząsteczek, np. o charakterze leczniczym, które obecnie podawane są pacjentom w postaci niezmodyfikowanej. Ważną cechą omawianych polimerów jest także łatwość zmiany charakteru tych związków, właśnie poprzez modyfikację wspomnianych grup funkcyjnych. Przy opisywaniu właściwości dendrymerów nie można pominąć faktu, iż związki te mogą wykazywać wysoką cytotoksyczność (szczególnie te z grupami funkcyjnymi o charakterze kationowym), co ogranicza ich wykorzystanie w medycynie.

Dendrymery mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i przemysłu; obecnie podstawowym ograniczeniem jest wysoki koszt syntezy tych związków. Wiele uwagi poświęca się badaniom nad wykorzystaniem tych polimerów w medycynie i w chemii, inżynierii genetycznej, ochronie środowiska. Największe zainteresowanie naukowców wzbudza ich zastosowanie w medycynie, ze względu na zapotrzebowanie na coraz nowsze, lepsze i skuteczniejsze formy terapii, szczególnie w przypadku chorób, na które do tej pory nie ma lekarstwa.

4. Podsumowanie

Rozwój gospodarki pociąga za sobą potrzebę opracowywania nowych materiałów o specyficznych właściwościach, bliskich właściwościom produktów inżynierskich. Umiejętność projektowania nowych materiałów, modyfikowania już istniejących, czy zmiana procesu ich produkcji ciągle się rozwija, a potencjał rozwoju jest nieograniczony. Innowacyjność jest bez wątpienia warunkiem koniecznym rozwoju gospodarczego. Wprowadzanie nowych metod produkcji innowacyjnych materiałów poszerza zakres innowacji.

Dlatego województwo śląskie powinno systematycznie budować swój innowacyjny potencjał także poprzez wprowadzanie do produkcji nowych innowacyjnych materiałów.

Wiele pracy w tym zakresie zostało już wykonanej. Przemiana struktury przemysłowej województwa

i regionu przyczyniła się do unowocześnienia już istniejących i rozwoju wielu nowych dziedzin gospodarki na Śląsku. Dotyczy to także produkcji materiałów metalicznych i polimerowych oraz produkcji szkła i ceramiki, w tym kompozytów oraz biomateriałów. Dobra

współpraca środowiska akademickiego oraz samorządowego z przedsiębiorcami w województwie śląskim, pozwalają prognozować, że prace rozwojowe w tym zakresie będą się systematycznie rozwijać.

Bibliografia

1. Sabela W., Szczepańska K., Garbarz B.: Innowacyjność w przemyśle stalowym, *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, nr 11, 2004, s.526-531.
2. Pichlak M., Smoliński A.: Innowacyjność przedsiębiorstw na Śląsku – innowacje produktowe, technologiczne czy zmiany organizacyjne, *Organizacja i Zarządzanie*, nr 3, 2008, s. 29-44.
3. Marczevska M.: Źródła i mechanizmy powstawania innowacji produktowych w przedsiębiorstwach-dostawcach technologii środowiskowych, *Rozprawa doktorska*, Uniwersytet Warszawski Wydział Zarządzania, Warszawa, 2016.
4. Sitko J.: *Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, seria Organizacja i Zarządzanie*, 2014, z.73, s. 531-540.
5. Bogdanienko J.: *Innowacyjność przedsiębiorstw*, Toruń, 2004, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.
6. Badowska S.: Źródła i inspiracje wprowadzania innowacji produktowych, *Zarządzanie i Finanse*, nr 2, cz. 2, 2012, s. 5-23.
7. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Śląsk 2.0 Program wsparcia przemysłu Województwa Śląskiego i Małopolski Zachodniej, 2015.
8. GUS 2018 Urząd Statystyczny w Katowicach.
9. Komisja Europejska <https://ec.europa.eu>.
10. Traczyk W.: Innowacyjność polskiego przemysłu – raport, *Zarządzanie i rynek*, 06.02.2018, <https://www.magazynprzemyslowy.pl/zaradzanie-i-rynek>.
11. <https://hvacpr.pl>. 18.03.2019
12. Raport HIPH 2018.
13. Błażewicz S., Stoch L., *Biomateriały*, Warszawa, 2003, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit.
14. <http://www.bth.pl/dane-techniczne/zastosowanie-stali-nierdzewnych/>, 18.03.2019.
15. Golański G., Merda A., Klimaszewska K.: Nowe żarowytrzymałe stale o strukturze austenitycznej dla energetyki, *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, nr 12, 2018, s. 410-416.
16. Merda A., Golański G., Zieliński A.: Nowe żarowytrzymałe stopy o strukturze austenitycznej dla energetyki zawodowej, *Energetyka*, nr 3, 2018, s. 142-146.
17. Pawlak, S. J.: Własności superwytrzymałej stali stopowej do ulepszania cieplnego o strukturze martenzytycznej i bainitycznej, *Stal, Metale & Nowe Technologie*, nr 5-6, 2018, s. 60-64.
18. Marcisz, J. Walnik, B. Gazdowicz, J. Burian, W.: *Prace Instytutu Metalurgii Żelaza*, nr 1, 2018, s. 12-19.
19. Zatorski Z.: Special marine steels and constructional-ballistic shields designed PNA, *Scientific of Journal of Polish Naval Academy*, nr 3, 2016, s. 131-145.

