

Tworzywa Sztuczne Przemysłu

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

Zapraszamy na Targi PLASTPOL 2025 w Kielcach, 20-23 maja 2025 r.

DATA

DESTINATION

FLIGHT

STATUS

20.05

PLASTPOL KIELCE

BOARDING

bridge
polymers

huzap

maan
Tworzywa sztuczne

 **PROFILEX**
WWW.PROFILEX.COM®

PROORGANIKA

rolbatch
DR. LAABS
Rolbatch Academy
Kursy z AI
online 24/7

ROTOMAT
rotomoulding

SIEROŚLAWSKI GROUP SG

STORK IMM
INJECTION MOULDING MACHINES

12:10

PARIS

CANCELED

W numerze:

- Problem węzłowy konstrukcji wyrobów wtryskiwanych
- Wiązki szybkich elektronów (EB)
- Nowe metody przetwórstwa tworzyw sztucznych
- Ulgi i oszczędności podatkowe w branży tworzyw sztucznych

YUDO Rozwiązania wielogniazdowe
dla poprawy jakości produktu



**Łatwo,
Estetycznie,
Wydajnie.**



Od pojemników, nakrętek i zamknięć, kosmetyków, wyrobów medycznych po higienę osobistą, rozwiązania systemów gorąco kanałowych YUDO usprawniają produkcję i jakość produktów w różnych sektorach branży opakowaniowej.



Międzynarodowy PLASTPOL – światowe osiągnięcia technologii dla branży przetwórstwa tworzyw i gumy w Targach Kielce

PLASTPOL to jedno z największych i najbardziej prestiżowych wydarzeń dla przemysłu przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy w Europie, a także liczące się na świecie forum innowacji i międzynarodowej wymiany doświadczeń. Tegoroczna edycja targów odbędzie się w dniach 20–23 maja 2025 roku w Targach Kielce, zamieniając siedem hal wystawienniczych w tętniącą życiem, nowoczesną „fabrykę” możliwości. Bilety już dostępne na plastpol.com

Wydarzenie zgromadzi około 600 wystawców z ponad 30 krajów, reprezentujących wszystkie kluczowe ogniwa łańcucha wartości – od producentów maszyn i urządzeń, przez dostawców surowców, po firmy oferujące usługi dla przemysłu tworzywowego. Na liście wystawców znajdują się przedsiębiorstwa z całej Europy, Azji, Ameryki Północnej i Bliskiego Wschodu, w tym przedsiębiorstwa z Kanady, Hongkongu, Tajlandii, Indii i Serbii, które na PLASTPOLU ofertę pokażą po raz pierwszy.

PLASTPOL – FABRYKA W DZIAŁANIU

Targi PLASTPOL słyną z dynamicznej ekspozycji – prezentacje odbywają się w warunkach zbliżonych do przemysłowych. Zwiedzający mają okazję zobaczyć setki maszyn pracujących na żywo – wtryskarki, wytłaczarki, roboty przemysłowe, kompletne linie technologiczne, urządzenia do recyklingu oraz systemy zarządzania produkcją. Wysilek organizacyjny – obejmujący wielotygodniowy montaż zaawansowanych linii – sprawia, że hale Targów Kielce stają się miejscem realnych pokazów technologicznych i konkretnych negocjacji handlowych.

– PLASTPOL to przestrzeń międzynarodowego dialogu, technologii i biznesu. Z roku na rok obserwujemy wzrost zainteresowania wydarzeniem wśród firm z całego świata. To potwierdza jego rolę jako platformy biznesowej i merytorycznej – mówi Kamil Perz, dyrektor projektu PLASTPOL w Targach Kielce. – Zawierane są tutaj kontrakty o znaczeniu krajowym i globalnym, zarówno na maszyny, jak i na innowacyjne surowce.



ZRÓŻNICOWANA OFERTA SUROWCOWA I ZIELONE ROZWIĄZANIA

Tegoroczna ekspozycja będzie również silnie zorientowana na zrównoważony rozwój. Wystawcy zaprezentują bogatą ofertę granulatu, regranulatów, barwników, dodatków i tworzyw ekologicznych. Rośnie również obecność firm zajmujących się logistyką, transportem i usługami wspierającymi sektor tworzyw sztucznych.

WIEDZA I EKSPERCKA DEBATA O PRZYSZŁOŚCI BRANŻY

Targi PLASTPOL to nie tylko przestrzeń ekspozycyjna, ale także arena dla branżowej debaty i transferu wiedzy. W przeddzień targów, 19 maja, odbędzie się Plastics Industry Meeting 2025 – forum organizowane przez Fundację PlasticsEurope Polska i Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych. W centrum uwagi znajdą się tematy związane z konkurencyjnością i cyrkularnością europejskiego przemysłu tworzyw sztucznych oraz założeniami Zielonego Ładu.

20 maja, w dniu otwarcia targów, zaplanowano konferencję z prezentacją najnowszych danych o stanie sektora w Polsce i Europie. Organizatorem jest także Fundacja PlasticsEurope Polska. Z kolei 21 maja odbędzie się Seminarium Techniczne PLASTECH INFO, pod hasłem „Tworzywa sztuczne jako napęd dla rozwoju kluczowych sektorów przemysłu”, organizowane przez Targi Kielce i portal tworzywa.pl.

Wydarzeniem towarzyszącym jest także finał konkursu wiedzy Omniplast, który przez kilka miesięcy wyłania specjalistów o najwyższym poziomie wiedzy branżowej. Zwycięzca zostanie uhonorowany podczas uroczystej gali Platinum Plast.

ZOBACZ PRZEMYSŁOWĄ PRZYSZŁOŚĆ NA ŻYWO!

Warto już dziś zaplanować wizytę na PLASTPOL 2025. Rejestracja jest otwarta na stronie www.plastpol.com. Wydarzenie to okazja, by poznać działające maszyny, spotkać przedstawicieli kluczowych marek z branży, wziąć udział w eksperckich debatach i nawiązać kontakty handlowe z partnerami z całego świata.

PLASTPOL odbędzie się 20-23 maja 2025, na terenie Targów Kielce. Bilety i więcej informacji na plastpol.com

Targi Kielce S.A.

SPIS TREŚCI

WYDARZENIA BRANŻOWE

- 3** Międzynarodowy PLASTPOL – światowe osiągnięcia technologii dla branży przetwórstwa tworzyw i gumy w Targach Kielce

PORADNIK PRZETWÓRSTWA WTRYSKOWEGO

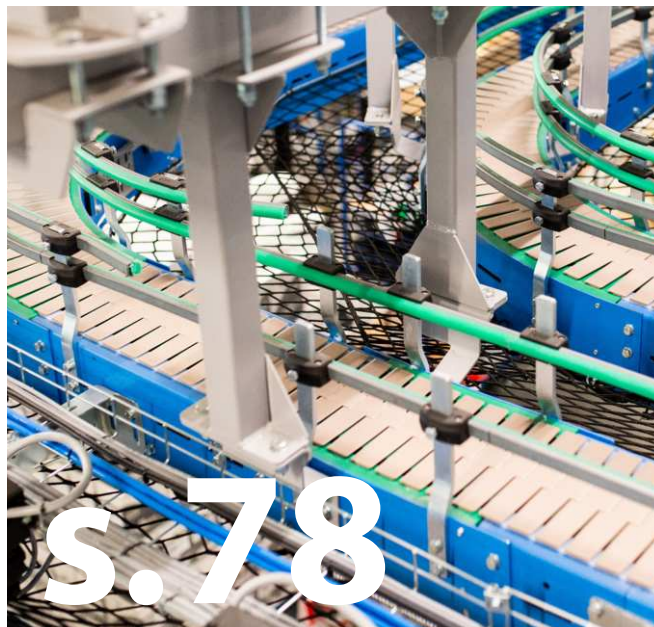
- F 6** Bezprzewodowe liczniki cykli
F 8 SIEROŚLAWSKI GROUP – technologia, precyzja, kompleksowe rozwiązania
N 10 Modułowy system wieloaspektowej optycznej kontroli jakości elementów polimerowych
F 16 Zapraszamy do magicznego świata nowego portalu firmy Meusburger
F 17 Powiew bezpieczeństwa
F 18 Dozowniki wagowe inne niż inne
N 20 Problem węzłowy konstrukcji wyrobów wtryskiwanych
F 24 Dozowniki HETHON – precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren
F 26 Portal Tworzywa.org
28 Docisk, jako ważna część cyklu przetwórczego
F 29 Bistar – rodzinna tradycja i nowoczesne technologie
F 30 Nowoczesne metody mycia i czyszczenia form wtryskowych
F 31 Maszyny i urządzenia do przetwórstwa tworzyw sztucznych
32 Historia Grupy Fullbax – nasza polska wtryskownia tworzyw sztucznych w Chinach

TWORZYWA I GUMA

- N 34** Polimerowe materiały elektroprzędzone w efektywnej biokatalizie
N 40 Substancje czynne używane do biostabilizacji polimerów i tworzyw
F 48 DANPLA - nowoczesne i ekonomiczne opakowania z tworzyw sztucznych
F 49 Identyfikacja filamentu w druku 3D dla potwierdzenia oryginalności
N 50 O dysfunkcjach systemu zagospodarowania zużytych opon
F 53 Gumat – lider w produkcji pierścieni OP w Polsce

TECHNOLOGIE

- N 54** Wiązki szybkich elektronów (EB)
N 57 Separacja elektrostatyczna w przetwórstwie tworzyw sztucznych: technologia i parametry procesu



RECYKLING I EKOLOGIA

- F 62** Akademia Rolbatch: wiedza dla przetwórców i recyklerów dostępna online 24/7
F 63 Techniczne i praktyczne aspekty mieszania surowców z wykorzystaniem mieszalników pionowych
N 64 Termiczno-katalityczny rozkład polietylenu niskiej gęstości
F 69 Linie myjące Plasmaq
70 Oszczędność energii, surowców i pieniędzy
N 72 Proekologiczne kruszywo z odpadów tworzyw sztucznych jako alternatywa kruszywa naturalnego do betonów lekkich
F 77 Recykling tworzyw sztucznych z wykorzystaniem zmieniający się firmy Bagsik

MASZyny, URZĄDZENIA I PERYFERIA

- F 78** Profilex – zaufany partner w branży tworzyw sztucznych
F 80 Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych
F 82 Roto4mat – producent produktów oraz form dla rotomouldingu
N 84 Nowe metody przetwórstwa tworzyw sztucznych
F 91 Granusteel – wysokiej jakości części zamienne do systemów granulujących tworzywa sztuczne w najlepszej cenie
F 92 Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych
F 94 Seminarium Techniczne PLASTECH Info na PLASTPOL-u

FINANSE

- 98** Ulgi i oszczędności podatkowe w branży tworzyw sztucznych

Redaktor naczelna

Ewa Majewska
 ewa.majewska@tworzywasztuczne.biz
 tel. kom. 797 125 418

Dyrektor marketingu i reklamy

Katarzyna Mazur
 katarzyna.mazur@tworzywasztuczne.biz
 tel. kom. 797 125 417

Dział prenumeraty

prenumerata@tworzywasztuczne.biz

Wydawca

Media Tech s.c.
 mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

ul. Żorska 1/45
 47-400 Racibórz
 redakcja@tworzywasztuczne.biz
 tel./faks 797 125 417

Rada Programowa

dr inż. **Wojciech Głuszewski**
 dr hab. inż. **Adam Gnatowski** prof. PCz
 dr inż. **Jacek Iwko**
 dr inż. **Tomasz Jaruga**
 prof. dr hab. inż. **Jacek W. Kaczmar**
 dr inż. **Jacek Nabiałek**
 dr inż. **Paweł Palutkiewicz**
 dr hab. inż. **Marta Piątek-Hnat**
 prof. nadzw. dr hab. inż.
Andrzej Pusz
 prof. dr hab. inż. **Janusz Sikora**
 dr inż. **Aneta Tor-Świątek**
 dr inż. **Łukasz Wierzbicki**
 dr inż. **Piotr Żach**

Każdy z członków Rady Programowej dwumiesięcznika „Tworzywa Sztuczne w Przemysle”, który podczas dwóch kolejnych lat nie opublikuje żadnego artykułu, potraktowany zostanie jako rezygnujący z członkostwa.

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

Redakcja nie odpowiada za treść reklam oraz artykułów promocyjnych. Zastrzegamy sobie prawo do skracania i adiustacji tekstów.

Przedruk i rozpowszechnianie artykułów i reklam opracowanych przez redakcję są zabronione bez zgody wydawcy.



www.tworzywasztuczne.biz

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

Redakcja dwumiesięcznika
TWORZYWA SZTUCZNE W PRZEMYŚLE
 zaprasza na swoje stoisko
 na Targach PLASTPOL 2025 w Kielcach

PARTNERZY WYDANIA



TECHNIKPLAST



SYSTEM ZDALNEGO ODCZYTU LICZNIKÓW

Bezprzewodowe liczniki cykli

MoldMaker to zaawansowany system IT & Industry IoT, który jest nowoczesnym narzędziem kontroli dla form wtryskowych, tłoczników i wykrojników. Uwalnia od żmudnego ręcznego zbierania danych produkcyjnych i eksploatacyjnych, a gromadzi i porządkuje je w jednym miejscu. Jego istotną cechą jest globalny zasięg działania, co oznacza, że narzędzia mogą pracować w różnych lokalizacjach na całym świecie.



System umożliwia m.in. kontrolę czasu cyklu, temperatury i wydajności narzędzi w czasie rzeczywistym, lokalizację, monitoring demontażu licznika, generowanie alertów do różnych zdarzeń, przypomnienia o przeglądach i zapis wykonanych czynności z przeglądów. Ponadto dostępne są: katalog dokumentacji technicznej, katalog części zamiennych, karta techniczna narzędzia itp.

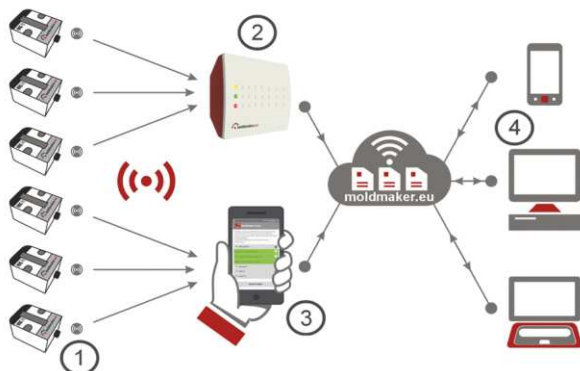
Wdrożenie systemu w zakładzie produkcyjnym to proces bardzo prosty. Wystarczy zamontować do form elektroniczne liczniki MoldMaker w miejsce liczników mechanicznych. Następnie za pomocą aplikacji mobilnej MoldMaker Scan ustawia się wartość startową na każdym liczniku w celu zachowania kontynuacji zliczania. Jeżeli narzędzie nie posiada kieszeni pod licznik, przykręca się go na boku formy za pomocą dedykowanej obudowy ochronnej lub wykonuje się odpowiednie wybranie pod licznik. W kolejnym kroku umieszcza się na hali koncentrator MMCD będący swego rodzaju routerem, który regularnie zbiera odczyty z liczników i przesyła je do serwera MoldMaker. Następnie zakłada się konto w systemie, loguje i ustawia parametry.

ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

Każdy zamontowany w narzędziu licznik przesyła okresowo dane o liczbie wykonanych cykli do serwera kolekcjonującego odczyty. Transfer danych odbywa się przez aplikację mobilną lub dedykowane koncentratory odbiorcze. Części składowe systemu przedstawia schemat przepływu danych.

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

Nowym elementem systemu MoldMaker są bezprzewodowe panele operatorskie. Za ich pomocą operator zgłasza



Schemat przepływu danych w systemie MoldMaker

1. Licznik bezprzewodowy pracujący na hali produkcyjnej.
2. Urządzenie odbiorcze – koncentrator MMCD.
3. Aplikacja mobilna MoldMaker Scan.
4. Strona internetowa.

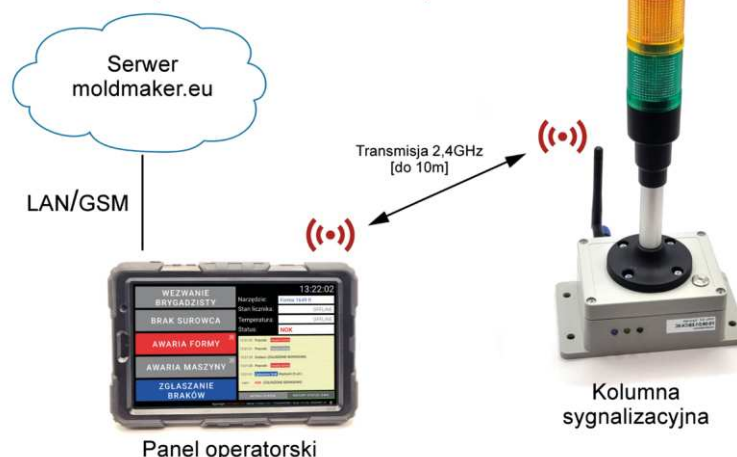


np. awarię maszyny lub formy, brak surowca, wzywa brygadzystę itp. Możliwe zdarzenia konfiguruje się w zależności od potrzeb firmy. Najważniejsza funkcja paneli operatorskich to zgłaszanie braków produkcyjnych, co pozwala na kontrolę i rejestrowanie przyczyn ich powstawania.

Panel operatorski wyposażony jest w kolumnę sygnalizacyjną, która odpowiednim kolorem wizualizuje aktualny status narzędzia pracującego na maszynie, np. OK lub NOK. Kolumna sygnalizuje również inne komunikaty systemu, np.: przekroczony harmonogram, przekroczona temperatura, alarm demontażu, zgłoszenie serwisowe.



PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ



BEZPRZEWODOWE LICZNIKI CYKLI

Najbardziej uniwersalny i przeznaczony do większości zastosowań jest licznik MMC-11 STD. Gabaryt licznika (47,8 x 38 x 25 mm) i rozstaw śrub mocujących (28,5 mm) jest zgodny z gabarytami typowych liczników do form. Dopuszczalna temperatura pracy licznika MMC-11 STD to 85°C, a gwarantowany zasięg odbioru to 30 m. W praktyce zasięg ten dochodzi do 100 metrów. Czas pracy baterii: 4-5 lat.

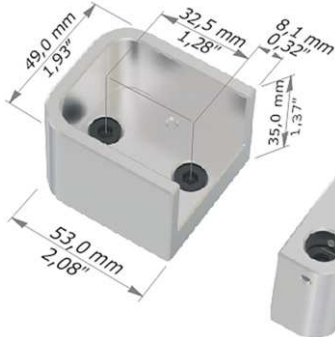
Liczniki wysokotemperaturowe to: MMC-12 HT do 150°C przewidziane do form grzanych olejowo oraz MMC-12 UHT



Licznik MMC-11STD



Licznik MMC-12HT



Obudowa ochronna

do 205°C do form wulkanizacyjnych do gumy oraz innych narzędzi o najwyższej temperaturze pracy.

Liczniki wraz z systemem MoldMaker posiadają następujące funkcjonalności: rejestr narzędzi i ich lokalizacja, bieżący status narzędzia, czas cyklu, alarm demontażu licznika, monitoring temperatury narzędzia i alarm przekroczenia, przypomnienia serwisowe i rejestracja przeglądów, folder dokumentacji technicznej, statystyki i wskaźniki wydajności, graficzna prezentacja danych na dużym TV umieszczonym na hali, przywołanie brygadzysty, ustawiacza bądź kontroli jakości, zgłoszenie awarii maszyny oraz zgłoszenie ilości braków, podgląd produkcji w odległych halach oraz u podwykonawców realizujących produkcję na formach powierzchniowych, odczyt danych na dowolnym urządzeniu z dowolnego miejsca na świecie.

KONCENTRATOR MMCD

Jest to bezobsługowy router odbiorczy pełniący rolę bufora i automatycznego przekaźnika informacji odebranych z liczników do serwera kolekcjonującego dane. Koncentrator pełni także rolę zabezpieczenia na wypadek braku połączenia internetowego z serwisem, przechowuje odczyty z liczników w swojej wewnętrznej pamięci, a po uzyskaniu połączenia internetowego przesyła zebrane dane do serwisu, zachowując ciągłość odczytów. Koncentratory MMCD stosuje się w firmach posiadających wiele narzędzi produkcyjnych, gdzie potrzebna jest pewność i regularność odczytów.

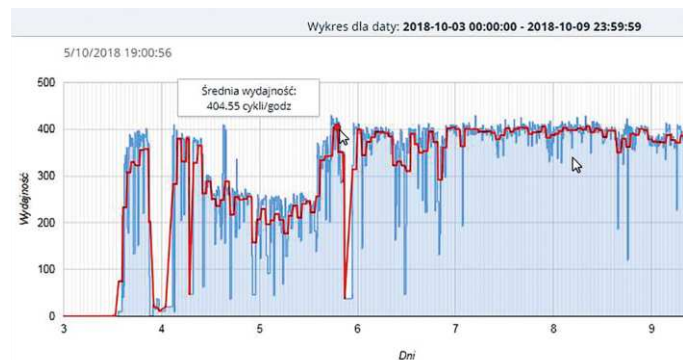
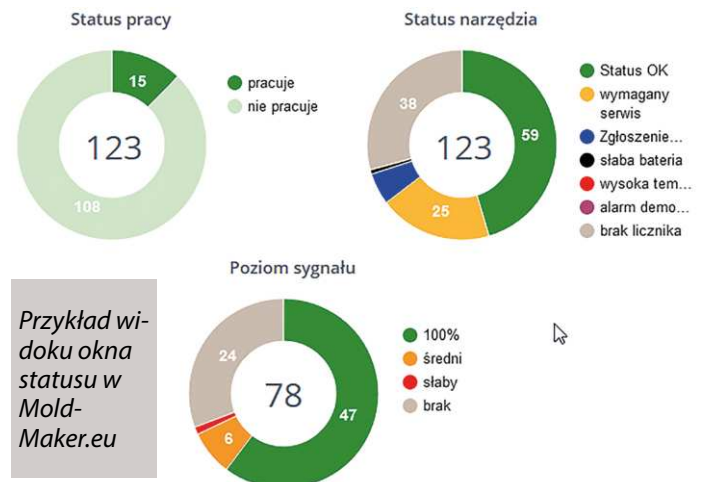
APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

Aplikacja mobilna MoldMaker Scan dedykowana jest na smartfony z systemem Android lub iOS, wyposażonych w interfejs Bluetooth i NFC. Umożliwia ona identyfikację formy, przypisanie licznika do formy lub jego zwolnienie, konfigurację licznika, harmonogramów serwisowych, dodanie zdjęć dokumentacyjnych itp.

SERWIS INTERNETOWY [HTTPS://MOLDMAKER.EU](https://moldmaker.eu)

Sercem systemu MoldMaker jest serwis internetowy dostępny przez standardową przeglądarkę. Z tego poziomu

użytkownik może posługiwać się wszystkimi funkcjonalnościami systemu, m.in. nadzorować pracę narzędzi w czasie rzeczywistym, analizować wydajność i inne statystyki, obserwować współczynnik OEE, nadzorować realizację przeglądów technicznych itp.



Przykład wykresu wydajności narzędzia w MoldMaker.eu



Przykład montażu licznika MoldMaker do formy

Producentem systemu MoldMaker, operatorem i administratorem danych jest:

MEGA MOLD Sp. z o.o.
36-002 Jasionka 252E, POLAND
tel. +48 607 259 412



email: moldmaker@moldmaker.eu
<https://moldmaker.eu>

Oficjalnym dystrybutorem urządzeń MoldMaker jest:

PROPLASTICA Sp. z o.o.
25-663 Kielce, ul. K. Olszewskiego 6
email: sales@proplastica.pl
<https://www.proplastica.pl>



SIEROSŁAWSKI GROUP

– technologia, precyzja, kompleksowe rozwiązania



Sierosławski Group Jan Sierosławski to dynamicznie rozwijająca się firma, która od momentu założenia w 1968 roku stała się liderem na międzynarodowym rynku przetwórstwa tworzyw sztucznych. Firma zdobyła uznanie dzięki produkcji wysokiej jakości form wtryskowych, które spełniają najwyższe standardy przemysłowe. W ramach swojej działalności, Sierosławski Group oferuje kompleksowe usługi w trzech głównych działach:

NARZĘDZIOWNIA to miejsce projektowania i konstruowania zaawansowanych form wtryskowych, które wyróżniają się precyzją i trwałością. Wykwalifikowani konstruktorzy, korzystając z najnowocześniejszych programów CATIA i NX, tworzą formy dostosowane do specyficznych potrzeb klientów. Przeprowadzane analizy MOULD FLOW gwarantują optymalne działanie produktów. Narzędziownia świadczy również usługi naprawy i regeneracji form, co zapewnia ich długowieczność i niezawodność. Produkcja form obejmuje szeroki zakres branż, w tym motoryzacyjną, lotniczą, elektroniczną, elektryczną, budowlaną, ogrodniczą oraz RTV i AGD.



WTRYSKOWNIA zajmuje się produkcją detali plastikowych o różnych kształtach, kolorach i zastosowaniach. W nowoczesnym parku maszynowym znajduje się 70 wtryskarek o sile zwarcia od 40T do 1850T, umożliwiające produkcję elementów o wadze do 17 kg. Do produkcji używane są różno-

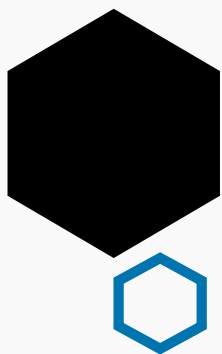


rodne tworzywa sztuczne, takie jak PA6, PA6 T20, PA66+GF, POM, ABS, PP, PP T20, PP T30, PS, PC, PPT, PPS+GF, PC oraz PC/ABS. Zaawansowane technologie i wysokiej klasy urządzenia peryferyjne gwarantują najwyższą jakość produktów.

LABORATORIUM BADAŃ I ROZWOJU jest kluczowym elementem działalności Sierosławski Group. Wyposażone w innowacyjne maszyny, takie jak aparat DSC, spektrofotometr, maszynę wytrzymałościową, plastometr oraz projektor optyczny Keyence, laboratorium umożliwia przeprowadzanie zaawansowanych badań i pomiarów detali i tworzyw. Testy wykonywane na produkowanych wypraskach gwarantują ich jakość i zgodność z wymaganiami międzynarodowych systemów jakości, takich jak ISO 9001:2015, IATF 16949:2016 oraz ISO 14001:2015.

Strategia rozwoju Sierosławski Group skupia się na stałym doskonaleniu produktów i umiejętności. Firma inwestuje w nowoczesne technologie, rozwija swoje zaplecze techniczne i buduje długoterminowe relacje z klientami, oparte na wzajemnym zaufaniu i synergii. Hasło "FULL SERVICE SUPPLY" doskonale odzwierciedla zdolności Sierosławski Group w realizacji wszechstronnych projektów, od projektowania i produkcji form, przez wytwarzanie detali plastikowych, aż po badania i rozwój.

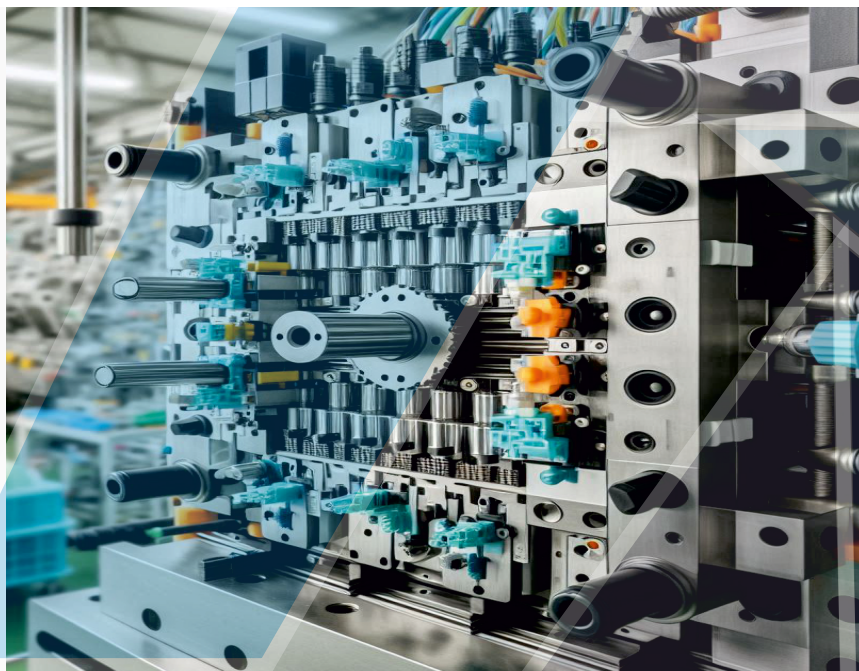
SIEROSŁAWSKI GROUP
ul. Inwestorów 7, 39-300 Mielec, Polska
tel. 17 744 92 00
fax 17 744 92 18
e-mail: biuro@sieroslawscy.com.pl
www.sieroslawskigroup.pl



SIEROSŁAWSKI GROUP SG

FULL SERVICE SUPPLY

NARZĘDZIOWNIA WTRYSKOWNIA LABORATORIUM



www.sieroslawskigroup.pl



WAGA DETALI DO 17 KG

70 MASZYN WTRYSKOWYCH (40T - 1850T)



- WYKONYWANIE FORM WTRYSKOWYCH
- PRODUKCJA DETALI Z TWORZYW SZTUCZNYCH
- TESTY NA DETALU I MATERIALE

Modułowy system wieloaspektowej optycznej kontroli jakości elementów polimerowych

Paweł Rotter, Maciej Klemiato, Dawid Knapik, Maciej Rosół, Grzegorz Putynkowski

W artykule przedstawiono system kontroli jakości elementów polimerowych wykonywanych metodą wtrysku wysokociśnieniowego, obejmujący zarówno kontrolę wizualnych wad powierzchni, tzw. wtrąceń, jak precyzyjną kontrolę geometrii. System ma budowę modułową, co oznacza, że składa się z połączonych szeregowo stanowisk kontrolujących poszczególne aspekty wykonania wtrysku. W systemie wykorzystane są dwie kamery, umieszczone w oświetlaczach kopułowych oraz układ czterech profilometrów laserowych. System został zaprojektowany z myślą o zastosowaniach przemysłowych, gdzie dokładność i szybkość inspekcji są kluczowe. System ma parametry pozwalające na zastosowanie go w typowych małoseryjnych liniach produkcyjnych cechujących się istotną dynamiką przebrojeń, bez potrzeby ograniczania wydajności produkcji, kontrolując detale ze znacznie większą dokładnością względem metod stosowanych przed wdrożeniem. System może skontrolować 30 wtrysków na minutę (multiplikowanych przy krotności form), wykrywając wtrącenia o średnicy 350 μm oraz różnice geometrii między wzorcem a wtryskiem wielkości 100 μm . Może on znaleźć zastosowanie we wszystkich branżach, w których plastikowe części formowane wtryskowo są powszechnie używane, takich jak np. przemysł motoryzacyjny czy elektroniczny oraz AGD. Prototyp prezentowanego systemu został nagrodzony złotym medalem na targach Automaticon w Warszawie.

Celem systemu zaprezentowanego w pracy jest automatyczne wykrywanie na wczesnym etapie produkcji wad wyrobów z tworzyw sztucznych wytwarzanych metodą wtrysku wysokociśnieniowego. Obecnie próbki są kontrolowane na taśmie produkcyjnej przez wyznaczonych do tego pracowników, a po zakończeniu procesu produkcyjnego losowo wybrane elementy są ręcznie mierzone. Proces ten jest niedokładny, gdyż niektóre wady są trudne do wykrycia. Jako niepełnowartościowe mogą być bowiem uznane zarówno próbki zawierające przebarwienia o średnicy rzędu 0,5 mm, jak i takie, których wymiary różnią się od wzorca o wartości nieznacznie przekraczające 100 μm . Wystąpienie wadliwych wyrobów może skutkować odrzuceniem przez klienta całej partii towaru, co powoduje znaczne straty po stronie producenta.

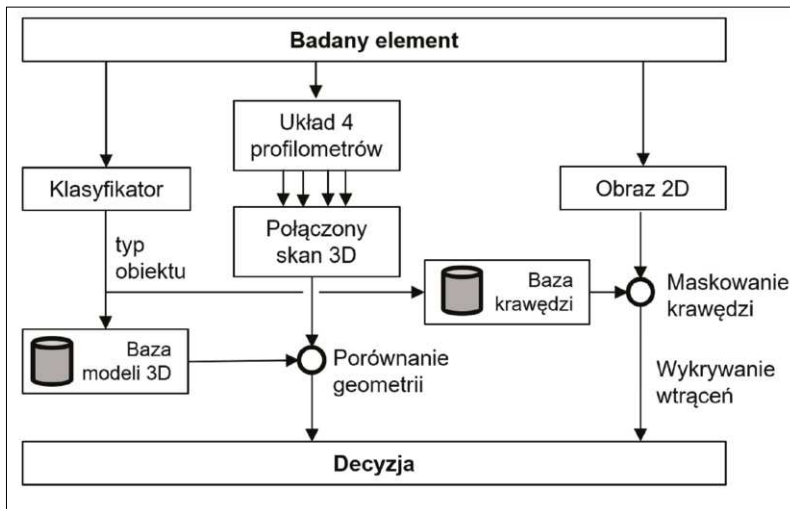
Technologia produkcji, dla której został zaprojektowany system polega na wtryskiwaniu pod wysokim ciśnieniem stopionego materiału (granulatu) do chłodzonej formy, w której następuje szybkie stwardnienie materiału. Po wypełnieniu formy i zastygnięciu materiału, forma zostaje otwarta i gotowy element jest automatycznie wyjmowany lub wypychany. Proponowany system kontroli jakości jest dostosowany do wielokomponentowej, niskoseryjnej produkcji. W tym trybie następują częste przebrojenia, a produkowane wolumeny są liczone w tysiącach. Każdorazowe uruchomienie

procesu wymaga dostosowania parametrów produkcji, co przekłada się na stosunkowo wysoką brakowość wynoszącą około 4 %. Zadaniem automatycznego systemu kontroli jakości jest redukcja brakowości do 2 %. Osiągnięcie takiej poprawy jest możliwe przez wykrycie wad na wczesnym etapie procesu. W rozważanym przypadku wyprodukowane elementy z kilku wtryskarek są automatycznie odkładane na wspólny przenośnik taśmowy, którego prędkość wynosi 20 cm/s. Rozważane elementy mają średnicę od około 2 cm do 14 cm (rys. 1) i mogą zajmować dowolne położenie na obszarze o wymiarach 24 cm $\times$ 24 cm.

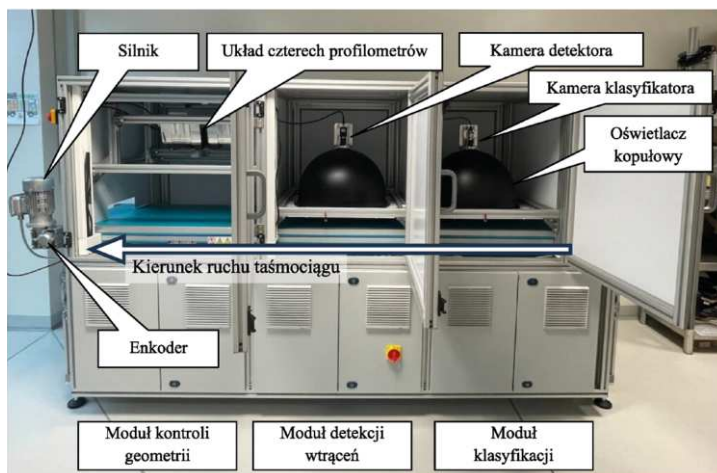
Kontrola obejmuje zarówno wygląd powierzchni elementów, jak i ich geometrię. W pierwszym przypadku celem



Rys. 1. Przykład detalu polimerowego podlegającego kontroli z zaznaczonym wtrąceniem



Rys. 2. Schemat blokowy systemu



Rys. 3. Widok całości systemu

systemu jest wykrycie tzw. wtrąceń, czyli miejscowych przebarwień na powierzchni elementu, natomiast sprawdzenie geometrii odbywa się przez porównanie z trójwymiarowym wzorcem znajdującym się w bazie danych.

Przed wdrożeniem systemu elementy kontrolowane były ręcznie, przy czym geometria mogła być kontrolowana tylko wyrywkowo, np. dla wybranego elementu z serii, w określonych miejscach (porównanie z wzorcem odległości między wybranymi punktami charakterystycznymi, brak możliwości porównania całego obiektu) i z ograniczoną dokładnością. Z kolei wtrącenia (drobne przebarwienia powstałe w procesie produkcyjnym) kontrolowane były dla każdego elementu, jednak w przypadku kontroli prowadzonej przez człowieka wiele drobnych wad pozostaje niezauważonych.

Przedstawiony system składa się z trzech modułów:

- klasyfikacji elementów,
- detekcji wtrąceń,
- kontroli geometrii.

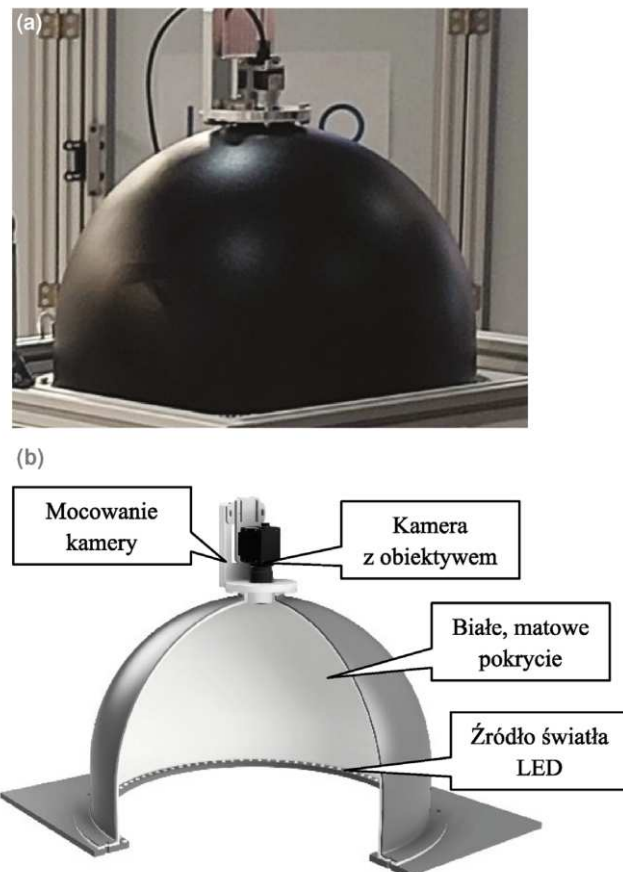
Moduł klasyfikacji jest niezbędny do działania pozostałych dwóch modułów, gdyż informacja o rodzaju elementu jest wykorzystywana zarówno w detekcji wtrąceń (do maskowania krawędzi), jak i w module kontroli geometrii. Pozostałe dwa moduły są niezależne, tzn. można skonfigurować

system składający się z dwóch modułów, mający na celu wyłącznie detekcję wad powierzchni (moduł klasyfikacji i moduł detekcji) lub wyłącznie kontrolę geometrii (moduł klasyfikacji i moduł kontroli geometrii). Moduł klasyfikacji może zostać pominięty w sytuacji, gdy na danej linii produkowany jest tylko jeden rodzaj elementów. Schemat blokowy systemu został przedstawiony na rys. 2, natomiast widok prototypu na rys. 3.

MODUŁ KLASYFIKACJI

System przedstawiony w artykule może dokonywać inspekcji w sytuacji, gdy na linii produkcyjnej znajduje się wiele rodzajów elementów. Stąd pierwszym niezbędnym modułem, przez który przechodzi każdy badany element jest klasyfikator. Jego zadaniem jest określenie typu elementu, który będzie kontrolowany w następnych etapach. W module kontroli wtrąceń wynik klasyfikacji decyduje o wyborze maski krawędzi przygotowanej off-line dla każdego rodzaju elementu. Z kolei w module kontroli geometrii dokonuje się trójwymiarowego skanowania obiektu, a następnie porównuje ten skan z modelem znajdującym się w bazie danych, wskazanym przez klasyfikator.

Pierwszym istotnym problemem, na jaki napotkano są odbicia światła od kontrolowanego obiektu. Problem odbić i zapewnienia jednolitego źródła światła jest często poruszany w literaturze [1, 2]. Jednolitość światła można zweryfikować za pomocą goniofotometrów lub kamer typu rybie oko [1, 3, 4]. Aby uniknąć odbić światła i zapewnić jego rów-



Rys. 4. Oświetlacz kopułowy (a) i przekrój modelu CAD (b)

nomierność, zarówno w module klasyfikacji, jak w module detekcji wtrąceń zastosowano specjalnie zaprojektowane oświetlacze kopułowe (rys. 4). Mają one kształt zbliżony do półsfery, a ich wnętrze zostało pokryte matowym jednolitym wykończeniem w kolorze białym. Na spodzie oświetlacza zostały zamontowane diody LED w taki sposób, że światło odbija się od wewnętrznej powierzchni sfery, oświetlając w ten sposób badane obiekty. Na szczycie kopuły umieszczono precyzyjne, regulowane mocowanie dla kamery. Średnica oświetlacza została dostosowana do wymiaru badanych elementów, tak aby zapewnić jednolite warunki oświetlenia. W prezentowanym przykładzie obszar roboczy wynosi 24 cm × 24 cm, a średnica kopuły to 50 cm.

Do klasyfikacji detali zastosowano głęboką sieć neuronową SqueezeNet [5], zaimplementowaną na mikrokomputerze Raspberry Pi 4. Zapewnia ona dokładność porównywalną do sieci AlexNet [6] przy 50-krotnie mniejszej liczbie parametrów, zajmując jedynie ok. 0,5 MB pamięci programu. Oryginalnie sieć SqueezeNet została zaprojektowana do rozpoznawania 1000 klas obiektów. Dla celów projektu zmodyfikowano architekturę sieci w taki sposób, aby rozpoznawała zadaną przez klienta liczbę klas. Do uczenia sieci zastosowano technikę transfer learning, tzn. sieć nauczoną na zbiorze ImageNet (ok. 14 mln ręcznie oznaczonych obrazów) douczono na bazie zdjęć detali dostarczonych przez klienta. Wyniki predykcji tak nauczonej sieci wyniosły 100 % poprawnych klasyfikacji, zarówno na zbiorze testowym, jak i na całym zbiorze.

MODUŁ DETEKЦИИ WTRĄCEŃ

Wtrącenie lub inkluzja, w przypadku analizy jakości wykonania elementów polimerowych, to lokalne przebarwienie na powierzchni produkowanych elementów. W przypadku białych elementów do jego wykrycia wystarcza kamera dająca obraz w skali szarości, na którym wtrącenie jest widoczne jako ciemna plamka. Istnieje wiele metod wykrywania defektów na powierzchniach jednorodnych lub teksturowanych [7]. Metody klasyczne korzystają głównie z analizy tekstury [8] i analizy lokalnych fluktuacji skali szarości [9], zmienności kolorów [10] czy cech fraktalnych [11]. W ostatnich latach pojawiły się także metody oparte na głębokich sieciach neuronowych [12–15]. Wymienione metody zazwyczaj operują na obrazach powierzchni, bez wykorzystania wiedzy o geometrii obiektu i wynikających z tego zmianach intensywności obrazu, występujących m.in. w miejscach krawędzi obiektu. Tego typu podejście gwarantuje jednak ograniczoną niezawodność [12]. Metody bazujące na głębokich sieciach neuronowych wymagają dużych zbiorów uczących, czyli dużej liczby oznakowanych próbek. Istniejące zastosowania głębokich sieci do wykrywania defektów koncentrują się na określonych typach produktów przemysłowych, w przypadku których istnieją publiczne bazy danych defektów powierzchni, jak stal, profil aluminiowy, panel słoneczny, tkanina. Szczegółowe informacje na ten temat zawarto w artykule przeglądowym [16]. Dotychczas nie znaleziono publicznej bazy danych zawierającej defekty elementów formowanych wtryskowo.

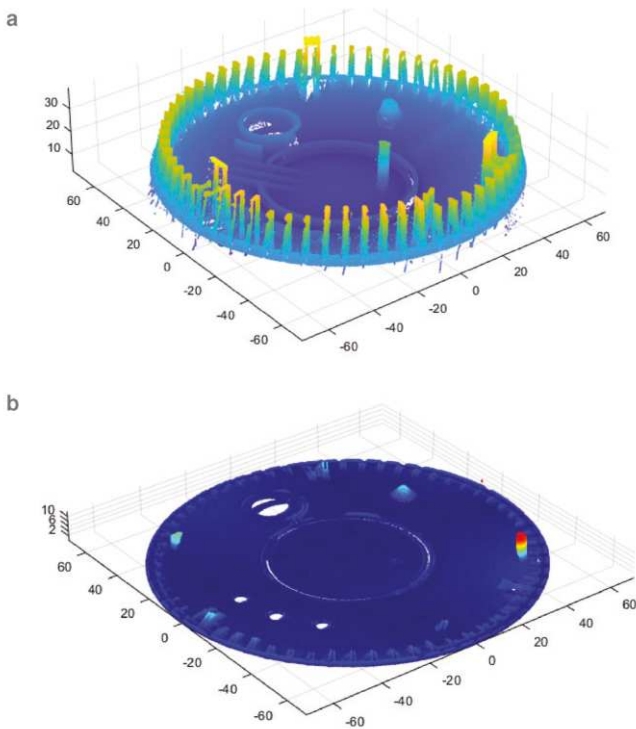
Złożoność problemu wykrywania inkluzji związana jest ze złożoną geometrią badanych elementów. Intensywność i wielkość inkluzji jest bardzo mała w porównaniu ze zmianami skali szarości obrazu na krawędziach (rys. 1). Dlatego w pierwszym kroku należy zlokalizować krawędzie obiektu i wykluczyć je z obliczeń. Zaproponowana metoda wykorzystuje bazę danych, dostarczoną przez producenta elementów wtryskowych, zawierającą modele 3D produktów oraz wygenerowaną na tej podstawie maskę krawędzi, przygotowaną off-line na podstawie modelu. Dopasowanie odpowiedniego modelu 3D do obrazu z kamery pozwala na precyzyjne obliczenie położenia krawędzi bez korzystania z detektora krawędzi. W efekcie wynik obliczeń nie zależy od wyrazistości krawędzi na obrazie z kamery ani od jakości pozyskiwanego obrazu.

Elementy produkowane są w oparciu o modele CAD, które są dostępne na etapie kontroli jakości. W przypadku niektórych obiektów występują różnice między modelami a wyprodukowanymi elementami, będące skutkiem specyfiki procesu technologicznego. Z tego powodu utworzono postprodukcyjne, bardzo dokładne modele 3D przez skanowanie prawidłowo wyprodukowanych próbek za pomocą profesjonalnego urządzenia GOM Atos Scanbox.

Proces dopasowania maski krawędzi pozyskanej na podstawie modelu 3D do obrazu kontrolowanego elementu jest dość złożony. Algorytm dopasowujący działa na obrazach w skali szarości, stąd obrazu badanego obiektu nie można

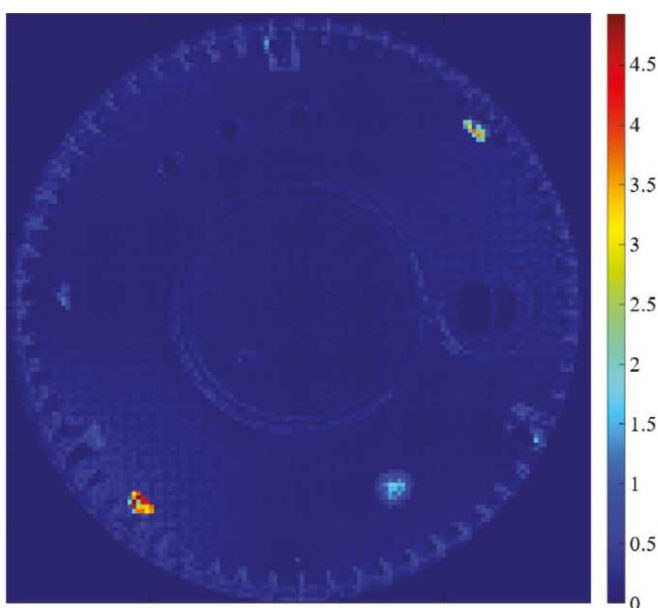


Rys. 5. Wnętrze modułu kontroli geometrii z układem czterech profilometrów laserowych



Rys. 6. Skan badanego elementu (a) oraz obraz odchyłek od wzorca, gdzie kolor oznacza wartość odchyłki (b)

bezpośrednio dopasować do maski, będącej obrazem binarnym. Metoda wykorzystuje więc przygotowaną off-line parę referencyjną, zawierającą dwa obrazy dla każdego rodzaju elementu: obraz elementu i odpowiadającą mu maskę krawędzi. Na etapie dokonywania inspekcji, po klasyfikacji obiektu jest on dopasowywany do odpowiedniego obrazu referencyjnego w celu znalezienia parametrów transformacji (przesunięcia, obrotu i skalowania) pomiędzy badanym obiektem a maską referencyjną, a następnie parametry te



Rys. 7. Fragment ekranu z obrazem odchyłek badanej próbki od wzorca, uśredniony z rozdzielczością 400×400 pikseli. Wielkość piksela: $325 \mu\text{m}$, pole widzenia: 130 mm . Skala błędów jest wyrażona w mm

wykorzystane są w celu nałożenia maski na obraz kontrolowanego elementu. Po wymaskowaniu krawędzi, dla części powierzchni obiektu, która nie jest maskowana, obliczane jest lokalne odchylenie standardowe. Obszary, w których przekracza ono wartość progową, są oznaczone jako wtrącenia.

MODUŁ KONTROLI GEOMETRII

Moduł kontroli geometrii ma na celu wykrycie wad polegających na wystąpieniu różnicy między geometrią badanego elementu a geometrią wzorca. Różnica taka może wynikać z degradacji formy, np. na skutek zwiększonej adhezji formy czy zatkanych kanałów odgazowania. Powoduje to strukturalne wady tworzywa, w tym wyłamania drobnych elementów oraz nadłania materiału. Inną przyczyną wad geometrycznych są uszkodzenia mechaniczne na skutek nieprawidłowej pracy wypychaczy, umożliwiających automatyczne wyjmowanie produktu z formy. Wymienione przyczyny mogą prowadzić do incydentalnych wad (występujących w pojedynczych elementach w serii), jak i systematycznych defektów w całej produkowanej serii. Do skanowania powierzchni elementów zastosowano profilometrię laserową. Profilometr to urządzenie wykorzystujące triangulację, w którym wiązka lasera uformowana w płaską wstęgę po odbiciu od skanowanej powierzchni pada na matrycę światłoczułą. W jednej chwili czasowej odtwarzany jest pojedynczy profil, natomiast ruch elementu na taśmie produkcyjnej pozwala na uzyskanie pełnego trójwymiarowego skanu powierzchni. W prezentowanym rozwiązaniu zastosowano układ czterech profilometrów (rys. 5), co zapewnia redukcję stref martwych, czyli obszarów, które z powodu przesłonięcia przez inne fragmenty powierzchni elementu nie mogą być prawidłowo zeskanowane. Po zmontowaniu stanowiska profilometry są kalibrowane za pomocą algorytmu opracowanego na potrzeby projektu, wykorzystującego wzorzec kalibracyjny poruszający się na taśmociągu [17]. Po zeskanowaniu obiektu chmury punktów uzyskane z czterech profilometrów są konwertowane do wspólnego układu współrzędnych na podstawie wcześniejszej kalibracji, a następnie łączone w jeden skan 3D. Następnie ma miejsce dopasowanie modelu znajdującego się w bazie danych, wskazanego przez moduł klasyfikatora, do otrzymanego skanu. Dopasowanie dokonywane jest na reprezentacji obiektów w postaci chmur punktów, z wykorzystaniem algorytmu ICP [18]. Skan przykładowego elementu oraz obraz odchyłek od wzorca przedstawiono na rys. 6.

Rysunek 7 przedstawia element o zredukowanej rozdzielczości, rzutowany na płaszczyznę, prezentowany operatorowi systemu po zidentyfikowaniu miejsc, w których wartość odchyłek przekracza dopuszczalne wartości progowe.

WNIOSKI

Opisany projekt modułowego systemu kontroli jakości wykonania elementów polimerowych wdrożono w przemyśle. Urządzenie wykonano w formie zintegrowanego stanowiska kontroli jakości do sekwencyjnego badania obu stron detali. Stanowisko zawiera dwa identyczne, modułowe sys-

temy kontroli jakości, między którymi umieszczono moduł obrotu badanego elementu (tzw. obrotnicę). Ostatnim elementem stanowiska jest moduł odrzutu, który na podstawie wyniku kontroli jakości usuwa wadliwy element z taśmociągu.

Implementacja przemysłowa potwierdziła praktyczną użyteczność systemu, testowanego wcześniej w warunkach laboratoryjnych. Założone wymagania systemu zostały spełnione, zarówno w zakresie prędkości taśmy produkcyjnej i liczby elementów kontrolowanych w ciągu minuty, jak dotyczące średnicy wykrywanych wtrąceń i wielkości wykrywanych wad geometrycznych. System działa z prędkością umożliwiającą kontrolowanie 30 elementów w ciągu minuty, poruszających się z prędkością 20 cm/s. Wykrywane są wtrącenia (przebarwienia powierzchni) o średnicy od 0,35 mm oraz wady geometryczne z dokładnością 0,1 mm. Modułowa budowa systemu pozwala na implementację wybranej części systemu, jeśli zachodzi potrzeba kontroli tylko określonego aspektu produktu, np. tylko jego geometrii lub jednorodności powierzchni.

System został zaprojektowany pod kątem kontroli jakości elementów polimerowych. W ramach dalszego rozwoju projektu planowane jest przystosowanie systemu do analizy powierzchni i geometrii innych produktów. Planuje się także optymalizację rozmieszczenia profilometrów, analizę zastosowania w systemie innych urządzeń obrazujących, np. kamer multispektralnych oraz zbadanie możliwości poszerzenia pola widzenia systemu, które jest ograniczone parametrami profilometrów.

