

Tworzywa Sztuczne Przemysłu

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

T W O R Z Y W A P O L I M E R O W E W N A U C E I P R A K T Y C E



- **Gorące kanaty**
- **Doskonalenie procesu produkcji worków foliowych przy wykorzystaniu wybranych metod i narzędzi inżynierii jakości**
- **Przemysł 4.0 teraz jeszcze bardziej potrzebny**
- **Usprawnienie produkcji z wykorzystaniem metody SMED - studium przypadku**
- **Dodatek „Recykling i Regranulaty”**

SPIS TREŚCI

MARZEC/KWIECIEŃ 2021 r.

SYSTEMY GORĄCOKANAŁOWE

- 4 Gorące kanały
- 6 Serwoelektryczne napędy igieł
- 8 Systemy gorącokanałowe – przegląd rozwiązań wybranych firm

KONTROLA JAKOŚCI

- 10 Doskonalenie procesu produkcji worków foliowych przy wykorzystaniu wybranych metod i narzędzi inżynierii jakości
- 15 Analizatory barwy i połysku w przemyśle
- 16 Cyfrowa transformacja w ramach globalizacji łańcucha dostaw
- 20 TEMI+ i TEMlone: kompletne systemy MES dla przemysłu przetwórstwa tworzyw

PRZEMYSŁ 4.0

- 23 Przemysł 4.0 teraz jeszcze bardziej potrzebny

ROBOTYZACJA I AUTOMATYZACJA PRODUKCJI

- 26 Jak naprawdę będzie wyglądała automatyzacja pracy?
- 32 Robotyzacja przemysłu tworzyw sztucznych – hit czy kit?
- 34 Usprawnienie produkcji z wykorzystaniem metody SMED – studium przypadku
- 42 Kierunki rozwoju robotyki w aspekcie projektowania współczesnych systemów produkcyjnych

ELASTOMERY

- 48 Elastomery estrowe na bazie ksylitolu modyfikowane nanometrycznym tlenkiem ceru

TWORZYWA

- 52 Przetwórcy na skraju wytrzymałości

TECHNOLOGIE

- 54 Postradiacyjna degradacja polipropylenu (PP)
- 56 Badania właściwości materiałowych rur wykonanych z jednorodnych tworzyw sztucznych

Tworzywa Sztuczne
Przemysłe

www.tworzywasztuczne.biz

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

Redaktor techniczny:

Lucyna Franczyk

Korekta: Tomasz Sput

Wydawca

Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

ul. Żorska 1/45
47-400 Racibórz
redakcja@tworzywasztuczne.biz
tel./faks 32 733 18 01

www.tworzywasztuczne.biz

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 Nabiątek**
dr inż. **Paweł Palutkiewicz**
dr inż. **Marta Piątek-Hnat**
prof. nadzw. dr hab. inż.
Andrzej Pus
prof. dr hab. inż. **Janusz Sikora**
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.

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń oraz artykułów sponsorowanych. Zastrzegamy sobie prawo do skracania i adiacji tekstów.

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



Systemy goręcokanałowe
Z pasją do innowacji.



Nowoczesna technologia:

- Optymalna krzywa temperatury
- Prosta instalacja oraz przegląd
- Szybka zmiana koloru
- Oszczędność energii
- Niższe ciśnienie procesu
- System modułowy

Oferujemy produkty uznanej włoskiej marki.

Systemy goręcokanałowe mogą być użyte dla szerokiej gamy aplikacji stworzonych specjalnie z myślą o Twoich potrzebach!

Przygotowujemy zarówno dysze pojedyncze, jak i gotowe gorące półowki.

Dowiedz się więcej na:



Dystrybutor w Polsce:
Grupa SUMARIS

biuro@sumaris.pl
+48 662 255 049

www.ihrsolution.com
www.sumaris.pl

REKLAMA

Tworzywa Sztuczne Przemysłu

Ponad 10 lat na rynku.

Informacje o nowościach, sprawdzonych produktach i technologiach oraz o liderach w branży tworzyw sztucznych.

Wprowadzona cyfrowa wersja czasopisma zwiększyła zasięg do 22 tys. przedsiębiorców.



Zamów prenumeratę
www.tworzywasztuczne.biz

- Magazyn
- Dodatki tematyczne
- E-wydania

Gorące kanały

Adam Sobczyński

Z pewnością nie powiem nic nadzwyczajnego, jeśli stwierdzę, że większość z nas nie wyobraża sobie produkcji zaawansowanych konstrukcyjnie wyprasek, gdzie gorące kanały nie miałyby zastosowania.

Jego główne zadanie, jakim jest przekazanie tworzywa w stanie uplastycznionym z agregatu wtryskowego do gniazda formy wtryskowej, pozwala produkować elementy skomplikowane, bez linii łączenia i jednocześnie eliminując powstawanie wlewa, który musiałby być mielony w młynku lub przekazany na odpad.

Gorące kanały (GK) umożliwiły obniżenie kosztów produkcji wielu elementów

Posłużę się przykładem nakrętki do butelki, gdyby nie GK nakrętka podniosłaby koszt opakowania o kilkadziesiąt procent. Zastosowanie narzędzi wielogniazdowych i wykorzystanie technologii systemów GK pozwala minimalizować koszty i tym samym uzyskać niższą jednostkową cenę za wypraskę.