20. Dopierała, K., Ćwiek, J., Labisz, K., Konieczny, R.: Application of isothermal heat treatment for perlite rail-steel, *Inżynieria Materiałowa*, nr 2, 2017, s. 82-87.
21. Michta G., Kruk A.: Wpływ obróbki cieplnej na właściwości stali typu maraging, *Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej*, nr 3, 2018, s. 357-366.
22. Marcisz J., Adamczyk M., Garbarz B.: Optimisation of Mechanical Properties of 18%Ni350 Grade Maraging Steel Using Novel Heat Treatment, *Archives of Metallurgy and Materials*, 2017, nr 1, s. 73-84.
23. Konstanty J., Romański A., Baczek E., Tyrała D.: New Wear Resistant Iron-Base Matrix Materials For The Fabrication Of Sintered Diamond Tools, *Archives of Metallurgy and Materials*, 2015, nr 2, s. 633-637.
24. Śmieszek, Z. Sak, T. Madej, P.: *Metalurgia Metali Nieżelaznych w Polsce, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling*, 2017, nr 6, s. 5-14.
25. Knych T.: Innowacyjne wyzwania stojące przed nauką i gospodarką polskiego sektora aluminiowego, Raport z konferencji „Inteligentne innowacje w przemyśle aluminiowym”, Warszawa, 30 listopada 2017.
26. Knych T., Mamala A. Smyrak B.: Nowoczesne technologie i materiały na osnowie aluminium dla elektroenergetyki. Raport z konferencji „Inteligentne innowacje w przemyśle aluminiowym”, Warszawa, 30 listopada 2017.
27. <https://leonardo-energy.pl>, 18.03.2019.
28. <http://www.imn.gliwice.pl>, 15.03.2019.
29. Urbańczyk-Gucwa A., Bednarczyk I., Płachta A., Sobota J., Głuchowski W., Rdzawski Z., Rodak K.: Ultradrobnoziarnista mikrostruktura stopu CuFe₂ walcowanego z poosiowym ruchem walców, *Inżynieria Materiałowa*, 2015, nr 5, s. 233÷237.
30. Rusz S., Salajka M, Hilser O, Dutkiewicz J, Boruta J, Švec J.: Wpływ geometrii narzędzia na rozdrobnienie ziarna stopu CuZn₃₇ w procesie powtarzalnej obróbki plastycznej, *Obróbka Plastyczna Metali*, 2016, nr 4, s. 301–314.
31. Matczuk, M. Kur, A. Legat, J. Ruzik, L.: Nanocząstki złota jako potencjalne metalo-nanomateriały teranostyczne - właściwości oraz analiza za pomocą ICP-MS, *Laboratorium - Przegląd Ogólnopolski*, 2018, nr 2, s. 26-33.
32. Głuchowski, P.: Rozwój przetwórstwa metali i inżynierii materiałowej w Instytucie Metali Nieżelaznych, *Rudy i Metale Nieżelazne Recykling*, 2017, nr 10, s. 12-15.
33. Chao H., Jie W., Haibin W., Xumel L., Shuhua L., Xiaoyan S., Zuoren N.: Nanoporous Tungsten with Tailorable microstructure and high Thermal stability, *The International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 2018, t. 77, s. 128–131.
34. www.plasticseurope.org, 17.03.2019.
35. Latos-Brózio M., Masek A., Zastosowanie ryboflawiny jako naturalnego stabilizatora i barwnika biodegradowalnych materiałów opakowaniowych, *Technologia i Jakość Wytwarzania*, 2018, t.63, s.66-75.
36. Peelman N., Ragaerta P., De Meulenaerb B., Adonsc D., Peetersc R., Cardond L., Van Impef F., Devlieghere F.: Application of bioplastics for food Packaging, *Trends in Food Science and Technology*, 2013, str. 128–141.