PODZIĘKOWANIA

Badania były częściowo finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, grant nr POIR.01.01.01-00-0116/20-00 oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego z subwencji 11.11.120.815. Autorzy pragną podziękować zespołowi badaczy i inżynierów CBRT P. S.A. za współpracę podczas budowy prototypu. Dziękujemy firmie Hanplast sp. z o.o. za konstruktywne dyskusje, przekazanie próbek wadliwych elementów oraz za szczegółowe prezentacje linii produkcyjnych.

LITERATURA

- [1] Li B., Wang J., Gao Z., Gao N., Light Source Layout Optimization Strategy Based on Improved Artificial Bee Colony Algorithm, *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, DOI: 10.1155/2021/8099757.
- [2] Liu L., Wang H., Yu B., Xu Y., Shen J., Improved algorithm of light scattering by a coated sphere, *China Particuology*, Vol. 5, No. 3, 2007, 230–236, DOI: 10.1016/j.cpart.2007.03.003.
- [3] Kokka A., Pulli T., Ferrero A., Dekker P., Thorseth A., Kliment P., Klej A., Gerloff T., Ludwig K., Poikonen T., Validation of the fisheye camera method for spatial non-uniformity corrections in luminous flux measurements with integrating spheres, *Metrologia*, Vol. 56, No. 4, 2019, DOI: 10.1088/1681-7575/ab17fe.
- [4] Kokka A., Pulli T., Poikonen T., Askola J., Ikonen E., Fisheye camera method for spatial non-uniformity corrections in luminous flux measurements with integrating spheres, *Metrologia*, Vol. 54, No. 4, 2017, 577–583, DOI: 10.1088/1681-7575/aa7cb7.
- [5] Iandola F.N., Moskewicz M.W., Ashraf K., Han S., Dally W.J., Keutzer K., SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50× fewer parameters and < 1MB model size, presented at the ICLR, 2017.
- [6] Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E., ImageNet classification with deep convolutional neural networks, presented at the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2012.
- [7] Luo Q., Fang X., Su J., Zhou J., Zhou B., et al., Automated Visual Defect Classification for Flat Steel Surface: A Survey, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 69, No. 12, 2020, 9329–9349, DOI: 10.1109/TIM.2020.3030167.
- [8] Xie X., A Review of Recent Advances in Surface Defect Detection using Texture analysis Techniques, *ELCVIA Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, Vol. 7, No. 3, 2008, DOI: 10.5565/rev/elcvia.268.
- [9] Ma Y., Li Q., Zhou Y., He F., Xi S., A surface defects inspection method based on multidirectional gray-level fluctuation, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 14, No. 3, 2017, DOI: 10.1177/1729881417703114.
- [10] Weyrich M., Wang Y., A Real-time and Vision-based Methodology for Processing 3D Objects on a Conveyor Belt Model Driven Development of Service Oriented Plant Controls View project Autonomous Systems View project, *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*, Vol. 5, No. 4, 2011, 561–569.
- [11] Zhiznyakov A.L., Privezentsev D.G., Zakharov A.A., Using fractal features of digital images for the detection of surface defects, *Pattern Recognition and Image Analysis*, Vol. 25, 2015, 122–131, DOI: 10.1134/S105466181501023X.
- [12] Ren Z., Fang F., Yan N., Wu Y., State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, Vol. 9, 2021, 661–691, DOI: 10.1007/s40684-021-00343-6.
- [13] Bhatt P.M., Malhan R.K., Rajendran P., Shah B.C., Thakar S., Yoon Y.J., Gupta S.K., Image-Based Surface Defect Detection Using Deep Learning: A Review, *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol. 21, No. 4, 2021, DOI: 10.1115/1.4049535.
- [14] Ke K.-C., Huang M.-S., Quality prediction for injection molding by using a multilayer perceptron neural network, *Polymers*, Vol. 12, No. 8, 2020, DOI: 10.3390/polym12081812.
- [15] Cha Y.-J., Choi W., Suh G., Mahmoudkhani S., Büyükoztürk O., Autonomous Structural Visual Inspection Using Region-Based Deep Learning for Detecting Multiple Damage Types, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 33, No. 9, 2018, 731–747, DOI: 10.1111/mice.12334.
- [16] Chen Y., Ding Y., Zhao F., Zhang E., Wu Z., Shao L., Surface defect detection methods for industrial products: A review, *Applied Sciences*, Vol. 11, No. 16, 2021, DOI: 10.3390/app11167657.
- [17] Rotter P., Klemiato M., Rosół M., Knapik D., Putynkowski G., et al., Sposób kalibracji zestawu profilometrów laserowych, Zgłoszenie patentowe P.443116, 2023.
- [18] Chen Y., Object modelling by registration of multiple range images, [In:] *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1991, 2724–2729, DOI: 10.1109/ROBOT.1991.132043.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Pomiary Automatyka Robotyka” nr 4/2024, s. 97-102.

dr hab. inż. Paweł Rotter, prof. AGH¹, dr inż. Maciej Klemiato¹, mgr inż. Dawid Knapik¹, dr inż. Maciej Rosół¹, dr inż. Grzegorz Putynkowski²

1 – Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Automatyki i Robotyki, Kraków

2 – Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A., Warszawa

OD MECHANIKI DO SKŁADU CHEMICZNEGO



Postaw na precyzję i niezawodność w trakcie kompleksowej kontroli jakości tworzyw sztucznych z Shimadzu AGX-V2 i EDX-8100

AGX-V2 - SIŁA PRECYZJI

Precyzyjna maszyna wytrzymałościowa AGX-V2 to nowoczesne rozwiązanie do badań mechanicznych tworzyw sztucznych.

- Zdolność pomiaru od 0,02 N do 600 kN – idealna zarówno do cienkich folii, jak i masywnych detali technicznych,
- System **TWIN-Servomotor™** – zapewniający maksymalną stabilność ruchu belki,
- Automatyzacja i ergonomia – możliwość integracji z kamerami, systemami wideoekstensometrii i automatycznymi podajnikami,
- Intuicyjne oprogramowanie **TRAPEZIUMX-V** – umożliwiające analizę i dokumentację wyników pomiarów, oraz programowanie metod badawczych zgodnie z normami ISO, ASTM i innymi.



EDX-8100 - BEZINWAZYJNA ANALIZA

EDX-8100 firmy Shimadzu to nowoczesny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej, który gwarantuje szybką i precyzyjną identyfikację pierwiastków oraz weryfikację składu surowców i gotowych wyrobów. Zaawansowany detektor SSD zapewnia najwyższą czułość i niezawodność pomiarów w szerokim obszarze zastosowań:

- Identyfikacja pierwiastków od węgla ${}^6\text{C}$ do uranu ${}^{92}\text{U}$ – pełna kontrola nad składem materiałów,
- Analiza próbek stałych, ciekłych i proszkowych bez przygotowania,
- Kamera CCD – precyzyjny wybór obszaru analizy i powtarzalność wyników,
- Intuicyjne oprogramowanie PCEDX Navi – łatwa obsługa nawet przez początkujących użytkowników,
- Zgodność z dyrektywami RoHS i ELV – bezpieczeństwo w przemyśle spożywczym, elektronicznym i motoryzacyjnym.



AP 225

Zachęcamy do zapoznania się z ofertą Laboratorium Wzorcującego SHIM-POL. W zakresie działalności laboratoryjnej znajdują się maszyny wytrzymałościowe, twardościomierze oraz młoty wahadłowe. Napisz do nas: lab@shim-pol.pl

www.shim-pol.pl

www.shim-pol.pl/laboratorium-wzorcuje

Zapraszamy do magicznego świata nowego portalu firmy Meusburger

Naszym zamiarem jest jak najszybsze i skuteczne doprowadzenie użytkownika do celu. Pomagają w tym funkcje wyszukiwania i filtrowania, które umożliwiają łatwe znajdowanie produktów lub zamówień. Zarówno koszyk zakupów, jak i listy produktów są zapisywane automatycznie. Pozwala to zaoszczędzić czas i jeszcze szybciej realizować swoje projekty. Teraz możliwe jest również przysyłanie list produktów innym użytkownikom. Dzięki responsywnej strukturze nowego portalu można z niego korzystać bezpośrednio w warsztacie, na smartfonie lub tablecie.

WIĘKSZA WYDAJNOŚĆ PRZY REALIZACJI PROJEKTÓW

Na stronach szczegółów produktów znajdują się tabele i porady ułatwiające wybór, które eksperci opracowali specjalnie dla danej branży. Po zalogowaniu się natychmiast wyświetlane są ceny netto produktów.

Znacznie usprawniliśmy obsługę danych CAD. Eksport CAD można rozpocząć bezpośrednio ze stron szczegółów produktu, bez konieczności wcześniejszego dodawania artykułów do listy produktów lub koszyka. Ponadto uprościliśmy indywidualną konfigurację modeli i możliwe jest teraz bezpośrednie przejście do funkcji pobierania.

FANTASTYCZNY SERWIS

W obszarze „Moje konto” można nie tylko łatwo realizować zlecenia, ale także uzyskać wgląd we wszystkie dane i dokumenty sprzedażowe. Aby proces zamawiania był jak najbardziej wydajny, artykuły mogą być importowane zarówno zbiorczo przy użyciu plików Excel i MEU, jak i indywidualnie. Produkty są dobierane automatycznie na podstawie wprowadzonych danych.

Można także dokonać wyboru między różnymi metodami wysyłki (przesyłka ekspresowa / standardowa / odbiór we własnym zakresie w krajach niemieckojęzycznych) i określić żadaną datę wysyłki. Adres dostawy można szybko wybrać za pomocą rozwijanego menu. W razie potrzeby można również dodać nową lokalizację.

Po złożeniu zamówienia, w ciągu kilku minut dostępne są niezbędne dokumenty sprzedażowe. Istnieje możliwość przekształcenia oferty w zamówienie lub ponownego zapytania o tę samą ofertę. W obszarze „Moje konto” można również wyświetlić aktualny status danego zamówienia oraz śledzić swoją przesyłkę. Równie łatwo i szybko można dokonać zwrotu towaru.

MASZ DODATKOWE PYTANIA?

W razie jakichkolwiek problemów związanych z obsługą portalu Meusburgera, przydatne informacje znaleźć można w zakładce „Pomoc”. Zapytania techniczne można składać w dowolnym momencie, za pomocą formularzy zgłoszeniowych. Po zalogowaniu się wyświetlone zostaną również osoby kontaktowe i konsultanci techniczni.

ZAREJESTRUJ SIĘ I WYGRAJ!

Zarejestruj się i skorzystaj z szansy wygrania jednego z trzech atrakcyjnych pakietów wyposażenia warsztatowego. Nie jesteś jeszcze zarejestrowany? Nie ma problemu – dokonaj bezpłatnej rejestracji i weź udział w konkursie. Ponowna rejestracja może zająć trochę czasu. Po pomyślnej aktywacji konta użytkownika i rejestracji, konkurs będzie widoczny w tym miejscu.

<https://www.meusburger.com/pl-pl/poczuj-magie-portalu>

REKLAMA

Poczuj magię portalu

Zapraszamy do magicznego świata nowego portalu firmy Meusburger.



KIELCE

20. – 23.05.2025



Zapoznaj się z jego korzyściami

Dzięki bogactwu nowych funkcji, oferuje wiele możliwości realizacji zamierzonych celów w zaskakująco szybkim tempie – przez całą dobę, w 20 językach. Poczuj magię portalu, gdzie proces konstrukcji jest zadziwiająco prosty, a obsługa na najwyższym poziomie.

- › Zaskakująco szybko u celu
- › Zadziwiająco prosta konstrukcja
- › Fantastyczny serwis



Wypróbuj już teraz!
www.meusburger.com/portal-pl

meusburger

Powiew bezpieczeństwa

Ileż to razy zdarzało się, że surowiec podczas wtrysku przedostawał się do przestrzeni instalacyjnej grzanych kanałów formy. Wtedy ujawnia się dramat zniszczeń: zalane przewody, termopary, grzałki. Niejednokrotnie elementy te trzeba wymienić na nowe. Do tego przestój produkcyjny formy... TRAGEDIA!

Ale z tym już koniec! Firma SCORPIO prezentuje rodzinę urządzeń BLOW dedykowaną do wczesnego wykrywania wycieku surowca w przestrzeni grzanych kanałów. Zasada działania jest prosta: powietrze przepływa bardzo powoli przez cieniutkie rurki kapilarne wprowadzone do formy. Przepływ w każdej z rurek mierzony jest z wielką precyzją, a jego zanik (będący skutkiem zalania przez surowiec we wczesnej fazie wycieku) jest natychmiast rejestrowany i zgłaszany. Układ kontrolny może też zatrzymać pracę maszyny.

BLOW-4 to samodzielny kontroler wycieków surowca przeznaczony dla małych form (obsługuje cztery rurki kapilarne). Montowany jest na formie. Układ nie wymaga żadnego ustawiania, programowania pracy itd. Podejmuje działanie od razu po włączeniu zasilania. Pełna diagnostyka pracy odbywa się za pomocą czterech wielokolorowych diod świecących.

Seria **BLOW PRO** przeznaczona jest do bardziej rozbudowanych form, gdzie konieczna jest kontrola większej ilości rurek kapilarnych. Kontroler **BLOW MASTER** instalowany jest na maszynie, a moduły pomiarowe **BLOW PRO** montowane są na formie. Użytkownik ma do dyspozycji trzy modele **BLOW PRO: PRO-8, PRO-12** i **PRO-16** (liczba oznacza ilość kontrolowanych rurek). Do kontrolera **BLOW MASTER** można podłączyć do czterech modułów pomiarowych w dowolnej konfiguracji. Jedyne konieczne działanie to zaakceptowa-



nie nowej konfiguracji. Przy jakiegokolwiek nieprawidłowości (wyciek surowca, brak powietrza lub odłączenie modułu) system natychmiast wysyła powiadomienie i wstrzymuje pracę maszyny. Każda nieprawidłowość jest jednoznacznie i precyzyjnie identyfikowana. System zapamiętuje zaistniałe błędy do czasu skasowania ich przez użytkownika.

Kontroler BLOW MASTER inteligentnie zarządza zasilaniem modułów pomiarowych BLOW PRO w powietrze: w razie uszkodzenia podłączeń pneumatycznych automatycznie odcina nieprawidłowo funkcjonujący moduł pomiarowy.

Całe urządzenie charakteryzuje się znikomym poborem powietrza: system BLOW PRO w pełnej konfiguracji (64 rurki kapilarne) zużywa zaledwie ok. 20 litrów powietrza na minutę.

Dzięki drobiazgowemu opracowaniu tematu i zastosowaniu nowatorskich rozwiązań SCORPIO przekazuje użytkownikom doskonały i niezawodny system ostrzegający o niebezpieczeństwie zalania formy. Niska cena oferowanego rozwiązania czyni je powszechnie dostępnym, a potencjalne koszty usuwania skutków zalania formy są wielokrotnie większe niż inwestycja w system BLOW PRO.

BLOW PRO jest autorskim opracowaniem firmy SCORPIO.

03-257 Warszawa, ul. Echa Leśne 16
tel. 602 645 752, e-mail: scorpio@scorpio.net.pl
www.scorpio.net.pl

REKLAMA

*Lepiej
zapobiegać
niż...*



System wczesnego wykrywania wycieków surowca w gorących kanałach



Powiew bezpieczeństwa



SCORPIO

Tomasz Ciesielski

03-257 Warszawa, ul. Echa Leśne 16

e-mail: scorpio@scorpio.net.pl

tel. 602 645 752

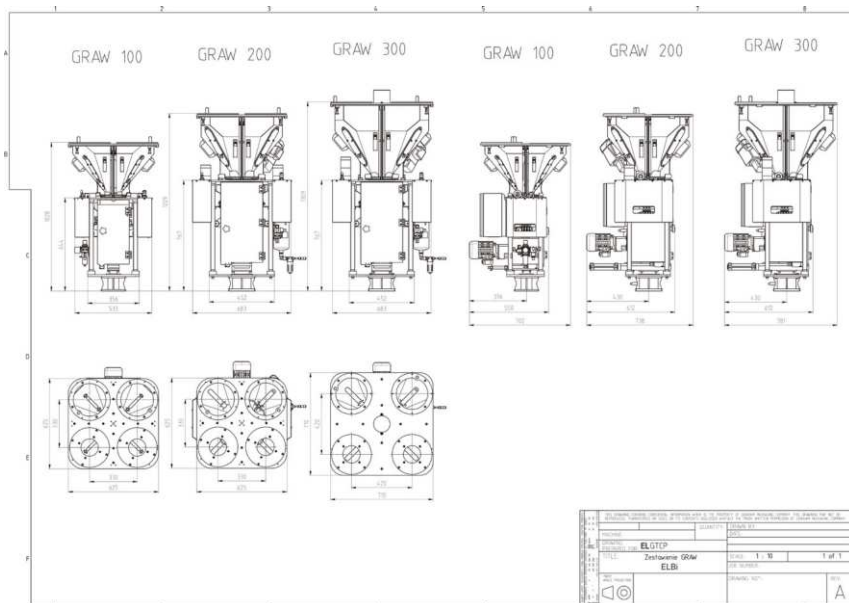
www.scorpio.net.pl

Dozowniki wagowe inne niż inne

Precyzyjne odmierzanie granulatów i dodatków można realizować w zasadzie tylko wg metody wagowej. Dozowanie objętościowe jest prostszą metodą, którą stosuje się najczęściej do odmierzania niewielkich ilości barwników lub innych dodatków na wtryskarkach. Ich zaletą jest prosta konstrukcja oraz niższe koszty zakupu. Po stronie wad należy zaliczyć konieczność przeprowadzania oddzielnej kalibracji dla każdego z dodatków oraz brak pełnej kontroli nad procesem i brak możliwości archiwizacji przepływu materiału dozowanego w tego rodzaju dozownikach.

Dozowniki wagowe pozwalają na bardzo precyzyjne odmierzanie porcji w oparciu o pomiar wagi. Standardowo dozowniki grawimetryczne wyposażone są w mieszadła zapewniające wysoki poziom homogenizacji przygotowanych mieszanek. Wartości wszystkich odmierzonych szarż są archiwizowane i mogą być zgrywane na zewnętrzne nośniki danych.

Produkowane przez firmę ELBi Wrocław dozowniki wagowe serii GRAW z możliwością bezpośredniej pracy na maszynie tworzą typoszereg urządzeń o wydajnościach od 100 do 400kg/h. Innowacyjną cechą tych dozowników jest separacja drgań mechanicznych uzyskana poprzez unikalną i opatentowaną konstrukcję mechaniczną. Oprogramowanie tych bardzo precyzyjnych wag bazuje na doświadczeniach wieloletniej współpracy z niemiecką firmą KOCH-TECHNIK. Sterownik



urządzenia wykonany w najnowszej technologii procesów wielordzeniowych pracuje w systemie operacyjnym Linux. Umożliwia on zapisywanie szczegółowych logów wszystkich dozowanych szarż, włącznie z ewentualnymi stanami alarmowymi. Archiwum logów może być też dowodem uzyskiwania najwyższej dokładności dozowanych komponentów. Dostęp do zarchiwizowanych danych jest też możliwy poprzez gniazdo USB na nośnik pamięci zewnętrznej serwer FTP. Dozowniki serii GRAW umożliwiają dozowanie od 2 do 6 komponentów.

Można je instalować bezpośrednio na wtryskarkach lub ekstruderach. Nasze dozowniki cechuje najwyższa dokładność, prosta obsługa, możliwość szybkiej adaptacji urządzenia do potrzeb nowego produktu, łatwość czyszczenia wymagalnych komponentów.

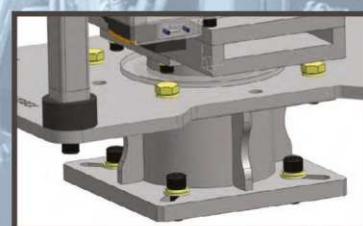
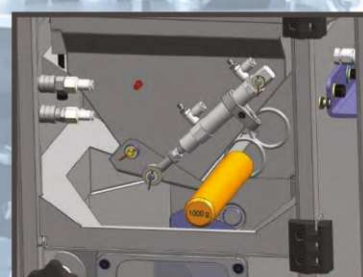
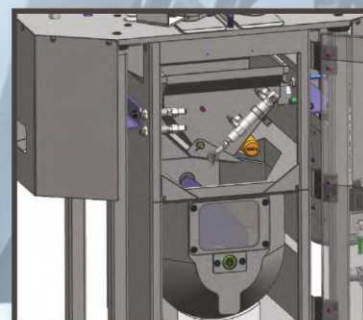
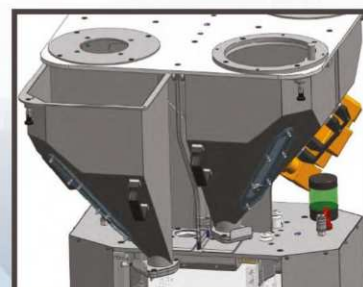
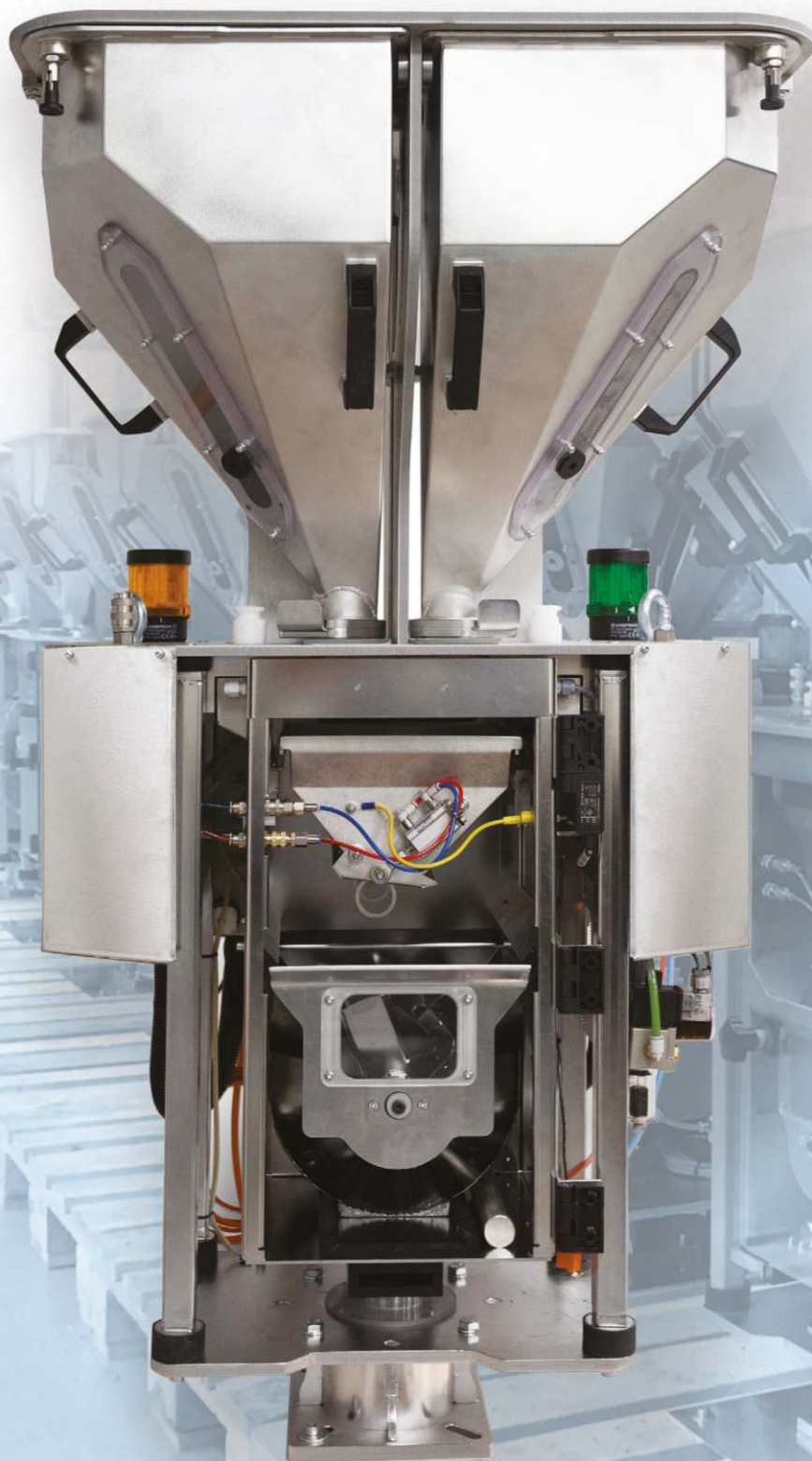
Urządzenia te pracują już u światowych liderów z branży automotiv w takich krajach jak Niemcy, Austria, Rumunia, Chiny, Meksyk, USA i oczywiście w Polsce, gdzie urządzenia te są produkowane w kooperacji z niemiecką firmą Elbi-Elektronik.

Produkujemy również moduły wagowe montowane pod zbiornikami magazynującymi. Rejestrują one ubytek lub przyrost wagi poszczególnych zbiorników. Zintegrowana baza danych pozwala na tworzenie statystyk przerobu poszczególnych tworzyw na wybranych maszynach. Archiwum pomiarów dostępne jest przez środowisko sieciowe. W ten sposób można śledzić nie tylko zużycie surowca, ale również historię wprowadzanych zmian.

www.elbi.com.pl

Dozowniki inne niż inne...

- OPATENTOWANY SYSTEM SEPARACJI DRGAŃ
- DYNAMICZNA STABILIZACJA WAGI



www.elbi.com.pl

ELBI-WROCŁAW Sp. z o.o.
54-424 Wrocław
ul. Muchoborska 4A
tel. 71 333 00 33
e-mail: elbi@elbi.com.pl

Problem węzłowy konstrukcji wyrobów wtryskiwanych

Przemysław Narowski

Podczas projektowania wyrobu korzysta się z podręcznikowych zasad kształtowania poszczególnych elementów funkcjonalnych, takich jak grubości ścian, uźebrowanie, zaokrąglenia itp. Jednym z najczęściej popełnianych błędów jest bezkrytyczne przenoszenie tej teoretycznie poprawnej geometrii wyrobu do formy jako kształtu gniazda formującego.

Różnica między teorią a praktyką polega na tym, że przyjęcie założenia, iż geometria wyrobu jest jednocześnie geometrią gniazda, oznacza traktowanie całego gniazda jako jednolitej, zamkniętej przestrzeni. Przestrzeń ta wypełniana jest tworzywem pod zmiennym ciśnieniem, z różną prędkością i w różnych kierunkach, a proces chłodzenia przebiega w niej nierównomiernie.

W jej wnętrzu zachodzą skomplikowane zjawiska fizyczne, które prowadzą do anizotropii własności mechanicznych oraz zróżnicowanego skurczu. Dla każdej konkretnej geometrii formy kształtuje się specyficzny stan równowagi, który determinuje właściwości końcowego wyrobu. W wyniku prób wtryskiwania uzyskuje się produkt o cechach będących efektem tego stanu – cechach, które zawsze różnią się od pierwotnych założeń konstruktora. Przyczyną tych różnic jest zespół tzw. właściwości nabytych.

Każda wtryskiwana wypraska charakteryzuje się określonymi właściwościami nabytymi, które powstają w trakcie procesu formowania i wynikają ze specyficznych cech fizycznych danej grupy materiałów. Jedną z kluczowych cech jest zróżnicowany skurcz materiału w różnych obszarach wypraski.

Skurcz ten nie jest jednakowy w całej objętości wypraski – w praktyce oznacza to, że dla uzyskania np. identycznych

średnic kilku otworów może być konieczne zastosowanie rdzeni o różnych średnicach. Dodatkowo, skurcz w kierunku płynięcia materiału różni się od skurczu w kierunku poprzecznym, co wynika z orientacji makrocząsteczek polimeru lub zastosowanych wypełniaczy.

Wartość skurczu podawana przez producentów w kartach materiałowych:

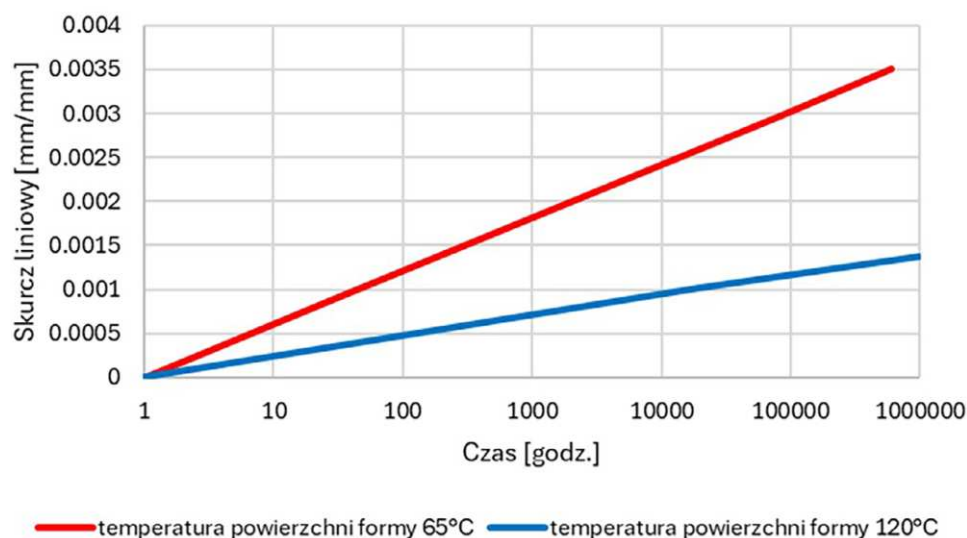
- jest wartością uśrednioną,
- odnosi się wyłącznie do skurczu przetwórczego (mierzonego po 16 godzinach od formowania),
- nie uwzględnia tzw. skurczu wtórnego, który zachodzi przede wszystkim w tworzywach częściowo krystalicznych nawet do 1000 godzin po wykonaniu wypraski.

Częściowym rozwiązaniem problemu skurczu wtórnego może być stosowanie „gorących form”. Pozwalają one na uzyskanie maksymalnego skurczu pierwotnego już podczas formowania, co znacznie ogranicza późniejsze zmiany wymiarów (rys. 1). Powoduje to również wydłużenie czasu chłodzenia i spadek wydajności produkcji. Co oczywiście nigdy nie jest pożądanym zjawiskiem.

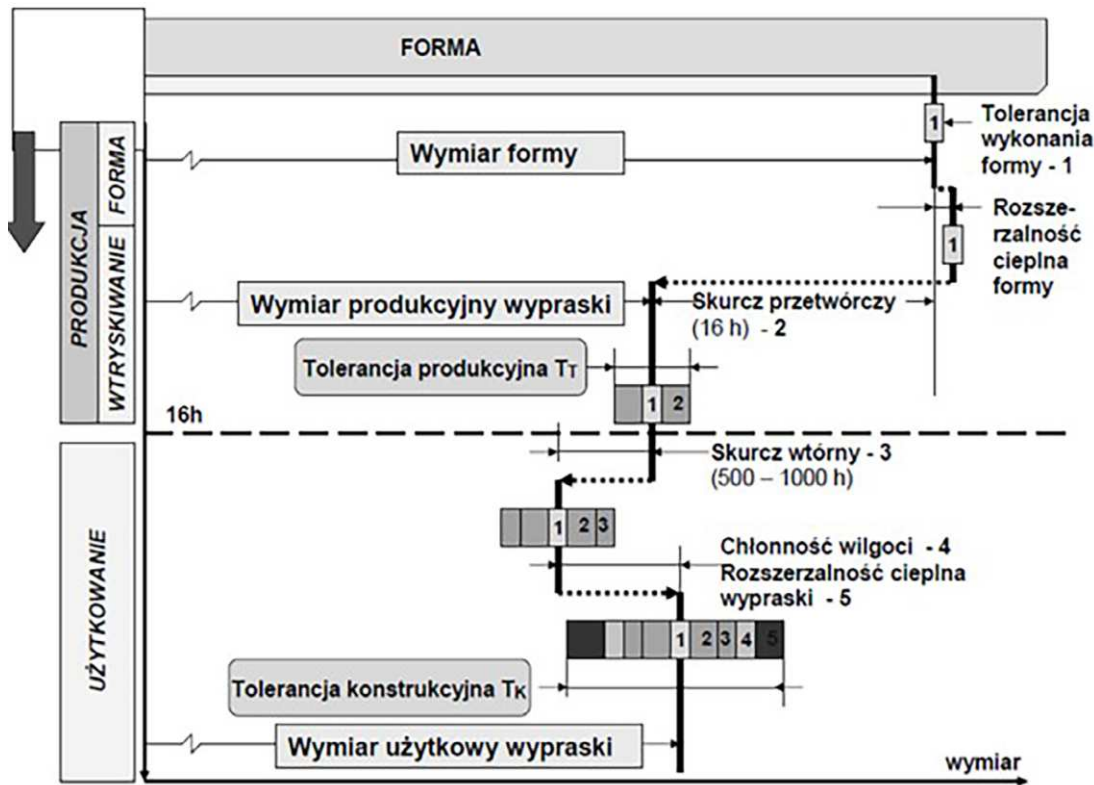
Wymiary i tolerancje konstrukcyjne (T_K - patrz rys. 2) podane w dokumentacji konstrukcyjnej zaprojektowanego wyrobu uwzględniają już wahania wynikające ze skurczu wtórnego. Zadaniem konstruktora jest zatem wielkość tych zmian możliwie jak najdokładniej określić.

TWORZYWA AMORFICZNE

Dla tworzyw amorficznych, gdzie skurcz wtórny stanowi mniejszy problem, wielkość tolerancji konstrukcyjnych można dość dokładnie obliczyć za pomocą narzędzi kompu-



Rys. 1. Zależność wielkości skurczu wtórnego od temperatury powierzchni formy dla POM



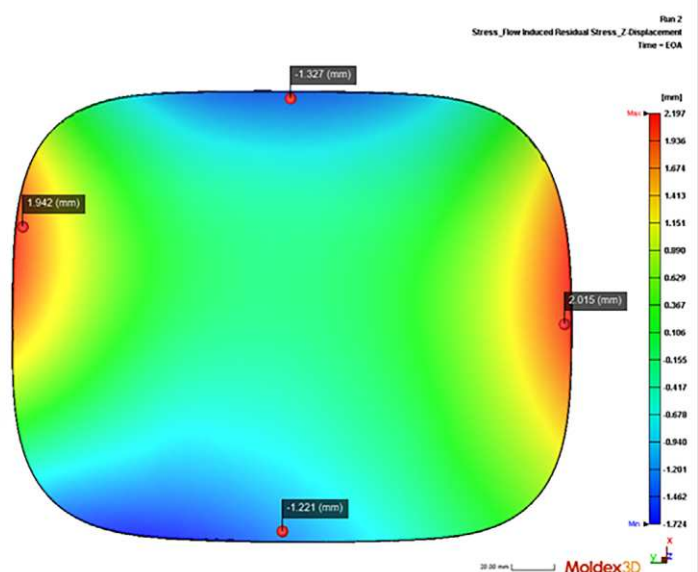
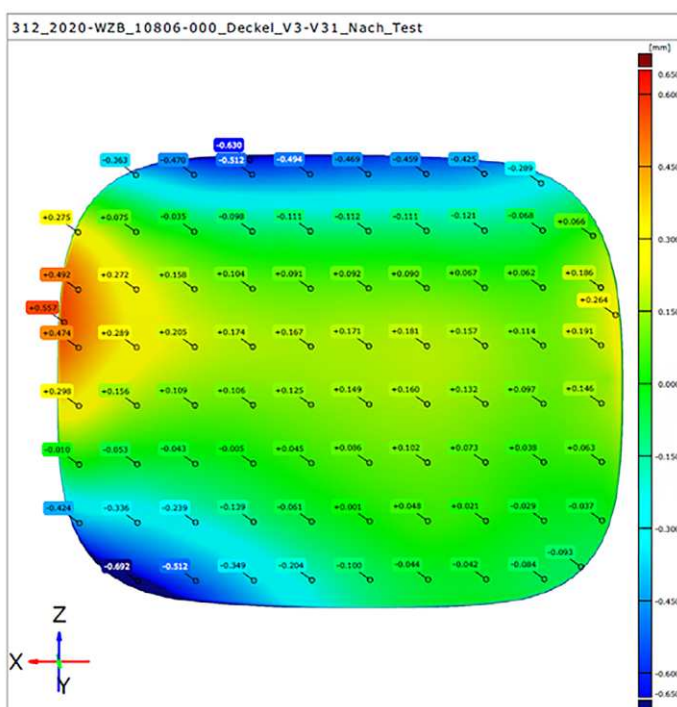
Rys. 2. Zmiana wymiaru wypraski w czasie



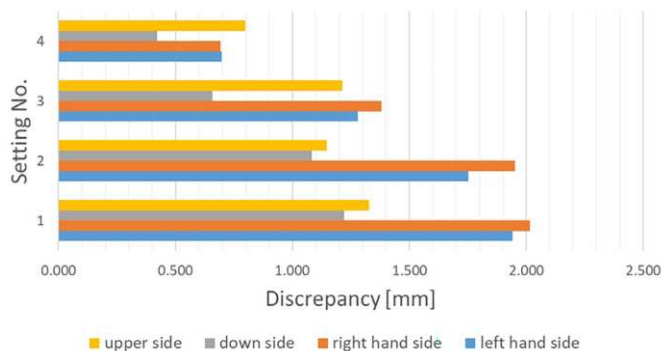
Rys. 3. Pokrywa wlewu paliwa w kolorze karoserii wykonana z Norylu

terowego wspomaganie, takich jak Moldex3D. Co ilustruje poniższy przykład.

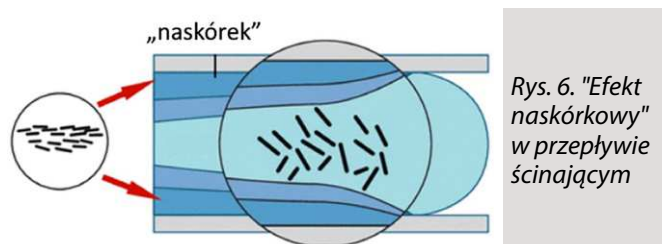
Pokrywa wlewu paliwa (rys. 3) wtryskiwana jest z mieszaniny PPE i polistyrenu (Noryl), a następnie lakierowana w kolorze nadwozia auta. Geometria wyrobu nie jest zbyt skomplikowana, ale ulega istotnym zmianom podczas utwardzania lakieru, które to odbywa się w temperaturze co najmniej 150°C. Zmiany te wywołane skurczem wtórnym uniemożliwiają poprawny montaż elementu w aucie – powinny więc zostać uprzednio uwzględnione w tolerancji konstrukcyjnej wyrobu.



Rys. 4. Porównanie wyników symulacji (po prawej, max=2,2 mm) z pomiarami (po lewej, max=0,65 mm) dla nastawy 1



Rys. 5. Odchylenie wartości obliczeniowej od pomiaru dla czterech "rogów" wypraski dla poszczególnych modeli symulacyjnych (1 - najmniej złożony, 4 - najbardziej złożony)



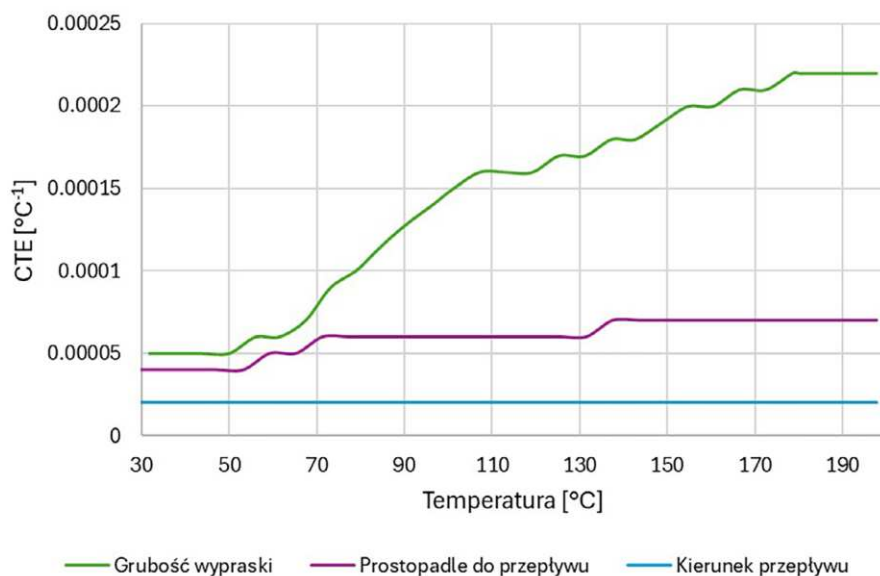
Rys. 6. "Efekt naskórkowy" w przepływie ścinającym

A posteriori podjęto się próby wyznaczenia wielkości wahań wywołanych skurczem wtórnym na podstawie symulacji wygrzewania.

Tego typu obliczenia uwzględniają:

- rozkład naprężeń reszkowych po uprzednim procesie wtryskiwania,
- zamrożoną orientację włókien napelnacza (dla tworzyw napelnianych),
- zadaną zmianę temperatury otoczenia wypraski w czasie,
- zadane typy i wielkości utwardzeń, sił i ciśnień działających na wyrób.

Dokładność symulacji jest silnie zależna od jakości danych wejściowych. Na rys. 5 widać jak rozbieżność między przewidywaną wartością odkształceń a pomiarem skanerem optycznym spada wraz ze wzrostem skomplikowania modelu.



Rys. 7. Współczynnik rozszerzalności cieplnej w stosunku do temperatury dla PA wypełnionego włókłem szklanym

Uwzględnienie w obliczeniach kompletnego układu chłodzenia, systemu GK, nastaw maszyny, jak również rzeczywistej wtryskarki pozwoliło na ponad trzykrotną poprawę wyników w stosunku do pierwszej „standardowej” symulacji.

TWORZYWA NAPEŁNIONE

W przypadku wyprasek napelnianych włóknami szklanymi wyznaczenie wartości tolerancji konstrukcyjnych jest również możliwe na podstawie symulacji komputerowych.

Z powodu ścinania stopionego polimeru podczas przepływu w gnieździe formy wtryskowej włókna tworzą tzw. „strukturę naskórkową” (rys. 6). Struktura ta oznacza, że większość włókien jest zorientowana w kierunku przepływu, część jest ustawiona poprzecznie, a tylko nieliczne mają orientację wzdłuż grubości wypraski.

Ponieważ szkło ma znacznie niższy współczynnik rozszerzalności cieplnej (CTE) niż polimer, formowane elementy wykazują różne wartości CTE w kierunku przepływu, poprzecznym do przepływu i grubości ściany (rys. 7). Jak wspomniano, większość włókien jest zorientowana wzdłuż kierunku przepływu, co prowadzi do najniższych wartości CTE właśnie w tym kierunku.

W wypraskach napelnianych, odkształcenie termiczne będące funkcją CTE jest głównym czynnikiem powodującym skurcz.

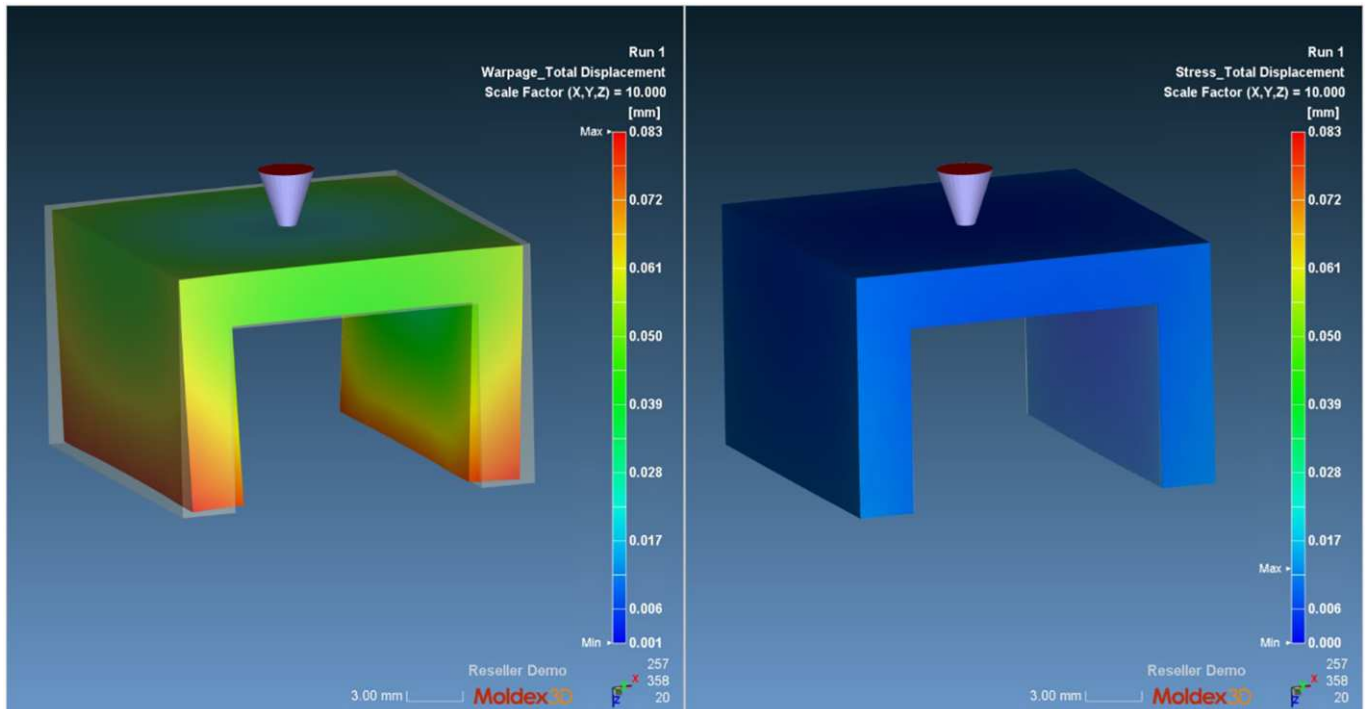
Odształcenia spowodowane rozszerzalnością cieplną są odwracalne termicznie, ponieważ mają charakter sprężysty. Oznacza to, że elementy formowane z kompozytów wzmacnianych włókłem szklanym „wyprostują się” po ponownym podgrzaniu.

Prowadzi to do ważnego wniosku: elementy wtryskowe wzmocnione włókłem szklanym nie muszą być „proste” bezpośrednio po wyjęciu z formy. Muszą mieć właściwy kształt w temperaturze roboczej. Dzięki oprogramowaniu CAE możemy zdefiniować pożądany kształt detalu po wyjęciu z formy, optymalną temperaturę pracy i przede wszystkim wielkość odkształceń spowodowanych zmianą temperatury.

PODSUMOWANIE

Dysponujemy zatem narzędziem (Moldex3D), za pomocą którego możemy z mniejszym (dla tworzyw napelnianych włóknami szklanymi) lub większym (dla tworzyw amorficznych) błędem obliczyć składową tolerancję konstrukcyjną wynikającą ze skurczu wtórnego i wahań temperatury otoczenia.

W przypadku materiałów częściowo-kryształicznych, gdzie dotychczasowe równania kinetyki krystalizacji nie dają satysfakcjonujących wyników (w postaci odkształceń poskurczowych) lub tworzyw higroskopijnych, dla których odpowiednich modeli pęcznienia w ogóle nie ma, pozostaje nam modelowanie fizyczne i „stare dobre” prototypowanie form.



Rys. 8. Wynik symulacji części próbki z PA6 napelnionego szkłem. Lewa strona: kształt części po wyjęciu z formy. Prawa strona: kształt części w temperaturze 90°C

Biorąc pod uwagę, że „nauka jest powolnym, pełnym wahnięć i regresji procesem mozolnego zdobywania drobnych kwantów sprawdzonych, zweryfikowanych faktów i polega na poruszaniu się od pełnej niewiedzy do trochę mniejszej niewiedzy” [T. Stawiszyński „Powrót fatum” Znak, 2024], nie zanosz się na to, żebyśmy szybko musieli z tego zrezygnować.

LITERATURA

[1] M. W. Wang, R. C. Chang, C. Hsu: Molding Simulation. Theory and Practice HAN-SER, Monachium 2018.

[2] H. Zawistowski, D. Frenkler: Formy wtryskowe. Dokumentacja obiegowa przy zamawianiu i odbiorze, Plastech, Warszawa 2007.

[3] <https://moldex3d.com>

[4] <https://www.bims-seminars.com>

[5] <https://www.dupont.com>

dr inż. Przemysław Narowski

Zakład Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Warszawska

REKLAMA

Banninger Formtechnik

Banninger-Formtechnik Sp. z o.o.
42-202 Częstochowa, ul. Korfańtego 11
tel.+48 34 323 12 18
e-mail: biuro@formtechnik.pl



■ **FORMY WTRYSKOWE**
INJECTION MOLDS

■ **TŁOCZNIKI**
PRESS TOOLS

■ **WYKROJNIKI**
BLANKING TOOLS

■ **NARZĘDZIA SPECJALNE**
SPECIAL EQUIPMENT

■ **ELEMENTY ZNORMALIZOWANE**
STANDARDIZED ELEMENTS



WADIM
PLAST

www.formtechnik.pl

Dozowniki HETHON – precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren

BRINPOL
SINCE 1994

Firma HETHON od 1989 roku produkuje dozowniki materiałów sypkich z elastycznymi ściankami. W urządzeniach tych wykorzystuje się łagodne masowanie zewnętrznych powierzchni zbiornika tak, że podczas dozowania zapobiega się zbijaniu, zawieszaniu się oraz tunelowaniu, nawet przy najtrudniejszych materiałach. Łagodne działanie nie powoduje degradacji, segregacji czy też aglomeracji. Zewnętrzne masowanie daje całkowite wypełnienie zwojów ślimaka produktem o jednorodnej gęstości. W kombinacji z bardzo dokładną liczbą obrotów ślimaka dozowniki HETHON są kluczem do dokładnego dozowania. Jednak najbardziej optymalnym sposobem dozowania materiałów sypkich jest stosowanie systemu Loss in Weight, dzięki czemu zawartość dozownika HETHON, razem ze zbiornikiem zwiększającym łączną pojemność układu, może być podawana porcjami lub w sposób ciągły z „platformy wagowej”. W ten sposób jest możliwe podawanie ciągłego strumienia materiału do procesu w kg/h. Przy zastosowaniu systemu Loss in Weight podawanie lub dozowanie porcji jest znacznie szybsze niż przy wszystkich innych systemach gravimetrycznych, ponieważ nie traci się czasu na tarowanie wagi.

Oprócz dozowników w ofercie znajdują się dodatkowe zbiorniki ze stali nierdzewnej oraz podajniki giętkie.



Na rynku polskim interesy firmy HETHON reprezentuje firma „BRINPOL”. Od 1996 roku dostarcza dozowniki do różnych gałęzi przemysłu:

- przemysł tworzyw sztucznych
 - podawanie pigmentów do mikserów;
 - podawanie granulatów do wylączarek;
 - dozowanie kredy jako wypełniacza;
 - dozowanie ściek do głównej linii produkcyjnej;
- przemysł spożywczy
 - podawanie dodatków smakowych, zapachowych, napełnianie słoików, torebek, worków;
 - posypywanie ziołami produktów;
 - wypełnianie worków, torebek mlekiem w proszku;
- przemysł chemiczny
 - dozowanie chemikaliów do procesów;
- przemysł lakierniczy
 - dozowanie pigmentów;
- przemysł kosmetyczny
 - dozowanie dodatków do procesu;
- przemysł szklarski

- podawanie glinki, emalii, barwników;
- przemysł farmaceutyczny
 - dozowanie produktów wg receptury;
 - wypełnianie produktów sterylnych;
- przemysł gumowy
 - dozowanie wg receptury;
- inne
 - dozowanie tonerów do kopiarek;
 - dozowanie żwiru.

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

- dozowanie materiałów zbrylających i zawieszających się;
- system szybkiego demontażu do czyszczenia zbiornika;
- bardzo niskie koszty eksploatacji;
- łatwa wymiana ślimaka i dyszy;
- szczelne łożyska;
- znak CE;
- certyfikat FDA;
- wykonanie ATEX.

Tabela 1. Specyfikacja techniczna wybranych modeli dozowników

Model	J.m.	30	40	60	80
Wydajność	l/h	0,015–45	0,7–150	25–1500	150–20 000
Pojemność	l/h	1	10	30	90
Wymiary	cm	22 × 23 × 24	40 × 40 × 32	60 × 60 × 42	80 × 80 × 65



Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe

BRINPOL Jarosław Brinken

ul. Królewska 35, 05-502 Bogatki

tel. 22-757 36 51

tel. kom. 501 041 986

brinpol@brinpol.com.pl, www.brinpol.com.pl

REKLAMA

Firma HETHON od 1989 r. produkuje dozowniki materiałów sypkich z elastycznymi ściankami. W urządzeniach tych wykorzystuje się łagodne masowanie zewnętrznych powierzchni zbiornika tak, że podczas dozowania zapobiega się zbijaniu, zawieszaniu się oraz tunelowaniu, nawet przy najtrudniejszych materiałach. Łagodne działanie nie powoduje degradacji, segregacji czy też aglomeracji.

Wyłącznym przedstawicielem firmy HETHON na Polskę jest firma BRINPOL, która od 1996 r. dostarcza dozowniki do różnych gałęzi przemysłu:

- **Tworzyw sztucznych** (podawanie pigmentów do mikserów, podawanie granulatów do wytłaczarek, dozowanie kredy jako wypełniacza, dozowanie ścianek do głównej linii produkcyjnej);
- **Spożywczy** (podawanie dodatków smakowych, zapachowych, napelnianie słoików, torebek, worków, posypywanie ziłami produktów, wypełnianie worków, torebek mlekiem w proszku);
- **Chemiczny** (dozowanie chemikaliów do procesów);
- **Lakierniczy** (dozowanie pigmentów);
- **Szklarski** (podawanie glinki, emalii, barwników);
- **Farmaceutyczny** (dozowanie produktów wg receptury, wypełnianie produktów sterylnych);
- **Gumowy** (dozowanie wg receptury);
- **Inne** (dozowanie tonerów do kopiarek, dozowanie żwiru).

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

- dozowanie od 0,015 l/h do 20 000 l/h (w zależności od typu dozownika);
- dozowanie materiałów zbrylających i zawieszających się;
- system szybkiego demontażu do czyszczenia zbiornika;
- bardzo niskie koszty eksploatacji;
- łatwa wymiana ślimaka i dyszy;
- prosty układ poruszania się;
- szczelne łożyska;
- znak CE.