Niewątpliwie warunkiem koniecznym do bezproblemowej pracy z gorącymi kanałami jest odpowiednie dobranie systemu pod konkretną aplikację i jej prawidłowe serwisowanie.

Niestety do dziś spotyka się w wielu firmach problem z minimalną wiedzą na temat budowy i serwisowania układów GK.

Chciałbym chociaż w niewielkim stopniu przybliżyć podstawową budowę gorących kanałów oraz zachęcić do zgłębiania wiedzy na temat tej bardzo interesującej gałęzi w obszarze budowy form wtryskowych. Zrobię to na podstawie gorących kanałów firmy INCOE.

Korzyści, jakie mamy ze stosowania systemów goręcokanałowych, są naprawdę duże. Niestety możemy zauważyć wiele trudności w ich serwisowaniu i obsłudze, dlatego niezbędna jest edukacja w tym zakresie. Poznanie budowy gorących kanałów jest niezbędne przed podjęciem pracy przy ich obsłudze. W innym przypadku możemy niepotrzebnie wydłużyć czas serwisowania lub doprowadzić do jego uszkodzenia.

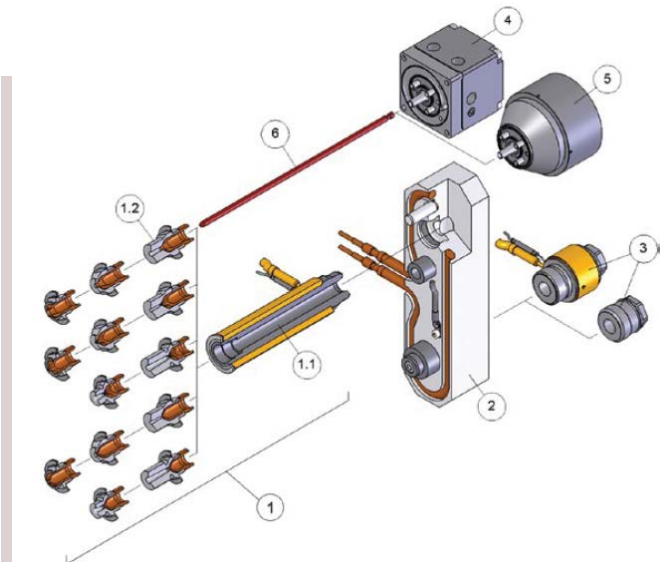
ROZDZIELACZ

Rozdzielacze stosowane w gorących kanałach stanowią trzon konstrukcyjny tego wymagającego elementu.

Gorące kanały, a dokładnie kształt rozdzielaczy oraz jego konstrukcja dobierane są pod konkretną aplikację, zgodnie ze specyfiką kształtu i podziału formy, dlatego dobór musi być starannie przeanalizowany. Naturalne zbalansowanie przepływu płynnego materiału jest aktualnie podstawową cechą konstrukcji tych bloków.

Istnieje wiele różnych systemów, konstrukcji omawianych rozdzielaczy. Rysunek 2 przedstawia tylko ułamek z dostępnych możliwych kształtów.

Do rozdzielacza gorącego kanału mocuje się dysze wtryskowe prowadzące tworzywo do gniazda formującego, co stanowi swego rodzaju kanał dystrybucji. Od drugiej strony montuje się tuleję wtryskową, która doprowadza materiał do rozdzielacza, bezpośrednio z agregatu wtryskowego. Rysunek 3 przedstawia przykładową budowę rozdzielacza.



Rys. 1. Gorące kanały budowa - przegląd komponentów systemu goręcokanałowego firmy INCOE (incoe.com): 1 - zespół dysz wtryskowych. Jest to zbiór części doprowadzających tworzywo w stanie płynnym z rozdzielacza do gniazda formującego; 1.1 - trzon do zamocowania dysz wtryskowych z układem grzewczym; 1.2 - dysze wtryskowe. Zakończenia mogą mieć różne konstrukcje, od zróżnicowanych długości poprzez różne średnice, ponieważ muszą być dostosowane do geometrii gniazda; 2 - rozdzielacz. Element przekazujący tworzywo do zespołu dysz wtryskowych; 3 - dysza wlotowa. Dzięki temu elementowi udaje się przekazać materiał z agregatu wtryskowego do rozdzielacza. Ma on styczność z dyszą wtryskową zamontowaną na wtryskarce. Promień na tulei i dyszy wtryskowej powinien zapewnić szczelność dystrybucji tworzywa; 4 - siłownik hydrauliczny. W przypadku zastosowania dysz zamykanych w układach goręcokanałowych siłownik hydrauliczny odpowiada za otwarcie i zamknięcie iglicy podczas wtryskiwania; 5 - siłownik pneumatyczny. Zadanie, jakie ma spełniać, jest identyczne jak w przypadku siłownika hydraulicznego; 6 - iglica zamykająca; sterowana siłownikiem, otwiera lub zamyka przepływ w gorącym kanale



Rys. 2. Przykładowe kształty rozdzielaczy gorących kanałów (źródło: <http://yudopl.com>)