37. Klepka T.: Nowoczesne materiały polimerowe i ich przetwórstwo Część 3, Monografia, Politechnika Lubelska, Lublin 2017.
38. www.orn.pl, 17.03.2019.
39. Malinowski R.: Biotworzywa jako nowe materiały przyjazne środowisku naturalnemu, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2015, nr 2, s. 215-231.
40. Heneczkowski M.: Tendencje rozwojowe w technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych, Mechanik, 2018, nr 4, s.274-277.
41. Wang Y., Pham T.D., Ji C.: Self-healing composites: A review, Materials Engineering, 2015, nr 2, s. 1-28.
42. Bhattacharya M. Polymer nanocomposites – A comparison between carbon nanotubes, graphene, and clay as nanofillers, 2016, Materials, nr 9, s. 262.
43. Yurddaskal M., Celik E.: Effect of halogen-free nanoparticles on the mechanical, structural, thermal and flame retardant properties of polymer matrix composite, Composite Structures, 2018, nr 1, s. 381–388.
44. Tartakowski, Z.: Electrostatic properties of modified recyclates of polyvinyl chloride cable insulation, Polimery, 2010, nr 6, s. 479–483.
45. Tomaszewska E., Szczepański, Z., Macko, M., Tyszczyk, K.: Wykorzystanie odpadów z tworzyw sztucznych do otrzymywania nanokompozytów, Inżynieria Ekologiczna, 2016, nr 46, s. 149-153.
46. Gibas E.; Polimery i dodatki przewodzące, Przetwórstwo Tworzyw, 2016, nr 6, s. 516-539.
47. Kubiński W.: Materiałoznawstwo, Tom I, AGH, Kraków, 2010.
48. Czechowski J.: Przemysł materiałów ogniotrwałych na świecie i w Polsce – stan i kierunki rozwoju, Materiały ceramiczne, 2015, nr 3, s. 337-341.
49. Witek, A.: Ceramiki przezroczyste. Nowe materiały optyczne i optoelektroniczne, Szkło i Ceramika, 2013, nr 3, s. 14-16.
50. Romaniuk R., Dorosz J.: Rozwój techniki światłowodowej w Polsce 2017, Elektronika, 2017, s. 3-11.
51. Dębek P., Feliczyk-Guzik A., Nowak I., Nanostruktury – ogólne informacje. Zastosowanie nanoobjektów w medycynie i kosmetologii, Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 2017; t. 71: s. 1055-1062.
52. Kubiak M.: Dendrymery – fascynujące nanocząsteczki w zastosowaniu w medycynie, Chemik, 2014, nr 2, s. 141–150.