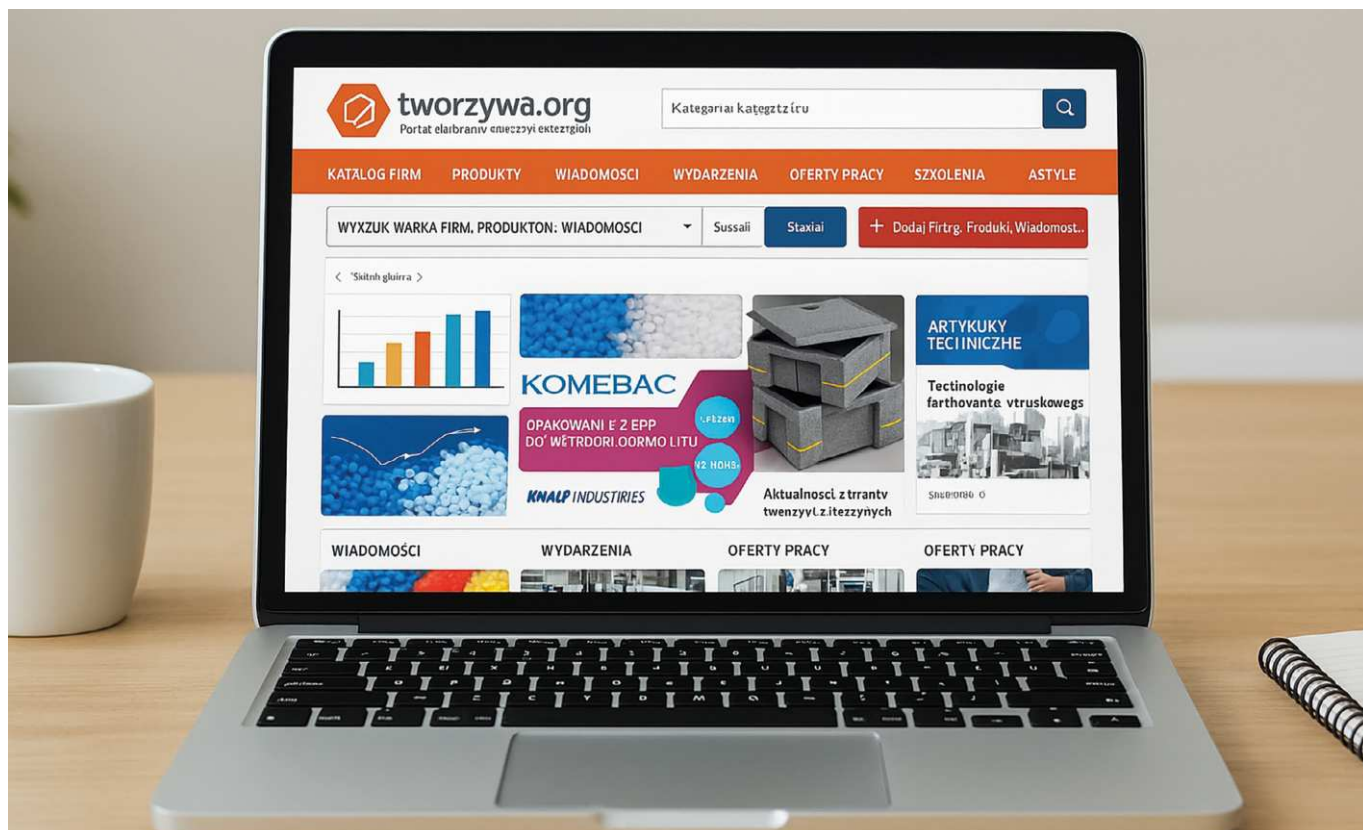
BRINPOL

SINCE 1994

**Specjalista w dostawach urządzeń,
części i narzędzi
do transportu pneumatycznego
i hydraulicznego materiałów**

05-502 Bogatki • ul. Królewska 35 • tel. 22-757 36 51 • tel. kom. 501 041 986

www.brinpol.com.pl



Portal Tworzywa.org



tworzywa.org
Portal branży tworzyw

Serwis internetowy dedykowany wszystkim osobom związanym z branżą tworzyw sztucznych – od producentów i dystrybutorów, przez instalatorów, po klientów i pasjonatów. Jego głównym celem jest dostarczanie kompleksowych informacji oraz narzędzi wspierających działalność w sektorze tworzyw sztucznych.

KATALOG FIRM I PRODUKTÓW

Jednym z kluczowych elementów portalu jest rozbudowany Katalog Firm, prezentujący setki sprawdzonych przedsiębiorstw z branży. Użytkownicy mogą w nim znaleźć informacje o producentach, dostawcach surowców, maszyn i urządzeń, a także firmach świadczących usługi recyklingu czy przetwórstwa. Uzupełnieniem jest Katalog Produktów, zawierający szczegółowe opisy oferowanych produktów i usług.

ELEKTRONICZNE ZAPYTANIA OFERTOWE (EZO)

Portal oferuje usługę Elektronicznych Zapytań Ofertowych (EZO), umożliwiającą użytkownikom szybkie i efektywne składanie zapytań do wielu firm jednocześnie. Dzięki temu proces pozyskiwania ofert jest uproszczony, a użytkownicy mogą liczyć na sprawny kontakt i wyceny od zainteresowanych podmiotów.

ARTYKUŁY I NOWOŚCI BRANŻOWE

Tworzywa.org to także źródło aktualnych informacji z rynku tworzyw sztucznych. Na portalu publikowane są artykuły, prezentacje nowości rynkowych, porady oraz opisy technologii, co pozwala użytkownikom być na bieżąco z najnowszymi trendami i rozwiązaniami w branży.

PROMOCJA FIRM I PRODUKTÓW

Serwis pełni również funkcję platformy promocyjnej dla firm z sektora tworzyw sztucznych. Dzięki obecności w katalogach oraz możliwości publikacji informacji o produktach i usługach, przedsiębiorstwa mogą skutecznie docierać do potencjalnych klientów i partnerów biznesowych.

Tworzywa.org to kompleksowy portal branżowy, który integruje różne aspekty działalności związanej z tworzywami sztucznymi. Dzięki bogatej bazie firm i produktów, narzędziom takim jak EZO oraz dostępowi do aktualnych informacji, stanowi cenne źródło wiedzy i wsparcia dla wszystkich uczestników rynku tworzyw sztucznych.

Vertica Technologie Internetowe
Grupa portali branżowych

Gdy potrzeba chłodu jest pilna...

Agregaty wody lodowej na wynajem!

Zgłoś się do nas!

Posiadamy chillery o wydajności: 20-500 kW mocy chłodniczej!



Dlaczego my?

- Jesteśmy obecni na rynku już ponad 40 lat
- Produkujemy chillery własnej marki od 23 lat
- Jesteśmy **krajowym liderem** w produkcji i sprzedaży chillerów z ekologicznym czynnikiem **R290 (propan)**
- Nasz zakład produkcyjny wyposażony jest w kompletne zaplecze do testów i konserwacji urządzeń

cool.pl

REKLAMA

PRZEGLĄDAJ OFERTY FIRM
NA NASZEJ STRONIE INTERNETOWEJ



WWW.TWORZYWASZTUCZNE.BIZ

PRODUKUJEMY:

- Stacje załadunku i rozładunku Big Bag
- Pakowaczki materiałów sypkich
- Podajniki i separatory wibracyjne
- Dozowniki grawimetryczne
- Konstrukcje stalowe
- Wagi zbiornikowe
- Zbiorniki i zasobniki
- Urządzenia niestandardowe



26-680 Wierzbica, ul. Brzozowa 17
tel. 48 618 20 66, 691 407 324
www.instel.info.pl



Docisk, jako ważna część cyklu przetwórczego

Faza docisku jest chyba najmniej „rozumianą” fazą całego cyklu wtryskiwania. Każdy wie, że trzeba ją stosować, żeby nie pojawiały się zapady na powierzchni wyprasek, ale nie każdy wie, że ma jeszcze inne ważne funkcje. Może okazać się zbawienna i poprawić efekt wizualny wypraski, ale również może spowodować tak duże naprężenia własne, że wypraski będą pękały po wyjęciu z formy.

PO CO TA FAZA DOCISKU

Powodem stosowania fazy docisku w przetwórstwie wtryskowym tworzyw termoplastycznych jest ich znaczny skurcz objętościowy. Tworzywa termoplastyczne podczas ogrzewania zwiększają swoją objętość. Wynika to z natury materii, która wraz ze wzrostem temperatury wykazuje większe drgania atomów i cząsteczek, co powoduje rozszerzalność cieplną i zwiększanie wymiarów. Drugim powodem są zmiany objętości, jakie towarzyszą przejściu przez charakterystyczne dla tworzyw polimerowych wartości temperatury zeszklenia i topnienia (tylko dla tworzyw częściowo krystalicznych). Przemianom tym towarzyszą również zmiany objętości. Największa zmiana objętości towarzyszy topnieniu tworzywa, podczas której faza krystaliczna, w której makrocząsteczki są blisko siebie rozpada się do fazy amorficznej, w której łańcuchy się oddalają. Podczas ochładzania tworzywa po wtrysnięciu go do formy procesy się odwracają. Objętość tworzywa zmniejsza się, co powoduje deficyt tworzywa w formie wtryskowej.

Dlatego proces wtryskiwania tworzyw termoplastycznych musi być procesem dwufazowym, w którym faza wtrysku odpowiedzialna jest tylko za objętościowe wypełnienie gniazda formującego a faza docisku odpowiedzialna jest za uzupełnienie strat tworzywa spowodowanych skurczem objętościowym. Przypomnijmy, że skurcz objętościowy tworzyw amorficznych może wynieść do 7%, a częściowo krystalicznych nawet powyżej 20%.

Tak duży skurcz wymaga stosowania fazy docisku, która rozpoczyna się tuż po osiągnięciu przez ślimak ustawionej drogi nazywanej punktem przełączenia. Nazwa bardzo dobrze oddaje naturę sterowania w fazie wtrysku i w fazie docisku. W fazie wtrysku nadrzędnym parametrem jest osiągnięcie odpowiedniej prędkości liniowej ślimaka przy wykorzystaniu odpowiednio wysokiego ciśnienia wtrysku. Po zakończeniu fazy wtrysku, gdy gniazdo formujące wypełnione jest w 95-98% następuje przełączenie sterowania pracą ślimaka z prędkości wtrysku na ciśnienie docisku. Od tej pory jest to parametr nadrzędny.

Jego wartość jest mocno uzależniona od przetwarzanego tworzywa i powinna być większa dla tworzyw częściowo krystalicznych, ponieważ ich skurcz objętościowy jest znacznie większy. W przypadku tworzyw amorficznych powinno

się stosować minimalną wartość, jaka gwarantuje uzyskanie założonych wymiarów i spowoduje brak widocznych zapadnięć czy tzw. wciągów. W przypadku tworzyw amorficznych wręcz zaleca się stosowanie zmniejszającego profilu ciśnienia docisku, który zagwarantuje występowanie możliwie najmniejszych wartości naprężeń własnych w formowanych wypraskach.

Wartość ciśnienia docisku należy dobierać pod kątem widoczności zapadów na powierzchni wypraski. Literatura podaje, że powinien wynosić między 40 a 60% wartości ciśnienia w fazie wtrysku, co niestety nie do końca się sprawdza.

Drugim równie ważnym parametrem jest czas docisku. Przy czym czas docisku jest jednym z nielicznych parametrów, który można bardzo dokładnie wyznaczyć dla danej formy wtryskowej i stałych pozostałych parametrów procesu. Dzieje się tak, dlatego, efektywnie docisk prowadzi się do momentu zastygnięcia przewężki lub ostatniej przewężki, jeśli mamy do czynienia z formą wielogniazdową, a poszczególne przewężki nie zastygają w jednakowym czasie.

JAK OCENIĆ, CZY PRZEWĘŻKA JUŻ ZASTYGŁA

Można to zrobić dwiema metodami – dokładną i mniej dokładną. Ta mniej dokładna to obserwacja na sterowniku maszyny ruchu ślimaka podczas fazy docisku. W początkowej fazie trwania docisku ślimak będzie przemieszczał się w sposób widoczny, czego odpowiednikiem będzie zmieniająca się współrzędna x położenia ślimaka (droga). Po pewnym czasie można zaobserwować, że ślimak przestaje się poruszać. Oznacza to, że przewężka uległa zestaleniu i więcej tworzywa pomimo trwania fazy docisku nie można już docisnąć do gniazda formy. Wtedy należy zaniechać prowadzenia dalszego fazy docisku (skrócić czas docisku).

A JEŚLI PRZEWĘŻKA NIE CHCE ZASTYGNĄĆ?

Może się pojawić również przypadek, że ślimak cały czas przemieszcza się podczas fazy docisku z jedną prędkością i nie zatrzymuje się, a wypraski mają charakterystyczne zapady na powierzchni. To sugerowałoby uszkodzenie lub nieuszczelność zaworu wstecznego przepływu i cofanie się tworzywa do układu uplastyczniającego lub wypływ tworzywa pomiędzy dyszą a tuleją wtryskową albo jeszcze gorszy scenariusz - rozszczelnienie się systemu gorąco kanałowego wewnątrz formy. I jedno i drugie nie wróży nic dobrego i raczej sugeruje przestój.

Ciśnienie docisku również pomaga na dociśnięcie kurczącego się tworzywa wypraski do ścianek formy wtryskowej, co powoduje zwiększenie wymiany ciepła pomiędzy tworzywem a formą wtryskową, co może przyczynić się do możliwości szybszego wyformowania wypraski z formy.

Źródło: e-plastics.eu

Bistar – rodzinna tradycja i nowoczesne technologie

Firma Bistar powstała w 1992 roku jako przedsiębiorstwo rodzinne. Rozpoczynaliśmy od dystrybucji wyrobów stalowych z największych hut z Rosji i Ukrainy. W 1996 roku zdecydowaliśmy się jednak na kluczową zmianę kierunku – wyspecjalizowaliśmy się w przetwórstwie tworzyw sztucznych metodą wtrysku, koncentrując się na branżach AGD, Auto-Gaz oraz Automotive.

Kolejnym krokiem rozwoju było uruchomienie produkcji wiązek kablowych, stosowanych w instalacjach LPG, zabudowach samochodowych i maszynach rolniczych.

Rok później, bazując na wieloletnim doświadczeniu, wdrożyliśmy technologię wytłaczania i koekstruzji (współwytłaczania). Wyroby w tej technologii – w szczególności przysłony LED – uplasowały nas na pozycji jednego z czołowych producentów komponentów na rynku polskim. Aktualnie produkujemy także elementy dla branży motoryzacyjnej, meblarskiej oraz mleczarskiej.

Dysponujemy nowoczesnym parkiem maszynowym, obejmującym wtryskarki renomowanych firm Battenfeld i Engel, wspierane urządzeniami firm Moretto, Wittman oraz Green Box. Technologia wytłaczania opiera się na sprawdzonych maszynach Friul Filiere, Ichemad i Solgam. Przetwarzamy szeroki wachlarz tworzyw, takich jak: PA, PBT, POM, ABS,



PS, SAN, PE, PP, PVC, PCV, PMMA oraz PC.

W realizacji projektów szczególny nacisk kładziemy na współpracę z rodzimymi narzędziowniami, aby mieć pełną kontrolę nad procesem powstawania narzędzi formujących. Jakość naszych produktów potwierdzona jest certyfikatem ISO 9001, który posiadamy nieprzerwanie od 2000 roku.

Serdecznie zapraszamy do współpracy z firmą Bistar. Nasi specjaliści chętnie przedstawia ofertę dopasowaną do Państwa potrzeb.

Kontakt: tel. +85 664 33 20

www.bistar.com.pl

<https://www.facebook.com/GrupaBistar>

REKLAMA



Perfekcja kryje się w detalach

Działając na rynku tworzyw sztucznych od prawie 30 lat jesteśmy w stanie zapewnić naszym klientom najlepszą jakość

Posiadamy niezbędne zaplecze, sprzęt oraz wiedzę

Zapraszamy do współpracy

wtrysk: PA, PBT, POM, ABS, PS, SAN, PE, PP, PVC

wytłaczanie: PC, PC + TPE, PVC, PMMA



BISTAR

BISTAR A. Burak Spółka Jawna,
ul. Nowosielska 2a, 15-617 Białystok
tel. 85 664 33 23  **www.bistar.com.pl**

Nowoczesne metody mycia i czyszczenia form wtryskowych

Formy wtryskowe stanowią kluczowy element procesu produkcyjnego w branży tworzyw sztucznych. Ich czystość ma bezpośredni wpływ na jakość wyprasek, wydajność produkcji oraz żywotność narzędzi. Tradycyjne metody czyszczenia, takie jak ręczne szorowanie czy użycie chemikaliów, są czasochłonne, nieefektywne i mogą prowadzić do uszkodzeń powierzchni formy. W odpowiedzi na rosnące wymagania jakościowe i ekonomiczne, coraz więcej firm sięga po zaawansowane technologie, takie jak mycie ultradźwiękowe oraz czyszczenie suchym lodem. Oba rozwiązania oferują szereg zalet, które znacząco poprawiają efektywność procesów konserwacyjnych.

MYCIE ULTRADŹWIĘKOWE – PRECYZJA I WYDAJNOŚĆ

Technologia mycia ultradźwiękowego od hiszpańskiej firmy Ultratecno to rozwiązanie, które doskonale sprawdza się przy czyszczeniu form o skomplikowanej geometrii oraz trudno dostępnych powierzchni. Myjki te wykorzystują fale ultradźwiękowe o częstotliwości 28 kHz generowane w cieczy myjącej, które tworzą mikroskopijne pęcherzyki implodujące na powierzchni czyszczonego elementu. Proces ten, zwany kawitacją, skutecznie usuwa zanieczyszczenia, takie jak osady polimerowe, smary, oleje, nagar czy rdzę – bez ryzyka uszkodzenia formy.

Zalety technologii mycia ultradźwiękowego:

- Dokładność i powtarzalność czyszczenia – ultradźwięki docierają do najmniejszych zakamarków, gwintów, kanałów chłodzących i zagłębień, niemożliwych do wyczyszczenia ręcznie.
- Bezpieczeństwo powierzchni – proces jest nieinwazyjny, nie powoduje mikrouszkodzeń, co jest szczególnie ważne przy formach o wysokim stopniu polerowania.
- Ekologia – myjki Ultratecno są niezwykle oszczędne energetycznie i wydajne, dzięki czemu zużywają mniej zasobów, żeby umyć dany komponent.
- Automatyzacja i oszczędność czasu – myjki ultradźwiękowe umożliwiają zautomatyzowanie procesu czyszczenia, co znacznie skraca czas przestoju maszyn i zwiększa wydajność serwisową.

CZYSZCZENIE SUCHYM LODEM – SZYBKOŚĆ I MOBILNOŚĆ

Alternatywą lub uzupełnieniem mycia ultradźwiękowego jest czyszczenie suchym lodem za pomocą urządzeń firmy Cryonomic. Technologia ta opiera się na strumieniowym aplikowaniu granulek CO₂ o temperaturze -78,5°C na czyszczoną powierzchnię. Granulki uderzając w zanieczyszczenia, powodują ich pękanie i odspajanie, nie powodując przy tym uszkodzeń formy. Po zakończeniu procesu suchy lód sublimuje, nie pozostawiając żadnych odpadów wtórnych.



Korzyści czyszczenia suchym lodem:

- Czyszczenie bez demontażu – forma może być czyszczona bez konieczności jej demontażu z maszyny ani schładzania, co znacznie skraca przestoje produkcyjne.
- Brak wilgoci i ścierania – proces nie wykorzystuje wody ani ścierniwa, co eliminuje ryzyko korozji i uszkodzeń mechanicznych.
- Mobilność – urządzenia Cryonomic są kompaktowe i łatwe w transporcie, co umożliwia czyszczenie form bezpośrednio na maszynie.
- Czystość – brak odpadów i pozostałości po czyszczeniu przekłada się na wysoką higienę pracy i ograniczenie potrzeby dalszego sprzątania.

PODSUMOWANIE

Zarówno mycie ultradźwiękowe, jak i czyszczenie suchym lodem mają swoje miejsce w procesie konserwacji form wtryskowych. Myjki Ultratecno najlepiej sprawdzają się w gruntownym czyszczeniu mniejszych form po dłuższych cyklach produkcyjnych lub w przypadku silnych zanieczyszczeń. Urządzenia Cryonomic z kolei umożliwiają szybkie czyszczenie (większych) form w trakcie bieżącej produkcji, bez konieczności demontażu i chłodzenia formy.

Nowoczesne technologie czyszczenia form wtryskowych, takie jak Ultratecno i Cryonomic, stanowią odpowiedź na potrzeby przemysłu tworzyw sztucznych w zakresie precyzyjnej, efektywnej i bezpiecznej konserwacji narzędzi. Inwestycja w te rozwiązania przynosi wymierne korzyści: krótsze przestoje, lepszą jakość wyrobów, mniejsze zużycie form oraz poprawę warunków pracy. W dobie rosnących wymagań rynkowych i presji na efektywność, sięgnięcie po zaawansowane metody czyszczenia staje się nie tylko korzystne, ale wręcz niezbędne.

Urządzenia Ultratecno i Cryonomic będzie można zobaczyć na targach PlastPol w Kielcach na stoisku nr D28 w hali 2. Można je również przetestować w siedzibie firmy RoTec Polska.

RoTec Polska Sp. z o.o.
43-100 Tychy, ul. Strefowa 8a
tel. +48 32 788 82 84
e-mail: ultratecno@rotec.pl
www.rotec.pl



Maszyny i urządzenia do przetwórstwa tworzyw sztucznych

Firma Technikplast Michał Wiśniewski posiada w swojej ofercie maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych. Przede wszystkim są to wtryskarki nowe NPC produkcji Zhejiang Machinery Manufacturing o sile zwarcia od 90 do 1600 ton. Sterowanie oparte na falowniku, sterownik główny MIRLE. Standardowo wyposażone w 2 rdzenie hydrauliczne, zawory pneumatyczne programowalne, złącze euromap do komunikacji z robotem. Maszyny o niskim zużyciu energii i dobrej jakości wykonania.

Oferujemy również wtryskarki używane, pośredniczymy w sprzedaży wtryskarek i robotów przemysłowych. Programujemy roboty 3-osiowe różnych marek oraz 6-osiowe FANUC. Integrujemy roboty FANUC z wtryskarkami oraz maszynami rozdmuchowymi. Posiadamy do sprzedaży sprzęt pomocniczy: sterowniki systemów gorących kanałów ToPower oraz MD198, podajniki tworzywa, młyny, łapy mocujące oraz inny sprzęt.

Jedną z wiodących gałęzi naszej działalności jest system do monitorowania stanu i czasu pracy maszyn Golem MES OEE, który wraz z CMMS SMART, TPM Smart oraz Formy Wtryskowe stanowi kompletny pakiet oprogramowania typu MES dla każdej wtryskowni oraz innych branż produkcyjnych (posiadamy bogate doświadczenie we wdrażaniu).

Serdecznie zapraszamy do współpracy, to już ponad 30 lat doświadczeń z tworzywami sztucznymi, maszynami do ich przetwórstwa oraz maszynami CNC.

- Maszyny i urządzenia do przetwórstwa tworzyw sztucznych.
- Wtryskarki NPC Zhejiang Machinery Manufacturing od 90 do 1600 ton siły zwarcia.
- Sterowane numerycznie, kontroler Mirle, falownik, rdzenie oraz zawory pneumatyczne.
- Pośrednictwo w sprzedaży/zakupie używanych wtryskarek, robotów 3-osiowych.
- Integracja oraz programowanie robotów FANUC – 6-osiowe roboty.
- Wdrożenia, konsultacje, zdalna pomoc, integracja systemów GOLEM MES OEE, CMMS Smart, Formy Wtryskowe, TPM Smart.
- Sterowniki systemów gorących kanałów, termostaty do form wtryskowych, młyny, suszarki, dozowniki barwnika, podajniki tworzywa i inne.

Michał Wiśniewski Technikplast
www.technikplast.pl

REKLAMA

- Wtryskarki hydrauliczne NPC z serwonapędem
- Wtryskarki elektryczne Welltec
- Sterowniki gorących kanałów ToPower



- Fanuc integracja z wtryskarkami, programowanie, sprzedaż
- GOLEM EMS OEE integracja, wdrożenia, konsultacje, szkolenia
- Wtryskarki używane

TECHNIKPLAST Michał Wiśniewski
99-400 Łowicz, ul. Bolimowska 51A
tel. +48 693 150 054
e-mail: biuro@technikplast.pl

TECHNIKPLAST
www.technikplast.pl

Historia Grupy Fullbax – nasza polska wtryskownia tworzyw sztucznych w Chinach

Przez 6 lat importowaliśmy formy wtryskowe od różnych dostawców, a w samym 2023 roku było to ponad 200 sztuk. Niestety, współpraca z najtańszymi dostawcami przynosiła więcej problemów niż korzyści — formy nie spełniały naszych standardów. A kiedy wybieraliśmy dostawców premium? Ceny były tak wysokie, że nasze produkty przestawały być konkurencyjne.

Zamiast wybierać między jakością a ceną, założyliśmy własną narzędziownię i wtryskownię tworzyw sztucznych w Chinach. Dzięki temu sami kontrolujemy cały proces produkcji i wdrażamy sprawdzone rozwiązania, które łączą wysoką jakość z optymalną ceną.

W kwietniu 2024 roku wpadliśmy na odważny pomysł: stworzyć własną narzędziownię i wtryskownię w Chinach. Wydawało się to ryzykowne, ale kto, jak nie Fullbax, miałby podjąć się tego wyzwania?

Własna narzędziownia to dla nas pełna kontrola – nad każdym etapem produkcji, dokumentacją, materiałami, standardami projektów. To koniec kompromisów z tanimi dostawcami, którzy często zawodzili nasze oczekiwania. Własny zakład pozwala nam realizować zlecenia z dumą i radością, co jest bezcenne w biznesie.

Od zera zaadaptowaliśmy miejsce pod narzędziownię i wtryskownię tworzyw sztucznych, zakupiliśmy maszyny, zatrudniliśmy zespół i od razu przejęliśmy wszystkie zlecenia, które wcześniej trafiały do podwykonawców. Dziś nasza narzędziownia o powierzchni ponad 1000 m² w pełni zaspokaja nasze potrzeby.

Nasza narzędziownia jest na tyle niespotykana, że lokalny rząd w Taizhou zainteresował się inwestycją. Odezwał się do nas, oferując 10% zwrotu inwestycji z wydanego kapitału

zakładowego. Oficjalnie jesteśmy jedyni z kapitałem w pełni zagranicznym.

Obecnie skupiamy się na doskonaleniu procesów i rozwijaniu zespołu. W 2026 roku planujemy zwiększyć nasze możliwości produkcyjne i rozszerzyć działalność przetwórstwa tworzyw sztucznych. Każdy dzień to krok do przodu – stale się rozwijamy i ulepszamy nasze działania.

Produkcja form wtryskowych to nie tylko biznes, to pasja, która napędza cały nasz zespół.

Nikomu nie udało się tego dokonać wcześniej. Są firmy, które współpracują z podwykonawcami z Chin, słyszeliśmy, że jedna z firm z Indii ma udziały w chińskiej narzędziowni. W pełni swoją narzędziownię w Taizhou ma tylko Fullbax!

EUROPEJSKIE STANDARDY W POLSKIEJ WTRYSKOWNI W CHINACH

Nasze rozwiązania to idealny wybór dla tych, którzy szukają konkurencyjnych cen na formy wtryskowe, detale z tworzyw sztucznych i obróbkę CNC, przy zachowaniu wysokiej jakości. Wykorzystujemy własny park maszynowy oraz kontrolujemy cały proces produkcji.

Nasza lokalizacja w Taizhou, w pobliżu tysięcy narzędziowni i wtryskowni tworzyw sztucznych pozwala nam na obniżenie kosztów operacyjnych i efektywne zarządzanie logistyką. Mamy dostęp do wysokiej jakości surowców w atrakcyjnych cenach. Cała dzielnica wielkości największych miast w Polsce zajmuje się w większości produkcją form wtryskowych.

TWÓJ POLSKI PARTNER W CHINACH

Jako polska firma z wieloletnim doświadczeniem, wypracowaliśmy silną obecność na rynku chińskim, działając poprzez nasze oddziały w Taizhou i Guangzhou. Dzięki temu możemy skutecznie wspierać polskich przedsiębiorców w imporcie towarów z Chin.

Nasze działania koncentrują się na dwóch kluczowych obszarach: kompleksowym imporcie produktów i komponentów (fullbax.pl) oraz maszyn (fullbax-maszyny.pl), a dodatkowe usługi kierujemy dla przedsiębiorców, którzy prowadzą import samodzielnie (fullbax-plus.pl). Najnowszą inicjatywą w ramach naszej działalności jest założenie własnej narzędziowni w Chinach. Dzięki temu możemy dostarczać klientom usługi w konkurencyjnych cenach, zachowując przy tym wysoką jakość wykonania.

Więcej na <https://fullbax-formy.pl>



STORK[®] IMM

INJECTION MOULDING MACHINES



- ✓ SOLIDNE
- ✓ NIEZAWODNE
- ✓ NIEPRAWDOPODOBNI SZYBKIE



PAIL-LINE



POT-LINE



FOOD-LINE



CRATE-LINE



Stork IMM | Alfred Marshallstraat 2 | 7559 SE Hengelo | Królestwo Niderlandów

Przedstawiciel w Polsce: Tomasz Szmigielski | tel. +48 512 360 340 | email: tomasz.szmigielski@esatto.pl | www.esatto.pl

Polimerowe materiały elektroprzędzone w efektywnej biokatalizie

Wiktoria Chromy, Anna Wolny

Obecnie przemysł chemiczny kieruje uwagę w stronę zrównoważonych technologii, które są niezbędne dla zachowania równowagi pomiędzy rozwojem przemysłu a ochroną środowiska naturalnego. Wraz z coraz większym naciskiem na redukcję negatywnego wpływu na środowisko dąży się do opracowania metod oraz procesów przemysłowych minimalizujących użycie substancji określanych jako niebezpieczne dla środowiska i zdrowia człowieka oraz do zmniejszenia ilości generowanych odpadów [1].

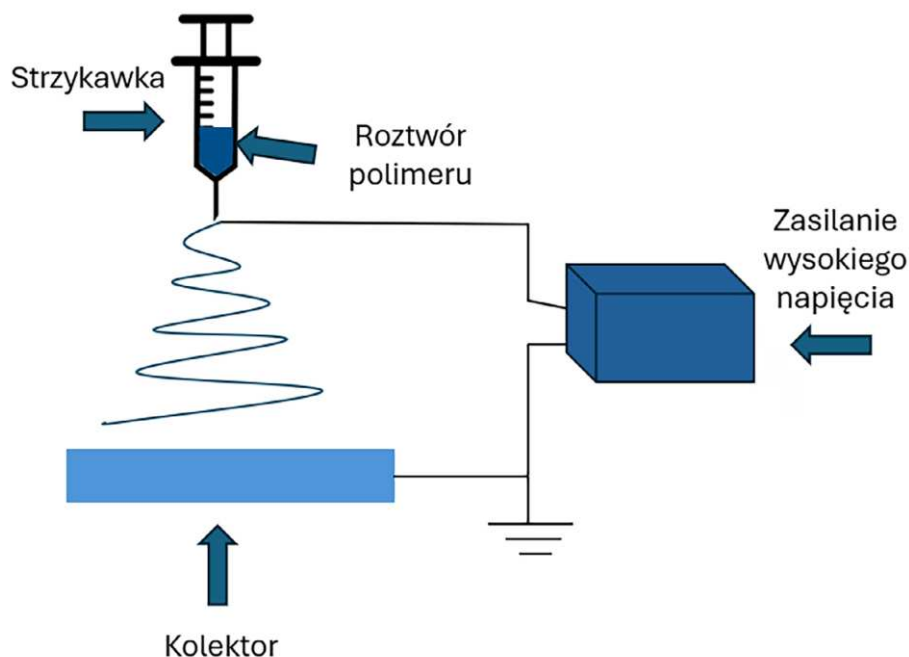
W związku z odpowiedzią na powyższe problemy ekologicznym i innowacyjnym podejściem jest zastąpienie toksycznych katalizatorów enzymami. Enzymy, jako naturalne biokatalizatory, charakteryzują się wysoką wydajnością, selektywnością, biodegradowalnością oraz enancjoselektywnością [2]. Pomimo obiecujących perspektyw, jakie niesie ze sobą zastosowanie ich w procesach chemicznych, istnieją przeszkody ograniczające wykorzystanie enzymów, takie jak niska stabilność, wrażliwość na zmiany warunków środowiskowych oraz brak możliwości ponownego użycia w kolejnym cyklu reakcyjnym ze względu na częstą dezaktywację aktywnego białka. W związku z występującymi przeszkodami opracowano metody poprawy stabilizacji enzymów w zmiennych warunkach reakcji, z których najpopularniejszą jest immobilizacja enzymu na stałej matrycy [3, 4]. Immobilizacja enzymu może przynieść wiele zalet w procesach biokatalitycznych, takich jak zwiększenie stabilności, ułatwienie separacji enzymu z środowiska reakcji, możliwość wykorzystania w wielu cyklach reakcyjnych oraz wzrost odporności termicznej [5, 6]. Metody unieruchomienia enzymów można sklasyfikować na: immobilizację fizyczną (adsorpcja, pułapkowanie) oraz immobilizację chemiczną (sieciowanie, wiązanie kowalencyjne). W warunkach unieruchomienia enzymu kluczową rolę w zapewnieniu jego stabilności i efektywności odgrywa utrzymanie właściwej trzeciorzędowej struktury, co osiąga się przez tworzenie wiązań wodorowych czy oddziaływań van der Waalsa z matrycą, na której enzym jest unieruchomiony [6, 7].

Właściwości zarówno enzymu, jak i materiału nośnika wpływają na właściwości chemiczne, mechaniczne, biochemiczne oraz kinetyczne unieruchomionych enzymów [8].

Wybór odpowiedniej matrycy ma kluczowy wpływ na proces immobilizacji. Mimo że uniwersalny nośnik, który byłby odpowiedni dla wszystkich enzymów i zastosowań, nie istnieje, dąży się do szukania największej kompatybilności pomiędzy matrycą a białkiem. Nośnik pod immobilizację powinien charakteryzować się: wysokim powinowactwem do białka, dostępnością reaktywnych grup funkcyjnych, dobrze rozwiniętą powierzchnią właściwą, wysoką stabilnością mechaniczną i termiczną, możliwością regeneracji, brakiem toksyczności oraz biodegradowalnością [9]. Nośniki stosowane do immobilizacji enzymów można podzielić na organiczne i nieorganiczne. Najpopularniejszymi używanymi nośnikami nieorganicznymi są krzemionka, tlenek krzemionki, apatyt, tlenek glinu, natomiast najczęściej wykorzystywanymi nośnikami organicznymi są polimery i biopolimery takie jak poli(styren), poli(metaktylan metylu), poli(akryloamid), chitozan [10]. Obecnie badania prowadzone są nad opracowaniem nowych materiałów w celu zwiększenia optymalizacji ich metod produkcji oraz zwiększenia kompatybilności pomiędzy nośnikami a enzymami, co doprowadziło do opracowania elektroprzędzonych materiałów polimerowych [11].

ELEKTROPRZĘDZONE MATERIAŁY POLIMEROWE

Elektroprzędzenie jest wszechstronną i prostą techniką wytwarzania nanowłókien polimerowych. Umożliwia produkcję włókien o różnych rozmiarach i morfologii w zależności od konfiguracji elektroprzędzenia, właściwości polimeru (stężenia, masy molowej, lepkości i przewodności) oraz parametrów przetwarzania (przyłożonego napięcia, prędkości podawania, rodzaju kolektora) [12, 13]. Elektroprzędzone nanowłókna charakteryzują się dużą powierzchnią, łatwością przetwarzania, dobrymi właściwościami mechanicznymi, małym rozmiarem porów, możliwością kontroli morfologii materiałów, co pozwala na osiągnięcie pożądanych właściwości [14]. Proces elektroprzędzenia prowadzony jest w aparaturze składającej się z trzech głównych elementów: pompy do przenoszenia roztworu ze strzykawki, zasilania wysokiego napięcia prądem stałym lub przemiennym oraz kolektora (w postaci bębna obrotowego lub talerza), co przedstawiono na rys. 1. Podczas procesu kropla roztworu polimeru zostaje spolaryzowana wskutek przyłożonego na-



Rys. 1. Schemat aparatury do wytwarzania polimerów elektroprzędzonych

pięcia. Gdy napięcie jest wystarczająco duże, siły elektrostatyczne przewyższają siły powierzchniowe, kropla przyjmuje kształt stożka Taylora. Następnie roztwór polimeru jest rozciągany i poddawany ruchom ubijającym, co powoduje jego rozszerzenie oraz zmniejszanie jego średnicy. W tym samym czasie rozpuszczalnik wyparowuje, wskutek czego strumień roztworu przekształca się w stałe włókno [15, 16]. Powstałe włókna cechują się dużą powierzchnią właściwą, osiągając $10 \text{ m}^2/\text{g}$ dla włókien o średnicy 500 nm oraz $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ dla włókien mających średnicę 50 nm [17]. Warunki prowadzenia procesu elektroprzędzenia powinny być jak najbardziej zoptymalizowane. Niskie stężenie użytego roztworu polimerowego może doprowadzić do odkształcenia sieci polimerowej, co skutkuje powstaniem włókien z kulistymi defektami [18]. Kolejnym istotnym parametrem wpływającym na produkcję włókien jest lepkość roztworu wyjściowego. Odpowiednia lepkość jest kluczowa, ponieważ zbyt niska może prowadzić do elektrorozpylania, a zbyt wysoka do problemów związanych z transportem roztworu. Materiały elektroprzędzone z roztworów o nieodpowiedniej lepkości mogą być niejednorodne i mieć niską stabilność mechaniczną [19]. Właściwości chemiczne i elektryczne roztworu mają istotny wpływ na morfologię materiału. Idealny rozpuszczalnik powinien całkowicie rozpuścić polimer i mieć umiarkowaną lotność. Należy unikać wysoce lotnych rozpuszczalników ze względu na możliwości parowania na czubku igły, nielotne rozpuszczalniki nie wysuszają zaś wystarczająco włókien, co prowadzi do tworzenia się nanowłókien perełkowatych [20, 21].

Klasyczny proces elektroprzędzenia prowadzony jest w dalekim polu elektrycznym z wysokim napięciem ($10\text{--}20 \text{ kV}$) z użyciem wydrążonej igły jako dyszy i kawałka metalowego podłoża jako kolektora. Wykorzystując ogólną koncepcję elektroprzędzenia, wprowadzono modyfikacje w celu zwiększania możliwości i wszechstronności procesu m.in.

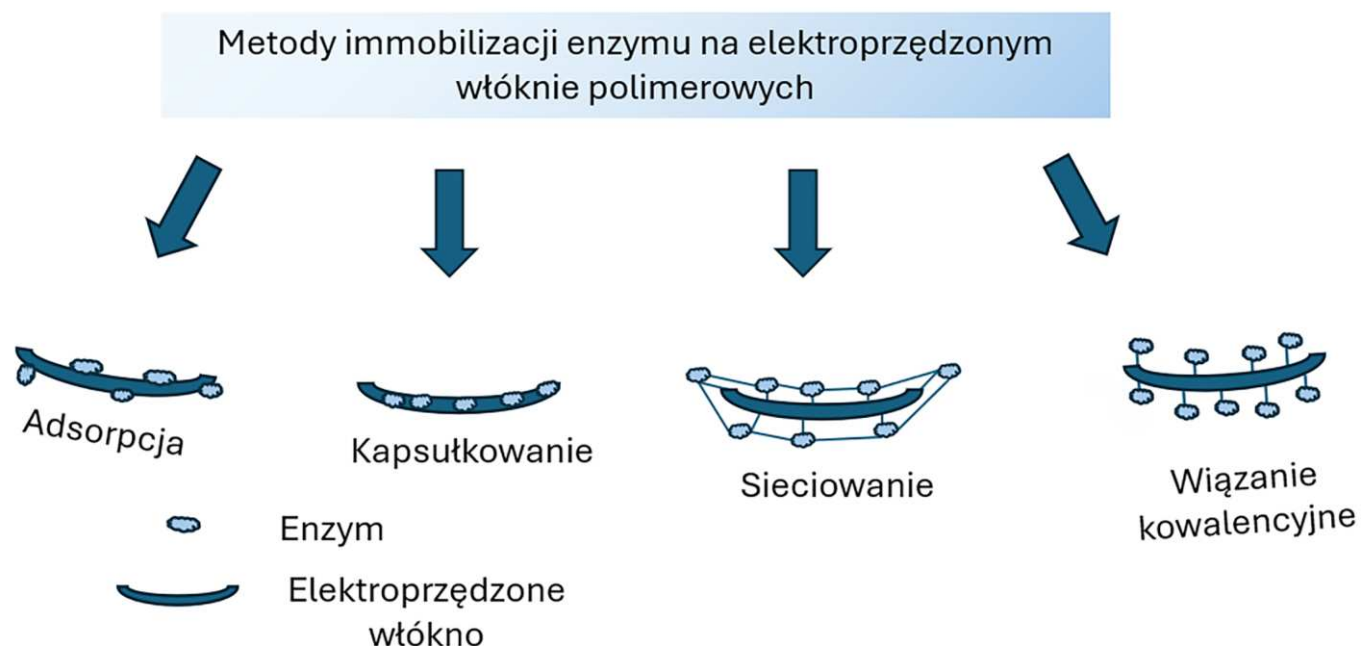
przez zmniejszenie odległości między dyszą a kolektorem (umożliwia kontrolę położenia osadzanych włókien), prowadzenie procesu w bliskim polu elektrycznym (znacząca redukcja przyłożonego napięcia), zwiększenie liczby igieł (zwiększenie wydajności elektroprzędzenia) [20]. Elektroprzędzone nanowłókna polimerowe znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach: inżynierii tkankowej, farmacji, przemyśle spożywczym, a przede wszystkim w biokatalizie, na której skupimy się w dalszej części artykułu [18].

IMMOBILIZACJA ENZYMÓW NA ELEKTROPRZĘDZONYCH MATERIAŁACH POLIMEROWYCH

Immobilizacja enzymu jest procesem polegającym na połączeniu enzymu wraz z nośnikiem, co prowadzi do utworzenia nowego układu, charakteryzującego się wyższą stabilnością, aktywnością oraz odpornością termiczną i mechaniczną. Wybór odpowiedniego nośnika jest kluczowy, ponieważ wpływa on na aktywność oraz stabilność unieruchomionego enzymu [22]. Najbardziej pożądanymi nośnikami do immobilizacji enzymów są jednowymiarowe nanomateriały, do których można zaliczyć elektroprzędzone materiały polimerowe. Dzięki dużej powierzchni i możliwości regulacji porowatości nanowłókna minimalizują opór dyfuzyjny matrycy, zwiększają również wydajność i stabilność zaimmobilizowanych enzymów. Dodatkowo procesy mogą być realizowane w sposób ciągły, co przynosi korzyści wynikające z maksymalizacji efektywności produkcji oraz aspektów ekonomicznych [23, 24]. Właściwości materiałów elektroprzędzonych pozwalają na różnorodne metody immobilizacji, takie jak sieciowanie, kapsułkowanie adsorpcja oraz wiązanie kowalencyjne, co przedstawiono na rys. 2 [25, 26, 27].

Wybór metody immobilizacji enzymu podyktowany jest obecnością grup funkcyjnych (głównie aminowej i hydroksylowej) na powierzchni materiału nośnika [28].

Często stosowanymi materiałami nośnikowymi są polimery syntetyczne, których zaletą jest możliwość dobierania monomerów w zależności od wymagań enzymu oraz procesu, ponadto charakteryzują się wysoką stabilnością chemiczną, biologiczną oraz dobrą wytrzymałością mechaniczną. Najpopularniejszymi polimerami wykorzystywanymi do produkcji materiałów elektroprzędzonych i stosowania ich jako nośników pod immobilizację enzymów są m.in.: poli(alkohol winylowy) (PVA), poli(tlenek etylenu) (PO), poli(styren) (PS), poli(metakrylan metylu) (PMMA), polikaprolakton (PCL), poliuretan (PU). Większość z tych polimerów nie rozpuszcza się w wodzie i ulega biodegradacji, z łatwością poddają się elektroprzędzeniu przy wykorzystaniu rozpuszczalników organicznych [29].



Rys. 2. Graficzne przedstawienie metod immobilizacji enzymu na elektroprzędzonym włóknie polimerowym

ZASTOSOWANIE ELEKTROPRZĘDZONYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH W BIOKATALIZIE

Wykorzystanie biokatalizatorów enzymatycznych w różnych procesach chemicznych jest istotnym elementem w rozwoju zrównoważonych i zielonych technologii. Niniejszy rozdział ma na celu przytoczyć przykłady zastosowania elektroprzędzonych materiałów polimerowych w biokatalizie w różnych procesach chemicznych [30]. W tabeli 1 przedstawiono przykłady zastosowań immobilizowanych enzymów na elektroprzędzonych materiałach polimerowych.

Innowacyjnym podejściem do zastosowania biokatalizatorów opartych na elektroprzędzonych materiałach polimerowych jest ich wykorzystanie w procesie usuwania zanieczyszczeń takich jak bisfenole, barwniki, farmaceutyki obecne w ściekach oraz wodach powierzchniowych, które mogą powodować niekorzystne skutki uboczne dla zdrowia człowieka [31, 32]. W procesie usuwania bisfenolu A użyto materiału elektroprzędzonego polikaprolaktonowo-chitozanowego (PCL – chitozan) do immobilizacji tyrozynazy grzybowej *Agaricus bisporus* metodą adsorpcji. Materiał PCL – chitozan – charakteryzuje się dobrą stabilnością mechaniczną i ma na swojej powierzchni grupy hydroksylowe, aminowe, karbonylowe, co umożliwia tworzenie wiązań jonowych oraz wodorowych podczas immobilizacji z grupami funkcyjnymi enzymu (aminowe, hydroksylowe i karboksylowe). Proces immobilizacji prowadzono przez 16 godzin w temperaturze 25°C i pH 7. W tych warunkach uzyskano 93% wydajności immobilizacji oraz aktywność biokatalizatora na poziomie 95%. W porównaniu z postacią natywną enzymu zaimmobilizowana tyrozynaza grzybowa na materiale PCL – chitozan – była zdolna do usunięcia ponad 80% bisfenolu A w znacznie szerszym zakresie pH (6-9) oraz temperatury (15-45°C), ponadto całkowite usunięcie bisfenolu A zaobserwowano w temperaturze 25°C i pH 7 [33].

W procesie odbarwienia barwnika tekstylnego Remazol Brilliant Blue R użyto lakazy *Trametes versicolor* zaimmobilizowanej na materiale poli(metakrylanowo)-polianilinowym metodą adsorpcji i wiązania kowalencyjnego.

Najwyższą aktywność katalityczną w obu układach uzyskano po 60 minutach procesu immobilizacji w temperaturze 25°C i pH 5. Badania wykazały, że po 30 dniach unieruchomiona lakaza przez wiązanie kowalencyjne zachowała ponad 95% aktywności katalitycznej, lakaza unieruchomiona przez adsorpcję 86%, a enzym natywny stracił około 70% swojej aktywności katalitycznej. Duży spadek aktywności katalitycznej natywnego enzymu spowodowany jest jego niską stabilnością. Proces usuwania barwnika prowadzono przez 24 godziny w temperaturze 25°C i pH 5 dla każdego z układów biokatalitycznych. Lakaza unieruchomiona na nośniku przez adsorpcję wykazała większą skuteczność usuwania barwnika (87%) i była o prawie 30% wyższa niż wartość uzyskana przy użyciu lakazy zaimmobilizowanej metodą wiązania kowalencyjnego. Różnica ta może wynikać z faktu, że cząsteczki barwnika łatwiej docierają do miejsc aktywnych enzymu unieruchomionego przez adsorpcję [26]. W procesie usuwania 2,4-dichlorofenolu wykorzystano unieruchomioną lakazę *Trametes versicolor* przez sieciowanie na elektroprzędzonych nanowłóknach polimerowych chitozanu – poli(alkohol winylowego). W wyższej temperaturze wolna lakaza traciła 60% swojej aktywności, podczas gdy unieruchomiona zachowała swoją aktywność na poziomie 57%; zjawisko to może być związane z utworzeniem wiązania kowalencyjnego pomiędzy enzymem a materiałem nośnika. Najlepsze wyniki (87,6%) usuwania 2,4-dichlorofenolu uzyskano w temperaturze 50°C i przy wartości pH 6, stosując unieruchomioną lakazę, podczas gdy natywna postać lakazy osiągnęła skuteczność 82,7%. Szybkość usuwania przez unieruchomioną lakazę utrzymywała się na poziomie 54% po 7 cyklach reakcyjnych [34]. W procesie degradacji tetracyklin zastosowano elektroprzędzone nanowłókna poli(metakrylanu metylu) modyfikowanego tlenkiem żelaza (III) (Fe_3O_4) jako nośnikiem do immobilizacji lakazy *Trametes versicolor*

Tabela 1. Przykłady zastosowań immobilizowanych enzymów na elektroprzędzonych materiałach polimerowych

Materiał elektroprzędzony	Enzym	Proces	Warunki procesu	Metoda unieruchomienia	Warunki unieruchomienia	Lit.
Polikaprolakton – chitozan	Tyrozy-naza grzybowa Agaricus bisporus	Biodegradacja bisfenolu A	Temperatura: 15-45°C pH: 6-9 Czas trwania: 120 minut	Adsorpcja	Temperatura: 25°C pH: 7 Czas trwania: 16 godzin	[33]
Poli(metakrylanmetylu) – polianilina	Lakaza z Trametes versicolor	Biodegradacja barwnika tekstylnego Remazol Brilliant Blue	Temperatura: 30°C pH: 5 Czas trwania: 24 godziny	Adsorpcja Wiązanie kowalencyjne	Temperatura: 25°C pH: 5 Czas trwania: 1 godzina	[26]
Chitozan -poli(al- kohol winylowy)	Lakaza Trametes versicolor	Biodegradacja 2,4- dichlorofenolu	Temperatura: 50°C pH: 6	Sieciowanie	Temperatura: 30°C pH: 3-4 Czas trwania: 10 godzin	[34]
Poli(metakrylanmetylu) modyfikowany cząstkami magnetycznymi Fe ₃ O ₄	Lakaza z Trametes versicolor	Biodegradacja tetracyklin	Temperatura: 15-45°C pH: 3-9	Kapsułkowanie	Temperatura: 4°C pH: 5 Czas trwania: 2 godziny	[35]
				Wiązanie kowalencyjne	pH: 5 Czas trwania: 1 godzina	
Poliamid 6	Peroxidaza chrzanowa	Biodegradacja barwnika Reactive Black 5 Reactive Blue 4	Temperatura: 25°C pH: 7 Czas trwania: 1 godzina	Adsorpcja	Temperatura: 50°C pH: 7 Czas trwania: godzina	[36]
				Wiązanie kowalencyjne	Temperatura: 60°C pH: 7 Czas trwania: 70 minut	

przez wiązanie kowalencyjne oraz kapsułkowanie. Po pięciu cyklach biodegradacji tetracykliny oba biokatalizatory zachowały ponad 80% aktywności katalitycznej. Lakaza unieruchomiona przez adsorpcję całkowicie usunęła tetracykliny z roztworu, natomiast kapsułkowana lakaza usunęła 95% zanieczyszczeń. Zaimmobilizowana lakaza może skutecznie usuwać tetracyklinę (80%) w większym zakresie temperatur i pH niż lakaza w postaci natywnej [35]. Proces biodegradacji barwników Reactive Black 5 i Reactive Blue 4 przeprowadzono z użyciem peroksydazy chrzanowej osadzonej na materiale elektroprzędzonym (poliamid 6) przez wiązanie kowalencyjne oraz adsorpcję. W tym procesie peroksydaza chrzanowa związana kowalencyjnie wykazywała większą aktywność katalityczną niż zaadsorbowana, zwłaszcza w różnych zakresach pH i temperatury. Największe różnice, sięgające 20–30%, obserwowano przy pH 8, 9 i 10 oraz przy podwyższonej temperaturze (60–70°C). Peroksydaza chrzanowa związana kowalencyjnie z nośnikiem wykazała najlepszą zdolność do usuwania barwników w różnych zakresach temperatury i pH: 72% dla Reactive Black 5 oraz 77% dla Reactive Blue 4 [36].