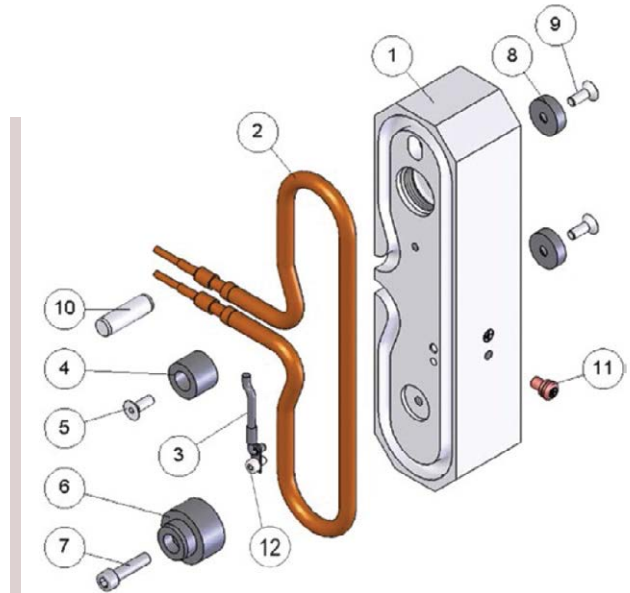
Rozdzielacz jest podstawowym elementem w budowie grzących kanałów. Ponieważ montaż w formie bardzo często stanowi nie lada wyzwanie dla operatora serwisującego formę z tego typu układem, ważnym aspektem jest poziomowanie i prawidłowy montaż, dlatego zachęcam do edukacji w obsłudze systemów grzącokanałowych. Przede wszystkim ułatwi to pracę i pozwoli uniknąć niepotrzebnych kosztów.

ZESPÓŁ DYSZY

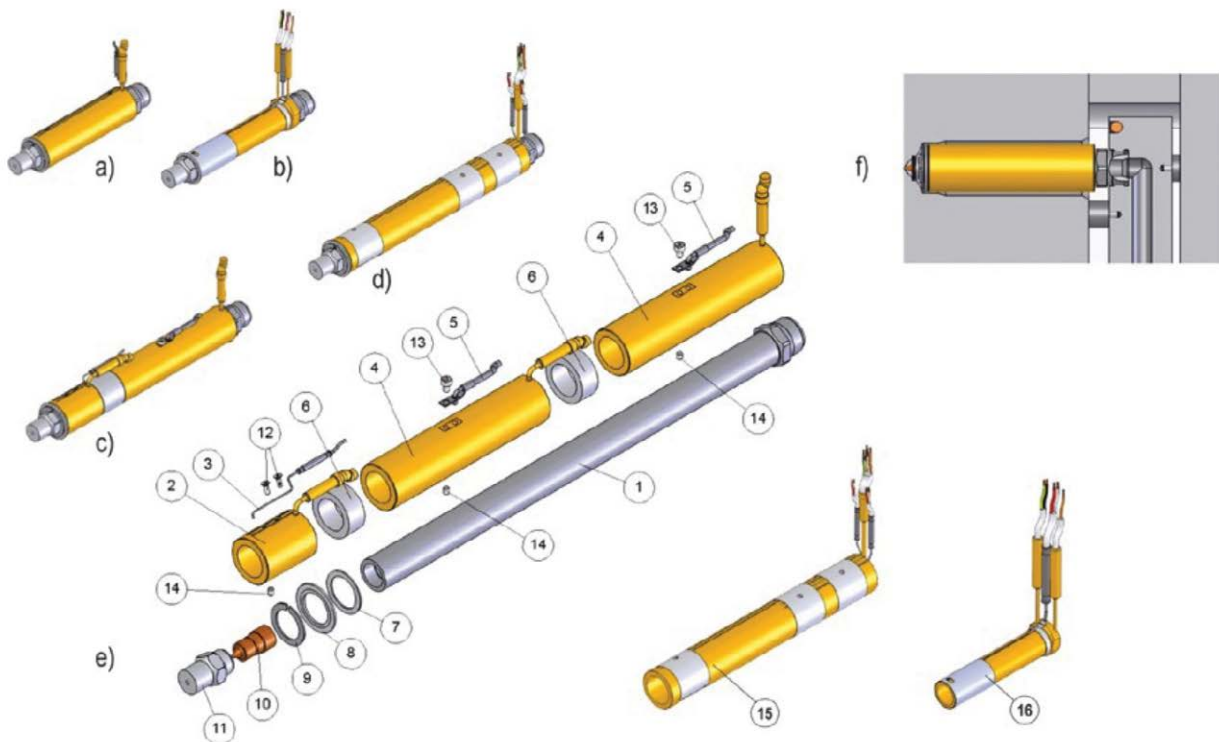
Zespół dysz może występować z rozdzielaczem lub bez niego. Dzięki temu możemy go zastosować w prostych zabudowach form wtryskowych. Jednak prosta budowa wcale nie oznacza, że nie wymaga on specjalistycznej wiedzy i umiejętności.

Zespół dysz wtryskowych, które stanowią nieodłączny element grzących kanałów musi być starannie osadzony w obudowie formy, aby zapewnić szczelność kompletnego układu grzącokanałowego. Pewnie spotkaliście się już z sytuacją, gdzie taki kanał uległ rozszczerzeniu. Koszty przywrócenia go do pełnej sprawności są bardzo duże i zmniejszają zwrot z inwestycji doposażenia formy w taki układ. Dlatego szkolenie obsługi jest krytyczne, w celu minimalizowania błędów serwisowania grząnego kanału.

Podsumowując, system grzących kanałów wymaga specjalnej obsługi i wyjątkowej ostrożności podczas jego użytkowania. Dlatego znajomość budowy poszczególnych elementów zdecydowanie pomoże podczas pracy z nim.