Podsumowując, można stwierdzić, że zastosowanie elektroprzędzonych materiałów polimerowych do immobilizacji enzymów pozwoliło na zwiększenie stabilności i aktywności enzymów, co przekładało się na efektywne usuwanie zanieczyszczeń w różnych warunkach pH i temperatury. Enzymy unieruchomione na nośnikach zachowywały swoją aktyw-

ność przez wiele cykli reakcyjnych, co zapewniło długotrwałą skuteczność procesu przy minimalizacji kosztów dzięki możliwości wydajniejszego wykorzystania enzymów.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie biokatalizatorów na bazie elektroprzędzonych materiałów polimerowych stanowi ważny obszar badań w dziedzinie katalizy enzymatycznej. Ze względu na niską stabilność i wrażliwość na zmiany temperatury i pH opracowano różne techniki immobilizacji enzymów na stałych nośnikach. Wybór odpowiedniego nośnika często bywa problematyczny ze względu na ograniczenia dotyczące możliwości modyfikacji materiału oraz konieczności uwzględnienia specyficznych wymagań związanych z aktywnością enzymu. Elektroprzędzenie umożliwia wytwarzanie materiałów z różnorodnych polimerów i biopolimerów, które zostały dopasowane tak, aby wykazywać pożądane cechy i właściwości, które wpływają na stabilność oraz aktywność immobilizowanych enzymów. Na podstawie danych literaturowych można stwierdzić, że stosunkowo łatwa produkcja materiałów elektroprzędzonych oraz prosty proces immobilizacji enzymów umożliwiają ich zastosowanie w procesach oczyszczania wód powierzchniowych i ścieków z toksycznych substancji, pozwalając na skuteczną degradację zanieczyszczeń. Opisane w niniejszym artykule rozwiązania wykorzystujące elektroprzędzone materiały polimerowe do immobilizacji enzymów promują ideę syntezy zielonych

biomateriałów, zrównoważonego rozwoju oraz skłaniają do prowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

LITERATURA

- [1] Sheldon R.A.: Green chemistry and resource efficiency: towards a green economy. *Green Chemistry* 2016, 18, 3180-3183.
- [2] Schmidt A., Dodrick J.S., Hauer B., Kiener A., Wubbolts M., Witholt B.: Industrial biocatalyst today and tomorrow *Nature* 2001, 409, 258-268.
- [3] Robinson P.K.: Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays Biochem.* 2015, 59, 1-41.
- [4] Jesionowski T., Zdarta J., Krajewska B.: Enzyme immobilization by adsorption: a review. *Adsorption* 2014, 20, 801-821.
- [5] Liu D-M., Chen J., Y-P. Shi: Advances on methods and easy separated support materials for enzymes immobilization. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 2018, 102, 332-342.
- [6] Khana M. R.A.: Immobilized enzymes: a comprehensive review. *Bull Natl Res Cent* 2021, 45, 207.
- [7] Norouzi D.: Enzyme immobilization: the state of art in biotechnology. *Iran J Biotechnol.* 2003;1(4):197-206.
- [8] Sheldon R.A.: Cross-linked enzyme aggregates (CLEAs): stable and recyclable biocatalysts. *Biochem Soc.* 2007;35(6):1583-1587.
- [9] Foresti M.L., Ferreira M.L.: Chitosan-immobilized lipases for the catalysis of fatty acid esterifications. *Enzyme Microb Technol.* 2007; 40:769-777.
- [10] Cipolatti E.P., Valério A., Henriques R.O., Moritz D.E., Ninow J.L., Freire D.M.G, Manoel E.A., Fernandez-Lafuente R., Oliveira D.: Nanomaterials for biocatalyst immobilization – state of the art and future trends. *RSC Adv.* 2016,6, 104675-104692.
- [11] Zdarta J., Meyer A.S., Jesionowski T., Pinelo M.: A general overview of support materials for enzyme immobilization: characteristics, properties, practical utility. *Catalysts* 2018, 8, 92.
- [12] Kijeńska-Gawrońska E., Bolek T., Bil M., Swieszkowski W.: Alignment and bioactive molecule enrichment of bio-composite scaffolds towards peripheral nerve tissue engineering. *J. Mater. Chem. B*, 2019, 7, 4509-4519.
- [13] Li D., Xia Y.: Direct fabrication of composite and ceramic hollow nanofibers by electrospinning. *Nano Lett.* 2004, 4, 933-938.
- [14] Min B.M., Lee G., Kim S.H., Nam Y.S., Lee T.S., Park W.H.: Electrospinning of silk fibroin nanofibers and its effect on the adhesion and spreading of normal human keratinocytes and fibroblasts in vitro. *Biomaterials* (2004), 25 (7–8), 1289-1297.
- [15] Li D., Xia Y.: Electrospinning of nanofibers: Reinventing the wheel? *Advanced Materials* 2004, 16, 1151-1170.
- [16] Mirjalili M., Zohoori S.: Review for application of electrospinning and electrospun nanofibers technology in textile industry. *Journal of Nanostructure in Chemistry* 2016, 6, 201-213.
- [17] Liu Y., He J.-H., Yu J., Zeng H.: Controlling numbers and sizes of beads in electrospun nanofibers. *Polym. Int.* 2008, 57, 632-636.
- [18] Ibrahim H.M., Klingner A.: A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications, *Polymer Testing* 2020, 90, 106647.
- [19] Li D., Xia Y.: Fabrication of titania nanofibers by electrospinning *Nano Lett.*, 2003, 3 (4), 555-560.
- [20] Xue J., Wu T., Dai Y., Xia Y.: Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials, and Applications. *Chemical Reviews* 2019, 119 (8), 5298-5415.
- [21] Matabola K.P., Moutloali R.M.: The influence of electrospinning parameters on the morphology and diameter of poly(vinylidene fluoride) nanofibers-effect of sodium chloride. *J. Mater. Sci.* 2013, 48, 5475-5482.
- [22] Basso A., Serban S.: Industrial applications of immobilized enzymes – A review. *Molecular Catalysis* 2019, 479, 110607.
- [23] Lee K.Y., Jeong L., Kang Y.O., Lee S.J., Park W.H.: Electrospinning of polysaccharides for regenerative medicine. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2009, 61, 1020-1032.
- [24] Bhushani J.A., Anandharamakrishnan C.: Electrospinning and electrospraying techniques: Potential food based applications. *Trends in Food Science & Technology* 2014, 38, 21-33.
- [25] Wen P., Zong M.H., Linhardt R.J., Feng K., Wu H.: Electrospinning: A novel nano-encapsulation approach for bioactive compounds. *Trends Food Sci. Technol.* 2017, 70, 56-68.
- [26] Jankowska K., Zdarta J., Grzywaczek A., Kijeńska E., Gawrońska E., Biadasz A., Jesionowski T.: Electrospun poly(methyl methacrylate)/polyaniline fibres as a support for laccase immobilisation and use in dye decolourisation. *Environ. Res.*, 2020, 184, 109332.
- [27] Smith S., Goodge K., Delaney M., Struzyk A., Tansey N., Frey M.: A comprehensive review of the covalent immobilization of biomolecules onto electrospun nanofibers. *Nanomaterials* 2020, 10, 2142.
- [28] Zdarta J., Meyer A.S., Jesionowski T., Pinelo M.: Multi-faceted strategy based on enzyme immobilization with reactant adsorption and membrane technology for biocatalytic removal of pollutants: a critical review. *Biotechnol. Adv.* 2019, 37, 107401.
- [29] Greiner A., Wendorff J. H.: Electrospinning: A Fascinating Method for the Preparation of Ultrathin Fibers. *Angewandte Chemie International Edition* 2007, 46, 5670-5703. 85
- [30] Jankowska K., Su Z., Jesionowski T., Zdarta J., Pinelo M.: The impact of electrospinning conditions on the properties of enzymes immobilized on electrospun materials: Exploring applications and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation* 2023, 32, 103408.
- [31] Antecka K., Zdarta J., Siwińska-Stefańska K., Sztuk G., Jankowska E., Oleskiewicz-Popiel P., Jesionowski T.: Synergistic degradation of dye wastewaters using binary or ternary oxide systems with immobilized laccase. *Catalysts* 2018, 8, 1-18.
- [32] Gupta V.K., Jain R., Nayak A., Agarwal S., Shrivastava M.: Removal of the hazardous dye – Tatzine by photodegradation on titanium dioxide surface. *Mater. Sci. Eng. C*, 2011, 31, 1062-1067.
- [33] Zdarta J., Staszak M., Jankowska K., et al.: The response surface methodology for optimization of tyrosinase immobilization onto electrospun polycaprolactone–chitosan fibers for use in bisphenol A removal. *International Journal of Biological Macromolecules* 2018.
- [34] Xu R., Zhou Q., Li F., Zhang B.: Laccase immobilization on chitosan/poly(vinyl alcohol) composite nanofibrous membranes for 2,4-dichlorophenol. *Chemical Engineering Journal* 222 2003, 222 321-329.
- [35] Zdarta J., Jankowska K., Bachosz K., Kijeńska-Gawrońska E., Zgoła-Grześkowiak A., Kaczorek E., Jesionowski T.: A promising laccase immobilization using electrospun materials for biocatalytic degradation of tetracycline: Effect of process conditions and catalytic pathways. *Catalysis Today* 2020, 348, 127-136.
- [36] Jankowska K., Grzywaczek A., Piasecki A., Kijeńska-Gawrońska E., Nguyen L.N., Zdarta J., Nghiem L.D., Pinelo M., Jesionowski T.: Electrospun biosystems made of nylon 6 and laccase and its application in dyes removal. *Environmental Technology & Innovation* 2021, 21, 101332.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w monografii pt. „Interdyscyplinarne badania młodych naukowców” pod redakcją Barbary Balon, 2024, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

mgr Wiktoria Chromy, dr inż. Anna Wolny

Politechnika Śląska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii, Gliwice

Gryfilen[®]

POLYPROPYLENE

POLSKI PRODUKT

dla liderów przetwórstwa
na zaawansowanych rynkach



Ekstruzja i termoformowanie



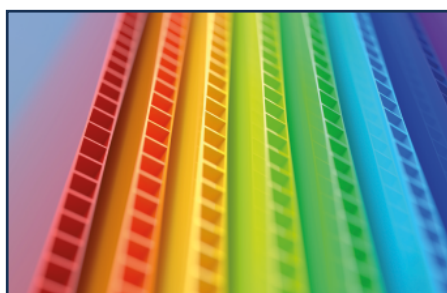
Formowanie wtryskowe



Ekstruzja włókien i taśm



Ekstruzja folii BOPP



Ekstruzja płyt, profili i rur

GRYFILEN.COM

SPOTKAJMY SIĘ NA TARGACH PLASTPOL 2025
Stoisko 5-A11



XXIX Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy PLASTPOL

Substancje czynne używane do biostabilizacji polimerów i tworzyw

Michalina Falkiewicz-Dulik, Mateusz Kowalczyk

Polimery od dekad zastępują w różnych aplikacjach metale, szkło, drewno i inne materiały w związku ze swoimi dobrymi właściwościami fizykochemicznymi, a także czynnikami ekonomicznymi. Przykładem są choćby termoplastyczne polimery – poliolefiny, obecnie niezastąpione w produkcji opakowań, m.in. ze względu na swoje właściwości hydrofobowe i odporność biologiczną. Poza tym materiały polimerowe występują niemal w każdej branży: tekstylnej, artykułach wyposażenia domu, elektronice, medycynie itp. Zakres ich zastosowań jest bardzo szeroki, przy czym wciąż wzrastają wymagania stawiane tym materiałom. Powoduje to konieczność ich ciągłego rozwoju poprzez dodanie nowych funkcji, pewnych właściwości aktywnych, np. działania biostatycznego lub biobójczego, dającego ochronę mikrobiologiczną wyrobom z nich wykonanych. Polimery antymikrobowe mają za zadanie zapobiegać namnażaniu bakterii oraz wzrostowi grzybów na ich powierzchni, a zarazem ochraniać użytkowników przed negatywnym wpływem mikroorganizmów, także patogennych. Drobnoustroje mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie użytkowników, jak również destrukcyjny na wyroby powodując straty ekonomiczne związane z niszczeniem produktów. Zagadnienie obejmujące ochronę mikrobiologiczną polimerów jest obszarem intensywnych badań ze względu na potrzeby opracowania nowych rozwiązań do praktycznych zastosowań [1].

Materiał polimerowy antymikrobowy to taki, który posiada zdolność zabijania mikroorganizmów poprzez działanie w podłożu, z którego uwalniają się śmiertelne dla mikroorganizmów jony czy cząsteczki [2]. Zazwyczaj składa się z matrycy polimerowej oraz środka antymikrobowego chemicznie związanego z matrycą. Polimery takie mają szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, do głównych zalicza się wyroby z branży medycznej, opakowania do żywności i środki higieny osobistej. Dobór odpowiedniego środka lub środków nadających odporność mikrobiologiczną wymaga zastanowienia się nad kilkoma aspektami, szczególnie należy wziąć pod uwagę:

- właściwości fizyczne i chemiczne danego polimeru;
- cel i warunki, w których ma być wykorzystywany (wilgotność, temperatura, warunki pH);
- właściwości substancji czynnej (brak toksyczności, stabil-

ność termiczną, powinowactwo - możliwość włączenia w matrycę danego polimeru poprzez wiązanie chemiczne);

- dobrą mieszalność ze wszystkimi powszechnie używanymi plastifikatorami, nośnikami organicznymi i rozcieńczalnikami;
- brak reakcji z kluczowymi dodatkami i oddziaływania na gotowe wyroby;
- ustalenie dawki optymalnej – minimalne stężenie hamujące rozwój mikroorganizmów zasiedlających dany materiał;
- szeroki zakres działania przeciwdrobnoustrojowego zabezpieczający wyroby z tworzyw sztucznych przed niepożądaną przyczepnością drobnoustrojów, utratą koloru, powstawaniem zapachu i przedwczesnym uszkodzeniem pod wpływem drobnoustrojów;
- wysokoefektywne działanie przeciwdrobnoustrojowe;
- dobra stabilność na działanie ultrafioletu, zapewniająca długoterminową ochronę wyrobu, nawet przy zastosowaniu na zewnątrz;
- dostępność w postaci ciekłej i form stałych (np. masterbacje, granulaty, puder, proszek, płatki itp.), przystosowany do każdej technologii i każdego sprzętu (nie może powodować korozji części metalowych urządzeń);
- parametry technologiczne procesów przetwórstwa tworzywa (temperatura, pH, itp.);
- aspekty finansowe (certyfikacja, obciążenie finansowe w porównaniu z oczekiwanymi korzyściami) [1, 2].

Stosowanie substancji biobójczych do ochrony materiałów powinno być kontrolowane w zakresie stosowanej dawki oraz przeznaczenia wyrobu finalnego. Nadużywanie jakiegokolwiek środka bakteriobójczego lub grzybobójczego nie powinno mieć miejsca, aby nie spowodować negatywnego wpływu na środowisko, a także wytworzenia odporności mikroorganizmów na dany środek [1]. W skali światowej, zakażenia spowodowane przez działalność bakterii, wirusów i grzybów, stanowią 1/4 rocznych zgonów [3]. Ponieważ mikroorganizmy występują wszędzie i mogą być przenoszone w powietrzu, wodzie, pożywieniu itp., niezbędna jest kontrola i postępowanie prewencyjne, aby zapobiec ich negatywnej działalności. Niestety, szeroko rozpowszechnione i nieodpowiedzialne korzystanie z antybiotyków oraz dezynfektantów doprowadziło do rozwoju szczepów opornych, powodując trudności w leczeniu spowodowanych przez nie infekcji [3].

METODY BADAŃ AKTYWNOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ POLIMERÓW

Metodologia badania aktywności antymikrobowej jest bardzo ważna ze względu na konieczność oceny bezpieczeństwa materiału, jak i efektywności modyfikacji mikrobiologicznej tworzywa [4].

Badanie w przypadku polimerów opiera się m.in. na obserwacji aktywności mikroorganizmów (głównie bakterii i pleśni), a dokładniej ich zdolności do przetrwania w warunkach działania na nie dodanych do polimerów związków chemicznych o określonym stężeniu i w określonym czasie.

Metody oceny aktywności polimerów i tworzyw sztucznych wobec drobnoustrojów można podzielić na dwie grupy – statyczne i dynamiczne. Do pierwszej zaliczymy test dyfuzji na płytkach z agarem, który jest badaniem jakościowym, łatwym do przeprowadzenia i najlepszym w przypadku dużej ilości próbek. Jego zadaniem jest ocena aktywności antymikrobowej uwalniających się z materiałów dodanych wcześniej substancji czynnych. Polega na zasianiu mikroorganizmów testowych na płytkach z podłożem agarowym, umieszczenie na nich próbki materiału o określonym wymiarze, inkubacja płytek w odpowiedniej temperaturze oraz obserwacji. Obserwuje się m.in. strefy zahamowania wzrostu wokół próbki oraz wzrost na podłożu pod próbką i na próbce od strony podłoża.

Jeśli chodzi o metody dynamiczne, stosuje się np. metodę dynamicznego wytrząsania, która jest badaniem ilościowym i daje dokładniejsze wartości, jednak jest bardziej czasochłonna. Polega ona na rozcieńczeniu inkubowanej hodowli mikroorganizmu w sterylizowanym buforze, do uzyskania koncentracji w granicach $1.5-3.0 \times 10^5$ CFU/ml. Następnie 1 g badanego materiału jest umieszczany w 50 ml takiego roztworu oraz wytrząsany przez 1 godzinę. Finalnie, 1 ml z wytrząsanego roztworu zostaje przeniesiony na płytkę z agarem odżywczym, inkubowany, a następnie zlicza się kolonie, które przetrwały. Aktywność antymikrobowa liczona jest procentowo w zestawieniu z próbką kontrolną [1].

Powszechnie, do badań aktywności przeciwdrobnoustrojowej polimerów i tworzyw, stosowane są normy:

I. PN-EN ISO 846 Tworzywa sztuczne - Ocena działania mikroorganizmów:

- jakościowa ocena oddziaływania mikroorganizmów na tworzywa sztuczne w wyniku dwóch różnych procesów:
- oddziaływania bezpośredniego: deterioracji, czyli niszczenia tworzyw, które stanowią pożywkę do wzrostu mikroorganizmów;
- oddziaływania pośredniego: wpływu produktów metabolizmu mikroorganizmów, tj. odbarwienie czy, w dalszej kolejności, deterioracja,
- szczepy *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Gliocladium*, *Chaetomium* i inne.

II. JIS Z 2801:2000 Antimicrobial products – Test for antimicrobial activity and efficacy:

- ilościowe oznaczanie aktywności przeciwbakteryjnej i przeciwgrzybowej materiałów hydrofobowych,
- szczepy bakterii *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Penicillium*,

Aureobasidium lub inne,

- bezpośredni kontakt badanej próbki z zawiesiną drobnoustrojów,
- inkubacja próbek w komorze klimatycznej w określonej temperaturze i wilgotności,
- metoda wymaga użycia neutralizatora.

III. ASTM E2180-07 Standard Test Method for Determining the Activity of Incorporated Antimicrobial Agent(s) In Polymeric or Hydrophobic Materials:

- metoda ilościowa - ocena działania biobójczego,
- bakterie gram-dodatnie, gram-ujemne, drożdże i/lub pleśń,
- bezpośredni kontakt badanej próbki z zawiesiną drobnoustrojów,
- inkubacja próbek w komorze klimatycznej w określonej temperaturze i wilgotności,
- metoda wymaga użycia neutralizatora.

IV. ASTM E2149-10 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions:

- wyznaczanie aktywności przeciwdrobnoustrojowej materiałów metodą ilościową oraz ich badanie pod kątem wymywania środka aktywnego,
- kompleksowa, obejmująca trzy etapy metoda oceny wymywania środka przeciwdrobnoustrojowego z badanej próbki do środowiska płynnego,
- test dyfuzyjny + test jakościowy oraz ilościowy supernatant (Supernatant jest górną, płynną warstwą (fazą), którą możemy wyodrębnić przez wirowanie lub strącanie).

V. ASTM G21-09 Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi:

- testy oceny odporności materiałów na działanie grzybów,
- szczepy *Aspergillus*, *Penicillium*, *Aureobasidium* lub inne,
- bezpośredni kontakt drobnoustrojów i badanej próbki,
- inkubacja próbek w komorze klimatycznej w określonej temperaturze i wilgotności.

VI. ASTM D5590-00(2005) Standard Test Method for Determining the Resistance of Paint Films and Related Coatings to Fungal Defacement by Accelerated Four-Week Agar Plate Assay:

- 4-tygodniowe testy oceny oporności materiałów na działanie grzybów i pleśni,
- szczepy *Aspergillus*, *Penicillium*, *Aureobasidium* lub inne,
- bezpośredni kontakt drobnoustrojów i badanej próbki w obecności składników odżywczych,
- inkubacja próbek w komorze klimatycznej w określonej temperaturze i wilgotności,
- w ramach metody ASTM D5590 próbki badane są pod kątem wymywania środka przeciwdrobnoustrojowego.

VII. ISO 22196 Plastics – Measurement of antibacterial activity on plastics surfaces:

- metoda ilościowa - ocena działania biobójczego,
- bakterie gram-dodatnie, gram-ujemne,
- bezpośredni kontakt badanej próbki z zawiesiną drobnoustrojów,
- inkubacja próbek w komorze klimatycznej w określonej temperaturze i wilgotności.

VIII. ASTM E1428-99 Standard Test Method for Evaluating the Performance of Antimicrobials in or on Polymeric Solids Against Staining by *Streptovorticillium reticulum* (A Pink Stain Organism):

- ocena odporności polimerów na barwienie wywołane obecnością *Streptovorticillium reticulum*.

IX. ASTM C1338-08 Standard Test Method for Determining Fungi - Resistance of Insulation Materials and Facings:

- ocena odporności materiałów na działanie grzybów i pleśni w przypadku materiałów izolacyjnych i uszczelek [5, 6].

SUBSTANCJE CZYNNE UŻYWANE DO BIOSTABILIZACJI POLIMERÓW I TWORZYW

W tabeli 1 zamieszczono listę najbardziej odpowiednich biocydów stosowanych w ochronie wybranych polimerów i tworzyw.

Tabela 1. Biocydy używane do polimerów i tworzyw [4]

Lp.	Rodzaj tworzywa	Zastosowanie	Rodzaj stosowanego biocydu
1	ABS (kopolimer akrylonitrylobutadienowo-styrenowy)	Armatura łazienkowa	Microban
		Zastosowania w ochronie zdrowia	Nanosrebro
		Rury	Ftalocyjanina miedzi
2	Akryle	Kopolimery	• Akrylowe oligomery i kopolimer eteru 2,4,4-trichloro-2-hydroksydyfenylowego • Kopolimer octanowy 2,4-dichlorofenylo metakrylanu winylu
		Protezy zębowe	Dwutlenek tytanu powlekany apatylem (fotokatalizator)
		Uszczelniacze	• 1,2-benzizotiazolin-3-on • Karbaminian 3-jodo-2propynylbutylowy • 2-n-oktylo-4-izotiazolin-3-on
		Farby	• 1,2-benzizotiazolin-3-on • Karbendazym (benzimidazol-2-ylkarbaminian) • 5-chloro-2-metylo-4-izotiazolin-3-on • 2-metylo-4-izotiazolin-3-on • 2-fenylfenolan sodu • Ekstrakt z pestek granata • Olejek z drzewa herbacianego
3	Alkohol poliwinylowy	Hydrożele	Dichlorek parakwatu
		Nanowłókna	Chitozan czwartorzędowany
4	Guma	Guma naturalna	Estry kwasu borowego
		Zastosowania ogólne	• 1, 2-benzizotiazolin-3-on • Nanocząsteczki tlenu tytanu
5	Kopolimery etylenowo-propylenowe	Filtry nawiewów powietrza	• Kwas karbolowy
6	Poliamid	Włókna	• Cienkie warstwy srebra • Sulfonowana czwartorzędowa polietylenoimina
		Membrany do odwróconej osmozy wody morskiej	• 2,2 dibromo-3-nitrylo-propionamid • Chloraminy • Wolny chlor • Ozon • Nanocząsteczki srebra
7	Polichlorek winylu	Polichlorek winylu	• Nanocząsteczki miedzi • 4,5-dichloro-2-n-oktyloizotiazolin-3-on • 2-n-oktylo-izotiazolin-3-on • Tebukonazol • Zawarty w zeolitach 2-n-oktylo-4-izotiazolin-3-on • Pirytionian cynku

Tabela 1. Biocydy używane do polimerów i tworzyw [4] – cd.

7	Polichlorek winylu	Zastosowania medyczne	Azotan srebra
8	Polietylen	Siatki na cytrusy	Tiabendazol
		Folia spożywcza	• Bezwodnik benzoesowy • Nizyna
		Folia LLDPE	2-metylotio-4-etyloamino-6-tert- butyloamino-triazy- no-1,3,5 (terbutryna) – 750 ppm
8	Polietylen	Folia wielowarstwowa	Nanokompozyt srebra i polietylenu
		Ośłony do rur	Eter 2,4,4-trichloro-2-hydroksydifenylowy
		Folia kurczliwa do pakowania papryki i sera	1-(2-(2,4-dichlorofenilo)-2-(2- propenyloksy)etylo)-1H-imidazol (imazalil)
9	Polimetakrylan metylu	Szkło akrylowe	• Chitozan • Tiocyjanian miedzi • Tlenek miedzi • Czwartorzędowe związki amoniowe • Tolilofluanid
10	Polipropylen	Materiały konstrukcyjne	1, 2-benzizotiazolin-3-on
		Polipropyleny	• Nanocząsteczki miedzi • Nanocząsteczki srebra • Srebro w postaci proszku
		Cienkie folie	Dwutlenek tytanu
11	Polistyren	Polistyren	• 1,2-benzizotiazolin-3-on • Medetomidyna
12	Polisulfony	Membrany	Nanocząsteczki srebra
		Odwrócona osmoza	Powlekanie związkami srebra
13	Poliuretan	Cewniki	Chitozan
		Powłoki	Dwusiarczek nonylofenolowy
		Cewniki Foley'a	Gentamycyna oraz fluorochinolony
		Membrany wykonane z włókien	Czwartorzędowanie zaszczipionych grup pirydynowych za pomocą bromku heksylu
		Poliuretany mikroporowate	Szczepienie 2,2,5,5-tetrametylo-imidozolidin-4-onu
		Zastosowania militarne	Czwartorzędowe związki amonowe
		Farby	Uwalniacz formaldehydowy na bazie glikolu i chlorometylo-izotiazolon
		Artykuły plastikowe	• 4,5, -dichloro-2-n-oktylo-4-3- izotiazolon-3-on • 2-n-oktylo-4-izotiazolin-3-on
		Poliester poliuretanowy	• Nanocząsteczki złota • Nanocząsteczki srebra
		Powłoki samodekontaminujące	Czwartorzędowe bromowe sole amoniowe funkcjonalizowa- ne grupami diolowymi

Tabela 1. Biocydy używane do polimerów i tworzyw [4] – cd.

14	Poliwęglan	Narzędzia medyczne	Oparte o związki srebra
15	Silikony	Powłoki	• Benzoesan sodu • Kwas zosterowy
		Zastosowania w dentystyce	N-chloramina
		Zastosowania ogólne	Silanole
		Narzędzia medyczne	Triklosan
		Ochrona zapraw murarskich	2,3,5,6-tetra-chloro-4-metylosulfonylo- pirydyna
		Uszczelniacze	• 4,5-dichloro-2-n-oktylo-4- izotiazol-3-on • 4,5-dichloro-2-cykloheksylo-3- izotiazolinon • 2-n-oktylo-4-izotiazol-3-on
16	Uszczelniacze i kleje	Acetoksylowe uszczelniacze silikonowe	4,5-dichloro-2-n-oktylo-4-izotiazolin-3-on
		Uszczelniacze akrylowe	• 5-chloro-2-metylo-4-izotiazolin-3- on • 2-metylo-4-izotiazolin-3-on • 2-n-oktylo-4-izotiazolin-3-on
		Uszczelniacze i kleje na bazie wody	2-metylo-4-izotiazolin-3-on oraz 1,2- benzotiazolin-3-on w stosunku 1: 1
17	Żywice alkidowe	Farby	• Azol oraz butylokarbaminian jodopropargilowy • Nanocząsteczki srebra
18	Żywice epoksydowe	Powłoki	• Zeolit zawierający srebro • Podlegający polimeryzacji monomer oparty na akrylanie bromofenylowym
		Powłoki do zastosowań morskich	• Smoła węglowa • Benzoesan żelaza • Sea-Nine 211N (30% roztwór 4,5- dichloro-2-n-oktylo-4-izotiazolin- 3-onu)

Powyższa tabela obejmuje polimery i tworzywa używane do następujących zastosowań:

- w przemyśle obuwniczym (np. ochrona podeszew i klejów na bazie wody, wkładki do obuwia),
- we włókiennictwie (do ochrony włókien na wyroby funkcjonalne itp.),
- w medycynie (np. protezy zębowe, narzędzia medyczne, cewniki itp.),
- do opakowań żywności (np. folie spożywcze, siatki na cytrusy, opakowania ze szkła akrylowego),
- w przemyśle budowlanym (np. ochrona zapraw murarskich i uszczelniaczy, uszczelki, rur, osłon do rur, armatury łazienkowej),
- do zastosowań militarnych,
- dla przemysłu morskiego (np. powłoki zabezpieczające kadłuby statków przed tworzeniem biofilmu i korozją, membrany do odwróconej osmozy wody morskiej),
- do klimatyzacji (filtry nawiewów powietrza),
- i innych branż.

W kolumnach tabeli, biorąc pod uwagę zastosowania polimerów, podano dla danego tworzywa najbardziej odpowiednie substancje czynne biologicznie.

NATURALNE POLIMERY PRZECIWBAKTERYJNE

Pomimo dużej ilości syntetycznych środków używanych do zabezpieczania mikrobiologicznego materiałów (triklosan, metale i ich sole itp.), są one nadal powodem do obaw odnośnie ich potencjalnych skutków ubocznych. Istnieje zatem duże zapotrzebowanie na polimery antymikrobowe oparte na dodatkach przyjaznych środowisku i polimery naturalne.

Chitozan (CAS 9012-76-4) i jego pochodne stosowane są ostatnio jako biomateriał do dużej liczby aplikacji, zaczynając od przemysłu farmaceutycznego, poprzez kosmetyczny, biomedyczny, spożywczy, rolniczy, papierniczy i tekstylny [7]. Nierozpuszczalny liniowy polisacharyd pozyskiwany jest z egzoszkieletów skorupiaków i insektów, alg morskich, a także niektórych ścian komórkowych grzybów, został najszerszej zbadany w dziedzinie biomedycznej. Charakteryzuje się szerokim spektrum działania, jest efektywny zarówno w stosunku do bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, a także pleśni i drożdży, z tym że bakterie wykazują mniejszą wrażliwość na antymikrobowe właściwości chitozanu niż grzyby [7].

Serycyna (klej jedwabny, CAS 96690-41-4) to makromo-



Skorzystaj z naszej bogatej oferty produktowej i sprawdź nasz ogromny potencjał usługowy !

W naszym zaawansowanym technologicznie parku maszynowym wykonamy dla Ciebie pełen zakres usług recyklingowych i wyprodukujemy surowiec, którego potrzebujesz! Doświadcz kompleksowości naszych usług, które już doceniane są przez grono naszych stałych Klientów.



Oferujemy jednorodne regranulaty do zastosowania w produkcji wtrysku, rozdmuchu i wytłaczania oraz aglomeraty z PP, PE, PS, ABS, PA i proszki PE do formowania rotacyjnego (rotomouldingu). Oferujemy wysokiej jakości tworzywa compoundowane i różne mieszanki tworzyw w tym: antystatyczne czy uniepalnione.

Wychodząc naprzeciw potrzebom tzw. gospodarki cyrkularnej (Circular Economy) oraz zamknięcia cyklu życia odpadu – GOZ (GOZ to skrót od gospodarki obiegu zamkniętego, inaczej zwanej gospodarką cyrkularną) jako nieliczni w Polsce dysponujemy linią do ciągłej aglomeracji metodą suchą firmy PALLMANN. Zapraszamy do wypróbowania naszego aglomeratu wykonanego z takich surowców jak: etykiety PP powstające z recyklingu butelek PET, big bagi użytkowe lub różnego rodzaju materiały spienione np. EPP.

Realizujemy zamysł gospodarki obiegu zamkniętego, ze świadomością ochrony natury i działań w nurcie ekologicznym. Bazując na naszym wieloletnim doświadczeniu proponujemy, za pomocą naszych procesów produkcyjnych, zamknięcie Twojego obiegu surowca.

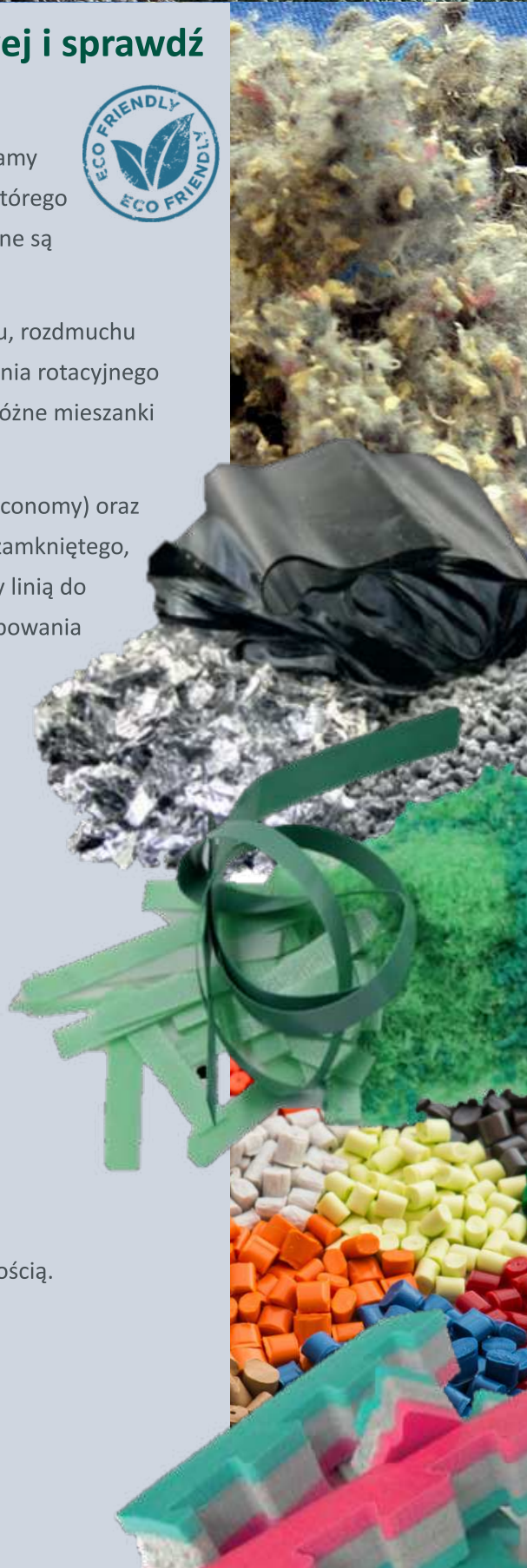
Na Twoje życzenie zmodyfikujemy granulaty dostosowując ich parametry i właściwości do wymagań finalnego produktu. Umożliwia nam to własne wyspecjalizowane laboratorium. W nim też powstają receptury naszych wyrobów. Współpracujemy z kilkoma instytucjami naukowymi, umożliwia nam to przeprowadzenie szeregu kompletnych badań wyrobu, od badań wytrzymałościowych po badania starzeniowe.

Dołącz do grona naszych partnerów biznesowych, których zadowolenie i spełnienie przez nas ich oczekiwań są naszą nadrzędną wartością.

Zapraszamy do kontaktu i odwiedzenia naszej strony internetowej!



MAAN P.S.A.
ul. Bernardyńska 1 41-902 Bytom
www.maan.com.pl
biuro@maan.com.pl
+48 575 445 885



lekularne białko wytwarzane przez jedwabniki podczas produkcji jedwabiu, stanowi 25-30% białka jedwabiu. To białko, które cementuje dwa włókna fibroinowe, jest usuwane podczas produkcji surowego jedwabiu (proces odgumowania). Według ostatnich doniesień literaturowych, materiały wykonane z PET z dodatkiem serycyny w ilości 4% redukują liczbę bakterii *Proteus vulgaris* na poziomie 51% oraz *S. aureus* na poziomie 38% [7].

Garbniki. Naturalne i rozpuszczalne w wodzie polifenole (np. garbniki) pozyskiwane są z roślin zielonych oraz z drewnianych części roślin. Według dostępnych badań, garbniki wykazują szerokie działanie antymikrobowe względem bakterii i grzybów (m.in. *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae*) [7].

Aloes (CAS 8557-69-03) – ekstrakt z rośliny *Aloe vera* posiada właściwości antymikrobowe względem *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Candida albicans*. Aloes jest stosowany w praktyce medycznej jak substancja wspomagająca gojenie ran, a także w celach kosmetycznych. W roślinie *Aloe vera* występują różne polisacharydy, spośród których acemannan nadaje cechy aktywności antymikrobiologicznej. Doniesienia literaturowe dotychczas prowadzonych badań przez Wasif i innych [7] informują, że ekstrakt *Aloe vera* może znaleźć zastosowanie w przemyśle włókienniczym do wykończenia antymikrobowego tkanin bawełnianych techniką *pad-dry-cure* przy użyciu środka sieciującego – gliksal [7].

Nizyna (CAS 1414-45-5). Szeroko stosowanym związkiem przeciwbakteryjnym, szczególnie w dziedzinie opakowań do żywności jest nizyna (CAS 1414-45-5), policykliczny peptyd składający się z 34 aminokwasów [8]. Nizyna wytwarzana jest w procesie fermentacji przez bakterie kwasu mlekowego *Lactococcus lactis*. Wykazuje działanie wyłącznie w odniesieniu do bakterii Gram-dodatnich (*Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*) oraz niektórych bakterii z grupy coli.

Właściwości nizyny były badane w połączeniu z polietylem (PE) z dodatkiem lub bez kwasu etylenodiaminotetraoctowego (EDTA), jak również jako dodatek do mieszanek z PE i PEO. Aktywność antybakteryjną tego związku wykazano w odniesieniu do *Brochothrix thermosphacta*, w największym stopniu w przypadku mieszanek PE i PEO, a następnie w przypadku PE z EDTA. Folie PE były pokrywane roztworami hydroksypropylometylocelulozy z dodatkiem nizyny. Badane próbki PE o niskiej gęstości, także pokryte nizyną, wykazały aktywność wobec bakterii *Micrococcus luteus* i *Listeria monocytogenes*. Uwalnianie nizyny okazało się być zależne od warunków pH i temperatury. Liu wraz z współpracownikami wprowadził nizynę do PLA albo przez rozproszenie lub

współwytłaczanie. Oba systemy hamowały wzrost bakterii *Lactobacillus plantarum* i *L. monocytogenes* [8].

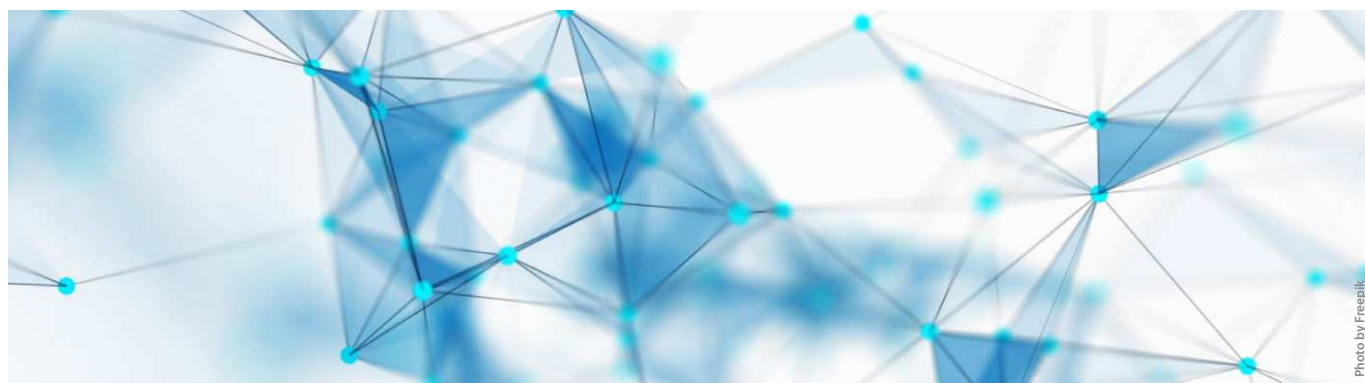
Nizyna była także chemicznie wiązana z kopolimerami trójblokowymi PEO-b-PPO-b-PEO, zmodyfikowanymi tak, aby możliwe było dołączenie peptydu. Antybakteryjne właściwości kopolimeru zmodyfikowanego nizyną były potwierdzone w testach mikrobiologicznych wobec bakterii *Pediococcus pentosaceus*. Eksperymenty pokazały, że nizyna związana z modyfikowanym kopolimerem wykazała aktywność podobną do obserwowanej dla próbek w przypadku polimeru zwyczajnie mieszanego. Ten nieoczekiwany wynik jest częściowo wyjaśniony przez tworzenie kompleksu zawierającego nizynę przyłączoną do powierzchniowo czynnych miceli PEO-b-PPO-b-PEO, która zostaje w nich uwięziona, a zatem zachowuje swoją aktywność mikrobiologiczną [8].

LITERATURA

- [1] Sedlarik V., Antimicrobial Modifications of Polymers, Biodegradation - Life of Science, Dr. Rolando Chamy (Ed.), InTech, 2013, 188-204.
- [2] Alamri A.; El-Newehy M.; Al-Deyab S., Biocidal polymers: synthesis and antimicrobial properties of benzaldehyde derivatives immobilized onto amine-terminated polyacrylonitrile, Chemistry Central Journal 2012, 6:111, 1-13.
- [3] Xue Y.; Xiao H.; Zhang Y., Antimicrobial Polymeric Materials with Quaternary Ammonium and Phosphonium Salts, International Journal of Molecular Sciences, 2015, 16, 3626-3655.
- [4] Falkiewicz-Dulik M.; Janda K.; Wypych G., Handbook of Biodegradation, Biodegradation and Biostabilization, Chem Tec Publishing, Canada, 2015, 299-347.
- [5] Falkiewicz-Dulik M.: Ochrona spódów obuwniczych przed korozją mikrobiologiczną. [w:] Materiały VIII Konferencji „Otrzymywanie, zastosowanie i analiza wodnych dyspersji i roztworów polimerów”. Szczyrk, 2005, 125-128.
- [6] Falkiewicz-Dulik M., Pawlik B., Macura A. B., Sadowski T.: Rola sanityzacji spódów obuwia w zapobieganiu rozprzestrzeniania się zakażeń wewnątrzszpitalnych. Mikologia Lekarska. 2007, 14 (2): 99-103.
- [7] Varesano A.; Vineis C.; Aluigi A.; Rombaldoni F., Antimicrobial polymers for textile products, Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances, A. Mendez-Vilas (Ed.), Formatex 2011, 99-110.
- [8] Fernandez-Garcia M., Polymeric Materials with Antimicrobial Activity, Progress in Polymer Science, 2012, 37, 281-339.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Technologia i Jakość Wyróbów”.

Mgr Michalina Falkiewicz-Dulik, mgr Mateusz Kowalczyk
Pracownia Mikrobiologii Przemysłowej, Instytut Przemysłu Skórzanego Oddział w Krakowie



**KONCENTRATY BARWIĄCE
DO TWORZYW SZTUCZNYCH**

**WYROBY AGD
Z TWORZYW SZTUCZNYCH**

...barwimy świat zawodowo!



WEST Sp. z o.o.

Oddział Warszawa – tel. 22 612 61 26

Oddział Poznań – tel. 61 817 33 16

Oddział Katowice – tel. 601 514 807

WEST.WAW.PL

REKLAMA



od 1992 roku

koncentraty uniwersalne do zastosowania w szerokim spektrum tworzyw

koncentraty monosuwrowcowe, przede wszystkim dedykowane do LDPE, HDPE, PS oraz PVC, które charakteryzuje wysoka jakość i korzystna cena

monopigmenty – silnie skoncentrowane masterbatche o zawartości pigmentu powyżej 50%

koncentraty do zadań specjalnych posiadające atesty niezbędne w dziedzinach, przemysłu samochodowego, kablarzkiego, medycznego, produkcji zabawek, produkcji opakowań spożywczych i kosmetycznych.

koncentraty czarne, o zawartości sadzy typu SAF i HAF od 20% do 50%

koncentraty białe o zawartości bieli tytanowej od 30% do 70%, zarówno z wypełniaczami jak i bez wypełniacza

koncentraty barwiące z efektami specjalnymi: perłowe, transparentne, z brokatem, metaliczne, imitujące kamień, opalizujące, fluorescencyjne, fosforyzujące i inne

dotądki do tworzyw: antystatyk, antybloking, stabilizator UV, osuszacz, spieniacz, poślizg, antypoślizg, modyfikator MFI, processing, antyutleniacz, czyszcik, uniepalniacz i inne.



ul. Dąbrowskiego 113, 93-208 Łódź
tel. +48 42 642 71 26
biuro@colorplast.pl www.colorplast.pl

DANPLA - nowoczesne i ekonomiczne opakowania z tworzyw sztucznych

Projektujemy i produkujemy opakowania przemysłowe, głównie w oparciu o zastosowanie komorowych płyt polipropylenowych, dzięki którym opakowania cechują się wyjątkowo korzystnym stosunkiem ceny do oferowanych właściwości. Nasi odbiorcy to szeroko pojęty sektor Automotive, branża elektroniczna, farmaceutyczna i inne.

Wykorzystując sprawdzone *know-how* oraz innowacyjne projektowanie, tworzymy opakowania w pełni spełniające stawiane im wymagania, podnoszące efektywność procesów transportowo - magazynowych oraz zyski naszych klientów.

Nasze opakowania na bazie komorowych płyt pp, zapewniają szereg znaczących korzyści:

- duża wytrzymałość mechaniczna pozwalająca na długotrwałą eksploatację wielokrotną,
- niska waga obniżająca koszty obsługi, transportu i składowania,
- świetny poziom ochrony transportowanych przedmiotów,
- wszechstronne możliwości konstrukcji optymalnie odpowiadające potrzebom,
- odporność na warunki zewnętrzne, wodę, kwasy, zasady, niskie temperatury, pozwalająca na szerokie wykorzystanie,

Jak działamy?



- opakowania podlegają pełnemu recyklingowi, nie obciążają środowiska i wpisują się w gospodarkę zamkniętego obiegu.

Posiadamy nowoczesną fabrykę produkcyjną oraz wykwalifikowaną i zaangażowaną załogę, dzięki czemu każdy kontrahent otrzymuje obsługę na najwyższym poziomie.

danpla.pl

REKLAMA

www.danpla.pl



Opakowania Przemysłowe



DANPLA Sp. z o.o. • 41-940 Piekary Śląskie, ul. Inwestycyjna 6 • e-mail: biuro@danpla.pl

Identyfikacja filamentu w druku 3D dla potwierdzenia oryginalności

GRAFE, we współpracy z Tailorlux, opracowało innowacyjny masterbatch umożliwiający identyfikację materiałów używanych w druku 3D. Rozwiązanie to pozwala potwierdzić autentyczność tworzywa już na etapie filamentu, dzięki zastosowaniu trwałego znacznika zintegrowanego z materiałem.

Technologia ma zastosowanie m.in. w protetyce, przemyśle motoryzacyjnym, ale także w elektronice czy meblarstwie. Lars Schulze z GRAFE podkreśla, że coraz więcej części zamiennych powstaje dziś metodą druku 3D, a użycie niewłaściwych materiałów może skutkować poważnymi konsekwencjami. Znacznik pozwala tego uniknąć, zapewniając ochronę przed podróbkami.

System opiera się na pigmentach zabezpieczających Tailorlux oraz urządzeniu kontrolnym Tailor-Scan 4, które odczytuje dane identyfikacyjne i potwierdza oryginalność materiału — nawet przez opakowanie. Możliwa jest także integracja kontroli z samą drukarką 3D, gdzie czujnik rozpoznaje filament przed rozpoczęciem wydruku.

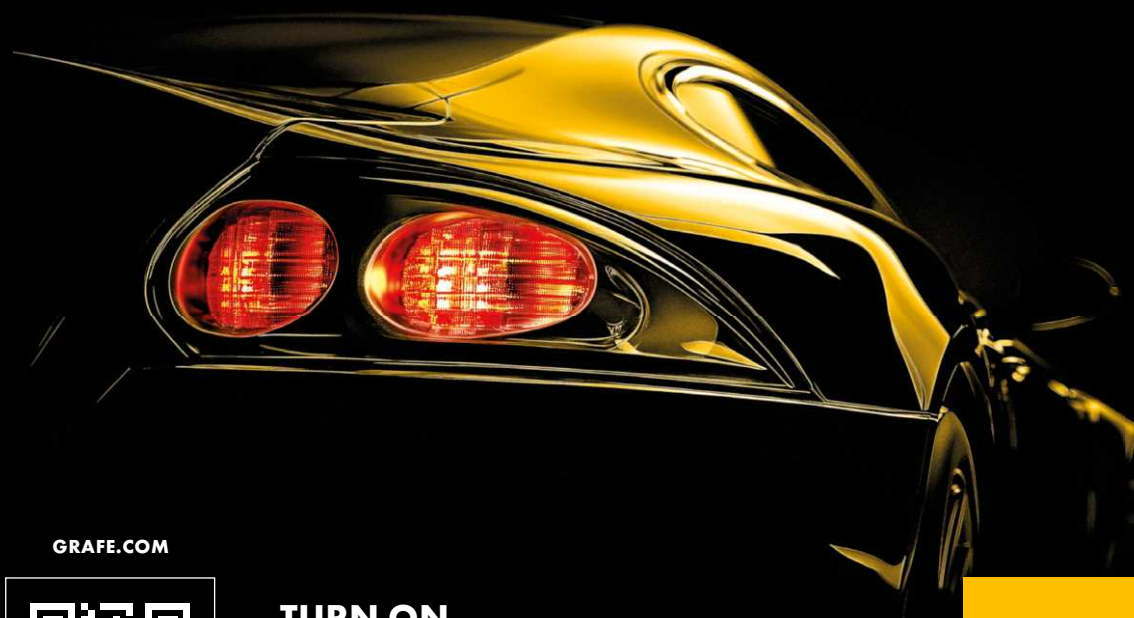


Photo by Freepik

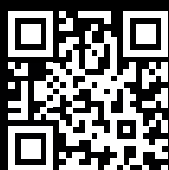
Rozwiązanie działa już z PLA, PETG, PA i PC, nie wpływając na kolor materiału. Znacznik może być dozowany od 1 do 3%, zależnie od rodzaju tworzywa i barwy, np. przy Carbon Black wymagana jest wyższa dawka. GRAFE szuka obecnie partnerów do wdrożenia technologii i tworzenia dedykowanych rozwiązań. Koszty zależą od poziomu personalizacji znacznika — podstawowe wersje są relatywnie tanie, natomiast dedykowane rozwiązania globalne bardziej kosztowne.

grafe.com

REKLAMA



[GRAFE.COM](https://grafe.com)



TURN ON

We drive your innovation with modern technology and outstanding minds.
GRAFE - Turning Good into Great.



PLASTPOL | 20 - 23 MAY 2025
HALL 4 | BOOTH C12

We are looking forward to your visit.

MASTERBATCHES | COMPOUNDS | ADDITIVES

O dysfunkcjach systemu zagospodarowania zużytych opon

Andrzej Kubik

Podobno „kłamstwo powtórzone tysiąc razy staje się prawdą” – tak w latach trzydziestych XX wieku twierdził Joseph Goebbels – minister propagandy III Rzeszy i czołowy demagog narodowego socjalizmu, a współczesne badania w laboratoriach psychologicznych potwierdziły, że miał rację w tym stwierdzeniu (całe szczęście, że tylko w tym!) i nazwały to zjawisko „iluzją prawdy”.

Na wielu spotkaniach, również tych na szczelbu rządowym, gdy podnoszony był zarzut braku implementacji w polskim systemie prawnym zasady Rozszerzonej Odpowiedzialności Producenta (ROP) w kształcie opisanym w Unijnej Dyrektywie nr 2018/851 z 30.05.2018r., przytaczano w odpowiedzi tezę, że ROP w Polsce został już skutecznie wdrożony w niektórych strumieniach odpadowych i tu za przykład podawano branżę oponiarską. Teza ta, wprawdzie z gruntu fałszywa, powtarzana była wielokrotnie przez luminarzy polskiego życia politycznego i cytujące ich słowa media oraz skwapliwie potwierdzana przez lobby producentów opon i cementu w Polsce, nabierając tym samym cech „oczywistej oczywistości” lub jak kto woli „prawdy objawionej”.

Pewnie trwalibyśmy w tej zbiorowej „iluzji prawdy” nadal, gdyby pod koniec roku 2021 nie powstała organizacja non-profit zrzeszająca większość krajowych przedsiębiorców posiadających instalacje do mechanicznego recyklingu opon nosząca nazwę Polskiego Stowarzyszenia Recyklerów Opon (PSRO).

Celem działalności członków stowarzyszenia jest zamknięcie cyklu życia opony w zgodzie z założeniami Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ), wykorzystanie potencjału zużytych opon jako źródła surowców wtórnych oraz dążenie do wyeliminowania odpadów po oponach z dzikich wysypisk, a także ograniczenie marnowania surowców (pochodzących z nieodnawialnych źródeł) poprzez ich spalanie.

Polskie Stowarzyszenie Recyklerów Opon (PSRO) są to małe i średnie przedsiębiorstwa w większości z polskim kapitałem a ich potencjał przetwórczy (zdolności recyklingowe) wynosi łącznie ok. 400 000 ton opon rocznie.

Pod koniec 2024 roku PSRO przygotowało i, korzystając z branżowego wydarzenia, jakim było Forum Recyklingu i Targi POLEKO w Poznaniu, opublikowało „Raport o wieloletnich dysfunkcjach systemu recyklingu opon w Polsce” – bezpośrednią przyczyną jego powstania była zidentyfikowana przez branżę skala tych dysfunkcji oraz funkcjonujące w przestrzeni medialnej mity o „wzorcowym” funkcjonowaniu systemu odzysku i recyklingu opon w Polsce ([http://](http://psro.eu/wp-content/uploads/2024/10/Raport-PSRO-2024.pdf)

psro.eu/wp-content/uploads/2024/10/Raport-PSRO-2024.pdf). Raport definiuje poszczególne dysfunkcje, opierając się na zgromadzonych danych oraz przeprowadzonych przez PSRO własnych badaniach ankietowych dotyczących zarówno sposobu zagospodarowania tych odpadów, jak i ich obecności w środowisku (dzięki składowiska) – same przypisy wskazujące źródła danych zajmują w raporcie aż dwie strony zapisane drobnym drukiem. Spróbujmy się im przyjrzeć w telegraficznym skrócie...

ZACNIJMY OD FAKTÓW

Pierwszym faktem jest brak powszechnie dostępnych, zbiorczych opracowań o sposobie postępowania ze zużytymi oponami, w których każdy obywatel mógłby sprawdzić i zweryfikować tezę o „doskonałości” systemu gospodarowania tymi odpadami. Dostępne dane są rozproszone i fragmentaryczne, a tym samym taki jest również rzeczywisty poziom wiedzy o skali problemu. Nawet w oparciu o te szczątkowe dane Polska jawi się tle innych krajów Unii Europejskiej antyliderem w kilku kategoriach: najniższego efektywnego poziomu recyklingu i odzysku opon (pierwsze miejsce!), liczby niezagospodarowanych opon (pierwsze miejsce: 60% masy wszystkich opon w całej UE!), najmniej wymagających przepisów w krajach z rozszerzoną odpowiedzialnością producenta (drugie miejsce, za Grecją) i najniższych realnych opłat środowiskowych (drugie miejsce, za Rumunią).