Rys. 3. Budowa rozdzielacza GK (źródło: incoe.com):
1- blok kolektora rozdzielającego; 2 - grzałka rurowa. Ten typ grzałki jest najczęściej wprasowywany w blok kolektora; 3 - termopara, której zadaniem jest odczyt aktualnej temperatury na rozdzielaczu; 4 - dolny wspornik; 5 - śruba mocująca wspornik; 6 - centralny wspornik; 7 - śruba mocująca centralny wspornik; 8 - górny wspornik; 9 - śruba mocująca górny wspornik; 10 - kołek ustalający; 11 - miejsce do uziemienia GK; 12 - śruba mocująca termoparę



Rys. 4. Przykładowe konstrukcje i elementy zespołu dysz (źródło: <http://incoe.com>)[/caption]
Poszczególne elementy zespołu: 1 - trzon; 2 - grzałka końcowa; 3 - termopara; 4 - grzałka wielostrefowa; 5 - termopara; 6 - separator; 7 - izolator; 8 - pierścień centralny; 9 - pierścień osadzący; 10 - końcówka dyszy grzącego kanału; 11 - obudowa końcówki dyszy; 12 - śruby mocujące termoparę; 13 - śruba mocująca termoparę; 14 - śruba ustalająca pozycję grzałki; 15 - wielostrefowy system grzewczy; 16 - smukły zespół grzewczy.
Przykładowe konstrukcje zespołu dysz: a) dysza z jedną strefą grzewczą; b) smukła dysza z jedną strefą grzewczą; c) końcówka termiczna, dysza z dwiema strefami grzewczymi; d) dysza dwustrefowa; e) dysza z trzema strefami grzewczymi; f) miejsce montażu w formie wtryskowej

Serwoelektryczne napędy igieł



System napędzany serwomechanizmem, który zapewnia absolutną kontrolę i precyzję nad indywidualnymi profilami otwierania i zamykania zaworów. W pełni dostosuje pozycję igły, przyspieszenie, prędkość, skok, czas oraz sekwencję pracy. Są to krytyczne parametry, które znacznie poprawiają jakość wypraski dla wymagających detali. Dostępne dla wszystkich zastosowań, w tym także dużych części samochodowych.

KLUCZOWE CECHY

Indywidualne silniki serwo

- Niezależna regulacja każdego silnika.
- Doskonała powtarzalność, stabilny proces i niezawodność.
- Wysoka siła zapewniająca pracę z dowolną aplikacją.

Precyzyjna kontrola

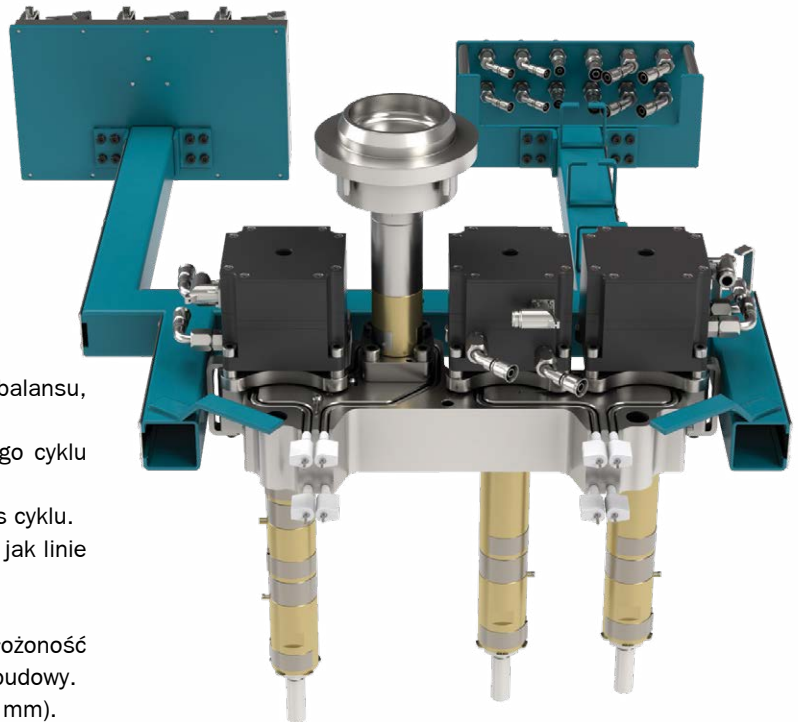
- Regulacja pozycji igieł, skok co 0,01 mm.
- Natychmiastowa reakcja – brak opóźnienia.
- Wyłączanie poszczególnych gniazd.

Wielostopniowe profile otwierania/zamykania

- Możliwość ustawienia optymalnego przepływu oraz balansu, aby poprawić jakość części.
- W pełni regulowane profile, zmienne podczas jednego cyklu dla otwierania i zamykania.
- Możliwość dostosowania prędkości pracy igły podczas cyklu.
- Skuteczność w eliminowaniu niedoskonałości, takich jak linie łączenia, wcięcia oraz wiele innych.

Nowy kompaktowy silnik II generacji

- Konstrukcja z napędem bezpośrednim eliminuje złożoność mechaniczną i minimalizuje wymagania dotyczące zabudowy.
- Wysokość silnika zredukowana o 48% (teraz tylko 90 mm).
- Wymienne z siłownikami hydraulicznymi.
- Minimalne wymagania serwisowe.

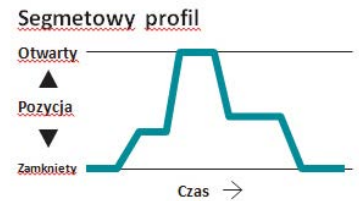
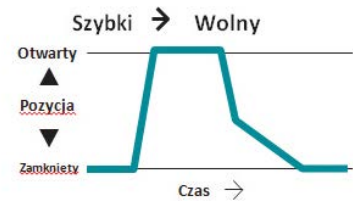
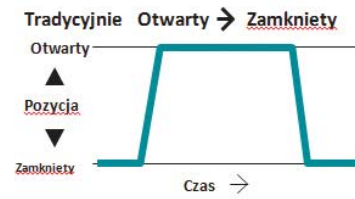
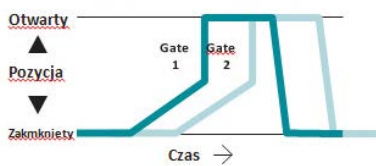


System gorących kanałów FusionG2 z siłownikami SeVG +

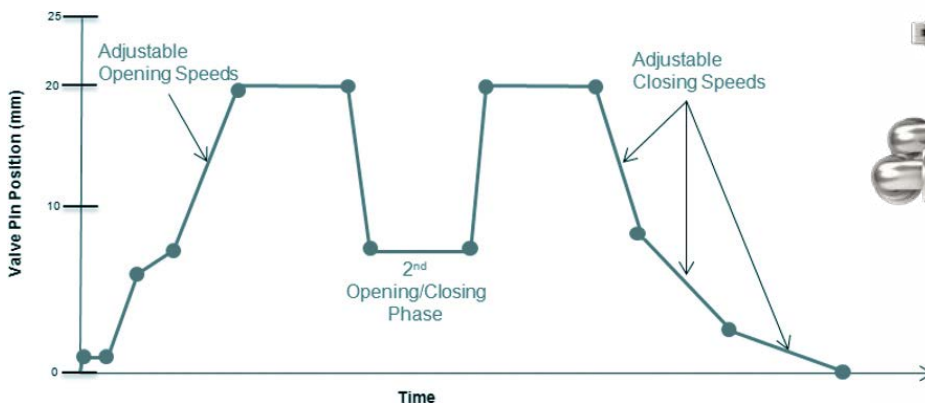


SeVG+ Sterownik



PROGRAMOWALNE RUCHY IGIEŁ**Sekwencyjny (Czas & Sygnał)****Korzyści:**

- Stabilny przepływ czoła materiału.
- Kontrola balansu wtrysku.
- Kontrola wagi detalu.
- Wydłużona żywotność formy.

**PROGRAMOWALNE WIELOETAPOWE PROFILE**

- Szeroki zakres elastyczności, w tym złożone ruchy w każdym cyklu.
- Programowalny nawet do 10 kroków podczas cyklu.
- Każdy krok może mieć indywidualne ustawienia (w tym 2 ruchy otwierania/2 zamykania).

SPECYFIKACJA

Silnik	Servo (elektryczny)
Siła zamykania (max)	5 000 N
Średnica igieł \varnothing	2,5 mm-9,5 mm
Wtrysk na dysze (g)	<1-5,000+
Kształt igły	cylicydryczne lub stożkowe
Skok igły	0-18 mm
Prędkość pracy igły (max)	80 mm/s
Dokładność pozycji	0,01 mm
Czas reakcji	0,01 s

Kompatybilny z systemami:

- Fusion-Series G2
- Dura+
- Master-Series
- Summit-Series

Opcjonalnie:

- Zintegrowany regulator TempMaster.



Mold-Masters
tel. kom. 726 854 888
www.moldmasters.com

elwik

ZT Elwik
ul. Jakobinów 35
02-240 Warszawa
tel. 22 846 31 87-89
fax 22 846 35 70
elwik@elwik.com
www.elwik.com

Producent kompletnych systemów GK:

- Doradztwo techniczne na każdym etapie wdrożenia
- Indywidualne podejście do każdego klienta
- Pełny serwis gwarancyjny i pogwarancyjny
- Atrakcyjne ceny i dogodne warunki współpracy.

Dysze:

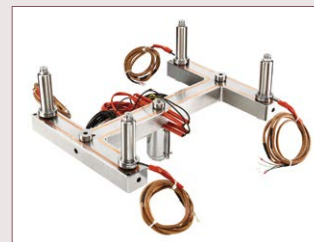
- Możliwość wtrysku każdego tworzywa
- Duża różnorodność końcówek wykonanych z najlepszych materiałów
- Pełna zamienność technologiczna elementów dyszy
- Szeroka paleta dysz dolotowych w różnych konfiguracjach w zakresie od 36 do 266 mm.

Rozdzielacze:

- Grzałki rozdzielacza zaprasowane miedzią (bardzo długa żywotność)
- Pełne zbalansowanie mechaniczne
- Brak zalegania tworzywa w kanałach.

Regulatory temperatury:

- Funkcja miękkiego startu
- Sygnalizacja stanów awaryjnych
- Możliwość sterowania mocą
- Moc wyjściowa 230V/2500 VA.



HEATLOCK®

Dystrybucja w Polsce:
ROAL s.c.