Każdego roku szacunkowo 280-350 tys. ton opon trafia na polski rynek natomiast roczne możliwości recyklingu opon samych firm zrzeszonych w PSRO wynoszą ponad 400 tys. ton, czyli potencjał krajowych instalacji pozwala na zagospodarowanie 100% opon wprowadzanych na rynek. Mimo to od 18 lat branża zabiega bezskutecznie o podwyższenie obowiązkowych limitów odzysku i recyklingu do poziomów wynikających z ambitnych, europejskich celów środowiskowych. Obecne limity pochodzą z 2007 r. i wynoszą jedynie 15% dla recyklingu oraz 75% dla odzysku zużytych opon – pozostała masa wprowadzanych co roku na polski rynek opon pozostaje poza sferą zainteresowania rządu.

Ponadto co czwarta opona pneumatyczna i każda opona pełna giną po wprowadzeniu do obrotu, gdyż nie są widziane przez system i nikt nie odpowiada za ich zagospodarowanie, a tym samym nie są poddawane ani odzyskowi, ani recyklingowi. Jedna opona na tysiąc sprzedanych ląduje w środowisku i została znaleziona przez PSRO na jednym

Tabela 1. Opłaty oraz poziomy odzysku/recyklingu w krajach UE - Opracowanie własne PSRO w oparciu o dane źródłowe

Kraj	Kluczowa firma odpowiedzialna za zbiórkę opon [20]	Opony wprowadzone do obrotu (w tonach) [2]	Opłata podstawowa (luty 2024)	Odzysk poziom ustawowy	Rzeczywisty odzysk 2021 [2]	Rzeczywisty recykling 2021 [2]
Polska	Centrum Utylizacji Opon 5.A.	232 600	0,69 EUR/oponę [A]	73%	74,7%	44,5%
Belgia	Recytyre	89 331	od 1,93 do 3,76 EUR/ oponę [21]	(Walonia) 83% [22]	100,0%	100,0%
Francja	Ali ap tir	369 769	1,40 EUR/oponę [23]	100% [26]	100,2%	43,4%
Grecja	EcoElastifca	32 761	1,15 EUR/oponę [27]	65% [28]	84,4%	66,4%
Hiszpania	Signus	233 613	1,64 EUR/oponę [29]	20% [B][30]	101,0%	37,0%
Holandia	Recybem	84 199	1,70 EUR/oponę [31]	100% [32]	99,8%	98,1%
Irlandia	Cireol El.T	33 146	2,80 EUR/oponę [33]	brak poziomu ustawowego [D][34]	100,1%	87,2%
Portugalia	Yalorpneu	71 131	1 EUR/oponę [35]	96% [36]	114,8%	70,0%
Rumunia	Eco Anyelope	40 691	0,40 EUR/kg [37]	00% [38]	100,0%	0,0%
Słowacja	ELTMA	32 377	0,201 EUR/kg [39]	24% [40]	91,0%	68,9%
Szwecja	Svensk Dackatervinning	79 300	od 1,76 EUR/oponę [41]	90% [42]	100,0%	26,0%
Włochy	Eccpneus	370 000	od 0,22 do 0,37 EUR/kg [43]	93% [44]	93,7%	37,0%

z dzikich wysypisk na terenie jednego z 57 ankietowanych samorządów i nadleśnictw.

Każdego roku ok. 50 000 ton opon jest w Polsce spalana w piecach cementowych, mimo że przyjęta przez Unię Europejską hierarchia postępowania z odpadami preferuje odzysk surowcowy (recykling) przed odzyskiem energii (spalanie), a łączny ślad środowiskowy w całym cyklu życia produktu (LCA) w przypadku jego recyklingu jest ponad 4-krotnie korzystniejszy niż w przypadku spalania - przekazując w/w ilości zużytych opon do recyklingu mechanicznego, zamiast je palić, moglibyśmy każdego roku zaoszczędzić 56 000 ton ekwiwalentu CO₂. Powstały w wyniku tego przekierowania recyklat gumowy umożliwiłby każdego roku powstanie ok. 250 km nowych dróg ekspresowych i autostrad, bezpieczniejszych, trwalszych i bardziej wyciszonych dzięki zastosowaniu go w mieszankach asfaltowo-gumowych (w Polsce przeprowadzono już kilka udanych pilotaży).

Faktem jest też, że opony zebrane od mieszkańców w PSZOK-ach nie są traktowane przez polskie prawo jako odpad komunalny, a gminy nie mogą ich wliczyć do realizowanych przez siebie poziomów recyklingu, więc nie są zbyt zainteresowane ich zbiórką (limitując liczbę opon przyjmowanych od mieszkańców). Warsztaty wulkanizacyjne dokonujące wymiany opon przyjmują wprawdzie zużyte opony od swych klientów, ale wyłącznie za dodatkową opłatą - tym samym odpowiedzialność, która miała być rozszerzona na producenta, została „rozszerzona”, a właściwie przeniesiona

na konsumenta czy też gminy (i znów pośrednio na mieszkańców).

SIEDEM GRZECHÓW GŁÓWNYCH

Przeprowadzona przez PSRO gruntowna analiza dysfunkcji systemu zagospodarowania odpadów ze zużytych opon pozwoliła je opisać ale też nazwać - w ten sposób powstał poniższy katalog siedmiu grzechów głównych tego systemu:

1. Producenci i importerzy opon w Polsce nie ponoszą wymaganej prawem Unii Europejskiej rozszerzonej odpowiedzialności za wszystkie wprowadzone przez nich do obrotu produkty.
2. Brakuje spójnych danych o oponach wprowadzanych na polski rynek i odpadach zużytych opon wraz z informacją o formie ich zagospodarowania.
3. System utylizacji zużytych opon realizuje cele producentów/importerów a nie środowiska.
4. Zużyte opony trafiają na dzikie wysypiska a ich utylizacja obciąża budżety gmin/mieszkańców.
5. Gospodarki komunalne są pokrzywdzone poprzez niezaliczanie zebranych w PSZOK-ach zużytych opon do gminnych poziomów recyklingu.
6. Niedostatecznie wykorzystywany jest potencjał recyklatów ze zużytych opon, brakuje zachęt dla recyklerów/przetwórców np. w postaci systemu „zielonych” zamówień publicznych.

Tabela 2. Łączny ślad środowiskowy w całym cyklu życia [LCA]. Źródło: dane z raportu FORCE Technology Brondby na zlecenie firmy GENAN Holding A/S (maj 2020)

IMPACT CATEGORY	Co-incineration	Materiał recykling (SEBS infill)	Materiał recykling (EPDM infill)	Materiał recykling (50/50 infill)
Climate change fossil (kg CO ₂ - eq.)	-197	-838	-972	-905
Acidification terrestrial and freshwater (Mole of H+ eq.)	-0,801	-2,61	-3,08	-2,84
Eutrophication freshwater (kg Peq.)	-0,0039	0,000867	-0,0136	-0,00635
Eutrophication marine (kg N eq)	-0,237	-0,552	-0,648	0,6
Eutrophication terrestrial (Mole of N eq.)	-2,69	-6,08	-9,48	7,78
Ozone depletion [kg CFC-11 eq]	-3,37E-06	2,84E-06	-2,07E-6	3,83E-07
Photochemical ozone formation (kg NMVOC eq.)	-0,656	-1,79	-2,12	-1,95
Ionising radiation (kBq U235 eq)	-3,15	-204	-228	-216
Respiratory inorganics (Disease incidences)	-4,38E-06	-2,18E-05	2,60E-05	2,39E-05
Ecotoxicity freshwater (CTUe)	26,6	-8,59E+01	-1,35E+02	-110
Cancer - human Health (CTUh)	-1,46E-06	-5,74E-06	6,04E-06	-5,89E-06
Non-cancer human health effects (CTUh)	4,99E-05	0,000103	9,10E-05	9,70E-05
Land Use (Pt)	-5,90E+02	-4,18E+03	-5,18E+03	-4,68E+03
Ressource use, energy carriers (MJ)	-1,02E+04	-3,12E+04	-3,39E+04	3,25E+04
Ressource use, mineral and metals (kg Sb eq.)	-0,0000299	-1,45E-04	-0,0501	-0,0251
Water scarcity (m ³ world equlv.)	-12,6	8,18E+01	8,62E+01	-84

7. W obszarze zużytych opon odzysk energetyczny (spalanie) nadal dominuje nad surowcowym (recyklingiem) – wbrew zaleceniom UE nadal palimy w piecu cennymi surowcami!

Oczywiście każdy z powyższych „grzechów” implikuje poważne konsekwencje – głównie dla środowiska naturalnego, ale też dla stanu finansów publicznych (głównie miast i gmin), kieszeni statystycznego Kowalskiego oraz kondycji samej branży recyklingu zużytych opon, której marżowość leży poniżej oprocentowania lokat terminowych i poważnie zniechęca do dalszych inwestycji. Uporczywe prośby branży o zrewidowanie anachronicznych zapisów ustawowych sprzed 18 lat pozostają do dziś bez odzewu ze strony rządzących, mimo, że stoją w jawnej sprzeczności z całą polityką klimatyczną UE, a w szczególności z Ramową Dyrektywą o Odpadach nr 2008/98/WE z 19.11.2008r. oraz jej ostatnią nowelizacją nr 2018/851 z 30.05.2018r., które mimo składanych przez kolejne ekipy rządzące deklaracji do dziś nie zostały w pełni zaimplementowane w polskim systemie prawnym.

Generalnie wszystkie sposoby postępowania ze zbędnymi lub zużytymi przedmiotami można podzielić na trzy grupy – ponowne wykorzystanie (wprost lub po przetworzeniu), spalanie (jeśli jest palny) i pozostawienie w środowisku (składowanie lub porzucenie). Dokładnie tak samo jest ze zużytymi oponami – można je ponownie wykorzystać po drobnej naprawie zwanej bieżnikowaniem lub poddać recyklingowi mechanicznemu czy chemicznemu, uzyskując półprodukty stosowane później w wielu różnych aplikacjach. Można też wrzucić je do pieca cementowego (w całości

lub rozdrobnioną) i zamienić na energię cieplną można też w końcu porzucić je w lesie lub na składowisku (dzikim lub legalnym), zapominając o ich zasługach, gdy były nam jeszcze potrzebne.

Intencją autorów Raportu nie było poszukiwanie „winnych” obecnego, złego stanu gospodarowania zużytymi oponami i jego dysfunkcji, a jedynie zwrócenie uwagi nowego rządu na problem, który narastał od kilkunastu lat i dojrzał, by go ostatecznie i racjonalnie rozwiązać. Drugim celem opracowania było zebranie faktów i z ich pomocą zadanie kłamu twierdzeniom, że system ROP w obszarze zużytych opon został w Polsce wdrożony i dobrze funkcjonuje – autorzy opracowania mają nadzieję, że przy pomocy danych statystycznych i naukowych ekspertów są w stanie wyrwać zarówno decydentów, jak i opinię publiczną ze stanu „iluzji prawdy”, pokazując stan faktyczny tego segmentu gospodarowania odpadami w Polsce. Oczywiście, przyjemniej i łatwiej żyje się w stanie pięknej ułud niż „skrzeczającej rzeczywistości”, jednak tylko odrzucenie kłamstwa, które powtórzone tysiąc razy stało się prawdą, da nam podstawę i punkt wyjścia do poważnej refleksji nad dalszym losem zużytych opon.

mgr inż. Andrzej Kubik

wiceprezes Zarządu

Polskiego Stowarzyszenia Recyklerów Opon

Gumat – lider w produkcji pierścieni OP w Polsce



Firma Gumat jest jednym z czołowych producentów wyrobów gumowych w Polsce, wyróżniając się na rynku dzięki innowacyjnemu podejściu i szerokiemu zakresowi produkcji. Specjalizuje się w wytwarzaniu pierścieni OP oraz różnego rodzaju uszczelnień technicznych, które znajdują zastosowanie w wielu branżach, takich jak przemysł motoryzacyjny, maszynowy, chemiczny oraz spożywczy.

Gumat stawia na najwyższą jakość swoich produktów, co osiąga dzięki stosowaniu zaawansowanych technologicznie materiałów w połączeniu z nowoczesnymi technologiami wytwarzania. W procesie produkcji wykorzystuje między innymi kauczuk syntetyczny, silikon oraz inne tworzywa o wyjątkowych właściwościach mechanicznych i termicznych. Dzięki temu produkty firmy Gumat charakteryzują się dużą trwałością, odpornością na wysokie temperatury oraz agresywne środowiska chemiczne.

Jednym z kluczowych elementów, który wyróżnia firmę Gumat na tle konkurencji, jest posiadanie najnowocześniejszej

w Polsce linii do produkcji pierścieni OP. Nowoczesne urządzenia oraz zaawansowane procesy technologiczne pozwalają na produkcję pierścieni o najwyższej precyzji i jakości, co przekłada się na zadowolenie klientów oraz ich lojalność wobec marki.

Innowacyjność to kolejny aspekt, na który firma Gumat kładzie duży nacisk. Stale inwestuje w rozwój technologiczny, prowadząc badania nad nowymi materiałami oraz optymalizując procesy produkcyjne. Dzięki temu jest w stanie sprostać rosnącym wymaganiom rynku oraz oferować produkty dostosowane do indywidualnych potrzeb klientów.

Firma Gumat posiada wdrożony zintegrowany system zarządzania jakością, zgodny z międzynarodowymi normami IATF 16949, ISO 9001 oraz ISO 14001. Dzięki temu zapewnia najwyższy standard produkcji, dbając jednocześnie o środowisko.

www.gumat.pl

REKLAMA



PRODUCENT
WYROBÓW GUMOWYCH
I GUMOWO-METALOWYCH

www.gumat.pl

ASORTYMENT

- uszczelki płaskie, kształtowe
- tłoczki, kapturki, podkładki
- wyroby metalowo-gumowe
- osłony gumowe harmonijkowe
- przelotki, przepusty, zaślepki
- pierścienie uszczelniające

- **Produkcja** w technologii wtrysku, cięcia, prasowania, wykrawania
- Dobór materiałów do **wymagań klienta**
- **Doradztwo**, projekt narzędzia, wykonanie narzędzia
- Produkcja na **formach własnych** i powierzonych



Wiązki szybkich elektronów (EB)

Wojciech Głuszewski

W technologiach radiacyjnych symbol EB (Elektron Beam) oznacza przyspieszaną w akceleratorach wiązkę elektronów. Dla celów przemysłowych jest ona najczęściej przemiatana za pomocą skanera na szerokość obrabianego radiacyjnie wyrobu, fot. 1. Przy energiach liczonych w MeV prędkości elektronów są zbliżone do szybkości światła. Jest to jeden z rodzajów promieniowań jonizujących, który znalazł współcześnie wiele zastosowań w: przemyśle, medycynie, rolnictwie, ochronie środowiska i dziedzictwa kulturowego, kosmonautyce, obronności oraz nauce [1]. Za pomocą EB sterylizuje się polimerowe wyroby medyczne, modyfikuje wykonane z poliolefin izolacje przewodów i kabli elektroenergetycznych, sterujących i sygnałowych oraz sieciuje polietylenowe rury do przesyłu ciepłej wody [2]. Nie należy mylić wiązek elektronów z promieniowaniem beta. Terminy β^+ , β^- dotyczą wyłącznie radionuklidów i związane są z emisją neutrino i antyneutrino. Ideę radiacyjnego sieciowania polimerów wykorzystywanych w energetyce wyjaśniono na przykładzie poprawy odporności cieplnej polietylenowych pianek stosowanych w produkcji wałków dylatacyjnych [3].

Promieniowanie jonizujące pozwala w unikatowy sposób dostarczać w dowolnej temperaturze energię w całej objętości materiału. Działa ono na wszystkie składniki proporcjonalnie do ich procentowego udziału, a ściślej mówiąc wkładu elektronowego, tab. 1. Różni się więc zasadniczo od światła w zakresie widzialnym i UV, które wybiera określone związki chemiczne i jest selektywnie pochłanianie przez tzw. grupy chromoforowe. Przykładowo fotostabilizatory i antyutleniające stosowane do ochrony tworzyw polimerowych przed działaniem czynników zewnętrznych nie są praktycznie widoczne dla promieniowania jonizującego. Nie należy więc zamiennie stosować terminów napromieniowany i naświetlany. Pierwszy dotyczy chemii radiacyjnej, drugi fotochemii.

Jednostką dawki pochłoniętej promieniowania jonizującego jest Grej (symbol Gy), czyli średnio 1 J energii na kilogram materii. Typowa dawka potrzebna do sieciowania izolacji kabli to około 100 kGy. Do radiacyjnej sterylizacji wystarcza zwykle 25 kGy. Aby ocenić wielkość zaabsorbowanej w wyniku obróbki radiacyjnej energii, można pochłoniętą dawkę podzielić przez ciepło właściwe wody (około 4 kJ/kg). Do sieciowania polimeru wystarcza więc energia, która podgrzewa wodę jedynie o 25°C. W zasadzie nie powinna ona prowadzić do chemicznych zmian w polimerze. Jednak energia promieniowania odkładana jest w sposób niehomogeniczny tylko w niewielkiej części materiału. Jedno tzw.



Fot. 1. Fragment akceleratorowej instalacji do radiacyjnego sieciowania izolacji kabli elektrycznych. Powyżej skaner przemiatający wiązkę elektronów na szerokość przewijanych na walcach kabli

Tabela 1. Zasięgi elektronów o energii 10 MeV w zależności od gęstości elektronowej materiału

Nazwa materiału	Ciężar właściwy [g/cm ³]	Efektywne liczby atomowe Z_{ef}	Liczba elektronów na 1 g materiału $\times 10^{23}$	Masowa zdolność hamowania dla elektronów 10 MeV [MeVcm ² /g]	Zasięg [g/cm ²]
polietylen	1,00	0,94	5,45	3,44	4,833
polipropylen	1,67	0,902	5,45	3,44	4,915
polistyren	1,06 - 1,10	5,79	3,24	2,06	5,155
PCV	1,35	13,91	3,36	2,06	5,391

gniazdo jonizacji przypada średnio na 100 000 nietkniętych promieniowaniem atomów. Tak więc lokalnie dochodzi do zmian chemicznych charakterystycznych dla chemii wysokotemperaturowej. Warunki panujące w gnieździe jonizacji można porównać do płomienia palnika gazowego przy praktycznie niewielkim wzroście średniej temperatury całej masy tworzywa. Efekt ten wykorzystuje się np. do zimnej konserwacji ziół, przypraw ziołowych, suszonych grzybów i żywności. Niewielka liczba gniazd jonizacji wystarcza do trafienia (inaktywacji) dużych w skali atomowej komórek patogenów. Produkty spożywcze radiacyjnie utrwalane, praktycznie nie zmieniają się pod względem optycznym, smakowym i zapachowym. Alternatywą jest dwukrotne traktowanie np. przypraw ziołowych, parą wodną o temperaturze 120°C. Modyfikacja (utrata) walorów spożywczych dotyczy w tym przypadku całej masy wyrobu, a nie jak w technologii radiacyjnej jej niewielkiego promila.

Unikatowe cechy obróbki radiacyjnej wynikają ze stosunkowo prostego, wydajnego i łatwego w kontroli sposobu tworzenia wolnych rodników. Efekt ten jak już było wspomniane można uzyskać w dowolnej temperaturze nawet w warunkach kriogenicznych. Najważniejsze jego zastosowania to: polimeryzacja monomerów niemożliwa innymi metodami i to w dowolnym stanie skupienia (ciecz, gaz, ciało stałe), prowadzenie polimeryzacji w dowolnej temperaturze (najczęściej otoczenia), otrzymywanie czystych polimerów bez dodatków, np. katalizatorów lub innych domieszek, możliwość polimeryzacji w trudnych technologicznie warunkach (np. wewnątrz części maszyn), sieciowanie tworzywa po jego uformowaniu, modyfikacja powierzchni poprzez naszczepianie, łączenie sterylizacji radiacyjnej z korzystną modyfikacją klejów samoprzylepnych itd.

Promieniowanie wysokoenergetyczne może inicjować polimeryzację wolnorodnikową lub jonową w zależności od warunków eksperymentalnych i rodzaju monomeru. W reakcji wolnorodnikowej etap inicjacji jest niezależny od temperatury, a ogólnie energie aktywacji są znacznie mniejsze niż w procesie inicjowanym chemicznie. Ta właściwość ma praktyczne znaczenie, jeśli reakcja obejmuje mieszanie półstałą. Możliwość polimeryzacji i sieciowania tworzyw sztucznych w dowolnej temperaturze można wykorzystać np. do otrzymywania matryc zabezpieczających i utrwalających substancje zapachowe. Nie ma w tym przypadku potrzeby poddawania lotnych związków działaniu wysokiej temperatury towarzyszącej tradycyjnemu przetwarzaniu tworzyw sztucznych [4].

Współczesne przemysłowe akceleratorzy przyspieszają elektrony w zakresie energii 0,05 - 15 MeV. Większych energii do obróbki radiacyjnej nie można wykorzystywać, chociaż byłoby to wygodne z punktu widzenia zasięgu promieniowania. To formalne ograniczenie zapobiega zjawiskom promieniotwórczości wzbudzonej powstającej w wyniku reakcji fotojądrowych pierwiastków z wysokoenergetycznymi kwantami promieniowania hamowania. Wiązki elektronów dostarczają energię z dużą mocą liczoną w tysiącach kGy/h. W źródłach promieniowania gamma moc dawki jest zwykle w granicach kilku kGy/h. Krótki czas napromieniowa-

nia w przypadku EB ogranicza zjawiska oksydegradacji związane z dyfuzją tlenu do materiału.

Skutkami oddziaływania wysokoenergetycznych elektronów z materią są straty jonizacyjne, które dominują ilościowo, oraz straty radiacyjne (promieniowanie hamowania) mające znaczenie drugorzędne przy optymalnej energii początkowej równej 10 MeV i niskiej liczbie atomowej napromieniowywanego materiału. W przypadku wysokoenergetycznych fotonów (gamma, X) dominuje ilościowo efekt Comptona, a za zjawiska chemiczne odpowiedzialne są comptonowskie elektrony. Tak więc niezależnie od rodzaju zastosowanego promieniowania niemal cała energia jest przekazywana przez elektrony wtórne. Efektywność procesów radiacyjnych zależy istotnie od gęstości elektronowej napromienianego materiału, wielkości zastosowanej dawki promieniowania i od ewentualnej zawartości wody, która w wyniku indukowanej promieniowania radiolizy generuje produkty aktywne chemicznie. W radiacyjnej sterylizacji i zastosowaniach tworzyw polimerowych w energetyce jądrowej podstawowym parametrem jest odporność na działanie promieniowania jonizującego. Warto więc zwrócić uwagę na istotny z tego punktu widzenia ochronny efekt związków aromatycznych w radiolizie polimerów naturalnych i syntetycznych. Można na tej podstawie formułować ogólne wnioski pomocne w wyborze tworzyw sztucznych dla konkretnych zastosowań.

EFEKT OCHRONNY

Główną rolę w zjawiskach ochronnych w chemii radiacyjnej polimerów odgrywa aromatyczny charakter stabilizatorów [5]. Zdolność struktur aromatycznych do rozpraszania energii pozwala zapobiegać tworzeniu się makrorodników w wyniku oderwania atomów wodoru. W ten sposób można już na pierwotnym etapie jonizacji polimeru zapobiegać jego dalszej oksydegradacji [6].

Związki aromatyczne wykazują również działanie ochronne w procesach postradiacyjnej degradacji polimerów. Zmniejszenie liczby grup nadtlennokowych mimo niekiedy ograniczonego działania ochronnego na etapie odrywania atomów wodoru dowodzi, że związki aromatyczne powodują zmiatanie wtórnie powstających wolnych rodników lub ich blokowanie w wyniku reakcji szczepiania.

Lepsze działanie ochronne aromatów zarówno z podstawnikami elektrofilowymi, jak i elektrodonorowymi w porównaniu z pierścieniem benzenowym wskazuje na udział dodatniej dziury w procesie przenoszenia energii. Inaczej mówiąc, możliwy jest transport elektronu z rodnikaonianu aromatycznego lub z cząsteczki aromatu. Pierwszemu mechanizmowi sprzyjają podstawniki elektrofilowe drugiemu elektrodonorowe.

SIECIOWANIE POLIETYLENOWEGO MATERIAŁU KOMÓRKOWEGO (PIANEK)

Dylatacje to celowo utworzone szczeliny w konstrukcji budowlanej, których zadaniem jest zapobieganie nadmiernym naprężeniom, spowodowanym zmianami temperatury oraz obciążeniami eksploatacyjnymi. Do wykonania dylata-



Fot. 2. Polietylenowe pianki ogrzewane 10 min w temperaturze 200°C. Od lewej próbki napromieniowane dawkami 50 i 100 kGy oraz próbka nienapromieniowana

cji można stosować sznury o okrągłym przekroju wykonane z polietylenowej pianki. W przypadku mas budowlanych wylewanych na gorąco (np. asfaltów) kord dylatacyjny powinien w czasie około 10 minut wytrzymać temperaturę do 210°C. Zbadano możliwości podniesienia cieplnej odporności handlowych polietylenowych materiałów izolacyjnych poprzez radiacyjne sieciowanie. Do modyfikacji wykorzystano wiązki elektronów akceleratora Elektronika 10/10 o energii elektronów 10 MeV i mocy 10 kW oraz promieniowanie gamma ze źródła GC 5000 o mocy dawki 2 kGy/h. Zbadano wpływ metody obróbki radiacyjnej, w szczególności mocy dawki i atmosfery napromieniowania, na właściwości materiału. Opisano wpływ mocy dawki na starzenie się napromieniowanych materiałów komórkowych. Do badania radiolizy pianek zastosowano chromatografię gazową, DRS i metody optyczne.

Zastosowano dawki z zakresu od 25 do 250 kGy. Już po dawce 50 kGy pianka wytrzymywała w czasie 10 min temperaturę 200 °C, fot. 2.

Widma DRS powierzchni napromieniowanych materia-



Fot. 3. Widok przekroju polietylenowej pianki po napromieniowaniu dawką 100 kGy

łów wykazują pasma charakterystyczne dla grup karbonylowych w środku łańcucha (230 nm) i na końcu łańcucha (280 nm). W tym ostatnim przypadku są one głównie produktem degradacji. Starzenie zwiększa udział pasm charakterystycznych dla produktów postradiacyjnego utleniania [7].

PODSUMOWANIE

Przykład napromieniowania polietylenowych pianek tłumaczy zasadę korzystnej modyfikacji polimerów poprzez radiacyjne wytworzenia wiązań poprzecznych. Towarzyszy temu oderwanie od łańcuchów atomów wodoru. Uzyskujemy wyrób o lepszych właściwościach dielektrycznych w porównaniu z sieciowaniem chemicznym. Proces jest szybszy, prowadzony na mniejszej przestrzeni, zużywa mniej energii, jest łatwiejszy do kontroli. Ponadto technologia radiacyjna nie wymaga inicjatorów chemicznych ani dodatkowego etapu ogrzewania i umożliwia stosowanie cieńszych warstw polimeru. Tworzywa sztuczne charakteryzują się podwyższoną temperaturą użytkowania, redukcją deformacji pod obciążeniem, wzrostem odporności na chemikalia, substancje żrące i oleje, zwiększoną odpornością na ścieranie, poprawą udarności w niskich temperaturach oraz redukcją zjawiska kapania podczas spalania i ograniczeniem skutków zwarcia.

W przypadku wałków dylatacyjnych można po wykonaniu badań zwiększyć ich termiczną odporność poprzez modyfikację składu materiału polimerowego i użycie różnych gazów spieniających. W pracach naukowych należałoby w szczególności zwrócić uwagę na radiolizę ekspandującego gazu w reakcjach sieciowania wewnątrz komórek. Fot. 3.

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej planuje w dniach 16-17 października organizację XVIII Szkoły Sterylizacji i Mikrobiologicznej Dekontaminacji Radiacyjnej, w trakcie której poruszona zostanie tematyka radiacyjnej modyfikacji polimerów.

LITERATURA

- [1] W. Głuszewski. Zastosowania radiolizy polimerów w energetyce, Nowa Energia, 2022, 1, 49 – 51.
- [2] W. Głuszewski. Radiacyjna sterylizacja polimerowych wyrobów medycznych, Tworzywa Sztuczne w Przemśle, 2025, 1, 81, 68-70.
- [3] W. Głuszewski, Od radiacyjnej sterylizacji do modyfikacji polimerów, Postępy Techniki Jądrowej, 2023, 3, (66), 21-27.
- [4] Głuszewski W, Zagórski Z.P, Rajkiewicz M; Protective Effects in Radiation Modification of Elastomers, Radiation Physics and Chemistry, 2014, 105, 53-56.
- [5] W. Głuszewski, Efekty ochronne w radiolizie naturalnych i syntetycznych polimerów, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 2022, 1, 123, 22-26.
- [6] W. Głuszewski, H. Lewandowska, R. Malinowski, O. Krasieńska, Radiolysis of composite polypropylene/hemp fibers, Nukleonika, 2 (69), 2024.
- [7] W. Głuszewski, Zastosowanie spektroskopii odbiciowej w zakresie ultrafioletowym i widzialnym DRS (UV-VIS) w dozymetrii dużych dawek promieniowania jonizującego, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 2024, 4 (134).

Wojciech Głuszewski

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie

Separacja elektrostatyczna w przetwórstwie tworzyw sztucznych: technologia i parametry procesu

Wiktoria Kanciak, Dorota Czarnecka-Komorowska, Cezary Jędryczka

Tworzywa sztuczne są jednym z materiałów konstrukcyjnych, które powszechnie stosuje się do produkcji rozmaitych wyrobów. Szeroki wybór różnorodnych rodzajów polimerów o różnych właściwościach sprawia, że materiały te mogą służyć do produkcji wyrobów, takich jak opakowania o nieskomplikowanych kształtach, jak również ze względu na właściwości izolacyjne, znalazły zastosowanie np. w branży elektronicznej lub samochodowej. Dzięki swojej wszechstronności, tworzywa sztuczne znajdują zastosowanie zarówno w przedmiotach codziennego użytku, jak i w specjalistycznych komponentach przemysłowych, zapewniając trwałość, lekkość i odporność na zmienne warunki. Materiały polimerowe umożliwiają produkcję wyrobów o dobrych właściwościach użytkowych w przystępnej cenie oraz z stosunkowo małym nakładem energii i surowców [8].

Globalna produkcja tworzyw sztucznych nie maleje ze względu na ich wszechstronne zastosowanie i zróżnicowane właściwości. Zwiększone zużycie tych materiałów powoduje, że liczba odpadów polimerowych nieustannie się zwiększa. W celu ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko naturalne stosuje się proces recyklingu, który umożliwia ponowne wykorzystanie materiałów w procesie produkcji. Recykling tworzyw sztucznych jest interesującym procesem dla producentów, ponieważ pozwala na zmniejszenie kosztów materiałów oraz ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko [1, 21].

Istnieje wiele metod separacji tworzyw sztucznych, które umożliwiają ich efektywny podział na poszczególne frakcje materiałowe [4]. Jako przykład można podać separację ze względu na różnice w gęstości właściwej, właściwości magnetycznych, zwilżalności, jak również różnice w właściwościach chemicznych lub elektrostatycznych [21].

Zastosowanie odzysku materiałów pozwala na oszczędność zasobów naturalnych, ze względu na ponowne użycie materiałów odpadowych w procesach produkcyjnych, w odróżnieniu do pozyskiwania nowych surowców potrzebnych do produkcji. Wymienione działania przynoszą również korzyści ekonomiczne, ponieważ producenci wykorzystują tańszy materiał wsadowy o takich samych lub zbliżonych właściwościach, co w skali roku przynosi znaczne oszczędności dla firmy. Ponowne użycie materiałów pozwala również na poprawę wskaźników środowiskowych zakładów

produkcyjnych poprzez ponowne wykorzystanie tworzyw sztucznych w procesie produkcyjnym [31].

PROCES SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ TWORZYW SZTUCZNYCH

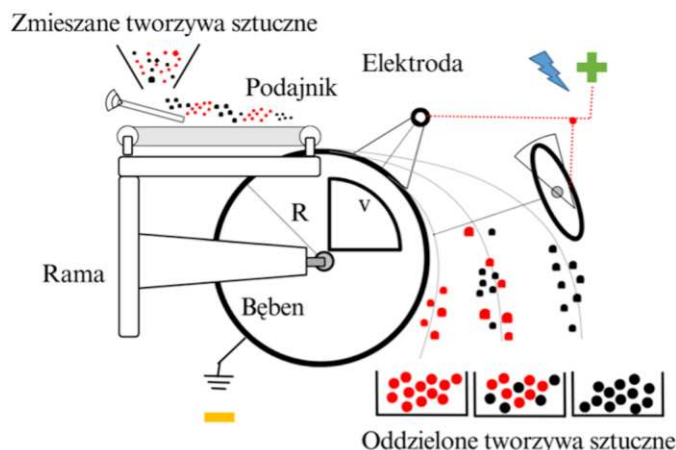
Proces separacji zmieszanych materiałów w przemyśle tworzyw sztucznych jest jednym z dynamicznie rozwijających się obszarów, gdyż poprawne jego przeprowadzenie stanowi kluczowy element w procesie przygotowania materiałów do ich recyklingu [2, 6, 9]. W literaturze przedmiotu istnieje wiele publikacji dotyczących różnych metod oraz dostępnych rozwiązań technologicznych pozwalających na efektywną separację zmieszanych odpadów z tworzyw sztucznych [10].

Rozdzielenie rozdrobnionych tworzyw sztucznych metodą elektrostatyczną polega na podziale na poszczególne strumienie materiałowe, z wykorzystaniem różnicy, pomiędzy poszczególnymi polimerami, we właściwościach elektrycznych [13]. Proces elektryzowania polega na wykorzystaniu różnic we właściwościach elektrycznych materiałów, przede wszystkim zdolności do gromadzenia i odprowadzania ładunku elektrycznego na powierzchni cząstek, który powstaje podczas tarcia z innym materiałem. Metody elektryzowania cząstek dzielą się na kilka głównych typów, w tym, np. [3, 12, 14]:

- elektryzowanie przez indukcję,
- elektryzowanie w polu elektrostatycznym,
- tryboelektryzowanie w postaci mechanicznej,
- elektryzowanie poprzez generowanie strumieni elektronów i jonów podczas wyładowań koronowych.

W procesie separacji elektrostatycznej tworzyw sztucznych najczęściej wykorzystuje się tryboelektryzowanie mechaniczne, polegające na uzyskaniu ładunków dodatnich i ujemnych poprzez wzajemne tarcie dwóch różnych cząsteczek. Następnie naelektryzowany materiał poddaje się procesowi separacji, który jest realizowany w polu elektrostatycznym pomiędzy elektrodą wysokiego napięcia oraz elektrodą uziemioną. W tym celu stosuje się urządzenia do separacji zwane separatorami elektrostatycznymi [2, 6, 12].

Na rysunku 1 i 2 przedstawiono dwa główne typy separatorów, które są najczęściej używane, czyli separatory bębnowe wykorzystujące elektrodę jonizującą oraz separatory swobodne [14].



Rys. 1. Separator elektrostatyczny bębnowy z elektrodą jonizującą

Najczęściej opisywanymi separatorami w literaturze są separatory bębnowe oraz zbliżone konstrukcyjnie separatory taśmowe wyposażone w elektrodę jonizującą materiał wsadowy. W praktyce możliwe jest też wykorzystanie materiału poddanego procesowi tryboelektryzacji [13, 14].

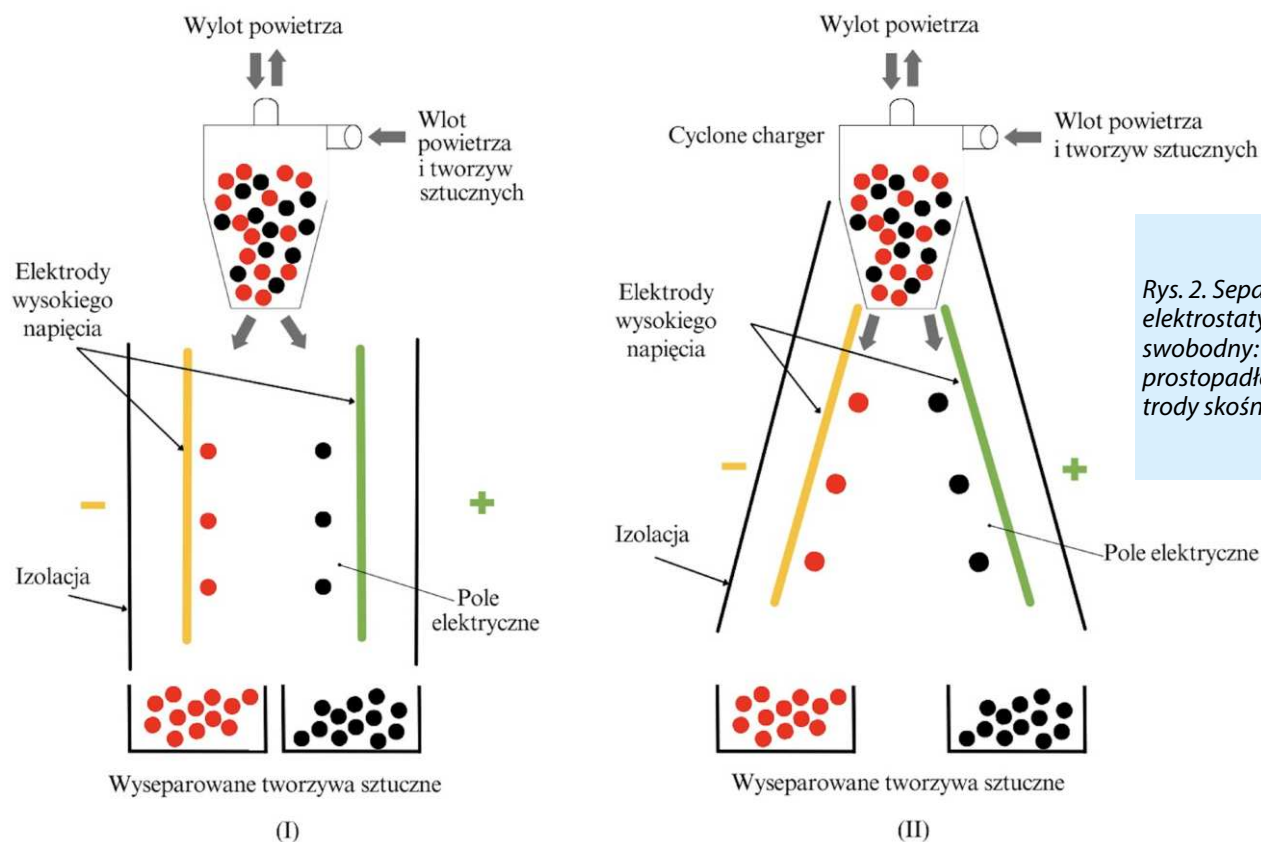
Separator swobodny jest urządzeniem do separacji naelektryzowanych materiałów, gdzie cząstki opadają swobodnie w silnym polu elektrostatycznym utworzonym przez dwie elektrody o różnym potencjale elektrycznym. Najczęściej w separatorze swobodnym stosuje się dwie elektrody

o przeciwnych potencjałach, które wytwarzają pole elektrostatyczne rzędu kilkudziesięciu kilowoltów na metr (kV/m). Po naładowaniu, cząstki są transportowane do elektrod płytkowych przy użyciu różnych metod, jak podajniki gravitacyjne, pneumatyczne lub wibracyjne. Gdy są już w polu elektrycznym generowanym między elektrodami, cząstki o przeciwnym ładunku przyciągają się i są zbierane w odpowiednich pojemnikach. W zależności od sposobu, w jaki urządzenie zostało skonfigurowane, może się zdarzyć, że frakcja zawierająca mieszaninę cząstek obu polimerów będzie zbierana lub nie, co przekłada się na kolejne etapy rozdzielania [14, 17, 23].

OPIS PROCESU SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ

Proces separacji elektrostatycznej można podzielić na trzy etapy, które przedstawiono na schemacie (rys. 3).

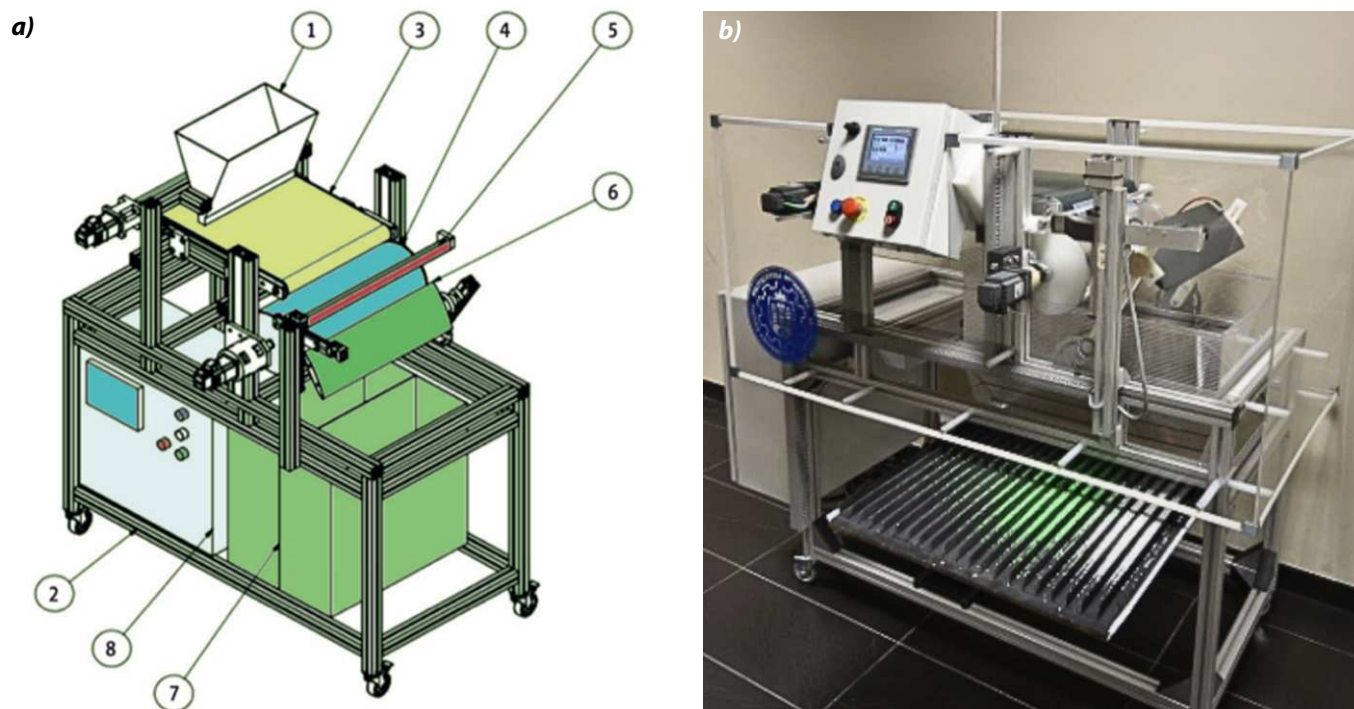
Początkowym etapem procesu jest wstępne rozdrobnienie polimerów na cząsteczki o wielkości ok. 6 mm. Tak przygotowany materiał jest poddawany intensywnemu tarcu, w wyniku tego procesu, na powierzchni polimerów, gromadzą się ujemne lub dodatnie ładunki, w zależności od rodzaju materiału. Rozdzielenie materiału następuje w trakcie gravitacyjnego opadania w polu elektrycznym o dużym natężeniu, podczas którego cząstki materiału przemieszczają się w kierunku odpowiedniej elektrody. W celu zwiększenia efektywności ładowania ciernego, cząstki przed procesem



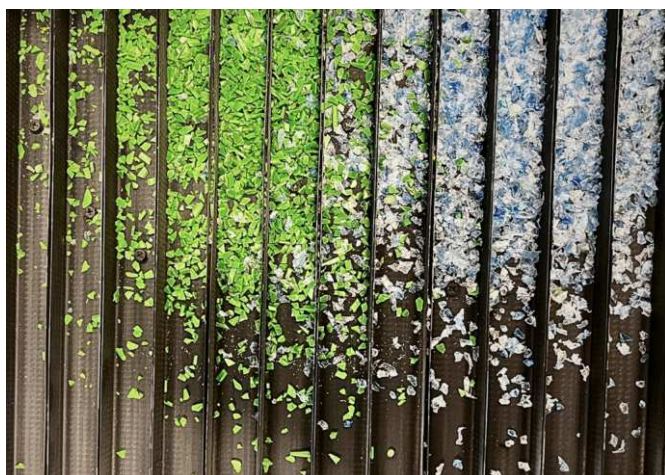
Rys. 2. Separator elektrostatyczny swobodny: elektrody prostopadłe (I), elektrody skośne (II)



Rys. 3. Schemat procesu separacji elektrostatycznej



Rys. 4. Schemat (a) i widok ogólny (b) urządzenia do separacji elektrostatycznej: 1 – lej zasypowy, 2 – aluminiowa rama, 3 – transporter taśmowy, 4 – bęben obrotowy, 5 – elektroda koronowa, 6 – elektroda odchylająca, 7 – zbieracze materiału, 8 – szafa sterownicza. Źródło: [14]



Rys. 5. Przykładowy wynik separacji elektrostatycznej mieszaniny PET/PP. Źródło: opracowanie własne

tryboelektryzacji mogą zostać powleczone substancjami powierzchniowo czynnymi [13, 23].

Rysunek 4 przedstawia przykład urządzenia, za pomocą którego można przeprowadzić proces separacji zmieszanych odpadów tworzyw sztucznych metodą elektrostatyczną, natomiast na rysunku 5 przedstawiono przykładowy wynik separacji elektrostatycznej mieszaniny PET/PP.

PRZYKŁADY PRZEMYSŁOWYCH URZĄDZEŃ PRZEZNACZONYCH DO SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ

W praktyce przemysłowej dostępnych jest wiele rozwiązań technologicznych służących do separacji elektrostatycznej zmieszanych odpadów z tworzyw sztucznych, które porównano w tabeli 1.

Przedstawione przykłady różnią się zastosowanym rozwiązaniem technologicznym, jak również przeznaczeniem

Tabela 1. Porównanie niektórych przemysłowych technologii separacji elektrostatycznej tworzyw sztucznych

Producent	Urządzenie	Przeznaczenie
Prodekologia	Separator elektrostatyczny typu EBS (koronujący)	Mieszanina odpadów tworzyw sztucznych oraz metali [30].
Prodekologia	Separator elektrostatyczny typu EBS-T (tryboelektryczny)	Zmieszane tworzywa: PVC/guma (rozdrobione elementy okienne), PVC/PE (rozdrobione odpady po kablach), PET/PVC (rozdrobione butelki PET), ABS/PS (rozdrobione elementy małych urządzeń AGD), PP/PE (rozdrobione nakrętki oraz butelki plastikowe), a także inne mieszaniny, takie jak: PVC/szkło, PS/PP, PS/PC, PS/SAN, ABS/SAN, ABS/PVC, PET/PP, PE/PS [30].
ARGUS maszyny	Separator elektrostatyczny	Zmieszane tworzywa: ABS/PS/PP/PA, PP/HDPE, ABS/PS, PET/PVC, PC/PMMA, POM/ABS, PA/ABS, PP/ABS, ABS/PS, PA/PBT. Proces ten charakteryzuje się automatyzacją i możliwością sortowania na maksymalnie 4 rodzaje przemiału jednocześnie [29].
Rollbatch	Sorter elektrostatyczny	Sortery elektrostatyczne pozwalają na skuteczne oddzielenie różnych rodzajów tworzyw sztucznych, takich jak: PVC od PET, PET od HDPE, PET od PA itp. [28].
Hamos	Hamos EKS electrostatic plastic separators	Rozdzielenie zmieszanych tworzyw sztucznych, jak również są stosowane do oddzielania niepożądanych zanieczyszczeń z tworzyw sztucznych [27].

do rozdzielania różnych typów materiałów. Wybór odpowiedniego urządzenia zależy od właściwości tworzyw sztucznych, które mają zostać oddzielone podczas separacji, a także od wymagań procesu. Wszystkie wymienione urządzenia zapewniają wydajną i precyzyjną metodę separacji polimerów [1, 19, 23].

PARAMETRY PROCESU SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ ZMIESZANYCH TWORZYW SZTUCZNYCH

Proces separacji elektrostatycznej jest stosowany do oddzielania mieszanin tworzyw sztucznych na podstawie różnic we właściwościach elektrycznych poszczególnych materiałów [6, 16, 20, 24, 26]. Efektywność procesu może być znacznie poprawiona przez odpowiednie dostosowanie parametrów procesu. Do istotnych parametrów, które mają wpływ na efektywność separacji elektrostatycznej mieszaniny tworzyw sztucznych, należy zaliczyć:

- wartość napięcia roboczego (kV),
- prędkość obrotową bębna (obr/min),
- właściwości materiału,
- odległość między elektrodami (mm),
- czas tryboelektryzowania (min) [13].

Wartość napięcia elektrycznego to jedna z najważniejszych zmiennych, które wpływają na proces separacji elektrostatycznej. Zwiększenie wartości napięcia roboczego bezpośrednio powoduje zwiększenie siły elektrostatycznej, co zwiększa skuteczność oddzielania tworzyw sztucznych o różnych właściwościach elektrycznych. Niestety zwiększenie napięcia, z uwagi na możliwość przekroczenia wartości krytycznych natężenia pola elektrycznego, prowadzi do niepożądanych efektów, takich jak przebicia izolacji i występowania wyładowań koronowych, które mogą uszkodzić urządzenie lub wpłynąć negatywnie na efektywność separacji.

Właściwości fizyczne i chemiczne materiałów są kluczowe dla skuteczności procesu separacji elektrostatycznej. Materiały o różnych właściwościach, takich jak gęstość, kształt i wielkość cząsteczek, wymagają różnych parametrów procesu. Poddawany separacji materiał składa się zazwyczaj z różnych cząsteczek, które różnią się od siebie wielkością, kształtem i masą. Wpływa to na ich zachowanie w polu elektrostatycznym, a także na ich zdolność do gromadzenia i odprowadzania ładunku elektrycznego. Cząstki o bardziej regularnych kształtach, takich jak sferyczne, mogą ładować się bardziej przewidywalnie i równomiernie, co ułatwia ich separację. Mniejsze cząstki mają większy stosunek powierzchni do masy, co pozwala na lepsze naładowanie elektrostatyczne. Jednakże, zbyt małe cząstki mogą być trudne do separacji ze względu na ich tendencję do aglomeracji, jak i przylegania do powierzchni elektrod.

Odległość między elektrodami podobnie jak wartość napięcia roboczego bezpośrednio wpływa na wartość natężenia pola elektrycznego w obszarze roboczym i ma również znaczący wpływ na skuteczność oddzielania mieszaniny. Elektrode koronującą odpowiadającą za ładowanie cząstek w separatorach bębnowych należy umieścić w optymalnej odległości od powierzchni bębna. Jeśli elektroda jest umieszczona zbyt blisko, może dojść do przebicia elektrycz-

nego, natomiast umieszczenie jej zbyt daleko skutkuje niedostatecznym naładowaniem cząstek. Podobnie położenie elektrody odchylającej ma istotny wpływ na efektywność procesu.

Prędkość obrotu bębna wpływa na czas przebywania cząstek w polu elektrostatycznym. Optymalna prędkość bębna zapewnia wystarczający czas na oddzielenie cząstek o różnym naładowaniu. Zbyt mała prędkość bębna może prowadzić do aglomeracji cząstek, podczas gdy zbyt duża prędkość obrotowa bębna może uniemożliwić pełne naładowanie i separację. Prędkość podawania materiału wpływa na czas przebywania cząstek w polu elektrostatycznym oraz na ich rozkład w przestrzeni separacyjnej. Zbyt szybkie podawanie może prowadzić do przeciążenia systemu i zmniejszenia efektywności separacji, podczas gdy zbyt wolne może obniżać wydajność całego procesu.

W separatorach swobodnych wykorzystujących proces ładowania ciernego, dłuższy czas kontaktu między cząstkami a powierzchnią tribochargera, czyli urządzenia do triboelektryzacji, może prowadzić do większego naładowania cząstek. Optymalny czas musi być jednak dobrany, aby uniknąć uszkodzenia mechanicznego cząstek materiału, jak również nadmiernego zużycia urządzenia.

Odpowiednie dostosowanie parametrów separacji elektrostatycznej jest kluczowe dla skuteczności tego procesu, a dobór odpowiednich parametrów zależy od właściwości materiału i warunków procesowych [5, 7, 12, 13, 15, 18, 22, 25].

Regulski R. i współautorzy w publikacji pt., "Automated test bench for research on electrostatic separation in plastic recycling application", zaproponowali koncepcję stanowiska służącego do separacji metodą elektrostatyczną zmieszanych tworzyw sztucznych, pochodzących z branży motoryzacyjnej. Separacja elektrostatyczna pozwala na skuteczne oddzielenie metali od tworzyw sztucznych, ale również separację polimerów na pojedyncze frakcje. Zaprojektowane przez autorów zautomatyzowane stanowisko do rozdzielania zmieszanych tworzyw sztucznych, zostało również wyposażone w autorski komputerowy system wizyjny przystosowany do analizy wpływu parametrów na skuteczność przeprowadzanego procesu separacji. Przeprowadzono badania pilotażowe służące określeniu wpływu wartości wysokiego napięcia oraz wpływu położenia elektrody na efektywność procesu separacji w celu określenia parametrów, które pozwolą uzyskać największą efektywność procesu separacji zmieszanych materiałów. Przeprowadzony proces separacji opisaną metodą pozwala na skuteczne wyseparowanie pojedynczych polimerów ze zmieszanych odpadów zawierających poli(metakrylan metylu) (PMMA) i polistyren (PS) [14].

PODSUMOWANIE

Separacja elektrostatyczna zmieszanych tworzyw sztucznych jest ważnym procesem, który umożliwia oddzielenie materiałów na podstawie różnic w ich ładunkach elektrycznych. W artykule przedstawiono charakterystykę procesu separacji elektrostatycznej oraz omówiono wpływ różnych parametrów na jego efektywność. Proces separacji elektrostatycznej tworzyw sztucznych może być skutecznym

sposobem na odzyskiwanie surowców wtórnych, a jego efektywność można zwiększyć poprzez kontrolowanie parametrów i właściwy dobór urządzenia. Wybór odpowiedniego urządzenia zależy od specyficznych wymagań procesu separacji oraz składu mieszaniny, która ma zostać oddzielona. Stosowanie tej metody w recyklingu tworzyw sztucznych może znacząco przyczynić się do bardziej zrównoważonego gospodarowania zasobami i ochrony środowiska.

LITERATURA

- [1] Barbakadze K., Brostow W., Granowski G., Hnatchuk N., Lohse S., Osmanson A.T., Separation of metal and plastic wastes from wire and cable manufacturing for effective recycling, *Resources, Conservation, and Recycling*, t. 139, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.06.022.
- [2] Bedeković G., Salopek B., Sobota I., Elektrostatyczna metoda oddzielania mieszaniny PET/PVC, 2011.
- [3] Benabderrahmane A., Medles K., Zeghloul T., Renoux P., Dascalescu L., Parenty A., Triboelectrostatic separation of brominated flame retardants polymers from mixed granular wastes, w 2019 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2019, doi: 10.1109/IAS.2019.8912375.
- [4] Czarnecka-Komorowska D., Kanciak W., Development of Sink-Float Density Separation Process of Mixed Automotive Plastics for Mechanical Recycling, 2023, doi: 10.1007/978-3-031-22719-6_9.
- [5] Czarnecka-Komorowska D. i in., Concept and Design of the Test Bench for Electrostatic Separation in Plastic Recycling Application, w MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, 2022, doi: 10.1051/mateconf/202235704005.
- [6] Dascalescu L., Zeghloul T., Iuga A., Electrostatic Separation of Metals and Plastics From Waste Electrical and Electronic Equipment, 2016, doi: 10.1016/B978-0-12-803363-0.00004-3.
- [7] Dascalescu L. i in., Factors that influence the efficiency of a fluidized-bed-type triboelectrostatic separator for mixed granular plastics, *J. Phys.: Conf. Ser.*, t. 301, nr 1, 2011, doi: 10.1088/1742-6596/301/1/012066.
- [8] Kozłowski M., Recykling tworzyw sztucznych w Europie: praca zbiorowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2006.
- [9] Li J., Wu G., Xu Z., Tribo-charging properties of waste plastic granules in process of tribo-electrostatic separation, *Waste Management*, t. 35, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2014.10.001.
- [10] Li L., Liu G., Pan D., Wang W., Wu Y., Zuo T., Overview of the recycling technology for copper-containing cables, *Resources, Conservation and Recycling*, t. 126, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.07.024.
- [11] Lyskawinski W. i in., Tribo-Electrostatic Separation Analysis of a Beneficial Solution in the Recycling of Mixed Poly(Ethylene Terephthalate) and High-Density Polyethylene, *Energies*, t. 14, nr 6, 2021, doi: 10.3390/en14061755.
- [12] Prawatya Y., Neagoe B., Zeghloul T., Dascalescu L., Comparison between the surface-electric-potential characteristics of tribo- and corona-charged polymers, *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, 2015, doi: 10.1109/IAS.2015.7356756.
- [13] Reguiski R., Czarnecka-Komorowska D., Sędziak D., Jędryczka C., Netter K., Rybarczyk D., Zautomatyzowane stanowisko do badania efektywności separacji elektrostatycznej tworzyw sztucznych, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych, 2020.
- [14] Reguiski R. i in., Automated test bench for research on electrostatic separation in plastic recycling application, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, t. 69, nr 2, s. e136719-10, 2021, doi: 10.24425/bpasts.2021.136719.
- [15] Richard G., Ragab A., Medles K., Zeghloul T., Dascalescu L., Comparative study of three high-voltage electrode configurations for the electrostatic separation of aluminum, copper and PVC from granular WEEE, *Journal of Electrostatics*, t. 88, 2017, doi: 10.1016/j.elstat.2016.12.022.
- [16] Rodrigues B.M., Saron C., Electrostatic separation of polymer waste by tribocharging system based on friction with PVC, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, t. 19, nr 3, 2022, doi: 10.1007/s13762-021-03229-x.
- [17] Rybarczyk D. i in., Assessment of the Electrostatic Separation Effectiveness of Plastic Waste Using a Vision System, *Sensors*, 2020, Vol.20.
- [18] Samuila A., Dascalescu L., Calin L., Bilici M., Catinean A., Recent researches in electrostatic separation technologies for the recycling of waste electric and electronic equipment, zaprezentowano na AIP Conference Proceedings, 2020, doi: 10.1063/5.0001074.
- [19] Silveira A.V.M., Santana M.P., Tanabe E.H., Bertuol D.A., Recovery of valuable materials from spent lithium ion batteries using electrostatic separation, *International Journal of Mineral Processing*, t. 169, 2017, doi: 10.1016/j.minpro.2017.11.003.
- [20] Silveira A., Cella M., Tanabe E., Bertuol D., Application of tribo-electrostatic separation in the recycling of plastic wastes, *Process Safety and Environmental Protection*, t. 114, 2018, doi: 10.1016/j.psep.2017.12.019.
- [21] Wang C., Wang H., Fu J., Liu Y., Flotation separation of waste plastics for recycling—A review, *Waste Management*, t. 41, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.03.027.
- [22] Zeghloul T., Mekhalef Benhafssa A., Richard G., Medles K., Dascalescu L., Effect of particle size on the tribo-aero-electrostatic separation of plastics, *Journal of Electrostatics*, t. 88, 2017, doi: 10.1016/j.elstat.2016.12.003.
- [23] Żenkiewicz M., Żuk T., Błaszowski M., Separacja elektrostatyczna mieszanin polimerowych o różnych zawartościach PVC i PLA, *Przetwórstwo Tworzyw*, t.20, nr 2 (158), 2014.
- [24] Żenkiewicz M., Żuk T., Pietraszek J., Modelowanie procesów separacji elektrostatycznej mieszanin poli(ε-kaprolaktonu) z poli(chlorkiem winylu) lub poli(tereftalanem etyleny), *Przemysł Chemiczny*, nr T. 95, nr 9, 2016, doi: 10.15199/62.2016.9.6.
- [25] Żenkiewicz M., Żuk T., Physical basis of tribocharging and electrostatic separation of plastics, *Polimery*, t. 59, 2014, doi: 10.14314/polimery.2014.314.
- [26] Żuk T., Pietraszek J., Żenkiewicz M., Modelowanie procesu separacji elektrostatycznej wybranych mieszanin polimerowych, *Polimery*, t. 61, nr 7–8, nr 7–8, 2016, doi: 10.14314/polimery.2016.519.
- [27] <https://en.hamos.com/produkte/elektrostatische-kunststoff-kunststoff-separatorenhamos-eks> (dostęp 29.04.2014).
- [28] <http://www.rolbatch-laabs.de/sortery-elektrostatische/> (dostęp 29.04.2014).
- [29] <https://argusmaszyny.com/recykling/electrostatic-separator/> (dostęp 29.04.2024).
- [30] <https://prodecolog.com.pl/> (dostęp 27.04.2024).
- [31] <https://www.stenarecycling.pl> (dostęp 27.04.2024).

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w publikacji pt. „Międzynarodowa Innowacyjność i Konkurencyjność w XXI wieku; Aspekty Innowacyjne” 2024, Fundacja Innowacji i Nowoczesnych Technologii, s. 33 – 46.

mgr inż. Wiktoria Kanciak¹, dr hab. inż. Dorota Czarnecka-Komorowska, prof. PP¹, dr hab. inż. Cezary Jędryczka, prof. PP²

1 – Politechnika Poznańska Wydział Inżynierii Mechanicznej

2 – Politechnika Poznańska, Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

Akademia Rolbatch: wiedza dla przetwórców i recyklerów dostępna online 24/7

Szkolenia, które eliminują błędy na produkcji, zwiększają efektywność i nie wymagają ani delegacji, ani przestojów w pracy.

W każdej firmie zajmującej się przetwórstwem lub recyklingiem tworzyw sztucznych są momenty, które kosztują więcej, niż się wydaje. Błąd operatora. Niedoprecyzowane ustawienia maszyny. Brak wiedzy o właściwościach surowca. Z pozoru drobiazg – w praktyce przestój, odpad, opóźnienie dostawy. W takich sytuacjach okazuje się, że największym kosztem jest brak dobrze wdrożonego pracownika, bo nawet najlepszy sprzęt nie zastąpi wiedzy.

Właśnie dlatego powstała Akademia Rolbatch – nowoczesna platforma szkoleniowa online, zaprojektowana specjalnie dla branży przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych. Jej celem jest zwiększenie kompetencji zespołu bez przerywania produkcji i bez konieczności organizowania kosztownych delegacji.

SZKOLENIA, KTÓRE REALNIE ROZWIĄZUJĄ PROBLEMY

Zamiast ogólnych teorii – konkretne przykłady. Zamiast jednodniowego kursu, po którym nikt nic nie pamięta – dostęp do wiedzy przez całą dobę, przez wiele tygodni. Szkolenia Akademii Rolbatch można realizować w dowolnym czasie, w rytmie dostosowanym do możliwości pracownika.

DLA KOGO SĄ TE KURSY?

- Dla operatorów maszyn, którzy chcą rozumieć, co dzieje się z materiałem i jak unikać błędów.
- Dla technologów, którzy chcą optymalizować procesy i ograniczać odpady.
- Dla kierowników i dyrektorów produkcji, którzy odpowiadają za wyniki linii.
- Dla działów handlowych i marketingu, które muszą rozumieć produkt, by lepiej go sprzedawać.
- Dla zarządów i działów finansowych, które chcą mieć wpływ na jakość i koszty pracy zespołu.

ZAKRES TEMATYCZNY

Akademia Rolbatch oferuje szkolenia w zakresie m.in.:

- Wytłaczania i wtrysku tworzyw sztucznych,
- Recyklingu przemysłowego i analizy surowców,
- Materiałoznawstwa,
- Badań laboratoryjnych tworzyw,
- Rozwiązywania błędów produkcyjnych (troubleshooting),
- Onboardingu nowych pracowników,
- Wsparcia dla działów handlowych i marketingowych.

Szkolenia są podzielone na poziomy: podstawowy,



średniozaawansowany i zaawansowany, co pozwala dopasować je do poziomu wiedzy uczestnika.

Wybrane kursy, m.in. dotyczące Dyrektywy Maszynowej 2006/42/WE, oznakowania CE i oceny ryzyka, są dodatkowo wspierane przez doradcę PERUN – aplikację opartą na AI i autorskiej bazie wiedzy Rolbatch.

JAK WYGLĄDA NAUKA?

Każdy uczestnik ma własny dostęp do platformy i może realizować kurs w indywidualnym tempie. Materiały szkoleniowe obejmują:

- wideo z omówieniem zagadnień,
- PDF-y i notatki,
- quizy sprawdzające wiedzę.

Po ukończeniu kursu uczestnik otrzymuje certyfikat lub dyplom potwierdzający znajomość tematu – w zależności od uzyskanego wyniku. W razie potrzeby można wielokrotnie wracać do omawianych treści, co jest szczególnie pomocne przy bardziej skomplikowanych tematach.

BEZ STRESU, BEZ PRZERWY W PRODUKCJI, BEZ UKRYTYCH KOSZTÓW

Zarząd nie musi reorganizować zmian. Kierownik nie musi zdejmować ludzi z produkcji. Pracownik nie musi udawać, że wszystko rozumie – może zatrzymać wideo, powtórzyć fragment, przeanalizować materiał w PDF-ie.

To wszystko bez delegacji, bez hoteli, bez diet i bez strat w pracy zakładu.

AKADEMIA ROLBATCH TO INWESTYCJA W WIEDZĘ, KTÓRĄ SIĘ ZWRACA

Błędy kosztują. Zatrzymania linii kosztują. Reklamacje kosztują. A szkolenie jednego pracownika kosztuje znacznie mniej niż jedna zmarnowana zmiana. Dlatego warto wdrożyć system szkoleń, który jest dostępny zawsze wtedy, gdy jest potrzebny.

Sprawdź ofertę i przekonaj się, że można szkolić zespół skutecznie – bez zbędnych wydatków i przestojów.

Rolbatch Laabs Academy
Dr Magdalena Laabs

www.rolbatch.eu
www.rolbatch-laabs.de

Techniczne i praktyczne aspekty mieszania surowców z wykorzystaniem mieszalników pionowych

Branża recyklingu i przetwórstwa tworzyw sztucznych dynamicznie się rozwija, a jednym z kluczowych elementów efektywnej produkcji jest niezawodne mieszanie surowców – od przemiału, przez granulaty, po proszki i dodatki. Firma Sobmetal, od lat obecna na rynku przemysłowym, odpowiada na te potrzeby, oferując nowoczesne mieszalniki pionowe, które sprawdzają się w najbardziej wymagających warunkach produkcyjnych.

Mieszalniki Sobmetal zostały stworzone z myślą o przedsiębiorstwach, które oczekują nie tylko wydajności, ale i precyzji. Ich spawana stalowa konstrukcja zapewnia stabilność, a starannie dobrane materiały – w tym możliwość wykonania ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej – gwarantują odporność na intensywną eksploatację. Co więcej, warstwa zewnętrzna urządzenia pokryta jest powłoką lakierniczą, której kolor może być dopasowany do indywidualnych preferencji zamawiającego.

Wersje o pojemności od 500 do 12 000 kg, przy wysokości mieszczącej się w przedziale 2,5–6 metrów, pozwalają dopasować urządzenie do wymagań zakładu, niezależnie od skali produkcji. To, co wyróżnia pionowe mieszalniki Sobmetal, to centralnie umieszczony ślimak mieszający, który gwarantuje dokładne i szybkie łączenie komponentów. Dzięki kompaktowej konstrukcji urządzenie zajmuje niewiele miejsca, co jest dużą zaletą w halach, gdzie przestrzeń jest na wagę złota.

Możliwość automatycznego załadunku materiału - z big-

-baga lub zbiornika buforowego – oraz pełna automatyzacja procesu mieszania przy użyciu dedykowanego oprogramowania sprawiają, że cały proces jest intuicyjny i powtarzalny. System umożliwia pracę w oparciu o zdefiniowane receptury, co zwiększa efektywność i eliminuje ryzyko błędów.

Mieszalniki wyposażone są w okienka rewizyjne, zawory odcinające, wyczystki, dolny otwór do inspekcji oraz duży właz górny, co ułatwia czyszczenie i konserwację. Nóż podcinający zapobiega zawieszaniu się materiału w zbiorniku, a jako opcja dodatkowa dostępne jest także wyciszenie konstrukcji, które podnosi komfort pracy w hałaśliwych środowiskach przemysłowych. Wśród dodatkowych rozwiązań warto wymienić również elektroniczną wagę pod mieszalnik, która umożliwia precyzyjne naważanie składników.

Urządzenia Sobmetal już dziś pracują w wielu zakładach przetwórczych w całej Polsce, zdobywając pozytywne opinie za trwałość, niezawodność i intuicyjną obsługę. Doskonale sprawdzają się w połączeniu z dużymi wtryskarkami i wylączarkami. Każdy mieszalnik dostarczany jest z kompletem dokumentacji, instrukcją obsługi, oznaczeniem CE oraz z transportem bezpośrednim do klienta.

Sobmetal to nie tylko producent, ale także partner, który wspiera swoich klientów na każdym etapie – od doboru urządzenia, przez wdrożenie i serwis, aż po doradztwo technologiczne. W dobie rosnących wymagań rynku, mieszalniki Sobmetal stanowią wybór, który się po prostu opłaca.

REKLAMA



Mieszalniki Sobmetal



Niezawodne rozwiązania dla recyklingu

- Pojemność od 500 do 12 000 kg
- Automatyczne sterowanie i monitoring
- Współpraca z wylączarkami i wtryskarkami
- Opcja wykonania ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej
- Załadunek z worków big-bag lub zbiorników buforowych
- Pneumatyczne dysze ssące i okienka rewizyjne



Sobmetal Bracia Sobańscy | Jutrosin, Rogożewo 23 A
T. 606 976 197, 606 730 586 | biuro@sobmetal.pl

www.sobmetal.pl

Termiczno-katalityczny rozkład polietylenu niskiej gęstości

Piotr Trochimczyk, Piotr Jaworucki, Krzysztof Krawczyk

Duże ilości zanieczyszczeń składowanych na wysypiskach wynikają głównie ze wzrostu poziomu życia i rozwoju przemysłu, szczególnie produkującego opakowania z tworzyw sztucznych, które stanowią poważny problem dla środowiska i dla organizmów żywych [1]. Ponieważ brakuje organizmów, które rozkładają tworzywa, mogą one przebywać w środowisku nawet do tysiąca lat [2]. Poważnym problemem jest również tzw. mikroplastik, który tworzą cząsteczki tworzywa sztucznego o średnicy mniejszej niż 5 µm. Jest on bardzo rozpowszechniony w środowisku wodnym, szczególnie w rzekach, gdzie oddziałuje na florę i faunę [3]. W 2020 roku światowa produkcja tworzyw sztucznych wynosiła 367 mln ton, podczas gdy w 2015 roku tylko 335 mln ton. W 2020 roku w Europie do recyklingu zebrano i skierowano około 10,2 mln ton tworzyw sztucznych [4]. Jednym ze sposobów eliminacji tworzyw sztucznych jest recykling, który polega na przetwarzaniu odpadów powstałych w procesie produkcyjnym ukierunkowanym na wytworzenie produktu o pierwotnym przeznaczeniu lub innym [5]. Recykling można podzielić na trzy kategorie:

- recykling materiałowy;
- recykling termiczny;
- recykling surowcowy.

Recykling materiałowy polega na granulacji odpadowego tworzywa i ponownym jego wykorzystaniu [5]. Najczęściej wykorzystuje się odpad, który wciąż ma odpowiednie parametry fizykochemiczne zapewniające wymaganą jakość produktu.

W recyklingu termicznym wykorzystuje się odpady o różnych właściwościach fizykochemicznych [6]. Jest to rozkład termiczny bądź chemiczny surowców (odpadów polimerowych) prowadzący do odzyskania cząsteczek monomeru lub innych surowców chemicznych [7, 8]. Zaletą tej metody jest możliwość zastosowania jej dla wszystkich rodzajów tworzyw sztucznych, bez potrzeby wstępnej segregacji, mycia czy też usuwania innych substancji organicznych, które mogą pochodzić np. z naklejek papierowych lub opakowań. Uzyskane produkty mogą być wykorzystywane jako paliwa stałe, ciekłe i gazowe albo jako surowce chemiczne. W ramach recyklingu termicznego wyróżniamy cztery procesy, takie jak: piroliza, hydrokraking, zgazowanie oraz spalanie [7, 9, 10].

W procesie pirolizy tworzywa są ogrzewane gorącym ga-

zem inertnym w atmosferze beztlenowej [2]. W trakcie tego procesu odpadowe tworzywa przechodzą w frakcję ciekłą, stałą lub gazową (lotną) [9, 10]. Strumień produktów zawiera szeroką gamę węglowodorów – parafiny, olefiny, aromaty i naftaleny [11]. Opisanych jest wiele metod pirolizy, które różnią się m.in. warunkami prowadzenia procesu, np. temperaturą. Dla większości polimerów termiczna degradacja rozpoczyna się już w zakresie temperatur od 150°C do 200°C, a koniec osiągany jest w okolicach 400°C, nie licząc żywic poliestrowych, fenolowych i mocznikowych, których rozkład kończy się dopiero w temperaturach od 600°C do 800°C. Pirolizę można też podzielić na katalityczną i nekatalityczną.

W trakcie reakcji pirolizy pod wpływem wysokiej temperatury, w warunkach beztlenowych długie łańcuchy polimerowe, z których zbudowane są tworzywa sztuczne, ulegają pęknięciu w sposób losowy [7, 12].

Mechanizm pirolizy składa się z trzech etapów:

- inicjacja – proces rozpoczyna się od homolitycznego rozpadu wiązań chemicznych w polimerze pod wpływem dostarczonej energii cieplnej. Powstają wówczas wolne rodniki, czyli cząsteczki z niesparowanym elektronem, które są bardzo reaktywne;
- propagacja – wolne rodniki atakują kolejne wiązania w łańcuchu polimerowym, powodując ich pękanie i tworzenie nowych rodników. Ten proces powtarza się wielokrotnie, prowadząc do coraz większej fragmentacji łańcucha;
- terminacja – reakcja kończy się, gdy dwa rodniki łączą się ze sobą, tworząc stabilny związek.

Piroliza katalityczna jest rozkładem termicznym tworzyw sztucznych (najczęściej poliolefin) w paliwa w obecności katalizatorów. Najbardziej aktywne w tym procesie są zeolity [9]. Kundan i wsp. [2] ustalili optymalne warunki procesu rozkładu LDPE, stosując tlenek glinu (korundu) jako katalizator. Pirolizę LDPE z odpadów prowadzono w 350°C bez obecności tlenu w minireaktorze. Największe ilości benzyny otrzymano przy zastosowaniu 10% masowych katalizatora, temperatury 465°C oraz prowadząc proces przez 36 minut. Te trzy parametry stanowią optymalne warunki procesu katalitycznego przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych w płynne paliwo [2]. Przedstawiono również możliwości zastosowania instalacji do przetwarzania tworzyw sztucznych w gaz palny i paliwo. W badaniach stosowano katalizator (CaCl₂, Al₂O₃, ZSM5) w zakresie od 350°C do 500°C, a proces prowadzono przez 65 minut. Produkty przemiany mogą być

zastosowane w generatorach elektrycznych diesla, do podgrzewania wody i powietrza. Metoda ta została uznana za bardzo opłacalną i przyjazną dla środowiska [13]. Do termokatalitycznego rozkładu tworzyw sztucznych z PE, PP oraz PS stosowano katalizator zawierający 50% Ni lub Ni-Co (40%, 10%) na nośniku z tlenku lantanu (La_2O_3) [14] i katalizator CoMo/MgO [15]. Do pirolizy katalitycznej można wykorzystać także katalizator NiCoMnO_4 w postaci proszku [16, 17].

W procesie pirolizy niekatalitycznej polietylenu HDPE lub LDPE Miller uzyskiwał olej [18]. W badaniach laboratoryjnych reakcja była prowadzona przez 1 godzinę i udało się uzyskać całkowitą konwersję HDPE. W wyniku optymalizacji procesu stwierdzono, iż znaczną przemianę tworzywa można otrzymać w temperaturze od 500°C do 550°C oraz prowadząc proces od 30 minut do 60 minut. Machiraju i Harinath zastosowali pirolizę bez katalizatora w 275°C i prowadzili ekstrakcję płynnego paliwa jako produktu z pirolizy odpadów. W gazie po procesie otrzymali m.in. wosk oraz olej pirolityczny [19].

Demirbaş badał niekatalityczną pirolizę odpadów z PE, PP i PS w celu określenia wydajności produktów pirolizy. Produkty pirolizy zawierały niekondensujące substancje gazowe, smoliste ciecze, produkty degradacji wosku oraz stałe pozostałości [20].

Na podstawie wyników badań stwierdzono, iż z odpadów zawierających polistyren można uzyskać większą ilość produktów ciekłych (styren jako dominujący produkt w fazie ciekłej), a z poliolefin (polietylen i polipropylen) więcej gazowych. Wydajności parafin oraz olefin z PE oraz PP były wyższe niż dla odpadów z PS [20].

Opisane w literaturze rodzaje recyklingu różnią się metodyką, otrzymywanymi produktami oraz celami przetworstwa surowca. Spalanie służy jedynie otrzymaniu energii, recykling materiałowy pozwala na zgranulowanie tworzywa w celu jego ponownego wykorzystania, a w wyniku pirolizy otrzymuje się szeroką gamę produktów. W ich skład wcho-

dą m.in. monomery wykorzystane w celu wytworzenia surowca do pirolizy (odzyskanie monomeru), a także cięższe produkty (benzyna ciężka, olej ciężki), które mogą mieć zastosowanie do produkcji paliw. Jednakże optymalna forma przetwarzania plastikowych odpadów na drodze pirolizy nie jest jeszcze znana.

Celem przeprowadzonych badań było zaprojektowanie i wykonanie reaktora do pirolizy tworzyw sztucznych oraz określenie parametrów, które pozwolą otrzymać produkty do ponownego zastosowania w przemyśle. W wykonanym reaktorze przeprowadzono badania procesu pirolizy, w których stosowano katalizator, którego fazą aktywną był metaliczny nikiel oraz kobalt. Stosowano katalizator o różnym uziarnieniu. Piroliza tworzyw sztucznych była prowadzona w temperaturach od 400°C do 600°C pod ciśnieniem atmosferycznym z wykorzystaniem LDPE. Wykonano również badania procesu pirolizy w układzie z Al_2O_3 . Zbadano także wpływ temperatury na przebieg procesu pirolizy i wydajności przemiany do gazu i wosku.

METODYKA BADAŃ – CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

Rozkład tworzyw sztucznych badano w reaktorze ze stali kwasoodpornej pod normalnym ciśnieniem (rys. 1). Reaktor został wykonany z rury o średnicy 20 mm i długości 360 mm. W górnej części reaktora znajduje się pokrywa z termoparą oraz wylot gazów i par. Gazy i wosk (po rozpuszczeniu w toluenie) powstałe w wyniku pirolizy były analizowane za pomocą chromatografu gazowego (GC-MS) Thermo Scientific Trace 1300.

Podczas wyboru katalizatorów wzięto pod uwagę wyniki wcześniejszych badań [21] oraz dane z literatury dotyczące pirolizy katalitycznej tworzyw sztucznych. Fazę aktywną katalizatorów nanoszono na rozdrobniony, przemysłowy nośnik Al_2O_3 o średnicy od 0,69 mm do 1,9 mm i od 0,16 mm do 0,69 mm. Proces rozkładu tworzyw sztucznych prowadzono w azocie o natężeniu przepływu 2 Nl/h.

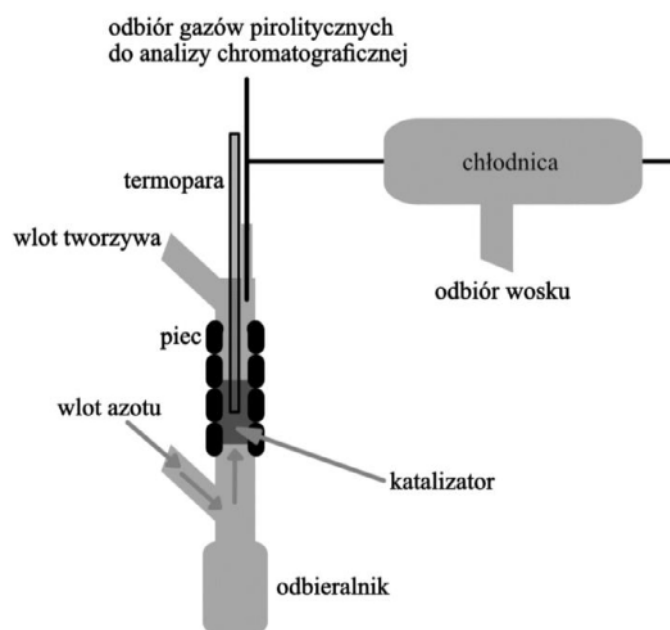
OTRZYMYWANIE KATALIZATORÓW

Katalizatory zostały wykonane metodą impregnacji, w której fazę aktywną naniesiono na $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Pechiney). Stosowano cztery katalizatory:

- 10% $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ o średnicy ziaren od 0,69 mm do 1,9 mm;
- 10% $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ o średnicy ziaren od 0,16 mm do 0,69 mm;
- 10% $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ o średnicy ziaren od 0,69 mm do 1,9 mm;
- 10% $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ o średnicy ziaren od 0,16 mm do 0,69 mm.

Katalizatory zawierające 10% wag. metalu na nośniku $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Pechiney) zostały uzyskane poprzez suchą impregnację. Jako prekursorów aktywnej fazy niklu i kobaltu użyto odpowiednich azotanów. Po impregnacji katalizatory suszono w temperaturze 90°C przez 24 godziny, a następnie kalcynowano w temperaturze 550°C przez 5 godzin. Ostatnim etapem syntezy katalizatorów była redukcja tlenków niklu i kobaltu za pomocą czystego wodoru. Proces ten prowadzono przez 20 godzin w temperaturze 400°C.

Katalizatory o objętości 4,5 cm³ umieszczano w reaktorze na siatce ze stali kwasoodpornej (wysokość warstwy wynosiła ok. 2 cm). Powierzchnię BET otrzymanych katalizatorów



Rys. 1. Schemat aparatury do rozkładu tworzyw sztucznych (opracowanie własne)

Tabela 1. Całkowite powierzchnie właściwe zsyntezowanych katalizatorów. Źródło: opracowanie własne

Katalizator	Ni/Al ₂ O ₃ gruboziarnisty	Co/Al ₂ O ₃ gruboziarnisty	Ni/Al ₂ O ₃ drobnoziarnisty	Co/Al ₂ O ₃ drobnoziarnisty
SBET [m ² /g]	180,8	187,4	194,5	186,5

zmierzono przy użyciu aparatu Micromeritics ASAP 2020 (tabela 1).

UKŁAD EKSPERYMENTALNY I WARUNKI EKSPERYMENTU

Badania pirolizy tworzyw sztucznych wykonano w zaprojektowanym reaktorze (rys. 1) z wykorzystaniem regranulatu LDPE o średnicy ok. 0,3 mm (rys. 2).

Po wprowadzeniu do reaktora katalizatora lub nośnika przed rozpoczęciem ogrzewania przepłukiwano wnętrze reaktora gazem inertnym (azotem) przez 15 minut. Miało to na celu uzyskanie atmosfery beztlenowej w reaktorze. W kolejnym etapie rozpoczęto ogrzewanie reaktora do zadanej temperatury (400°C, 500°C i 600°C) za pomocą pieca oporowego. Po osiągnięciu oczekiwanej temperatury dozowano odważoną ilość surowca.

W trakcie procesu w odbiorniku zbierano frakcję ciężką i woskową, a z otworu w pokrywie reaktora pobierano strzykawką próbki gazowe. Skład chemiczny zebranych próbek był analizowany za pomocą chromatografu sprzężonego ze spektrometrem masowym (GC-MS). W trakcie prowadzenia procesu dokonywano też kontroli czasu trwania pirolizy, polegającej na regularnym ważeniu odbiornika z produktami. Jeżeli jego masa nie ulegała zmianie, przerywano proces. W ten sposób uzyskiwano informację, ile otrzymywano frakcji ciekłej, co pozwalało obliczyć wydajność przemiany LDPE w woski.

WYNIKI – PIROLIZA NIEKATALITYCZNA

Pirolizę niekatalityczną prowadzono stosując γ -Al₂O₃ i temperaturę 400°C, 450°C oraz 500°C w układzie przedstawionym na rysunku 1. Na podstawie obserwacji i wyników analiz chromatograficznych stwierdzono, że w niższych temperaturach (400°C) w reaktorze pozostaje nieprzereagowany LDPE, a w skład gazu i cieczy opuszczających reaktor wchodzi głównie liniowe i rozgałęzione parafiny C₆-C₁₉ oraz olefiny C₅-C₁₉. W temperaturze 500°C obserwowano już tylko niewielkie ilości pozostałości stałych, a w gazach i cieczy olefiny C₉-C₂₆ oraz parafiny C₉-C₂₄. W cieczy uzyskanej w temperaturze 450°C stwierdzono małe ilości dienów C₁₂-C₁₄ i parafin posiadających 38 atomów węgla w łańcuchu. Po zakończonym procesie na nośniku obserwowano depozyt węglowy. W każdym z eksperymentów otrzymano stałą, ciemną pozostałość na dnie reaktora, która była stopionym surowcem.

Porównując produkty po pirolizie otrzymane w różnych temperaturach, stwierdzono, że im wyższa temperatura,

tym:

- mniej stałej, ciemnej pozostałości na dnie reaktora;
- większy strumień gazów opuszcza reaktor;
- bardziej żółty i mniej lotny wosk uzyskiwano w skraplaczu.

PIROLIZA KATALITYCZNA

Pirolizę katalityczną LDPE przeprowadzono w temperaturach od 400°C do 600°C z użyciem czterech wytworzonych katalizatorów (tabela 1).

Co/Al₂O₃ GRUBOZIARNISTY

Pirolizę z wykorzystaniem Co/Al₂O₃ o średnicy ziaren od 0,69 mm do 1,90 mm przeprowadzono w temperaturach 400°C i 500°C. Analogicznie jak w układzie z γ -Al₂O₃ w temperaturze 400°C obserwowano nieprzereagowany LDPE. Podobnie jak w pirolizie niekatalitycznej – najliczniejszą grupą związków, której łańcuchy węglowodorowe zawierały najwięcej atomów węgla, były parafiny. Zawartość atomów węgla wynosiła do 34 atomów dla pirolizy w 500°C i 36 dla pirolizy prowadzonej w 400°C.

Ni/Al₂O₃ GRUBOZIARNISTY

Pirolizę katalityczną z użyciem gruboziarnistego katalizatora 10% Ni/Al₂O₃ o średnicy ziaren od 0,69 mm do 1,90 mm prowadzono w zakresie temperatur od 400°C do 600°C. W badaniach procesu pirolizy w wyższych temperaturach określano wydajność przemiany LDPE do cieczy i gazów (tabela 2).

W wyższej temperaturze proces przebiegał z większą wydajnością frakcji cięższej niż w przypadku pirolizy prowadzonej w 500°C. W przeciwieństwie do poprzednich eksperymentów, nienasycone węglowodory (olefiny) zawierają dłuższe łańcuchy atomów węgla niż parafiny. Najdłuższe łańcuchy olefin otrzymano w przypadku prowadzenia pirolizy LDPE w temperaturze 500°C. Podobnie jak we wcześniej przeprowadzonych badaniach, podczas pirolizy w temperaturze 400°C pozostawał nieprzereagowany LDPE w postaci ciemnego osadu.

Ni/Al₂O₃ i Co/Al₂O₃ DROBNOZIARNISTY

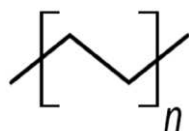
Badania z wykorzystaniem katalizatorów o średnicy ziaren od 0,16 mm do 0,69 mm wykonano w 500°C. Zbadano proces

Tabela 2. Wydajność procesu pirolizy do gazów i cieczy. Źródło: opracowanie własne

Temperatura [°C]	Masa wosku [g]	Wydajność pirolizy [%]	
		wosk	gazy
500	0,45	11	89
600	0,30	20	80



Polietylen



Rys. 2. Regranulat LDPE stosowany w procesie pirolizy (opracowanie własne)

Tabela 3. Wydajność procesu pirolizy do gazów i wosku.
Źródło: opracowanie własne

Katalizator	Masa wosku [g]	Wydajność pirolizy [%]	
		wosku	gazów
Ni/Al ₂ O ₃ drobnoziarnisty	0,35	17	83
Co/Al ₂ O ₃ drobnoziarnisty	0,60	39	61

w podobny sposób jak w przypadku pirolizy LDPE z gruboziarnistym Ni/Al₂O₃ (tabela 2). Stosując drobnoziarnisty Co/Al₂O₃, stwierdzono, że znacznie wzrasta wydajność pirolizy do wosku w porównaniu z drobnoziarnistym katalizatorem niklowym. Ponadto użycie drobnoziarnistego katalizatora powoduje wzrost wydajności pirolizy do wosku. W temperaturze 500°C wydajność pirolizy LDPE do wosku dla drobnoziarnistego katalizatora niklowego jest większa niż w przypadku zastosowania gruboziarnistego Ni/Al₂O₃ (tabela 2 i 3).

Zaobserwowano znaczną różnicę przebiegu procesu pirolizy LDPE z katalizatorem kobaltowym o drobnych i grubych ziarnach. Pierwszy z nich powoduje, iż w wyniku pirolizy tworzą się olefiny mające dłuższe łańcuchy węglowodorowe (37 atomów węgla w cząsteczce) niż parafiny, podczas gdy dla gruboziarnistego kobaltowego katalizatora grupą związków o dłuższych łańcuchach były parafiny zawierające od 34 do 36 atomów węgla. Dla drobnoziarnistego Ni/Al₂O₃ powstają produkty, których liczba atomów węgla wynosi 35, co jest porównywalnym wynikiem z pirolizą przy wykorzystaniu tego samego katalizatora o większej średnicy ziaren. W tabeli 4 przedstawiono wyniki analiz składu gazów i wosków uzyskanych w procesie rozkładu LDPE w temperaturze 500°C z zastosowaniem drobnoziarnistego katalizatora Ni/Al₂O₃. Na podstawie wyników zawartych w tabeli 4 można stwierdzić, że w fazie gazowej uzyskiwane były pary węglodorów o mniejszej zawartości węgla niż w woskach.

Tabela 4. Wyniki oznaczeń, za pomocą GC-MS, ciekłych i gazowych produktów pirolizy LDPE (temperatura procesu 500°C, katalizator – drobnoziarnisty Ni/Al₂O₃). Źródło: opracowanie własne

Stan skupienia	Nazwa	Wór sumaryczny
gaz	propan	C ₃ H ₆
gaz	1-buten	C ₄ H ₈
gaz	2-metylo 1-buten	C ₅ H ₁₀
gaz	1-pentan	C ₅ H ₁₀
gaz	1-heksan	C ₆ H ₁₂
gaz	5-metyl-1,3-heksadien	C ₆ H ₆
gaz	1-heptan	C ₇ H ₁₄
gaz	2-undekan	C ₁₁ H ₂₂
gaz	6-metylo-oktadekan	C ₁₉ H ₄₀
wosk	oktan	C ₈ H ₁₈
wosk	octan butylu	C ₆ H ₁₂ O ₂
wosk	inden	C ₉ H ₈
wosk	1-undekan	C ₁₁ H ₂₂
wosk	undekan	C ₁₁ H ₂₄
wosk	3-dodekan	C ₁₂ H ₂₄
wosk	3-dodekan	C ₁₃ H ₂₆
wosk	cetan	C ₁₆ H ₃₂
wosk	1-pentadekan	C ₁₅ H ₃₀
wosk	3-heptadekan	C ₁₇ H ₃₄
wosk	17-pentatriakonten	C ₃₅ H ₇₀

REKLAMA

RGR Recovery Green
RECYCLING SUROWCE Sp. z o.o.

DAJEMY DRUGIE ŻYCIE ŚMIECIOM

Firma RGR SUROWCE jest recyklerem odpadów komunalnych i przemysłowych posiadający Eurocertplast na poniższe sortymenty:

PP HDPE

Granulaty posiadają certyfikat EuroCertPlast i są w 100% PCR

Możemy modyfikować regranulaty według życzenia klienta oraz możliwości naszego zakładu.

Ponadto firma zajmuje się usługowo:
granulacją • kruszeniem tworzyw • mieleniem tworzyw

Recovery Green Recycling Surowce Sp. z o. o.
Plac Kilińskiego 1, 32-660 Chelmek

tel. +48 530 820 806, e-mail: rgrsurowce@rgr.zone

www.rgr.zone

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, iż stosując nośnik z $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ niezależnie od temperatury pirolizy LDPE nie ulega całkowitej przemianie. Produktami rozkładu są głównie alkany o dłuższych łańcuchach niż alkeny. Z jego użyciem powstawały najkrótsze łańcuchy węglowodorów. W pirolizie katalitycznej LDPE, stosując $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ gruboziarnisty, podobnie jak przy zastosowaniu nośnika, otrzymuje się parafiny zawierające dłuższe łańcuchy niż olefiny. Jednakże powstają dłuższe nienasycone węglowodory, jak również nasycone węglowodory. Stosując $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ gruboziarnisty, otrzymuje się olefiny zawierające dłuższe łańcuchy węglowodorowe niż w układzie z $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ i $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Produkty pirolizy LDPE z użyciem gruboziarnistego katalizatora niklowego jednak są niewiele dłuższe niż produkty pirolizy z wykorzystaniem $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$. W wyniku stosowania obu drobnoziarnistych katalizatorów stwierdzono, że otrzymane olefiny zawierają dłuższe łańcuchy węglowodorowe niż parafiny. Ilość atomów węgla w cząsteczkach dla obu grup związków jest zbliżona do produktów pirolizy z użyciem gruboziarnistych katalizatorów. Zastosowanie katalizatorów drobnoziarnistych pozwoliło uniknąć osadzania się na ich powierzchni depozytów węglowych. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, że opracowany i wykonany reaktor może być zastosowany do pirolizy tworzyw sztucznych. Proces pirolizy nie może być prowadzony w temperaturze 400°C , ponieważ w tych warunkach LDPE nie prze reagowuje całkowicie. Na podstawie wyników badań procesu pirolizy z użyciem katalizatorów oraz różnych temperatur procesu stwierdzono, że najlepsze warunki pirolizy LDPE uzyskano w temperaturze 500°C z katalizatorem 10% $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$. W tych warunkach otrzymano długołańcuchowe olefiny. Czas prowadzenia procesu był w tym układzie najkrótszy oraz uzyskano najwyższą wydajność wosków. Nie obserwowano również depozytów węglowych na powierzchni katalizatora.

WNIOSKI

Zaproponowana metoda przeprowadzenia pirolizy okazała się skuteczna do rozkładu LDPE. Zastosowanie katalizatorów drobnoziarnistych pozwoliło wyeliminować problem osadzania na ich powierzchni depozytów węglowych, co umożliwia ich stabilną pracę. Otrzymane produkty rozkładu LDPE częściowo powtarzały się dla wszystkich badanych warunków procesu, zarówno w procesie pirolizy termicznej, jak i termiczno-katalitycznej, co jest zgodne z modelem zaproponowanym przez Kremera [7] i Pandę [12].

LITERATURA

- [1] Plasticseurope.org, The fast facts 2023 [data dostępu: 25.03.2024].
- [2] Jha K.K., Kannan T.T.M., Senthilvelan N., Optimization of catalytic pyrolysis process for change of plastic waste into fuel, *Materials Today: Proceedings*, 39, 2021, s. 708-711.
- [3] McNeish R.E., Kim L.H., Barrett H.A., Mason S.A., Kelly J.J., Hoellein T.J., Microplastic in riverine fish is connected to species traits, *Scientific reports*, 8(1), 2018, s. 2045-2322.
- [4] Plasticseurope.org, Tworzywa – fakty 2021 [data dostępu: 25.03.2024].
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.

- [6] López A., de Marco I., Caballero B.M., Laresgoiti M.F., Adrados A., Torres A., Pyrolysis of municipal plastic wastes II: Influence of raw material composition under catalytic conditions, *Waste Management*, 31, 2011, s. 1973-1983.
- [7] Kremer I., Tomić T., Hrnjak-Murčić Z., Erceg M., Schneider D.R., Catalytic decomposition and kinetic study of mixed plastic waste, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(6), 2021, s. 811-827.
- [8] Skoneczna J., Skoneczny S., The method of managing different sorts of plastics mixtures, *Czasopismo Techniczne. Chemia*, 108, 2011, s. 149-156.
- [9] Kijeński J.A., Błędzki A.K., Jeziórska R., Odzysk i recykling materiałów polimerowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
- [10] Błędzki A.K. (red.), Recykling materiałów polimerowych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997
- [11] Park C., Lee N., Cho I.S., Ahn B., Yu H.K., Lee J., Effects of cobalt oxide catalyst on pyrolysis of polyester fiber, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 39(12), 2022, s. 3343-3349.
- [12] Panda A.K., Thermo-catalytic degradation of different plastics to drop in liquid fuel using calcium bentonite catalyst, *International Journal of Industrial Chemistry*, 9(1), 2018, s. 167-176.
- [13] Kumar S., Saklani S., To study the parameters of fuel from waste plastics, *International Journal of Creative Research Thoughts*, 3, 2018, s. 847-849.
- [14] Aboul-Enein A.A., Awadallah A.E., Production of nanostructure carbon materials via non-oxidative thermal degradation of real polypropylene waste plastic using La_2O_3 supported Ni and Ni-Cu catalysts, *Polymer Degradation and Stability*, 167, 2019, s. 157-169.
- [15] Haggag A.M., Awadallah A.E., Aboul-Enein A.A., Sayed G.H., Non-oxidative conversion of real low density polyethylene waste into hydrogen and carbon nanomaterials over MgO supported bimetallic Co-Mo catalysts with different total Co-Mo contents, *Chemical Engineering Science*, 247, 2022, 117092.
- [16] Li K., Zhao J., Wu P., Zhang Y., Zhang Z., Near room-temperature thermocatalysis: a promising avenue for the degradation of polyethylene using NiCoMnO_4 powders, *RSC Advances*, 6(14), 2016, s. 11829-11839.
- [17] Li K., Luo X., Lina X., Qi F., Wu P., Novel NiCoMnO_4 thermocatalyst for lowtemperature catalytic degradation of methylene blue, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 383, 2014, s. 1-9.
- [18] Miller S.J., Shah N., Huffman G.P., Conversion of waste plastic to lubricating base oil, *Energy & Fuels*, 19(4), 2005, s. 1580-1586.
- [19] Machiraju A., Harinath V., Extraction of liquid hydrocarbon fuel from waste plastic, *International Journal of Creative Research Thoughts*, 3(4), 2014, s. 202-207.
- [20] Demirbaş A., Recovery of chemicals and gasoline-range fuels from plastic wastes via pyrolysis, *Energy Sources*, 27(14), 2005, s. 1313-1319.
- [21] Sokołowski J., Marczewski M., Rokicki G., Recykling termiczno-katalityczny poliolefin i polistyrenu, *Prace Badawcze Politechniki Warszawskiej*, 2005.

Fragment monografii pt. „Perspektywy rozwoju w naukach inżynierijno-technicznych – trendy, innowacje i wyzwania”. Tom 2. 2024. S. 113-122.

mgr Piotr Trochimczyk, mgr Piotr Jaworucki,
prof. dr hab. inż. Krzysztof Krawczyk
 Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny,
 Politechnika Warszawska we współpracy z:

MARTEX
 zapakujemy wszystko

Linie myjące Plasmaq

Rok 2025 obfituje w wystawy i konferencje dotyczące tworzyw oraz recyklingu. Pomimo skomplikowanej sytuacji w branży, a może właśnie z powodu trudności, jakich doświadczają profesjonaliści związani z recyklingiem, wydarzenia te cieszą się dużą popularnością. Recykling stał się kluczowym zagadnieniem. Targi poświęcone recyklingowi tworzyw sztucznych służą jako platformy do prezentowania innowacyjnych technologii, dzielenia się dobrymi praktykami i wspierania współpracy lokalnej i globalnej. Przedstawiciele rodzinnej firmy PLASMAQ, portugalskiego producenta maszyn do recyklingu odpadów, są obecni na większości tych imprez. W tym roku prezentacja działalności Plasmaq jest spójna dla wszystkich wydarzeń i kładzie nacisk na fakt, że Plasmaq jest przede wszystkim i od samego początku swojej działalności dostawcą kompletnych systemów do rozdrabniania mycia i suszenia w recyklingu, a nie tylko dostawcą indywidualnych maszyn. To oczywiste dla klientów z europejskich rynków, gdzie firma wyrosła od dziesięcioleci. Natomiast, Plasmaq dostarcza maszyny nie tylko do Europy. Portugalskie linie pracują w obu Amerykach, Australii, Azji oraz w Afryce. I to z myślą o tych ostatnich, wschodzących rynkach, gdzie nie ma systemów zbierania i sortowania surowca na poszczególne typy, powstała najnowsza innowacja Plasmaq: wielozadaniowa linia



PLASMAQ
Equipamentos para Reciclagem e Recuperação

myjąca. Jej przeznaczenie to recykling w ramach jednego systemu myjącego, wielu rodzajów opakowań poliolefinowych: post-industrial i post-consumer, twardych i elastycznych, np. folii LDPE/ LLDPE, big bagów, butelek HDPE, kanistrów PP różnej wielkości.

Rodzaj maszyn i ich układ w linii jest celowy i przetestowany, obsługa maksymalnie uproszczona. Kluczowe aspekty takie jak: elastyczność procesu, oszczędność wody i energii, łatwa obsługa, solidna konstrukcja, wykorzystanie lokalnie dostępnych części oraz niskie nakłady inwestycyjne, sprawiają, że proponowane przez Plasmaq rozwiązanie może być odpowiedzią na kryzys branży recyklingu również w Europie.

Plasmaq, Lda.

tel. +48 505 348 946

e-mail:comercial.pl@plasmaq.pt

www.plasmaq.pt

REKLAMA



Kompletne, energooszczędne linie do recyklingu, idealnie dopasowane do potrzeb

Rozdrabnianie

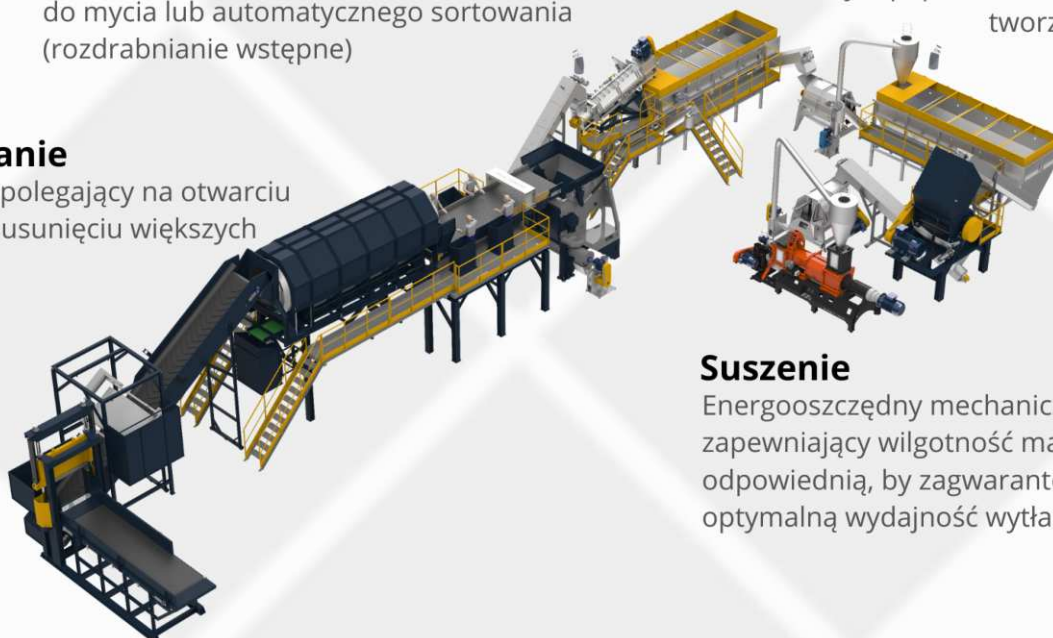
Cięcie tworzyw sztucznych na kawałki optymalne do mycia lub automatycznego sortowania (rozdrabnianie wstępne)

Mycie

Usuwanie pozostałych zanieczyszczeń, takich, jak papier, drewno, piasek, inne tworzywa, metal, etc

Przygotowanie

Kluczowy etap polegający na otwarciu bel materiału i usunięciu większych zanieczyszczeń



Suszenie

Energooszczędny mechaniczny proces, zapewniający wilgotność materiału odpowiednią, by zagwarantować optymalną wydajność wylączarki

Oszczędność energii, surowców i pieniędzy

Szeroki zakres zastosowań plastiku sprawił, że jego użycie stało się wszechobecne, a jednocześnie przyczyniło się do wzrostu ilości odpadów z tworzyw sztucznych. Polska jest 6. największym konsumentem tworzyw sztucznych w UE. Co roku Europejczycy wytwarzają ponad 29 mln ton odpadów z tworzyw sztucznych, ale mniej niż jedna trzecia jest kierowana do recyklingu (32% vs 42% kierowanych do spalania i 24% - do składowania).

Na całym świecie tworzywa sztuczne stanowią 85% śmieci na plażach. Docierają do płuc mieszkańców i ich stołów, a obecne w powietrzu, wodzie i żywności mikroplastiki mają nieznany wpływ na nasze zdrowie.

Realizowany w latach 2022-2026 przez spółkę Investeko ze Świętochłowic projekt zmienia podejście do gospodarki odpadami i otwiera nowy rozdział w ochronie środowiska.

Rozwiązaniem jest nowy model współpracy biznesowej, sieć PLC, która obejmuje pełen łańcuch wartości twardych tworzyw sztucznych i kreuje podejście korzystne dla wszystkich interesariuszy, łącząc zakłady utylizacji odpadów komunalnych, podmioty zajmujące się recyklingiem i przetwórstwem tworzyw sztucznych w system obiegu zamkniętego w celu zwiększenia wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu tworzyw sztucznych w produkcji wyrobów.

Nowa współpraca biznesowa będzie możliwa do zrealizowania tylko wtedy, gdy nowatorska technologia PLC będzie zintegrowana jako serce systemu. Dostępne są najnowocześniejsze rozwiązania do recyklingu TYLKO czystych/jednorodnych frakcji tworzyw sztucznych (PET, folie itp.). Technologia PLC to nasze innowacyjne rozwiązanie do sortowania heterogenicznych odpadów twardych tworzyw sztucznych na frakcje nadające się do recyklingu oraz wykorzystania resztek tworzyw sztucznych nienadających się do recyklingu do produkcji energii w procesie zgazowania LIFEtec. Sercem technologii PLC jest 3-FAZOWY SEPARATOR HYDROSTATYCZNY opracowany przez firmę Investeko SA, kierujący się ideą maksymalizacji EFEKTYWNOŚCI KOSZTOWEJ zarówno w zakresie inwestycji, jak i eksploatacji, przy jednoczesnym zapewnieniu zadowalającej wydajności.

8 MIERZALNYCH CELÓW

Głównym celem projektu jest zademonstrowanie innowacyjnej technologii PLC do sortowania i recyklingu mieszanych tworzyw sztucznych oraz stworzenie międzynarodowej sieci współpracy biznesowej obejmującej pełen łańcuch wartości tworzyw sztucznych (od odpadów do produktu końcowego) w celu zwiększenia wykorzystania tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu w produkcji nowych wyrobów.



Cel 1 – wdrożenie, przetestowanie i walidacja pilotażowej instalacji PLC technologii do efektywnego sortowania mieszanych odpadów twardych tworzyw sztucznych.