UWAGA!!! Nowy adres biura i magazynu:

**ul. Wołczyńska 18
60-003 Poznań**

biuro@goracekanaly.pl
www.goracekanaly.pl

HEATLOCK powstała 35 lat temu w Szwecji. Oferuje systemy gorących kanałów, produkowane w oparciu o najwyższe międzynarodowe standardy jakości. Dzięki otwarciu fabryki w Chinach dostarczamy bezproblemowe gorące kanały w konkurencyjnych cenach. Szeroki wachlarz produktów otwierają tzw. „gorące połówki” – systemy zmontowane w fabrycznych tolerancjach, w pełni okablowane, przetestowane i gotowe do użycia w płytach formy. Dostarczamy zarówno kompletne systemy z „pływającymi” rozdzielaczami, jak i systemy zintegrowane (dysze wkręcane w rozdzielaczu) - także w wersjach z dyszami zamykanymi pneumatycznie. Posiadamy duży wybór dysz do form jednogniazdowych. Dysponujemy zespołem doświadczonych konstruktorów, którzy pomogą Państwu dobrać odpowiednią aplikację. Działamy globalnie poprzez szeroką sieć naszych partnerów.



iA InAutom

InAutom Poland Sp. z o.o.
ul. Zbożowa 28
86-010 Koronowo
biuro@inautom.pl
www.inautom.pl

Oferujemy układy goręcokanałowe SINO, które wykorzystywane są w produkcji w najbardziej wymagających branżach m.in. motoryzacyjnej, medycznej, AGD czy RTV. Umożliwiają one **wtrysk bezpośredni i wtrysk pośredni**, a ich wysoka wydajność i precyzja spełniają nawet najbardziej wyśrubowane wymagania jakościowe. Umożliwiają one precyzyjną kontrolę procesu produkcyjnego i zwiększenie jego efektywności oraz dokładności. Sprzedajemy m.in. dysze i systemy dysz, rozdzielacze i tzw. **gorące połówki**. Każdy układ można też wyposażyć w **regulator temperatury** oraz precyzyjny i wygodny **sterownik sekwencji**.

Firma InAutom Poland zajmuje się dostarczaniem najwyższej klasy rozwiązań dla wtryskowni. Prowadzimy sprzedaż sprzętu, części i akcesoriów, a także profesjonalny serwis **wtryskarek**. Uzupełnienie działalności naszej firmy stanowi szeroka oferta automatyzacji firmy SWITEK, służąca poprawie czasu i stabilności cyklu produkcyjnego.

Labotek Polska

Power in Plastics

Labotek Polska
ul. Poznańska 1
63-005 Kleszczewo
tel. 61 67 08 867
fax 61 64 17 667
biuro@labotek.pl
www.labotek.pl

Labotek Polska jako wyłączny przedstawiciel na rynku polskim francuskiej firmy S.I.S.E może zaoferować szeroką gamę regulatorów do systemów GK. Gama składa się z 1-strefowego regulatora z serii 1ZX, z serii 8 o budowie modułowej z możliwością kontroli od 2 do 24 stref oraz najnowszej serii MV3, która może w zależności od modelu kontrolować od 8 do 336 stref. Seria MV3 oprócz standardowych funkcji, między innymi takich jak miękki start, autokalibracja, weryfikacja błędnego podłączenia lub uszkodzenia termopary, posiada również bardziej zaawansowane funkcje pozwalające na pamięć ustawień dla wcześniej zapisanych form wtryskowych, kontrolę mocy i oporności każdej z grzałek zainstalowanych w formie, autodiagnostykę formy czy alarm w przypadku wycieku tworzywa i możliwość współpracy z PC.





Mold-Masters
tel. kom. 726 854 888
www.moldmasters.com

Firma **Mold-Masters** istnieje od 1963 roku i jest światowym liderem technologii goręcokanałowej oraz regulacji temperatury. Mold-Masters oferuje 10-letnią gwarancję.

W swojej ofercie posiada pełną gamę systemów goręcokanałowych do wszystkich branż. Firma dostarcza także kompletne gorące połowy. Technologia iFLOW pozwala uzyskać idealny balans oraz ekspresowo zmieniać kolor. Zintegrowane elementy grzejne w znacznym stopniu redukują zużycie energii elektrycznej.

Mold-Masters produkuje w pełni elektryczny agregat dla drugiego komponentu (w tym LSR) E-Multi z niezależnym od wtryskarki kontrolerem. Urządzenie jest w pełni kompatybilne z każdą wtryskarką.

Mold-Masters to też dostawca najwyższej jakości regulatorów temperatury, które wyposażone są w funkcje diagnostyczne oraz detekcję wycieku tworzywa.



SUMARIS Suchecki Sp. K.
ul. Graniczna 22
62-002 Suchy Las
+48 662 255 049
ihr@sumaris.pl
www.sumaris.pl

Autoryzowany dystrybutor włoskiego producenta **iHR Solution**.

Systemy goręcokanałowe, pojedyncze dysze, dysze zamykane igłowo, systemy sekwencyjne, gorące połówki, kontrolery, analiza reologiczna.

Oferujemy:

- **doradztwo** – szybkie ofertowanie wraz ze wstępną analizą wypełnienia;
- **wsparcie techniczne** – online, przeglądy i serwis;
- **analizę reologiczną** – w celu dokładnej analizy i oceny procesu wypełnienia. iHR oferuje symulację procesu wtrysku detalu jako istotną część swojej technologii;
- **dostępność części zamiennych** – dostawa do 48 godzin.