Cel 2 – wdrożenie standaryzowanych, zgodnych z PLC procedur wstępnego sortowania zmieszanych twardych odpadów z tworzyw sztucznych w zakładach przetwarzania odpadów komunalnych.

Cel 3 – wdrożenie, przetestowanie i zatwierdzenie jednostki pilotażowej do produkcji dostosowanych mieszanek dla produktów wytwarzanych z 70-90% materiału z recyklingu z PLC.

Cel 4 – wdrożenie, przetestowanie i walidacja innowacyjnego mobilnego prototypu druku 3D z materiału w 100% pochodzącego z recyklingu z PLC.

Cel 5 – utworzenie nowej sieci biznesowej (PLCnetwork) w celu zacieśnienia współpracy między zakładami przetwarzania odpadów komunalnych, przetwórcami i przetwórcami tworzyw sztucznych.

Cel 6 – podniesienie jakości poliolefin pochodzących z recyklingu, osiągnięcie poziomu produkcji opakowań do żywności – 3 nowo opracowane, własne mieszanki.

Cel 7 – opracowanie 5 produktów gotowych do wprowadzenia na rynek, wykorzystując masowe ilości (70-100%) materiałów pochodzących z recyklingu PLC.

Cel 8 – przygotowanie replikacji i transferu technologii PLC, począwszy od decyzji środowiskowych dla 2 lokalizacji przemysłowych.

PlasticLIFECycle to międzynarodowa inicjatywa, w której biorą udział firmy i instytucje z różnych krajów. Liderem projektu jest Investeko S.A., a wśród partnerów znajdują się Ekopartner Silesia Sp. z o.o., słoweńska firma Plastika Skaza, holenderskie The New Raw, Europejskie Forum Odpowiedzialności Ekologicznej oraz Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych z Katowic.

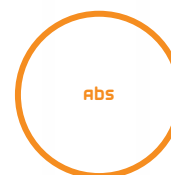
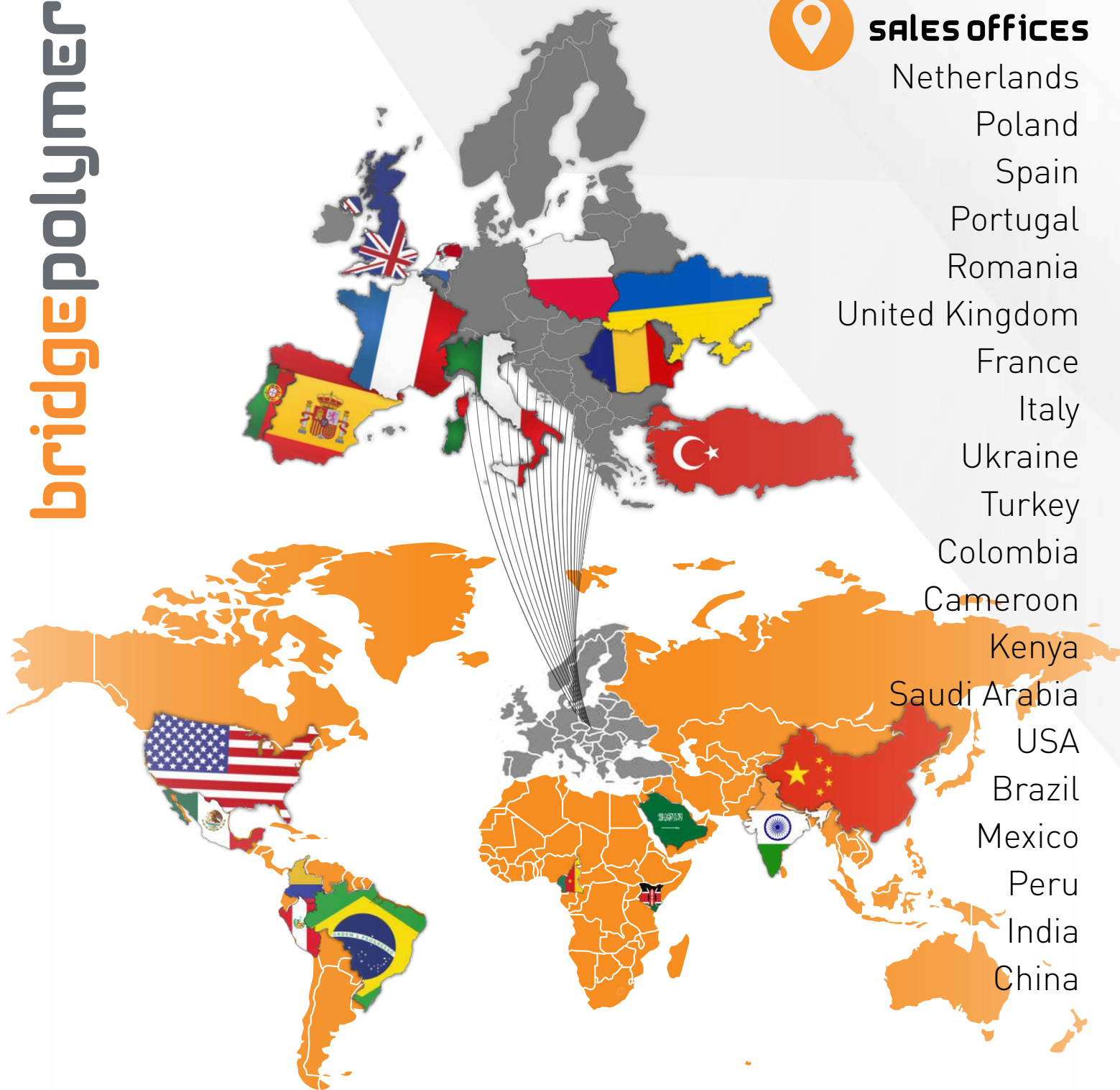
Projekt plasticLIFECycle numer LIFE21/ENV/PL/074161 jest współfinansowany ze środków Komisji Europejskiej w ramach Programu LIFE oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Więcej o projekcie można przeczytać na stronie internetowej: <https://plc.investeko.pl/>.



SALES OFFICES

Netherlands
 Poland
 Spain
 Portugal
 Romania
 United Kingdom
 France
 Italy
 Ukraine
 Turkey
 Colombia
 Cameroon
 Kenya
 Saudi Arabia
 USA
 Brazil
 Mexico
 Peru
 India
 China



prime, generic prime, broad prime, near to prime and off grade quality

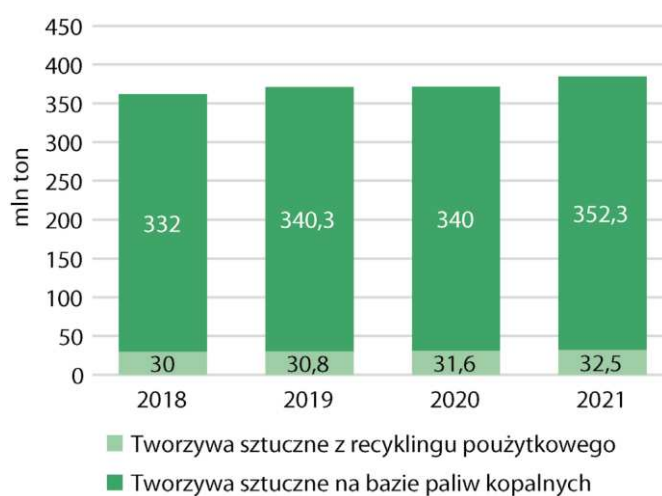
recycled, post consumer, post industrial quality

Zapraszamy na targi **PLASTPOL HALA 5 STOISKO A01**

Proekologiczne kruszywo z odpadów tworzyw sztucznych jako alternatywa kruszywa naturalnego do betonów lekkich

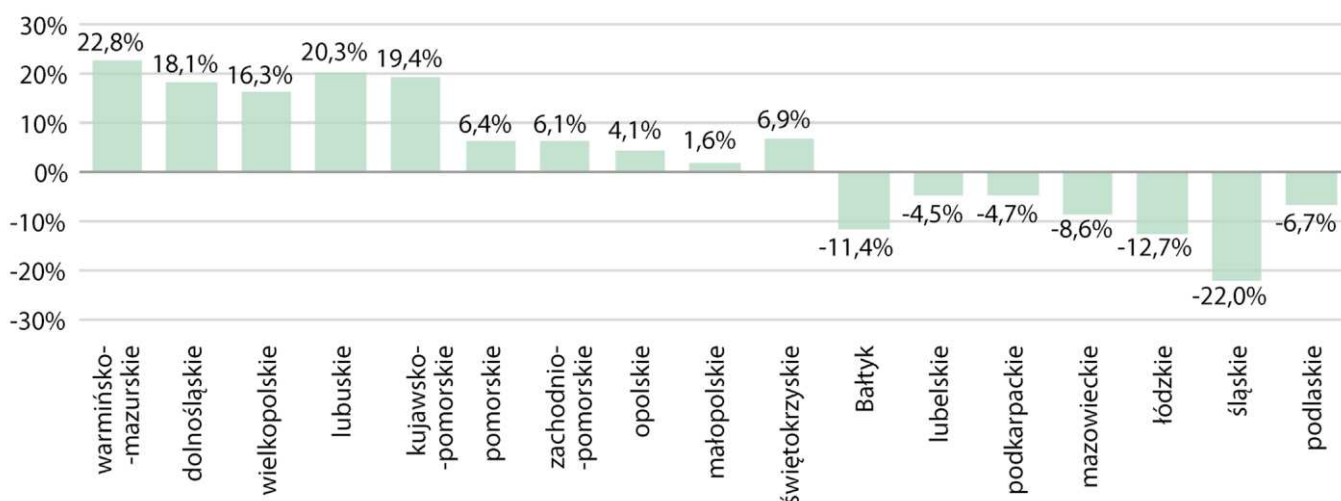
Jolanta Anna Prusiel, Kevin Bujnarowski

Nowoczesne materiały syntetyczne mają szerokie zastosowanie w gospodarce, są podstawowym składnikiem wielu produktów, co umożliwia redukcję emisji CO₂ oraz obniżenie zużycia energii i wody. Tworzywa sztuczne mają kluczowe znaczenie w koncepcji gospodarki cyrkularnej i w zwalczaniu zmian klimatycznych. Pełne wykorzystanie tych materiałów nastąpi wtedy, gdy zredukuje się ich składowanie na wysypiskach poprzez recykling i ponowne zastosowanie w różnych sektorach przemysłu, w tym w budownictwie [3]. Na rysunku 1 przedstawiono dane z raportu Plastics Europe. Plastics – the Facts 2022 [6], dotyczące światowej produkcji plastiku. Po stagnacji w 2020 r. spowodowanej pandemią Covid-19, produkcja tworzyw sztucznych w 2021 roku wzrosła na świecie do 384,8 mln ton. Z danych w raporcie [6] wynika, że w Chinach jest 1/3 światowej produkcji tworzyw sztucznych, która w latach 2017-2021 wzrosła z 29% do 32%, podczas gdy w Europie obniżyła się z 19% do 15%. W 2020 r. w UE zebrano 29,5 mln ton pokonsumpcyjnych odpadów tworzyw sztucznych. Ponadto stwierdzono, że wskaźniki recyklingu odpadów tworzyw sztucznych są 13 razy wyższe w przypadku selektywnej zbiórki odpadów w porównaniu ze zbiórką odpadów zmieszanych, co potwierdza zasadność segregacji odpadów.



Rys. 1. Światowa produkcja plastiku w latach 2018-2021 (tworzywa sztuczne na bazie paliw kopalnych -polimery wytwarzane z produktów petrochemicznych)

Obecnie wzrost wydobywania złóż naturalnych przyczynia się do znacznego ich zmniejszenia oraz wpływa negatywnie na środowisko naturalne. Z bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2021r. [1] wynika, że największy wzrost wydobywania piasków i żwiru w stosunku do 2020 r.



Rys. 2. Zmiany wydobywania piasków i żwirów w Polsce w 2021 r. w stosunku do 2020 r.



Rys. 3. Kruszywo sztuczne wyprodukowane z mieszanki PET/PVC/OPS

odnotowano w województwach: warmińsko-mazurskim, lubuskim, kujawsko-pomorskim, dolnośląskim, wielkopolskim (od 22,8% do 16,3%). Jednocześnie w 40% województw znacząco spadło wydobycie kruszywa naturalnego (rys. 2).

W pracy przedstawiono wykorzystanie mieszanych tworzyw sztucznych do produkcji kruszywa do betonu lekkiego, co przyczyni się do ochrony środowiska naturalnego i zmniejszenia ilości odpadów składowanych na wysypiskach.

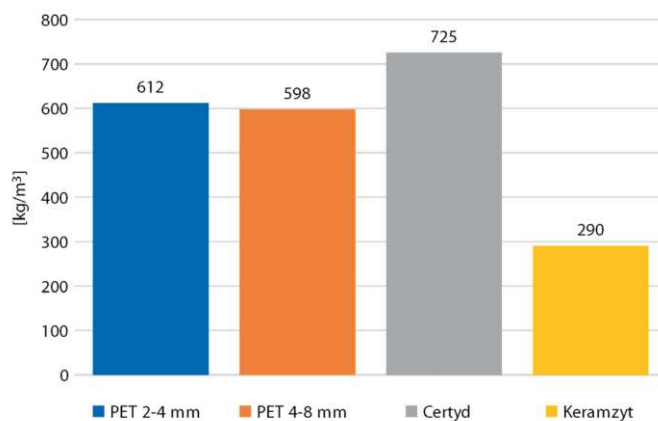
WŁAŚCIWOŚCI KRUSZYWA Z ODPADÓW TWORZYW SZTUCZNYCH

Kruszywo do betonu lekkiego wyprodukowano z mieszanki odpadów tworzyw sztucznych PET/PVC/OPS. Surowiec pochodził z odpadów poprodukcyjnych wytwarzanych podczas produkcji etykiet w postaci folii. Kruszywo wyprodukowano przy użyciu wylączarki dwuślimakowej o średnicy ślimaka 35 mm i posiadającej 11 stref grzejących. W pierwszym etapie produkcji folię poddano zagęszczeniu oraz rozdrobnieniu do frakcji około 5 mm. W kolejnym etapie przetopiono w temp. około 270°C odpady z tworzyw sztucznych do postaci elementów prętowych o średnicy 16-20 mm. Ostatnim etapem było przekruszenie prętów w rozdrabniaczu do tworzyw sztucznych w celu uzyskania frakcji kruszywa 2-8 mm (rys. 3).

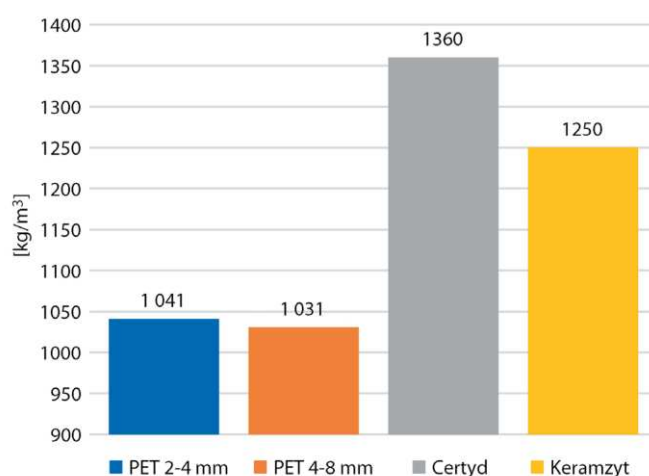
Do zbadania właściwości kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych przygotowano trzy próbki, które przed przystąpieniem do badania wysuszono w temperaturze $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do stałej masy.

Zgodnie z procedurą badawczą zawartą w normach PN-EN 1097-3:2000 [9] i PN-EN 932-5:2012 [10] zbadano gęstość nasypową ekologicznego kruszywa lekkiego, wyniki pokazano na rysunku 4. Gdy porównamy ze sobą kruszywo popiołoporytowe Certyd o gęstości nasypowej wynoszącej 725 kg/m^3 i proekologiczne kruszywo z tworzyw sztucznych, to okaże się, że to drugie ma gęstość nasypową mniejszą o 18% (rys. 4). Co więcej, stosując środek spieniający w procesie produkcji tego innowacyjnego kruszywa, można zmniejszyć jego gęstość nasypową do wartości 460 kg/m^3 [5]. Wyniki z własnych badań właściwości kruszyw lekkich, typu Certyd, Keramzyt, Perlit, Gransil i Penostek, opisano w pracach [2, 4, 5].

Przeprowadzono również badanie nasiąkliwości i gęstości ziarn na podstawie normy PN-EN 1097-6:2013-11 [11],



Rys. 4. Gęstość nasypowa kruszyw z odpadów tworzyw sztucznych (PET) dla frakcji 2-4 mm i 4-8 mm oraz kruszywa lekkiego Certyd i Keramzyt



Rys. 5. Gęstość ziarn kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych (PET) o frakcji 2-4 i 4-8 mm oraz kruszywa lekkiego Certyd i Keramzyt

z wykorzystaniem piknomietru. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 5 i w tabeli 1.

Porównując gęstość ziarn kruszyw lekkich, należy zauważyć, że kruszywo z odpadów tworzyw sztucznych posiada niższą gęstość w stosunku do Certydu o 24% i Keramzytu o 17% (rys. 5), co ma bezpośredni wpływ na nasiąkliwość kruszywa. Niewątpliwie występuje duża różnica w nasiąkliwości lekkich kruszyw sztucznych. Zwykle wraz ze zmniejszeniem gęstości ziarn kruszyw wzrasta ich nasiąkliwość. Jednak w przypadku kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych nasiąkliwość jest minimalna i wynosi ok. 1,12-1,56% (tabela 1). Stanowi to znaczną różnicę w zestawieniu z istniejącymi kruszywami lekkimi, która wynosi w przypadku Keramzytu nawet 95%.

Podczas badań właściwości kruszywa lekkiego z odpadów tworzyw sztucznych wykonano również zdjęcia mikro-

Tabela 1. Nasiąkliwość kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych o frakcji 2-4 i 4-8 mm

Rodzaj kruszywa	PET 2-4 mm	PET 4-8 mm	Certyd	Keramzyt
Nasiąkliwość [%]	1,56	1,12	18	35

Tabela 2. Zdjęcia z opisem kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych

Lp.	Zdjęcie	Opis
1		struktura kruszywa jest w postaci nieregularnej; powierzchnia wykazuje znaczną szorstkość, co pozytywnie wpływa na kontakt kruszywa z matrycą cementową; pojawiają się tylko pojedyncze pory, co świadczy o braku zawilgocenia materiału wsadowego oraz o litej strukturze kruszywa, która sprzyja dużej wytrzymałości na miazdzenie;
2		na zdjęciu jest widoczna skala 1000µm; uwidocznione są nieregularne kształty kruszywa, jak również jego chropowata powierzchnia; brak widocznych porów w kruszywie, świadczy o niskiej nasiąkliwości;
3		na zdjęciu widoczna jest skala 200 µm; takie przybliżenie znacznie uwidacznia chropowatość kruszywa pokazaną również na zdjęciach 1 i 2; widoczne są kolorowe zabarwienia w strukturze kruszywa pochodzące z farby znajdującej się na etykietach z folii; równomiernie rozłożone punkty zabarwień świadczą o prawidłowym przetopieniu odpadów i ich wymieszaniu w procesie produkcji;
4		na zdjęciu widoczna jest skala 50 µm; widoczne są fragmenty włókniste, które mogły pojawić się w fazie kruszenia przetopionych odpadów z tworzyw sztucznych; widoczne są fragmenty świadczące o chropowatości kruszywa, sięgające rozmiarów 50 µm;

skopem skaningowym KEYENCE VHX 7000N, których opis zamieszczono w tabeli 2.

ZASTOSOWANIE EKOLOGICZNEGO KRUSZYWA DO BETONU LEKKIEGO

W celu oznaczenia właściwości betonu lekkiego na kruszywie z odpadów tworzyw sztucznych opracowano recepturę mieszanki betonowej o następującym składzie: 280 kg/m³ cementu, 154 kg/m³ wody zarobowej, 678 kg/m³ piasku o frakcji 0-2 mm, 205 kg/m³ kruszywa z mieszanki odpadów o frakcji 2-4 mm i 270 kg/m³ o frakcji 4-8 mm, domieszka

uplastyczniająca Chryso Omega 132 w ilości 2,8 kg/m³. Wykonano badania gęstości betonu i wytrzymałości betonu na ściskanie. Próbkę betonu poddano dojrzewaniu przez 28 dni, po czym wykonano badania właściwości betonu zgodnie z normami PN-EN 12390-7:2019-08 [8] i PN-EN 12390-3:2019-07 [7]. Wyniki zamieszczono w tabelach 3 i 4.

Beton lekki na kruszywie z odpadów tworzywa sztucznego osiągnął wytrzymałość na ściskanie 21,53 MPa, która jest porównywalna z wytrzymałością na ściskanie betonu na kruszywie Keramzyt (21,2 MPa [2]), pomimo znacznie niższej zawartości cementu oraz wyższego współczynnika W/C.

Beton na kruszywie sztucznym poddano badaniu w mikroskopie skaningowym KEYENCE VHX 7000N (opis w tab. 5). Analiza przekroju próbki betonowej wykazała występowanie porów w okolicy kruszywa, które powstały w wyniku odparowania niezwiązanej wody zarobowej. Ponadto zauważono jasną obwódkę na krawędziach kruszywa w strefie kontaktu z zaczynem cementowym (tab. 5, zdjęcie 3). Może to być efekt reakcji chemicznej pomiędzy kruszywem a zaczynem cementowym, co wpływa pozytywnie na połączenie kruszywa z zaczynem.

Tabela 3. Wyniki gęstości betonu na kruszywie z odpadów tworzyw sztucznych

Lp.	Wymiary próbki [mm]			Ciężar [g]	Gęstość [kg/m ³]
	a	b	h		
1	150	150	150	5108	1513
2	150	150	150	5083	1506
3	150	150	150	5091	1508
4	150	150	150	5123	1518
5	150	150	150	5135	1521
6	150	150	150	5064	1500

PODSUMOWANIE

Uzyskane z badań właściwości kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych wskazują na jego duży potencjał w zastosowaniu do betonów lekkich. Może ono stanowić alternatywę dla kruszywa naturalnego i innych kruszyw lekkich stosowanych do betonu. Ponadto kruszywo z odpadów tworzyw sztucznych wydaje się być najbardziej ekologiczne z uwagi na niski ślad węglowy. Podczas jego produkcji uwalnia się mniej CO₂, ponieważ jest dużo niższa temperatura przetwarzania odpadów na kruszywo (około 270°C) w porównaniu z innymi kruszywami lekkimi (Certyd, Keramzyt, Perlit), które wymagają temperatur powyżej 1000°C [2].

Zastosowanie kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych w sektorze budowlanym przyczyni się do rozwiązania problemu zagospodarowania tych odpadów na skalę globalną. Beton lekki z zastosowaniem ekologicznego kruszywa sztucznego może znaleźć zastosowanie m.in.: przy modernizacji i wzmacnianiu istniejących konstrukcji, gdzie z uwagi na optymalizację obciążeń istotne jest zastosowanie lekkich materiałów, również jako wkład do ekranów akustycznych i w podwalinach pod ekrany akustyczne, do ciepłych posadzek przemysłowych, jak i posadzek w obiektach mieszkalnych oraz do produkcji galanterii betonowej i obiektów małej architektury ogrodowej.

Tabela 4. Wyniki wytrzymałości na ściskanie betonu na kruszywie z odpadów tworzyw sztucznych

Lp.	Wymiary próbki [mm]			Pole przekroju [mm ²]	Siła niszcząca [kN]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Średnia [MPa]
	a	b	h				
1	150	150	150	22500	479,6	21,32	21,53
2	150	150	150	22500	491,1	21,83	
3	150	150	150	22500	483,6	21,49	
4	150	150	150	22500	489,2	21,74	
5	150	150	150	22500	487,2	21,65	
6	150	150	150	22500	475,4	21,13	

REKLAMA

Zaptech Sp.j. Sobańscy oferuje regranulaty i przemiały tworzyw sztucznych, takich jak: **PMMA, ABS, ABS/PC, PC, PS, PE, PP, PBT, HDPE**.

Oferujemy również wyroby z folii LDPE (z nadrukiem w 4 kolorach), takie jak: taśmy, rękawy, worki do selektywnej zbiórki odpadów, worki do opon, opakowania antystatyczne z folii ESD i antykorozyjne VCI, zgodnie z wymogami stawianymi przez klienta.

Jakość produkcji potwierdzona jest wieloletnim doświadczeniem i opiniami dotychczasowych kontrahentów oraz posiadanym certyfikatem ISO 9001:2015.

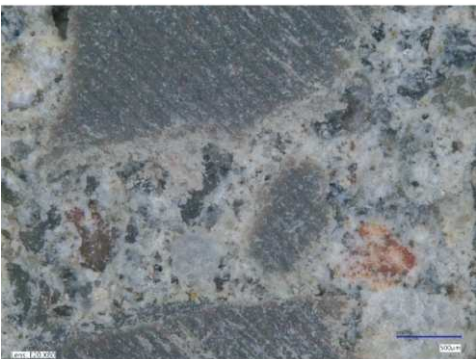
Firma posiada wszystkie niezbędne zezwolenia na prowadzenie działalności w zakresie recyklingu tworzyw sztucznych i ich transportu.

Prowadzimy pełną dokumentację z przeprowadzanego procesu zgodnie z wymaganiami prawa o ochronie środowiska, KPO, SENT, BDO 000000069 itp.



ZAPTECH SP. J. SOBAŃSCY 88-160 Janikowo, ul. Przemysłowa 8
tel. +48 725 427 066 e-mail: biuro@zaptech.com.pl
www.zaptech.com.pl

Tabela 5. Zdjęcia z opisem kruszywa z odpadów tworzyw sztucznych

Lp.	Zdjęcie	Opis
1		zdjęcie wykonano w powiększeniu x20; kruszywo w postaci łamanej widoczne na przekroju próbki betonowej jest równomiernie rozłożone; miejscowo widoczne są puste przestrzenie w okolicy kruszywa, które świadczą o zbyt dużej ilości wody w mieszance betonowej; na kruszywie pojawiła się jasna obwódka, niewidoczna na zdjęciach samego kruszywa (tab. 2), a która może świadczyć o interakcji chemicznej na styku kruszywa i zaczynu cementowego;
2		zdjęcie wykonane w powiększeniu x80; takie powiększenie pozwala zauważyć znaczną ilość porów wokół kruszywa, co ewidentnie wpływa na kontakt kruszywo-zaczyn oraz na wytrzymałość na ściskanie próbek betonowych; widoczne są ziarna kruszywa frakcji 0-2 mm;
3		zdjęcie wykonane w powiększeniu x200; takie powiększenie uwidoczniło krystaliczną strukturę zaczynu cementowego; znacznie lepiej widoczne są pory w okolicy kruszywa; w miejscach gdzie nie występują pory widoczne jest dobre połączenie kruszywa z zaczynem cementowym;

Badania zostały zrealizowane w ramach prac WZ/WB-IIL/6/2023 i WI/WB-IIL/1/2021 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji badawczej przekazanej przez MEiN.

LITERATURA

- [1] Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2021r., Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2022.
- [2] Bujnarowski K., Grygo R., Właściwości kruszyw lekkich do zastosowania w budownictwie, Instal, 2022, nr 7/8, str.71-75, DOI:10.36119/15.2022.7-8.10.
- [3] Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L., Production, use, and fate of all plastics ever made, Science Advances, 2017, 3(7), doi.org/10.1126/sciadv.1700782.
- [4] Grygo R., Bujnarowski K., Prusiel J.A., Analysis of the possibility of using plastic post-production waste in construction, Ekonomia i Środowisko, 2022, vol. 81, nr 2, str. 241-256, DOI:10.34659/eis.2022.81.2.467.
- [5] Grygo R., Prusiel J.A., Bujnarowski K., Use of ecological lightweight aggregates in reinforced concrete structures, Ekonomia i Środowisko, 2021, nr 4, str. 112-132
- [6] Plastics Europe. Plastics – the Facts 2022. Belgium, October 2022.
- [7] PN-EN 12390-3:2019-07 Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań.
- [8] PN-EN 12390-7:2019-08 Badania betonu. Część 7: Gęstość betonu.
- [9] PN-EN 1097-3:2000 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości.
- [10] PN-EN 932-5:2012 Badania podstawowych właściwości kruszyw - Część 5: Wyposażenie podstawowe i wzorcowanie.
- [11] PN-EN 1097-6:2013-11 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości.
- [12] PN-EN 13055:2016-07 Kruszywa lekkie.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przegląd Budowlany”, nr 11-12/2023, s. 2-6.

dr hab. inż. Jolanta Anna Prusiel¹, prof. PB,
mgr inż. Kevin Bujnarowski²

1 – Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

2 – Szkoła Doktorska Politechniki Białostockiej

Recykling tworzyw sztucznych z wykorzystaniem zmieniaczy sit firmy Bagsik

Recykling tworzyw sztucznych to kluczowy element działań na rzecz ochrony środowiska i ograniczania negatywnego wpływu odpadów. Proces ten wymaga nie tylko odpowiedniego sortowania i przetwarzania materiałów, ale również zastosowania zaawansowanych technologii, które pozwalają na uzyskanie wysokiej jakości surowców wtórnych. Jednym z innowacyjnych rozwiązań w tej dziedzinie są zmieniacze sit do filtracji tworzyw sztucznych oferowane przez firmę Bagsik.

Są to urządzenia stosowane w procesie recyklingu, których zadaniem jest skuteczna filtracja stopionego tworzywa. W trakcie przetwarzania odpadów, takich jak PET, folie LDPE czy odpadów polipropylenowych, konieczne jest usunięcie zanieczyszczeń. Do zanieczyszczeń tych zaliczyć możemy: formy pochodzące od katalizatorów, zużycia się części mechanicznych, oderwane i przypalone resztki materiału znajdujące się pomiędzy cylindrem a ślimakiem, korozje i inne. Najwięcej zanieczyszczeń znajdujemy jednak w regnulatach oraz dodatkach do tworzyw takich jak: barwniki, pigmenty i włókna. Dodatkowo jako zanieczyszczenia w tworzywie należy nazwać nie do końca spolimeryzowane

tworzywo, nieroztopione granulaty oraz łatwo deformowalne żele.

Dzięki zmieniaczom sit firmy Bagsik, proces ten przebiega sprawnie i efektywnie, co przekłada się na lepszą jakość końcowego produktu.

Oferowana technologia wyróżnia się zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań, w tym ciągła filtracja bez potrzeby zatrzymywania procesu produkcyjnego. To kluczowy aspekt w przemyśle recyklingowym, gdzie każda przerwa w pracy oznacza straty czasowe i finansowe. Zmieniacze sit Bagsik zapewniają stały przepływ materiału, jednocześnie eliminując zanieczyszczenia i minimalizując straty surowca.

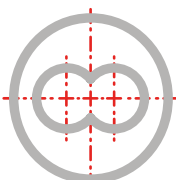
Kluczowe zalety zmieniaczy sit to:

1. Wysoka jakość filtracji – skuteczność w usuwaniu nawet drobnych zanieczyszczeń.
2. Niskie zużycie energii – urządzenia zaprojektowane z myślą o efektywności energetycznej.
3. Wszechstronność – możliwość zastosowania w różnych procesach przetwarzania tworzyw sztucznych.
4. Prosta obsługa i konserwacja – intuicyjna konstrukcja, która ułatwia pracę operatorom.

REKLAMA

Bagsik Sp. z o.o.
ul. Toruńska 8
44-100 Gliwice
NIP: 631 25 35 518

Bagsik Sp. z o.o. Sp. k.
ul. G. H. Donnersmarcka 16
41-807 Zabrze
NIP: 631 267 92 52

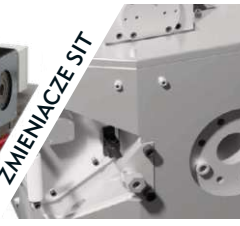


Bagsik

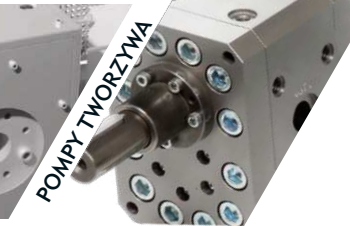
LINIE GRANULACYJNE



ZMIENIACZE SIT



POMPY TWORZYWA



SITA FILTRACYJNE



ELEMENTY ŚLIMAKÓW



CZUJNIKI CIŚNIENIA





Kontakt:
tel: +48 32 334 0000
mob: +48 602 691 421
mail: office@bagsik.net

oerlikon
barmag

X-COMPOUND
Plastic compounding plants

extruder
experts

Kubota
Kubota Brabender Technologie GmbH

brabender
TECHNOLOGIE

Profilex – zaufany partner w branży tworzyw sztucznych

W szeroko rozumianym przemyśle najważniejsze jest owocne partnerstwo. W Profilex doskonale o tym wiemy. Dlatego z zaangażowaniem podchodzimy do współpracy z każdym klientem, oferując najwyższej jakości usługi z zakresu m.in. projektowania i produkcji linii transportujących i przenośników, części do maszyn z technicznych tworzyw sztucznych, a także produkcji płyt polietylenowych i szeregu innych wyrobów. Zachęcamy do zapoznania się z naszą marką.

PROFILEX – KIM JESTEŚMY?

Jesteśmy w 100% prywatną, polską marką, od 1999 roku specjalizującą się w usługach dla przemysłu. Sukces Profilex oparliśmy na najwyższym profesjonalizmie i doświadczeniu. Nieustannie rozwijamy się i wdrażamy rozmaite innowacje, a nasz zespół to eksperci, którzy stale doskonalą swoje umiejętności, aby zapewnić partnerom ofertę na najwyższym poziomie. Z satysfakcją możemy stwierdzić, że współpracowaliśmy z tysiącami firm nie tylko z Polski, ale i całej Europy.

Działamy kompleksowo i każdorazowo naszym celem jest dostarczenie indywidualnie opracowanych rozwiązań, zgodnych z zapotrzebowaniem konkretnego inwestora.

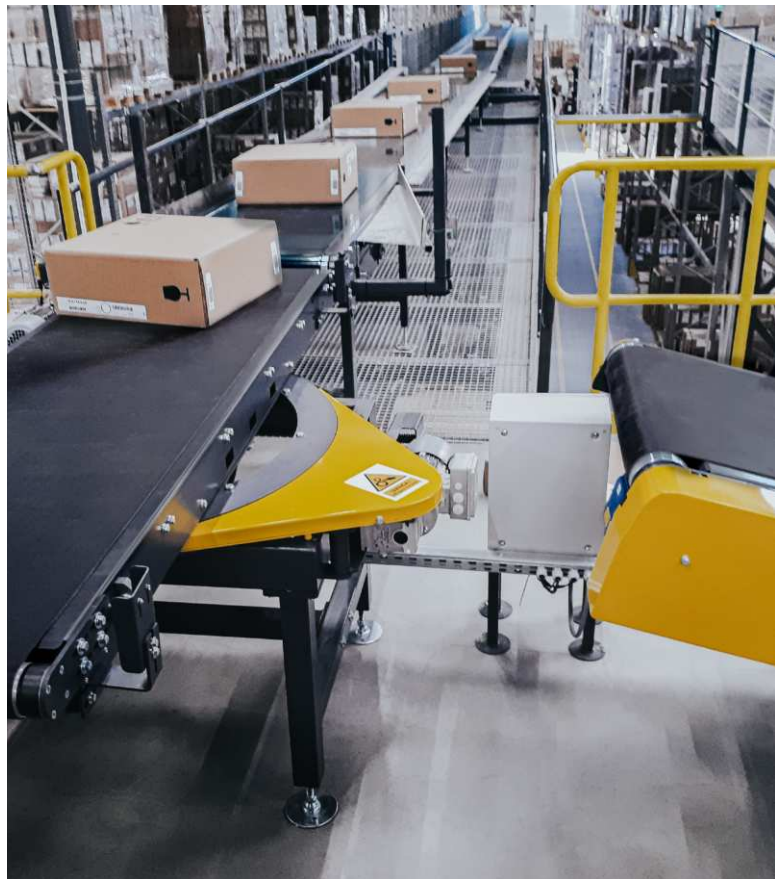
PROFILEX – CO ROBIMY?

Mamy zdolności umożliwiające kompleksową produkcję kompletnych linii transportujących i przenośników, jak i poszczególnych części do maszyn, które produkujemy metodą obróbki skrawaniem na obrabiarkach CNC. Przenośniki dostarczamy w rozmaitych konfiguracjach – począwszy od prostych, po typy L i Z. Produkujemy także układy logistyki wewnętrznej do transportu detali (z wtryskarek czy rozdmuchiwarek) do kolejnych maszyn w procesie produkcyjnym lub do pakowni.

Wszystko zaczyna się od pomysłu obmyślonego na potrzeby konkretnego klienta. Z tego rodzi się projekt, na podstawie którego produkujemy zatwierdzone przez partnera rozwiązania. Gdy są gotowe – dostarczamy je i montujemy u klienta.

Jesteśmy jedynym w Polsce producentem płyt polietylenowych w następujących typach: PE1000, PE500 oraz PE1000R i PE500R. Profilex zajmuje się również produkcją detali z tworzyw sztucznych (w tym polietylenu) i ze stopów metali, w tym m.in. stali i aluminium. Wytwarzamy je zgodnie z najwyższymi standardami, kierując się indywidualnymi potrzebami konkretnego zleceniodawcy.

Oprócz tego specjalizujemy się w paletyzacji gotowych wyrobów oraz ich transporcie pomiędzy działem produkcji a magazynem. Obsługujemy również wewnętrzne procesy lo-



gistyczne w magazynie, zapewniając płynny przepływ palet do systemów składowania i dystrybucji.

DLACZEGO WARTO WSPÓŁPRACOWAĆ WŁAŚNIE Z NAMI?

Od ponad 20 lat z powodzeniem obsługujemy klientów z Polski i całej Europy. Mamy szerokie doświadczenie we współpracy z podmiotami z szeroko rozumianej branży przemysłowej – jesteśmy w stanie wykonać niemal każde zlecenie w swoim segmencie. Jako jedyni w Polsce produkujemy płyty polietylenowe z PE1000 i PE500, ale i – w myśl filozofii zero waste, wytwarzamy je również z materiałów recyklingowych.

To jedynie wybrane atuty marki Profilex. By dowiedzieć się więcej o naszej ofercie – zachęcamy do kontaktu – telefonicznego lub mailowego. Zapraszamy też do odwiedzenia naszej strony internetowej www.profilex.com.

PROFILEX Sp. z o.o. Sp.K.
profilex@profilex.com
www.profilex.com



WWW.PROFILEX.COM

PROFILEX®



**PRODUKCJA PŁYT Z POLIETYLENU:
PE-UHMW 1000, PE-UHMW 1000R I PE-HMW 500**



**TWORZYWA SZTUCZNE:
PC, PEEK, POM, PET, PA, PTFE, PMMA, PVDF**



**SYSTEMY TRANSPORTU WEWNĘTRZNEGO -
- PRZENOŚNIKI I LINIE TRANSPORTUJĄCE**



KOMPONENTY DO LINII TRANSPORTUJĄCYCH



OBRÓBKA CNC/LASER

Profilex

Spółka z ograniczoną
odpowiedzialnością Sp.K.

Orchów 28a, 98-100 Łask

NIP 829-10-73-509

tel. +48 43 823 93 06

tel. +48 43 825 55 80

fax. +48 43 825 30 85

email:

profilex@profilex.com

www.profilex.com

Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych

W przemyśle tworzyw sztucznych mamy do czynienia z trzema różnymi rodzajami instalacji transportu pneumatycznego (czyli przenoszenia części produktu w zamkniętym rurociągu za pomocą sprężonego powietrza). W każdej z nich występują podobne elementy rurociągów (rury, łuki, złączki). Właściwe dobranie tych elementów zapewnia bezawaryjną pracę instalacji i wydłuża jej żywotność.

TRANSPORT PODCIŚNIENIOWY

Jest to najczęściej stosowany rodzaj transportu pneumatycznego. Charakteryzuje się on dużą liczbą rurociągów, mniejszymi wydajnościami i odległościami oraz częstszą zmianą produktów. Do transportu podciśnieniowego stosowane są głównie łuki wykonane ze stali nierdzewnej AISI 304 o promieniu $R = 10 \times D$ (standardowe łuki mają promień gięcia 500, 800 lub 1000 mm) oraz złączki Eurac typu „L” oraz „M”. Łuki z reguły są gięte na zimno z rur o grubości ścianki wynoszącej 1,5 mm lub 2 mm, zakończone obustronnie odcinkami prostymi po 100 lub 200 mm (tak, aby można było założyć złączkę). Złączki Eurac typu „L” oraz „M” wykonane są ze stali nierdzewnej AISI 430, mają dwie (typ „L”) lub trzy (typ „M”) śruby M8 (ocynkowane) i uszczelnienie wykonane z czarnego SBR lub białego NBR. Wszystkie złączki mają specjalne nity lub pasek ze stali nierdzewnej, służące do elektrostatycznego połączenia rur. Złączki Eurac stosuje się do łączenia elementów rurociągów (łuków i rur uciętych na równo), przewodów elastycznych oraz rur wykonanych z tworzyw sztucznych.



TRANSPORT NADCIŚNIENIOWY

Ten rodzaj transportu pneumatycznego jest stosowany przy większych wydajnościach i odległościach oraz do bardziej wymagających produktów. Do transportu nadciśnieniowego stosowane są głównie łuki wykonane ze stali nierdzewnej AISI 304 o promieniu $R = 10 \times D$ (standardowe łuki mają promień gięcia 500, 800, 1000 lub 1200 mm) oraz złączki Eurac typu „HL” oraz „H”. Łuki z reguły są gięte na zimno z rur mających ścianki o grubości 2 lub 3 mm, zakończone obustronnie odcinkami prostymi po 100 lub 200 mm (żeby można było założyć złączkę). W przypadkach produktów bardzo wycierających stosowane są łuki o większej grubości ścianki lub po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®). Łuki po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®) są 20–

PROORGANIKA



30 razy bardziej wytrzymałe na wycieranie od łuków standardowych. Złączki „HL” oraz „H” wykonane są ze stali węglowej ocynkowanej i mają (dla długości 150 mm) w zależności od średnicy trzy śruby M10 lub M12 (typ „HL”) oraz M12 lub M16 (typ „H”). Złączki dla długości $L=200$ mm mają cztery śruby, a dla długości $L=250$ mm pięć śrub. Złączki mogą mieć uszczelnienie wykonane z białego NBR lub z czarnego SBR. Wszystkie złączki mają specjalne nity lub pasek ze stali nierdzewnej (służący do elektrostatycznego połączenia rur).

TRANSPORT WENTYLATOROWY

Znajduje on zastosowanie w przypadku niektórych produktów (m.in. wstępnie spienionych granulek polistyrenu) i cechuje się dużo większymi średnicami rurociągów transportowych (np. $D = 200$ mm). Do tego rodzaju transportu pneumatycznego najbardziej optymalnym rozwiązaniem są elementy systemu rurowego Jacob: rury, łuki i trójniki zakończone charakterystycznymi wywijkami i łączone obejmami żłobkowymi. Dla zapewnienia szczelności stosuje się wtedy uszczelki wykonane z NBR, silikonu lub EPDM. System Jacob może być stosowany do ciśnienia 0,5 bar. Świetnie się też sprawdza w instalacjach odpylania. Elementy mogą być wykonane ze stali węglowej malowanej lub ocynkowanej oraz ze stali nierdzewnej.

PRO-ORGANIKA Sp. z o.o.

04-773 Warszawa, ul. Rogatkowa 34A
tel. +48 22 29 94 850
proorganika@proorganika.com.pl
www.proorganika.com.pl

PROORGANIKA



System rurowy JACOB – nr 1 w Europie
Szczelność • Trwałość • Niezawodność

Pełny kompletny system z tysiącami sprawdzonych elementów.

Rury, łuki, trójniki, redukcje, przepustnice, przesypy itp.

Zakres średnic: od DN 60 do DN 1600.

Od DN 350 połączenia na kołnierze luźne,

od DN 1200 na kołnierze spawane.

Grubość ścianki: 1, 1,5, 2 lub 3 mm.

Wykonanie materiałowe stal węglowa malowana proszkowo,
stal węglowa ocynkowana, stal nierdzewna AISI 304 lub AISI 316.

Zastosowanie: instalacje przesypowe, transportu pneumatycznego
niskociśnieniowego, odpylania i odkurzania.



Łuki o dużym promieniu R=75 do R=1200.

Zakres średnic: od DN 38,0x1,5 do DN 219,1x3,0.

Grubość ścianki: 1,5, 2,0 lub 3,0 mm.

Wykonanie stal nierdzewna AISI 304.

Duża odporność na wycieranie (seria HVA-Niro®).

Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego.



Centrum dystrybucji złączek www.eurac.pl

Złączki do łączenia rurociągów.

Wykonanie: stal węglowa ocynkowana lub stal nierdzewna.

Typy złączek: „L”, „M”, „HL”, „H”.

Zakres średnic: od D=38,0 do D=219,1 (w zależności od typu złączki).

Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego, odpylania i odkurzania.



Roto4mat – producent produktów oraz form dla rotomouldingu

Roto4mat to marka specjalizująca się w formowaniu rotacyjnym (rotomouldingu), która od lat wyznacza wysokie standardy w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych. Od początku działalności skupiamy się na wdrażaniu tej technologii w produkcji zróżnicowanych elementów o wysokiej trwałości i precyzji wykonania. Nasze rozwiązania spełniają rygorystyczne normy jakości, co przekłada się na zaufanie klientów zarówno w Polsce, jak i na rynkach zagranicznych.

Naszą misją jest „brak kompromisu w kwestii jakości”. To podejście pozwoliło nam zbudować szeroką bazę zadowolonych klientów, którzy cenią nas za profesjonalizm, terminowość i elastyczne podejście do realizacji projektów. Produkty Roto4mat cechuje nowoczesny design, funkcjonalność oraz wyjątkowa odporność, dzięki czemu znajdują zastosowanie w różnych sektorach przemysłu, przestrzeniach publicznych oraz codziennym użytku.

Jednym z filarów naszej oferty jest projektowanie i produkcja form do formowania rotacyjnego. Tworzymy formy dostosowane do indywidualnych potrzeb klientów, co po-

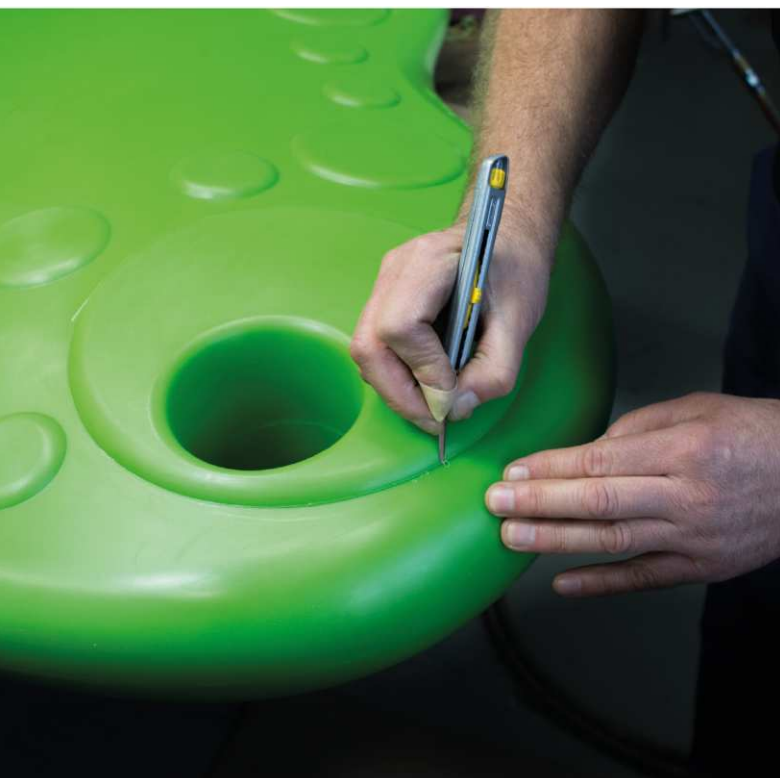


zwala na maksymalne dopasowanie końcowego produktu do założonej funkcji. Dzięki połączeniu naszego doświadczenia inżynierskiego z nowoczesnym parkiem maszynowym, jesteśmy w stanie realizować projekty od koncepcji, przez prototyp, aż po produkcję seryjną.

Nasze usługi obejmują również drukowanie 3D, postprocessing, montaż oraz kompleksowe wsparcie techniczne na każdym etapie współpracy. Korzystamy wyłącznie z materiałów wysokiej jakości, w tym polimerów nadających się do recyklingu, co wpisuje się w naszą filozofię zrównoważonego rozwoju. Dzięki przemyślanej gospodarce zasobami oraz efektywnym rozwiązaniom produkcyjnym, ograniczamy odpady i zużycie energii, dbając jednocześnie o środowisko.

Wybierając Roto4mat, zyskujesz solidnego partnera, który łączy innowacyjność z odpowiedzialnością biznesową. Jesteśmy gotowi pomóc ci zrealizować nawet najbardziej wymagające projekty – niezależnie od ich skali czy złożoności.

Odwiedź naszą stronę internetową i dowiedz się więcej o naszych usługach i realizacjach. Jeśli masz pytania lub szukasz partnera do współpracy – skontaktuj się z nami już dziś. Z przyjemnością doradzimy i wspólnie zrealizujemy twój pomysł!



R O T O 4 M A T
r o t o m o u l d i n g

tel. +48 17 749 39 39
biuro@roto4mat.pl
www.roto4mat.pl

R O T O 4 M A T

r o t o m o u l d i n g

Solidny partner
w procesie produkcji
Twojego produktu



www.roto4mat.pl

Nowe metody przetwórstwa tworzyw sztucznych

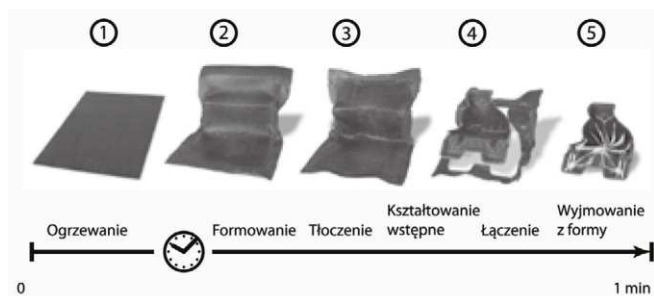
Gottfried W. Ehrenstein, Żaneta Brocka-Krzemińska

O ile wytwarzanie surowców dla tworzyw sztucznych prowadzone jest prawie wyłącznie w sektorze wielkiej chemii, o tyle producentami urządzeń do przetwórstwa tworzyw sztucznych są albo średnie przedsiębiorstwa albo zgrupowane w koncerny firmy z branży stalowniczej i budowy maszyn. Ich zdolność do tworzenia innowacji jest duża, co można wytłumaczyć faktem, że procesy przetwórstwa tworzyw sztucznych nie są znane ani w przemyśle metalowym ani w obszarach przetwórstwa innych tworzyw konstrukcyjnych.

PROCESY HYBRYDOWE

Niezależne rozwiązania opracowane w tej dziedzinie odnosiły w ostatnich latach ogromne sukcesy, przy czym wymienić tu należy szczególnie techniki wielokomponentowe. Dotyczą one łączenia nie tylko tworzyw sztucznych z innymi tworzywami konstrukcyjnymi, ale również równoczesnego przetwórstwa wielu różnych tworzyw sztucznych, w wyniku czego mogą powstawać układy połączone ze sobą albo przez wzajemną adhezję albo wskutek ślizgowego tarcia. W ten sposób można łączyć ze sobą komponenty nie tylko różnorodnie zabarwione, miękkie i twarde, dekoracyjne i funkcjonalne, ale również wytwarzać połączenia folii, stanowiących powierzchnię wyrobu, z materiałami tekstylnymi i skórą, jak również z tworzywami sztucznymi pokrywającymi natryskowo. Korzystne są hybrydy tworzyw sztucznych z metalami, w których poddawane dużym obciążeniom metalowe powierzchnie pokrywane są tworzywami sztucznymi, przy czym tworzywo sztuczne ma kompleksową strukturę nośną i funkcjonalną.

Nowsze rozwiązania wykorzystują ruch zamykający urządzeń do formowania przez wtrysk, aby termoplastyczne półprodukty wzmocnione włóknami ciągłymi przeformowywać (tzw. *proces in-mould forming*). Poprzez natrysk kompatybilnego składnika można uzyskiwać zgrubnie zespawane kompozycje z różnych tworzyw sztucznych. Zaletą tego procesu polega na bezpośrednim wykorzystaniu energii cieplnej zakumulowanej w półwyrobie do zespawania obu kształtek w zintegrowanym procesie. W ten sposób unika się ponownego ogrzewania półproduktu, rys. 1.



Rys. 1. Energooszczędne zintegrowane wytwarzanie materiałów kompozytowych specjalnego przeznaczenia w formie do wtryskiwania (*in-mould forming*) [10]

Podstawą dla takiego prowadzenia procesu są optymalne temperatury przeformowywania magnezu i aluminium, wynoszące 250–300°C, oraz przetwórstwa stali szlachetnych przy 150°C. Temperatury topnienia najważniejszych technicznych (konstrukcyjnych) tworzyw sztucznych wynoszą 230–280°C, a ciśnienie stopionego tworzywa potrzebne do formowania blach wynosi ok. 1000 bar.