VGT Polska Sp. z o.o.
ul. Powstańców 66
31-670 Kraków
tel. 12 281 34 87
fax 12 281 34 89
info@vgt.com.pl

GAMMAFLUX® LIDER REGULATORÓW GORĄCYCH KANAŁÓW

Regulatory gorących kanałów Gammaflux® LEC, G24 wykorzystują najnowsze zaawansowane techniki regulacji PIDD.

Zalety techniki regulacji Gammaflux®:

- Regulacja 20 razy/s;
- Korekta temperatury już przy odchyleniu od temperatury nastawionej o 0,05°C;
- Gammaflux® dostarcza płynną i dokładną moc każdemu elementowi grzewczemu, zapewniając doskonałość regulacji temperatury;
- Gammaflux® stokrotnie wydłuża żywotność elementów grzejnych.

W przypadku uszkodzenia czujnika temperatury, można produkować dalej w trybie nastawczym:

- Mold Doctor® – oprogramowanie do badania formy;
- Zabezpieczenie przed zalaniem formy;
- 5 lat gwarancji.



WADIM PLAST
ul. Graniczna 10
05-816 Reguły
tel. 22 723 38 12
fax 22 723 52 01
info@wadim.com.pl
www.wadim.com.pl

Jesteśmy liderem w produkcji systemów goręcokanałowych w Polsce. Nasze dysze spełniają takie kryteria jak: równomierny rozkład temperatury na długości dyszy, dobre warunki termiczne w obszarze przewężki, krótki czas zmiany koloru (dysze uszczelniane w obszarze przewężki), duża opcjonalna oferta końcówek dostosowanych do potrzeb projektów, wysoka trwałość i łatwa wymiennność poszczególnych elementów dyszy, kompaktowość zabudowy no i oczywiście atrakcyjna cena. Produkujemy systemy otwarte, jak i zamykane igłowo, z dyszami uszczelnianymi przy wykorzystaniu zjawiska rozszerzalności cieplnej oraz z dyszami wkręcanyymi w blok rozdzielacza.

Naszym atutem jest dobór systemów oparty na pełnej analizie wypraski w programie Cad-mould, ścisła współpraca z narzędziowniami przy zabudowie systemu GK oraz z wtryskownikami przy rozruchu formy.

Naszą ofertę uzupełniają regulatory temperatury od 6 do 128 stref regulacji temperatury, spełniające najwyższe kryteria niezbędne do stabilnej, precyzyjnej i bezawaryjnej pracy systemów GK.

Doskonalenie procesu produkcji worków foliowych przy wykorzystaniu wybranych metod i narzędzi inżynierii jakości

Bożena Skotnicka-Zasadzień, Michał Zasadzień, Radosław Wolniak

W artykule dokonano analizy procesu produkcji worków foliowych, wykorzystując do tego wybrane metody i narzędzia inżynierii jakości takie jak: metoda FMEA oraz narzędzie – diagram Ishikawy. Na podstawie przeprowadzonej analizy określono, które z problemów są najistotniejsze i należy wprowadzić działania doskonalące i zapobiegawcze. W pierwszej kolejności należy zastosować działania doskonalące i korygujące dla wad: „klejenie się worków oraz zbyt mała ilość dodatku antiblock w procesie produkcyjnym” oraz „brak norm i uregulowań dotyczących parametrów technicznych folii i sposobów ich kontroli”.

Praktyczne zastosowanie doskonalenia wymaga wykorzystania licznych metod i narzędzi zarządzania jakością i inżynierii jakości. W literaturze wymiennie stosuje się pojęcia metody zarządzania jakością/metody inżynierii jakości, ponieważ różnica dotyczy nie samych metod z zakresu ich zastosowania do konkretnej problematyki. Ich zastosowanie ma na celu poprawę produktywności, ograniczenie marnotrawstwa i usprawnienie realizowanych w organizacji procesów [3].

Ważnym podejściem do zdefiniowania jakości, istotnym zwłaszcza w przypadku inżynierskiego rozpatrywania jakości wyrobów przemysłowych, jest jej podział na trzy komponenty: jakość projektu, jakość wykonania i jakość eksploatacyjna. Wszystkie te trzy składniki muszą być jednocześnie uwzględnione, aby można było mówić o wysokiej jakości wyrobów [7, 8, 17]. Na etapie realizacji wyrobu (proces produkcyjny), rola zapewnienia jakości ulega stopniowemu ograniczeniu, a dominujące znaczenie uzyskuje sterowanie jakością – w tym kontrola i korygowanie jakości. Jakość projektowa jest na tym etapie przekształcana w jakość wykonania w procesach wytwarzania. Zadaniem tych działań jest uzyskanie jak największej zgodności pomiędzy jakością projektową a jakością wytwarzania [4]. W niniejszym artykule za pomocą wybranych metod i narzędzi inżynierii jakości dokonano analizy i doskonalenia procesu produkcji worków foliowych.

WYKORZYSTANIE METOD I NARZĘDZI INŻYNIERII JAKOŚCI DO DOSKONALENIA PROCESÓW

Metody i narzędzia służą do rozwiązywania różnych, pojawiających się w przedsiębiorstwie przemysłowym problemów w zakresie procesów produkcyjnych. W dziedzinie tej wykorzystuje się bardzo dużo różnorodnych zasad, metod i narzędzi. W literaturze przedmiotu istnieją problemy w zakresie zdefiniowania, co jest metodą, a co narzędziem. Najlepszą (z punktu widzenia potencjalnego inżyniera) próbę dokonania takiej klasyfikacji podjęli autorzy: A. Hamrol i W. Mantura [5, 6].