PARAMETRY PROCESOWE: TEMPERATURA I CIŚNIENIE

Zaskakujący jest fakt, że żaden z dwóch najważniejszych parametrów procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych – temperatura i ciśnienie – nie może być zmierzony z wystarczającą dokładnością. Bardzo trudno jest zmierzyć temperaturę wewnątrz wtryskiwanej masy w gnieździe formy. Termopary są umieszczone w ścianie formy i mierzą jej temperaturę. Jest ona różna od temperatury masy tworzywa, która również nie jest taka sama w całej przestrzeni gniazda formy. Ponadto dokonanie pomiaru możliwe jest tylko w kilku miejscach. W przypadku pomiaru opartego o promieniowanie w podczerwieni temperatura również nie zostaje uchwycona dokładnie w określonych obszarach, jednak można je integralnie włączyć w uzyskane rezultaty. W przypadku pomiaru ciśnienia pojawia się również problem związany z tym, że czujniki ciśnienia umieszczone są również w ścianie gniazda formy, a masa tworzywa została się najpierw w pobliżu ściany i w ten sposób osłania ją przed działaniem ciśnienia stopionej masy tworzywa. Ponadto gwałtownej zmianie ulega lepkość stopu aż do jego zestalenia się. W procesie przetwórstwa należy mierzyć trzy parametry: temperaturę poszczególnych elementów urządzenia stykających się z tworzywem, ciśnienie wewnątrz formy i jego zmiany w czasie. O ile zmiany temperatury przebiegają względnie wolno z powodu niewielkiego przewodnictwa cieplnego tworzywa (niezależnego od tego, czy występuje ono w stanie ciekłym, czy stałym) i tylko w ograniczonym zakresie poddają się regulacji, o tyle oddziaływanie ciśnienia może być spontaniczne i bardzo szybkie. Znaczenie ciśnienia, jego rozkładu i oddziaływania nie zostało jeszcze dokładnie zbadane. Brak jest też skutecznych metod wyznaczania wpływu ciśnienia na lepkość oraz tworzenie się i rozpad krystalitów

pod wysokimi ciśnieniami. Rozkładów temperatury i ciśnienia wewnątrz formy w trakcie wtryskiwania nie można eksperymentalnie wyznaczyć i muszą być one szacowane obliczeniowo poprzez symulację. To samo dotyczy czasowego przebiegu procesów. Kolejnym złożonym problemem jest rozszerzalność cieplna tworzywa, która w stanie stałym jest o połowę mniejsza niż w ciekłym stopie. Z tego też względu występująca pod wpływem ciśnienia kompresja w stanie ciekłym jest znacznie większa niż w stanie stałym. Ponieważ w standardowym procesie wtryskiwania obie fazy (stała i ciekła) występują równolegle, w czasie wtryskiwania rozmieszczone są nierównomiernie wewnątrz formy. Jeśli faza ciekła zestala się wolniej w pobliżu dyszy wtryskowej i ścian formy, a w oddaleniu od dyszy już uległa zestaleniu, to nie można uniknąć różnic w kontrakcji w czasie chłodzenia formy, co nie tylko utrudnia oszacowanie stałości wymiarów kształtki, ale również zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia naprężeń własnych oddziałujących na podatność na powstawanie pęknięć naprężeniowych.

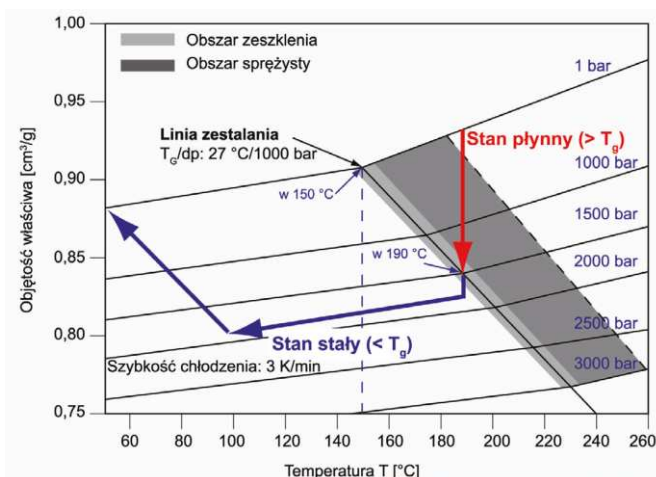
ZESTALANIE CIŚNIENIOWE

Pod wpływem ciśnienia stop polimeru może ulec nagle izotermicznemu zestaleniu i tworzywo, zwłaszcza w przypadku wyrobów grubościennych, występuje równocześnie w postaci stopionych i stałych agregatów, co nie występuje przy typowym wtryskiwaniu. Ponieważ tworzywa sztuczne wykazują zróżnicowane współczynniki rozszerzalności termicznej i przewodnictwa cieplnego, dochodzi do powstawania naprężeń własnych oraz orientacji makrocząsteczek. Jeżeli forma wtryskowa ma zróżnicowaną temperaturę (*variotherme Temperierung*), a temperatura ścianki będzie wyższa niż temperatura zeszklenia bezpostaciowego polimeru, to nastąpi relaksacja orientacji makrocząsteczek spowodowanej przepływem stopu.

Podczas ciśnieniowego zestalania stop polimeru wprowadzany jest do komory o temperaturze ścianki 190°C, gdzie zostaje poddany działaniu ciśnienia, co powoduje, że zestala się on natychmiast w temperaturze niższej niż temperatura zeszklenia polimeru, rys. 2. Zestалona kształtka musi zostać ochłodzona pod ciśnieniem. Równocześnie ochłodzona musi też zostać forma pracująca w warunkach zmiennej temperatury. W celu zachowania dokładności wymiarowej należy zgrać ze sobą kompresję i termiczny skurcz tworzywa [11].

W takiej sytuacji nie dochodzi ani do orientacji makrocząsteczek w przepływającym stopie ani do powstawania naprężeń własnych i orientacji makrocząsteczek w czasie zestalania. Dzięki temu możliwe staje się otrzymanie kształtek nieorientowanych i wolnych od naprężeń własnych, a wykazujących krańcowo dużą dokładność wymiarową. Jest to szczególnie ważne w przypadku wytwarzania całkowicie lub częściowo grubościennych soczewek. Przeciwnie, orientacja makrocząsteczek i tworzenie się naprężeń własnych może się utrwalić podczas szybkiego oddziaływania ciśnienia i mogą one np. zostać poddane analizie.

Wpływ ciśnienia na przetwórstwo tworzyw sztucznych jest znaczny, jeśli tylko może ono, w przeciwieństwie do



Rys. 2. Schematyczny opis procesu ciśnieniowego zestalania PC

temperatury, zostać wytworzone i oddziaływać samorzutnie. W przypadku PC i PS przez podwyższenie ciśnienia o 1000 barów można zwiększyć temperaturę zeszklenia o ok. 300°C, a temperaturę krystalizacji stopu PA6 można zwiększyć o 230°C przez podobne podwyższenie ciśnienia w trakcie chłodzenia stopu.

W szczególności konieczne jest też uwzględnianie zależności lepkości stopu od ciśnienia. Im temperatura stopu leży bliżej temperatury zeszklenia i im mniejsza jest związana z tym odległość pomiędzy łańcuchami makrocząsteczek, tym silniej wzrost ciśnienia oddziałuje na lepkość stopu. O ile w przypadku PC lepkość stopu w 1600°C zwiększa się stukrotnie pod ciśnieniem 300 bar, to w temperaturze wtryskiwania 2400°C pod ciśnieniem 500 bar ulegnie ona tylko potrojeniu [11].

Równolegle z zestaleniem się zmienia się również ściślność stopu. W przypadku PS w stanie stopionym w 130°C wynosi ona ok. 5%/1000 bar, podczas gdy w stanie stałym (po ciśnieniowym zestaleniu) w tej samej temperaturze tylko 1,5%/1000 bar. Ta równoległość występowania stanu stopionego i zestalonego podkreśla zatem różnice w ich właściwościach. Dodatkowo występuje tu różnica w rozszerzalności cieplnej, która w stanie stopionym jest prawie dwukrotnie większa niż w stanie stałym.

Pewną trudność sprawia fakt, że typowe urządzenia pomiarowe stosowane do wyznaczania temperatur przemian, np. w metodzie DSC, są wykonywane w wersjach umożliwiających jedynie stosowanie ciśnień do 150 bar. Pomiarów lepkości dokonuje się zazwyczaj pod ciśnieniem otoczenia, tzn. między ciśnieniem nominalnym a ciśnieniem 1 bar, a nie na poziomie ustalonym.

Tworzywa sztuczne mają, ogólnie rzecz biorąc, bardzo duży potencjał rozwojowy w zakresie technik przetwórstwa. W przeciwieństwie do tego, nie należy spodziewać się, że opracowane zostaną nowe typy tworzyw sztucznych, nowych monomerów lub dotychczas nie polimeryzowalnych. Tworzywa takie wytwarzane byłyby początkowo w niewielkich ilościach, co ograniczałoby opłacalność ich produkcji i zbytu na nieprzygotowanym do tego rynku, na którym nie mogłyby one konkurować cenowo z wytwarzanymi w dużej skali uznanymi już tworzywami sztucznymi.

Tabela 1. Zmiany struktury i właściwości tworzyw sztucznych pod wpływem promieniowania o dużej energii bez dostępu tlenu [13]

ZMIANY STRUKTURALNE	ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI
głównie sieciowanie	nietopliwość i brak rozpuszczalności, podwyższenie temperatury zeszklenia i wytrzymałości na pękanie naprężeniowe, poprawa trybologii
głównie degradacja (poprzez zrywanie łańcuchów głównych)	spadek wytrzymałości mechanicznej, kruchość, obniżenie temperatury zeszklenia, spadek lepkości, zmiana wiązań podwójnych, zabarwienie
odrywanie się grup bocznych	tworzenie się gazów i pojawienie zapachu
przejściowe tworzenie się nośników ładunków	przejściowe przewodnictwo

SIECIOWANIE RADIACYJNE

Pod wpływem promieniowania elektronowego o dużej energii w chemicznej strukturze polimerów dochodzi do odszczepiania się grup bocznych i atomów oraz rozrywania się wiązań w łańcuchach głównych. Tworzące się w tych procesach wolne rodniki mogą rekombinować z rodnikami na sąsiadujących makrocząsteczkach, co prowadzi do sieciowania łańcuchów. Rodniki te mogą jednak również zanikać

albo z wytworzeniem wiązań podwójnych, albo z wytworzeniem bardziej trwałych typów rodników poprzez migrację, albo z wytworzeniem rodników nadtlenowych pod działaniem tlenu [12].

Oznacza to, że zależnie od tego, które reakcje będą przeважаły, dojdzie do zrywania łańcuchów, do ich rozgałęziania, albo do ich sieciowania, tab. 1.

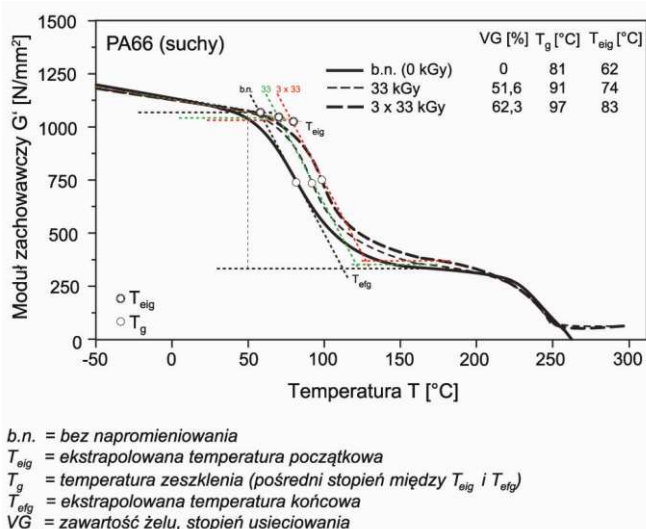
Reakcje sieciowania i degradacji przebiegają równocześnie. To, które z nich będą przeважаły, zależy od typu tworzywa sztucznego, warunków napromieniowania i obecności innych substancji. Biorąc pod uwagę te reakcje, można tworzywa sztuczne podzielić w uproszczeniu na 2 grupy. Pod wpływem promieniowania o dużej energii bez dostępu tlenu sieciowaniu ulegają głównie PE, PA, PS, PAR, PAA, PVC, PP, NR i PAN. Degradacji ulegają przeważnie PIB, PMS, PMA, PVDC, PTFE, CA, CP i PC.

Miarą stopnia usieciowania jest zawartość żelu w tworzywie, nierozpuszczalnego w zazwyczaj dobrym rozpuszczalniku. Są to długotrwałe oznaczenia o ograniczonej dokładności. Właściwości mechaniczne tworzywa w temperaturze pokojowej nie ulegają zasadniczym zmianom, jednak w podwyższonych temperaturach są bardzo istotne. Z punktu widzenia użytkownika najważniejszym skutkiem usieciowania jest nietopliwość materiału także powyżej normalnej temperatury topnienia, rys. 3, co umożliwia krótkotrwałe łączenie materiału przez lutowanie (wykorzystywane np. w elektronice). Kolejną zaletą jest przesunięcie temperatury zeszklenia i równocześnie przesunięcie zakresu termomechanicznej stosowności o ok. 20°C w kierunku wyższych temperatur.

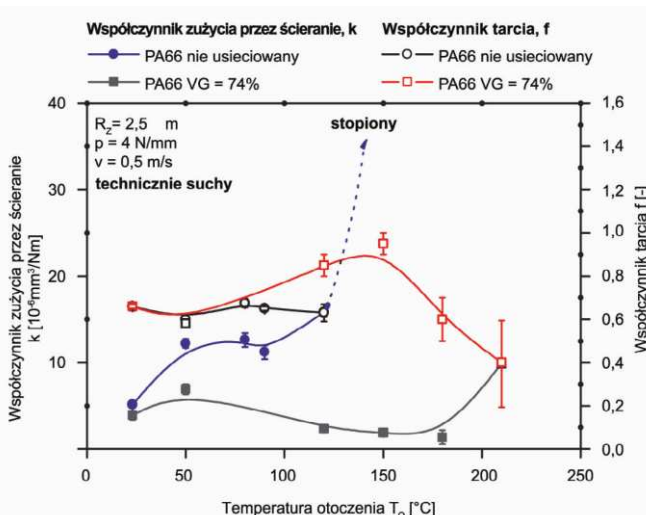
Zjawisko to jest korzystne w przypadku zastosowań trybologicznych. Z jednej strony zmniejszeniu ulega współczynnik tarcia, a z drugiej następuje przesunięcie granicy termicznego zużycia do znacznie wyższych temperatur, rys. 4. Inną zaletą jest znacznie mniejsza podatność tworzywa na pękanie naprężeniowe.

FORMOWANIE ADDYCYJNE

Pod pojęciem formowania addycyjnego (*additive manufacturing*) rozumiane jest ręczne warstwowe wypełnianie form, zwłaszcza przy budowie prototypów i modeli, jak również produkcji w krótkich seriach. Ponadto stosuje się je do wytwarzania indywidualnie dopasowywanych elementów, np. w medycynie lub przy budowie specjalnych aparatów. Właściwy element generowany jest albo z fazy gazowej,



Rys. 3. Moduł zachowawczy usieciowanego i nieusieciowanego PA66 w stanie suchym [12]



Rys. 4. Współczynnik zużycia przez ścieranie oraz współczynnik tarcia nieusieciowanego i usieciowanego radiacyjnie PA66 w zależności od temperatury [12]



CORONA
Innovation, Experience, Knowledge

PRZYJDŹ NA TARGI
I POZNAJ NASZE PRODUKTY



PLASTROL

20-23 MAJA, HALA 1 STOISKO A29

- Pompy zębate stabilizujące procesy wytłaczania
- Zmieniacze sit (ręczne, automatyczne, do pracy ciągłej)
- Systemy granulacji nitkowej i wodnej
- Pulweryzatory do proszkowania tworzyw sztucznych



www.corona1.eu
tel. +48 32 255 53 53
e-mail: biuro@corona1.eu
ul. J. Bałdona 16/27, 40-115 Katowice

NASI PARTNERZY:



WITTE



MAAG Group

a DOVER company



Rys. 5. Element układu zasysania z PA12 [14]

albo zestalany z fazy ciekłej, albo formowany jest z fazy stałej przez obróbkę termiczną folii, prętów (drutów) lub proszków. Spektrum tak formowanych tworzyw sztucznych jest szerokie, począwszy od fotopolimerów (stereolitografia), poprzez bezpostaciowe termoplasty, aż po częściowo krystaliczne termoplasty (selektywne spiekanie laserowe). Przy nakładaniu drutów i folii przy użyciu ogrzewanych dysz (fused deposition modeling) stosuje się ABS i PC, a przy laserowym spiekaniu proszków (laser sintering), przede wszystkim PS, PA11, PA12 i PEK [14].

Przy formowaniu części narażonych na duże obciążenia mechaniczne największe chyba znaczenie ma selektywne zgrzewanie laserowe (*selective sintering*), w trakcie którego drobne proszki (*powder*) (d_{50} ok. $60 \mu m^2$) są warstwowo napawane laserem CO_2 i wiązane. Powstają w ten sposób warstwy o grubości ok. 0,1 mm, które narastają z szybkością ok. 20–30 mm/h. Występuje przy tym duża dowolność w bezpośrednim formowaniu kształtek na podstawie danych CAD bez konieczności użycia jakichkolwiek narzędzi i ciśnienia, co umożliwia elastyczne i szybkie projektowanie wyrobów i modyfikację projektów konstrukcyjnych. Do formowania unikatowej kształtki stosowanej w sporcie motorowym, jaką jest wykonany z PA12 element układu zasysania, rys. 5, wykorzystano spiekanie laserowe, które umożliwiło wytwarzanie tej kształtki na wysokim poziomie integracji funkcji tego elementu.

Do bezpośredniego formowania tą metodą nadają się jedynie częściowo krystaliczne termoplasty, natomiast amorficzne termoplasty mogą być wykorzystywane np. do wytwarzania tzw. traconych rdzeni. Chropowatość i minimalne rozmiary szczelin leżą w obszarze wymiarów pojedynczego ziarna. Największe wyzwania przed technologią stawia konieczność zapewnienia wyrobom powtarzalnej, odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej oraz dokładności wymiarowej. Wskutek długiego przebywania sproszkowanego tworzywa sztucznego w temperaturach komory niewiele niższych od temperatury topnienia krystalitów, materiał, który nie uległ stopieniu (*partcake*) ulega starze-

niu się, w związku z czym nawet 50% materiału będącego w obiegu musi być stale zastępowane prawie w połowie nowym materiałem. Do chwili obecnej czynnikiem limitującym wielkość formowanych kształtek jest ograniczona wielkość komory, w której następuje formowanie.

Proces spiekania zachodzi w mieszanym układzie dwufa-zowym. W tym celu komora formowania jest wstępnie podgrzewana do temperatury bliskiej temperaturze topnienia krystalitów. Laser dostarcza jedynie energię potrzebną do przekroczenia temperatury przemiany fazowej. Przy tym powinno nastąpić jedynie nieznaczne podwyższenie temperatury w otaczającym kształtkę złożu pyłowym. Stąd też wynika dalsze materiałowe założenie dla stosowania tego procesu formowania: temperatura krystalizacji tworzywa sztucznego powinna leżeć znacznie poniżej temperatury topnienia krystalitów.

Jeśli nastąpi przekroczenie temperatury krystalizacji, proszek tworzywa sztucznego topi się w sposób niekontrolowany, natomiast po obniżeniu temperatury poniżej temperatury krystalizacji wytworzony stop tworzywa sztucznego zaczyna krystalizować i występuje skurcz lub indukowane wewnętrznymi naprężeniami wypaczenie się wyrobu (*curling*). Takie zjawisko zniekształcania się wyrobu ma miejsce zwykle wówczas, gdy do układu wprowadza się ze zbiornika magazynowego nowe ilości zimnego proszku. Proces spiekania laserowego należy prowadzić w warunkach quasi-izotermicznych i po zakończeniu formowania zarówno proszek, jak i kształtkę należy chłodzić powoli, przy jak najmniejszym gradientcie temperaturowym, tak aby otrzymać kształtki prawie wolne od naprężeń własnych i o dużej dokładności wymiarowej.

Metodą spiekania laserowego uzyskuje się materiały silnie anizotropowe, które w kierunku ruchu lasera osiągają wytrzymałość mechaniczną równą 80% wytrzymałości wyjściowego tworzywa. Moduł sprężystości osiąga nawet wyższe wartości, gdyż w trakcie procesu laserowego następuje silna krystalizacja tworzywa sztucznego. Wydłużenie przy zerwaniu stanowi jednakże tylko ok. 25% wartości charakterystycznej dla wyjściowego tworzywa. W kierunku prostopadłym do kierunku nakładania warstwy wytrzymałość mechaniczna wynosi tylko 50% wartości wyjściowej, a wydłużenie przy zerwaniu jest jeszcze mniejsze ze względu na wiele defektów krystalizacyjnych.

Przetwórstwo tworzyw sztucznych jest wysoce innowacyjne dzięki licznym nowym lub udoskonalonym procesom. Natomiast pomiary temperatury i ciśnienia w ich trakcie, zwłaszcza wewnątrz formowanych kształtek, wymagają jeszcze wielu prac rozwojowych. Opracowanie nowych rozwiązań technologicznych zapewne nie nastąpi zbyt szybko.

Artykuł publikujemy w ramach współpracy z wydawnictwem PWN. Powyższy fragment pochodzi z książki „Materiały polimerowe. Struktura. Właściwości. Zastosowanie”.



HUZAP GmbH Marie-Curie-Straße 1 53773 Hennef (Niemcy)

Telefon +49 2242 96999 0 Fax +49 2242 96999 29

Internet www.huzap.com e-mail huzap@huzap.com

INSTALACJE LINII MIESZALNICZYCH DLA PRZEMYSŁU TWORZYW SZTUCZNYCH

Qualidata
Zertifizierung
ISO 9001



Magazynowanie
i transport głównych
surowców

Magazynowanie
i odważanie
dodatków

Systemy odważania
głównych surowców
i surowców płynnych

Transport
i magazynowanie
mieszanek

Zaopatrywanie
wylączarek

Sterowanie
elektroprocesorowe





ul. Mickiewicza 108, 38-200 Jasło
tel.: +48 13 44 620 51
email: info@obr-erg.pl

www.obr-erg.pl

OBR-ERG Sp. z o.o.

Maszyny i urządzenia do przetwórstwa tworzyw sztucznych

OBR-ERG Sp. z o.o. - Jasło został powołany do życia w 1979 r.

Wieloletnie doświadczenie pozwoliło nam stać się specjalistami w produkcji maszyn i urządzeń do przetwórstwa tworzyw sztucznych.

Wykonujemy:

- linie technologiczne do wytłaczania rur z tworzyw sztucznych.
- linie technologiczne do wytłaczania profili z tworzyw sztucznych
- głowice wraz z układami kalibrująco - chłodzącymi dla rur i profili
- maszyny specjalistyczne takie jak: numeratory, perforatory, oklejarki, nawijarki i inne

Informujemy, że jesteśmy bezpośrednim producentem wszystkich urządzeń z naszej oferty, dlatego gwarantujemy wieloletnią dostępność części zamiennych i wsparcie techniczne w okresie gwarancji i po jej zakończeniu.



REKLAMA

Przeglądaj oferty firm w katalogu na stronie

www.tworzywasztuczne.biz

Granusteel – wysokiej jakości części zamienne do systemów granulujących tworzywa sztuczne w najlepszej cenie

Granusteel to producent i dostawca części zamien-
nych do systemów granulujących do tworzyw
sztucznych.

Granusteel posiada wieloletnie doświadcze-
nie, co pozwala klientom korzystać z doradztwa technicz-
nego i specjalistycznych rozwiązań - zarówno w przypadku
standardowych zastosowań, jak i nietypowych wymagań,
jakie mogą się pojawić przy produkcji np. mikrogranulatu.

Dzięki krótkim czasom dostawy, doskonałej precyzji wy-
konania i jakości stosowanych materiałów, części te w posta-
ci głowic granulujących, noże do granulowania oraz uchwy-
tów noży, są w stanie konkurować z oryginalnymi częściami,
mając dodatkową zaletę w postaci doskonałego stosunku
jakości i ceny.

Jedną z ważnych dziedzin działalności granusteel są usłu-
gi remontowe: zużyte głowice granulujące są profesjonalnie
odnawiane i ponownie przystosowywane do użytku - jest to
ekonomiczna i zrównoważona alternatywa dla zakupu no-
wych. Odnowione głowice są nie do odróżnienia od nowych
zarówno pod względem wydajności, jak i żywotności.

Oferta firmy obejmuje:

- głowice granulujące/płyty perforowane (elektryczne/
ogrzewane olejem) do przetwarzania różnych polimerów;



- noże do granulacji o różnych grubościach i geometriach, z
różnych materiałów;
- uchwyty noży i głowice tnące, dostosowane do danego
systemu.

Granusteel oznacza precyzyjną produkcję, wiedzę tech-
niczną, bezkompromisową jakość i korzyści ekonomiczne
– cechy, które przekonują klientów z branży tworzyw sztucz-
nych na całym świecie.

Przedstawicielem firmy Granusteel w Polsce jest Chem-
pol.

Zapraszamy do odwiedzin na naszym stoisku na targach
Plastpol, hala 4, stoisko D11, aby poznać nasze możliwości.

**Więcej informacji: www.granusteel.com
<https://chempol.com.pl/>**

REKLAMA



Serdecznie zapraszamy
do odwiedzenia naszego **stoiska D11 w hali nr 4**
podczas Targów PLASTPOL 2025 w Kielcach!
Do zobaczenia!

UNICOR
future of corrugated pipes

WOYWOD

SCITEQ
QUALITY TEST EQUIPMENT

ECON

ARVITEC

MIXACO
MASCHINENBAU

COLLIN
LAB & PILOT SOLUTIONS

BUSS
excellence in compounding

G I C A

**granu
steel**

ifw

WV
WEBER extrusion

VIBROWEST

Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych

Firma Agremo to od ponad trzydziestu lat ceniony dostawca technologii w zakresie urządzeń do magazynowania i transportu granulatów tworzyw sztucznych. To polska firma, z polskim kapitałem. Głównie w oparciu o własne produkty kompletuje magazyny silosowe oraz systemy transportu mechanicznego i pneumatycznego. W zakresie dostaw materiałowych współpracuje ze starannie dobranymi, renomowanymi partnerami zapewniającymi odpowiednią jakość i standardy. Hale produkcyjne wyposażone w najwyższej jakości park maszynowy, nowoczesne systemy planowania, zarządzania oraz wysoko wykwalifikowana kadra pozwalają dostarczać swoim klientom wysokiej jakości, funkcjonalne i trwałe urządzenia. Dzięki współpracy z uznanymi uczelniami i instytucjami oraz aktywnej działalności komórki badawczo-rozwojowej typoszereg produktów jest ciągle modernizowany i unowocześniany. Indywidualnie opracowane procedury w zakresie produkcji i kontroli jakości pomagają w uzyskaniu europejskich standardów.

Głównymi produktami oferowanymi przez Agremo dla branży tworzyw sztucznych są silosy z lejem zsywowym typu ZT. Występują w szerokim zakresie pojemności – od 5 do ponad 1300 m³. Mogą być wykonane zarówno ze stali ocynkowanej, jak i kwasoodpornych. Dostępnych jest wiele elementów wyposażenia opcjonalnego, takich jak zasuwy, systemy załadunku, filtry czy obudowy leja zsywowego. Pozwala to na dowolne skonfigurowanie magazynu, w zależności od potrzeb inwestora.

Agremo oferuje także rozwiązania dotyczące transportu surowców. Tradycyjnie mogą być one złożone z urządzeń mechanicznych – jak podnośniki kubelkowe, przenośniki łańcuchowe, taśmowe czy ślimakowe. Inną opcją jest technologia transportu pneumatycznego realizowana w oparciu o agregaty dmuchawowe Rootsa, odpowiednio dobrane zasuwy, przepustnice, zasilacze celkowe, filtry i inne niezbędne elementy. Instalacje wykonywane są z wysokojakościowych stali kwasoodpornych. Gwarantuje to wysoką trwałość urządzeń oraz czystość transportowanego materiału.

W ofercie Agremo znajdziemy również różnego rodzaju systemy kontrolno-pomiarowe, związane z magazynowaniem i transportem surowców. W zależności od potrzeb możemy wyposażyć silosy w pomiar temperatury, systemy wa-



żenia, czy sygnalizatory poziomu. Agremo realizuje zarówno proste układy sterowania pracujące w trybie włącz/wyłącz, jak i zaawansowane systemy oparte o sterowniki PLC oraz komputery PC z wizualizacją SCADA. Indywidualnie zaprojektowane szafy sterownicze wraz z dedykowanym oprogramowaniem gwarantują optymalne wykorzystanie urządzeń oraz sprawne i niemal bezobsługowe sterowanie procesami.

Wieloletnie doświadczenie firmy w budowie systemów magazynowo-transportowych zarówno do przemysłu tworzyw sztucznych, jak i zbożowego czy paszowego, pozwalają realizować zadania w sposób optymalny dla inwestora. Dotychczasowe realizacje potwierdzają, że oferowane produkty i rozwiązania technologiczne są wysoko cenione na rynku i w pełni spełniają oczekiwania klientów.

Agremo Sp. z o.o.

MAGAZYNY GRANULATÓW TWORZYW SZTUCZNYCH

- silosy z lejem zsywowym
- zbiorniki buforowe
- systemy transportu pneumatycznego
- przenośniki pionowe i poziome
- automatyka i sterowanie
- systemy kontrolno-pomiarowe



Agremo Sp. z o.o.

ul. Parkowa 7, 49-318 Skarbimierz Osiedle

tel. 77 40 29 460, 77 40 29 480

e-mail: agremo@agremo.pl

www.agremo.pl

TWORZYWA SZTUCZNE JAKO NAPĘD DLA ROZWOJU KLUCZOWYCH SEKTORÓW PRZEMYSŁU

Seminarium Techniczne PLASTECH Info na PLASTPOL-u

KOLEJNA EDYCJA SEMINARIUM TECHNICZNEGO PLASTECH INFO NA TARGACH PLASTPOL W KIELCACH

- PLASTPOL to jedno z największych i najbardziej prestiżowych wydarzeń dla przemysłu przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy w Europie, a także liczące się na świecie forum innowacji i międzynarodowej wymiany doświadczeń. Tegoroczna edycja targów odbędzie się w dniach 20–23 maja 2025 roku w Targach Kielce, zamieniając siedem hal wystawienniczych w tętniącą życiem, nowoczesną „fabrykę” możliwości.
- Wydarzenie zgromadzi około 600 wystawców z ponad 30 krajów, reprezentujących wszystkie kluczowe ogniwa łańcucha wartości – od producentów maszyn i urządzeń, przez dostawców surowców, po firmy oferujące usługi dla przemysłu tworzywowego. Na liście wystawców znajdują się przedsiębiorstwa z całej Europy, Azji, Ameryki Północnej i Bliskiego Wschodu, w tym przedsiębiorstwa z Kanady, Hongkongu, Tajlandii, Indii i Serbii, które na PLASTPOLU ofertę pokażą po raz pierwszy.
- Wystawie towarzyszy Seminarium Techniczne PLASTECH INFO, którego tematyka będzie dotyczyła przede wszystkim znaczenia tworzyw sztucznych dla funkcjonowania najważniejszych branż przemysłu, istotnych dla jakości życia współczesnego społeczeństwa oraz jego bezpieczeństwa.

Seminarium rozpocznie się o godzinie 10.30 w środę, 21 maja, w kapsule E-3 (hala nr 5) Targów Kielce, a motywem przewodnim skupiającym techniczny nurt prezentacji i wystąpień, będzie hasło „TWORZYWA SZTUCZNE JAKO NAPĘD DLA ROZWOJU KLUCZOWYCH SEKTORÓW PRZEMYSŁU”.

– Zapraszając do udziału w Seminarium wszystkich uczestników Targów PLASTPOL, chcemy pokazać jak bardzo ciągle rozwijające się i nieustannie udoskonalane technologie przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz materiały polimerowe zrewolucjonizowały i nadal zmieniają nasze codzienne życie. To dzięki tworzywom i umiejętnie dobranym technologiom produkujemy wyroby lepsze, bardziej trwałe i doskonałe, odpowiadające ciągle zmieniającym się wymogom rynku – mówi Jacek Szczerba, reprezentujący Serwis Internetowy WWW.TWORZYWA.PL

– Istotnym elementem całego Seminarium będzie tematyka modyfikacji tworzyw na drodze zastosowania dodatków procesowych oraz środków pomocniczych, stosowanych od wielu lat jako czynnik nie tylko zasadniczo zmieniający przebieg samego procesu, ale również dający ogromne spektrum możliwości w kierunku kształtowania właściwości wyrobu i optymalnego sposobu jego wytworzenia. Swoje miejsce w tegorocznym Seminarium, po raz pierwszy w

historii, znajdą także wystąpienia dotyczące finansowych aspektów funkcjonowania podmiotów gospodarczych w naszej branży. To niezwykle ważny obszar tematyczny, który dzięki współpracy z firmą ASB Poland będzie mieć swoje miejsce w programie PLASTECH INFO – dodaje.

– Seminarium Techniczne PLASTECH INFO, które od lat organizujemy w czasie targów PLASTPOL wspólnie z serwisem WWW.TWORZYWA.PL, zawsze cieszy się zainteresowaniem uczestników i opinią wydarzenia dostarczającego ważne informacje. Tematyka doskonale wpisuje się w wyzwania stawiane przed branżą i współgra z ofertą naszych wystawców – mówi Kamil Perz, dyrektor projektu PLASTPOL w Targach Kielce. – Maksymalna energooszczędność, nowe generacje materiałów do produkcji, w tym także surowce ekologiczne, rozwiązania sztucznej inteligencji dominują wśród najnowszych propozycji przedsiębiorstw. Jestem przekonany, że uczestnicy wydarzenia otrzymają odpowiedzi na wiele nurtujących zagadnień i oczekiwane rozwiązania do wprowadzenia do firm.

PLASTPOL – FABRYKA W DZIAŁANIU

Targi PLASTPOL słyną z dynamicznej ekspozycji – prezentacje odbywają się w warunkach zbliżonych do przemysłowych. Zwiedzający mają okazję zobaczyć setki maszyn pracujących na żywo – wtryskarki, wytłaczarki, roboty przemysłowe, kompletne linie technologiczne, urządzenia do recyklingu oraz systemy zarządzania produkcją. Wysilek organizacyjny – obejmujący wielotygodniowy montaż zaawansowanych linii – sprawia, że hale Targów Kielce stają się miejscem realnych pokazów technologicznych i konkretnych negocjacji handlowych.

– PLASTPOL to przestrzeń międzynarodowego dialogu, technologii i biznesu. Z roku na rok obserwujemy wzrost zainteresowania wydarzeniem wśród firm z całego świata. To potwierdza jego rolę jako platformy biznesowej i merytorycznej – zaznacza Kamil Perz, dyrektor projektu PLASTPOL w Targach Kielce. – Zawierane są tutaj kontrakty o znaczeniu krajowym i globalnym, zarówno na maszyny, jak i na innowacyjne surowce.

- Wydarzenie – PLASTPOL’2025, Seminarium Techniczne PLASTECH INFO.
- Miejsce – Targi Kielce, Hala nr 5, sala konferencyjna E-3, 21.05.2025 r. WSTĘP WOLNY.
- Partnerem i współorganizatorem Seminarium jest Serwis Internetowy WWW.TWORZYWA.PL

Źródło: www.tworzywa.pl



Optymalizujemy procesy produkcyjne,
redukujemy zużycie energii i **minimalizujemy**
wpływ na środowisko.

NEU-JKF Sp. z o.o. to wiodący dostawca nowoczesnych systemów
odpylania, magazynowania oraz transportu materiałów sypkich.

DEDICATED TO
CLEAN AIR

SYSTEMY ODPYLANIA

SYSTEMY TRANSPORTU
PNEUMATYCZNEGO I MECHANICZNEGO

MAGAZYNOWANIE

AUTOMATYCZNE SYSTEMY
ZAŁADUNKU I WYŁADUNKU TLS

Spotkajmy się na



www.neujkf.pl

Hala 1, Stoisko 1-B26



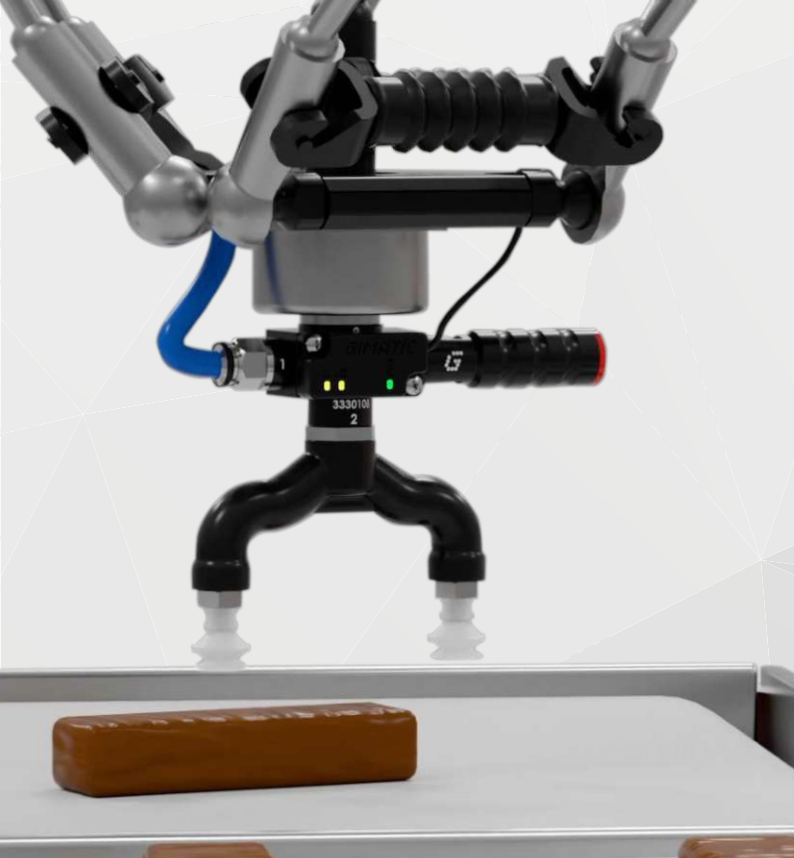
tworzywa.pl



RAZEM
TWORZYMYS
TEN **ŚWIAT**

ROZMAWIAJMY

o trudnych tematach
dotyczących tworzyw
sztucznych

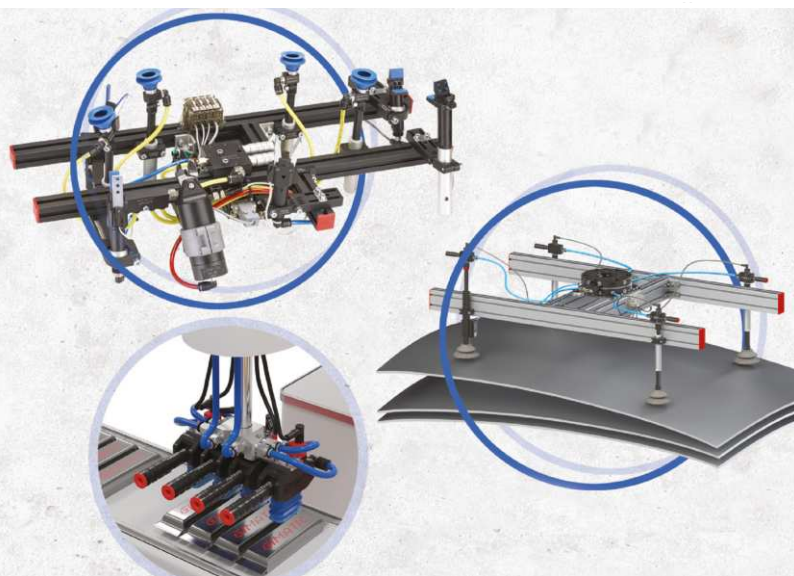


LIDER W DZIEDZINIE JAKOŚCI I INNOWACJI

Gimatic zapewnia swoim klientom kompletne rozwiązania chwytakowe, z zaawansowanymi systemami sterowania i wysokiej jakości komponentami.

Nasz asortyment vacuum składa się z około 1120 produktów opracowanych z naciskiem na efektywność energetyczną, niezawodność i łatwość użytkowania.

Przyssawki, pompy próżniowe, czujniki i inne akcesoria pozwalają naszym klientom pracować w różnych sektorach przemysłu z gwarancją niskiego zużycia energii i ograniczonymi przestojami w produkcji.



GIMATIC POLSKA Sp. z o.o.
ul. Spadowa 13, 42-233 Wierzbrowo
tel. 34 387 30 52
tel. kom. 889 535 500
gimatic@gimaticpolska.pl
www.gimatic.com



Zapraszamy na stoisko B05, Hala 5
na targach PLASTPOL 2025 w Kielcach

Ulgi i oszczędności podatkowe w branży tworzyw sztucznych

Aneta Saramak, Marta Henger

Branża tworzyw sztucznych niewątpliwie znajduje się pod silnym wpływem zmian regulacyjnych i środowiskowych, przekładających się na konieczność adaptacji modeli biznesowych oraz inwestycji w bardziej zrównoważone rozwiązania. Nowe obowiązki raportowe, rozszerzona odpowiedzialność producenta, a także unijne mechanizmy fiskalne – w tym opłaty powiązane z niepoddanymi recyklingowi odpadami z tworzyw sztucznych – wpływają na sposób funkcjonowania przedsiębiorstw w całym łańcuchu dostaw.

W obliczu tych wyzwań szczególnego znaczenia nabierają dostępne instrumenty podatkowe, umożliwiające realne obniżenie obciążeń fiskalnych i jednocześnie wspierające inwestycje w rozwój technologiczny. Skutecznie zaplanowana strategia podatkowa może stanowić istotny element przewagi rynkowej i wspierać długofalowy rozwój.

W niniejszym opracowaniu przybliżymy praktyczne aspekty zastosowania kluczowych preferencji podatkowych – z perspektywy przedsiębiorstw z branży tworzyw sztucznych i opakowań.

ULGA BADAWCZO-ROZWOJOWA

Jednym z najbardziej efektywnych narzędzi wspierających innowacyjność w branży tworzyw sztucznych jest ulga na działalność badawczo-rozwojową (B+R). Jej mechanizm opiera się na możliwości ponownego ujęcia tych samych kosztów w rozliczeniu podatkowym.

W praktyce przedsiębiorca ujmuje wydatki poniesione na działalność badawczo-rozwojową jako koszty uzyskania przychodów, a następnie – składając roczną deklarację podatkową – odlicza po raz drugi te same koszty od podstawy opodatkowania w ramach ulgi. Przedsiębiorca rozliczający ulgę B+R może rozliczyć łącznie dwukrotnie (w niektórych przypadkach trzykrotnie) wartość kosztów kwalifikowanych. W przypadku przedsiębiorców nie wykazujących dochodów (osiągających zbyt niski dochód) możliwe jest przeniesienie niewykorzystanej części odliczenia na kolejne lata – z zachowaniem prawa do rozliczenia w ramach zeznań podatkowych przez okres kolejnych sześciu lat podatkowych. Tym samym przedsiębiorstwo może realnie zrekompensować część poniesionych nakładów na prace związane z opracowaniem nowych produktów czy optymalizacją procesów technologicznych.

Wysokość ulgi jest bezpośrednio związana z poziomem nakładów poniesionych na działalność badawczo-rozwojową – im większe inwestycje w ten obszar, tym wyższe odliczenie może uzyskać przedsiębiorstwo. W katalogu kosztów kwalifikowanych, możliwych do odliczenia w ramach ulgi

B+R znajdują się:

- wynagrodzenia i składki ZUS pracowników;
- koszty materiałów i surowców wykorzystywanych do m.in. testowania nowych rozwiązań, realizacji eksperymentalnych serii produkcyjnych, tworzenia prototypów;
- usługi zewnętrzne, jak m.in.: nabycie ekspertyz, wyników badań od jednostek naukowych;
- odpisy amortyzacyjne od środków trwałych oraz WNIP wykorzystywanych w działalności B+R.

Przykładowe działania, które mogą potencjalnie zostać objęte zakresem ulgi B+R to:

- wynagrodzenia pracowników zaangażowanych w opracowanie receptury zmodyfikowanego lub nowego wyrobu;
- koszty materiałów niezbędnych do wyprodukowania testowej partii zmodyfikowanego lub nowego wyrobu;
- opracowanie nowych receptur tworzyw sztucznych – w tym np. produkcja regranulatu, folii, obróbka termiczna z plastyczną;
- projektowanie i wytwarzanie prototypów opakowań – w tym np. przygotowywanie udoskonalonych mieszanek surowcowych, udoskonalenia parametrów konstrukcyjnych opakowań z tworzyw sztucznych, wytrzymałościowych, czy ergonomicznych;
- tworzenie innowacyjnych form i kształtów opakowań – mających na celu poprawę funkcjonalności, wygody użytkowania, efektywności transportu;
- optymalizacja procesów technologicznych – np. zmniejszenie zużycia energii lub czasu cyklu produkcyjnego, wdrażanie zmian w parametrach procesu rodmuchiwanie folii;

Tabela 1. Zastosowanie ulgi B+R – uproszczony przykład dla średniego podatnika

Podstawa opodatkowania (przychody minus koszty)	10 000 000 zł
Podatek CIT przed zastosowaniem ulgi B+R	1 900 000 zł
Wydatki poniesione na działalność B+R (uwzględnione już w kosztach podatkowych przedsiębiorcy)	2 000 000 zł
Zastosowanie ulgi B+R	10 000 000 zł – 2 000 000 zł = 8 000 000 zł
Należny podatek dochodowy	19% x 8 000 000 zł = 1 520 000 zł
Oszczędność na uldze B+R	380 000 zł

- testowanie i walidacja nowych rozwiązań produktowych – np. testy szczelności, wytrzymałości, odporności chemicznej, właściwości fizykochemicznych, wdrożenia pilotażowe oraz serie próbne;
- wprowadzanie znaczących zmian w istniejących produktach – poprzez np. modyfikację składu, barwników, dodatków funkcjonalnych lub parametrów technologicznych.

ULGA IP BOX

IP Box skierowana jest do podatników prowadzących działalność B+R. Polega na wprowadzeniu preferencyjnej stawki opodatkowania w wysokości 5% dla dochodów uzyskiwanych z kwalifikowanych praw własności intelektualnej, do których zalicza się m.in.: patent, prawo ochronne na wzór użytkowy, prawo z rejestracji wzoru przemysłowego czy autorskie prawo do programu komputerowego.

Warunkami skorzystania z ulgi są:

- prowadzenie działalności B+R i wytworzenie, ulepszenie bądź rozwinięcie w jej ramach kwalifikowanego IP w ramach działalności B+R,
- osiągnięcie dochodu z kwalifikowanego IP, który podlega opodatkowaniu w Polsce,
- poniesienie kosztów kwalifikowanych na wytworzenie, rozwinięcie lub ulepszenie kwalifikowanego IP.

Przykład działania:

Spółka opracowała innowacyjne opakowanie z tworzywa sztucznego, przeznaczone do przechowywania substancji żrących i agresywnych chemicznie. Dzięki autorskiej recepturze materiału oraz zoptymalizowanej geometrii ścianki, opakowanie cechuje się wyjątkową odpornością na uszkodzenia mechaniczne i szczelnością w ekstremalnych warunkach.

Dla nowego rozwiązania uzyskano prawo ochronne na wzór użytkowy, stanowiące kwalifikowane prawo własności

intelektualnej. Produkt został wdrożony do sprzedaży i stosowany m.in. w branży chemii motoryzacyjnej i przemysłowej, generując 12 mln zł dochodów rocznie.

JEDNOCZESNE STOSOWANIE ULG IP BOX I B+R

Od 1 stycznia 2022 r. w odniesieniu do dochodów z kwalifikowanych IP dopuszczalne jest jednoczesne korzystanie z ulg B+R i IP Box. Możliwość taka wystąpi w sytuacji, gdy przedsiębiorca przeprowadza prace B+R, które doprowadziły do wytworzenia, rozwinięcia lub ulepszenia kwalifikowanego prawa własności intelektualnej, które zostało skomercjalizowane.

Posługując się poprzednim przykładem – wytworzenie nowego typu opakowania w ramach B+R pozwoli na odliczenie kosztów kwalifikowanych od podstawy opodatkowania dot. kwalifikowanych praw własności intelektualnej

Tabela 3. Średni podatnik - przykład rozliczenia ulg podatkowych

Przedsiębiorstwo nie korzysta z żadnych preferencji podatkowych	
Dochód z działalności	1 000 000 zł
Podatek 19%	190 000 zł
Przedsiębiorstwo korzysta z ulgi B+R	
Dochód z działalności	1 000 000 zł
Odliczenie B+R	300 000 zł
Podstawa opodatkowania	700 000 zł
Podatek 19%	133 000 zł
Przedsiębiorstwo korzysta tylko z ulgi IP Box	
Dochód z działalności według 19%	600 000 zł
Dochód z IP Box	400 000 zł
Podatek 19%	114 000 zł
Podatek 5%	20 000 zł
Podatek łącznie	134 000 zł
Przedsiębiorstwo łączy obydwie preferencje, a ulgę B+R odlicza od dochodu IP Box	
Dochód z działalności według 19%	600 000 zł
Dochód z IP Box po pomniejszeniu o ulgę B+R	100 000 zł
Podatek 19%	114 000 zł
Podatek 5%	5 000 zł
Podatek łącznie	119 000 zł

Tabela 2. Przedstawia rozliczenie podatkowe spółki z uwzględnieniem ulgi IP Box - dla dużego podatnika

Po zastosowaniu ulgi IP Box [zł netto]		
	Wynik podatkowy za 2024 r. IP Box (5%)	Wynik podatkowy za 2024 r. z pozostałej działalności (19%)
Podstawa opodatkowania	12 000 000 zł	38 000 000 zł
Wysokość podatku	600 000 zł	7 220 000 zł
Podatek po zastosowaniu ulgi	7 820 000 zł	
Podatek przed zastosowaniem ulgi	9 500 000 zł	
Oszczędność (vs rozliczenie bez zastosowania ulgi)	1 680 000 zł	

– dodatkowo obniżając dochód, który możliwy będzie do opodatkowania 5% stawką.

STANOWISKO FISKUSA

Organy podatkowe potwierdzają, że działalność prowadzona w branży tworzyw sztucznych może być kwalifikowana jako działalność badawczo-rozwojowa (B+R), uprawniająca do skorzystania z wyżej wymienionych ulg podatkowych. Przykładowo:

- Dyrektor KIS w interpretacji indywidualnej z dnia 23 maja 2023 r. (0113-KD IPT2-3.4011.144.2023.2.IR) potwierdził stanowisko podatnika, iż: „prowadzone prace w zakresie produkcji folii z tworzyw sztucznych na indywidualne zlecenia Klientów, na podstawie założeń przedstawionych przez Klientów, na podstawie których dochodzi do opracowania dokumentacji technicznej przygotowywanej przez Firmę stanowią działalność badawczo-rozwojową”;
- Dyrektor KIS w interpretacji indywidualnej z dnia 19 lipca 2024 r. (0111-KD IB1-3.4010.243.2024.3.PC) potwierdził stanowisko podatnika, iż następujące obszary działalności podatnika stanowią działalność B+R: „opracowywa-

nie receptury i produkcja regranulatu; opracowywanie i produkcja prototypów opakowań z tworzyw sztucznych; udoskonalenie dotychczas produkowanych opakowań z tworzyw sztucznych; opracowywanie nowych preparatów chemicznych; udoskonalenie dotychczas produkowanych preparatów chemicznych; opracowywanie nowej technologii, w ramach których będą wytwarzane produkty; optymalizacji procesów produkcji - prace związane z ulepszaniem maszyn/urządzeń, które są przez nią wykorzystywane w produkcji Produktów, aby usprawnić procesy produkcyjne”.

PODSUMOWANIE

Dostępne preferencje podatkowe to skuteczne narzędzie wspierające rozwój technologiczny i ograniczające obciążenia fiskalne. Ich świadome wykorzystanie może istotnie podnieść rentowność projektów inwestycyjnych i umocnić pozycję firmy na rynku. Warto podkreślić, że również organy podatkowe potwierdzają możliwość stosowania ulg – w tym ulgi B+R – przez przedsiębiorstwa z branży tworzyw sztucznych.

Aneta Saramak
Tax Managing Partner
Doradca podatkowy



Aneta Saramak specjalizuje się w bieżącym doradztwie podatkowym dla polskich i międzynarodowych instytucji finansowych, podmiotów z sektora IT, technologii oraz produkcji, w zakresie podatków dochodowych i obrotowych oraz międzynarodowego prawa podatkowego. Posiada doświadczenie w przeprowadzaniu i kierowaniu projektami audytów podatkowych, przeglądów due diligence, restrukturyzacji oraz strategicznego planowania podatkowego. Reprezentuje klientów przed organami podatkowymi i sądami administracyjnymi.

Finansista, licencjonowany doradca podatkowy (nr wpisu 10068) z 24-letnim doświadczeniem w doradztwie podatkowym. Prezentka na szkoleniach z prawa podatkowego, autorka publikacji prasowych, współautorka Komentarza C.H. Beck Podatek dochodowy od osób prawnych. Pracowała w czołowych międzynarodowych firmach doradczych, gdzie zajmowała się doradztwem dla instytucji finansowych, w tym banków, firm pożyczkowych, windykacyjnych, leasingowych oraz domów maklerskich.

Aneta Saramak jest absolwentką Akademii Ekonomicznej w Krakowie na kierunku finanse i bankowość.

Marta Henger
Tax Manager
Doradca podatkowy



Marta Henger, licencjonowany doradca podatkowy (nr wpisu 12348), posiada 13-letnie doświadczenie w doradztwie podatkowym, szczególnie w obszarze CIT i VAT. Specjalizuje się w bieżącym doradztwie, wspierając klientów przy restrukturyzacjach, fuzjach i przejęciach, podziałach, połączeniach, przekształceniach, aportach oraz sprzedaży przedsiębiorstw i udziałów.

Przeprowadzała przeglądy podatkowe (CIT, VAT, PCC, WHT), uczestniczyła w due diligence firm z branży real estate i farmaceutycznej oraz wdrażała ulgi podatkowe (IP Box, B+R). Reprezentowała klientów podczas kontroli podatkowych i czynności sprawdzających. Przed dołączeniem do Arena Tax zdobywała doświadczenie w polskich firmach doradztwa podatkowego.

Marta Henger jest absolwentką Wydziału Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego.



tworzywa.org

Portal branży tworzyw



www.tworzywa.org | redakcja@tworzywa.org

tel. 52 343 73 35 | fax 52 561 02 37

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

Zaplanuj swój udział w najważniejszych targach
tworzyw sztucznych w Europie Środkowo-Wschodniej!

Kup bilet już dziś!



PLASTPOL
XXIX Międzynarodowe Targi
Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy

20-23 | 05 | 2025

Kielce



plastpol.com



[/showcase/plastpolfair](#)



[/PlastpolFair](#)