Na podstawie wspomnianych prac można przedstawić następującą typologię [5, 6]:

- zasady zarządzania jakością (ZZJ) – określają stosunek przedsiębiorstwa i jego pracowników do ogólnie rozumianych pro-

blemów jakości, nie dają wytycznych operacyjnych, a rezultaty ich stosowania są trudne do oceny bieżącej;

- metody zarządzania jakością (MZJ) – charakteryzują się planowym, powtarzalnym i opartym na naukowych podstawach sposobem postępowania przy realizacji zadań związanych z zarządzaniem jakością, są bardziej złożone od narzędzi jakości, wykorzystują dane zebrane za ich pomocą, pozwalają kształtować jakość projektową i jakość wykonania;
- narzędzia zarządzania jakością (NZJ) – służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami zarządzania jakością, wyróżniają się one prostotą i służą do zbierania i przetwarzania danych związanych z różnymi aspektami zarządzania jakością, ich oddziaływanie jest ograniczone w czasie, ich efektywne wykorzystanie wymaga zwykle połączenia z metodami.

Uważa się, iż narzędzia mogą być wykorzystywane autonomicznie, jednakże zazwyczaj są one stosowane jako jeden z elementów metod zarządzania jakością.

Wśród licznych metod i narzędzi zarządzania jakością, jakie występują w literaturze przedmiotu, w niniejszych badaniach zostały wykorzystane dwa (metoda FMEA oraz diagram Ishikawy), które zostaną w tym miejscu krótko scharakteryzowane.

Metoda FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* – analiza przyczyn i skutków wad) ma na celu konsekwentne i trwałe eliminowanie wad wyrobu (konstrukcji) lub procesu produkcyjnego przez rozpoznawanie przyczyn ich powstawania oraz stosowanie odpowiednich środków zapobiegawczych. Kolejnym celem jest unikanie wystąpienia rozpoznanych, ale także nieznanymi jeszcze wad w nowych wyrobach i procesach, przez wykorzystanie wiedzy i doświadczeń z wcześniej prowadzonych analiz. Ideą metody jest „zero defektów” [9–13, 18, 19]. Cele te są zgodne z zasadą ciągłego doskonalenia. Dzięki przeprowadzeniu analizy FMEA otrzymane zostają wyniki, na podstawie których wprowadzane są poprawki i nowe rozwiązania, skutecznie eliminujące źródła wad. Analizy mogą również dostarczyć nowych idei i pomysłów, które ulepszą właściwości wyrobu. Dzięki temu FMEA wpisuje się w cykl działań zwany „Kołem Deminga” [14, 15, 16].

Wyróżnione są dwie grupy analiz FMEA [8, 10]:

1. FMEA wyrobu/konstrukcji – tego typu analiza przeprowadzana jest w trakcie projektowania, aby uzyskać informacje o silnych i słabych obszarach wyrobu. Wykonuje się ją w celu wprowadzenia ewentualnych zmian koncepcyjnych przed podjęciem właściwych prac konstrukcyjnych. Wady wyrobu lub konstrukcji mogą dotyczyć niezawodności wyrobu w czasie eksploatacji, funkcji, które wyrób ma realizować, łatwości naprawy w przypadku uszkodzenia, łatwości obsługi przez użytkownika oraz technologii wykonywania konstrukcji. Analizę FMEA dla wyrobu lub konstrukcji powinno przeprowadzać się przy wprowadzaniu nowego wyrobu na rynek, wprowadzaniu nowych podzespołów lub części, wprowadzaniu nowych materiałów, zastosowania nowych technologii, otwarcia się nowych możliwości zastosowania wyrobu, znacznych inwestycji, eksploatacji wyrobu w szczególnie trudnych warunkach lub w przypadku, gdy jego użytkownik zagraża życiu lub zdrowiu człowieka (ewentualne wystąpienie awarii).
2. FMEA procesu – tego typu analiza przeprowadzana jest w celu rozpoznania czynników, które mogą utrudniać spełnianie określonych wymagań lub mogą wpływać na dezorganizację procesu wytwarzania. Czynniki te mogą być związane z parametrami i metodą obróbki, środkami pomiarowo-kontrolnymi oraz bezpośrednio z maszynami i urządzeniami. FMEA procesu stosuje się w początkowej fazie projektowania procesów technologicznych, przed uruchomieniem produkcji seryjnej oraz w celu jej doskonalenia (zwłaszcza doskonalenia procesów, które są niestabilne lub nie zapewniają uzyskania wymaganej jakości i wydajności).

Diagram przyczynowo-skutkowy zwany diagramem Ishikawy lub też „diagramem rybiej ości” zaliczany jest do tak zwanych „starych” narzędzi zarządzania jakością. Jest on graficznym przedstawieniem analizy wzajemnych powiązań wywołujących określony problem. Wykres przyczynowo-skutkowy Ishikawy jest

pomocny przy rozwiązywaniu problemów, jakie mogą wystąpić w danym procesie. Wykres ten w sposób graficzny przedstawia powiązania między czynnikami działającymi na proces i skutki, które one powodują [10, 16].

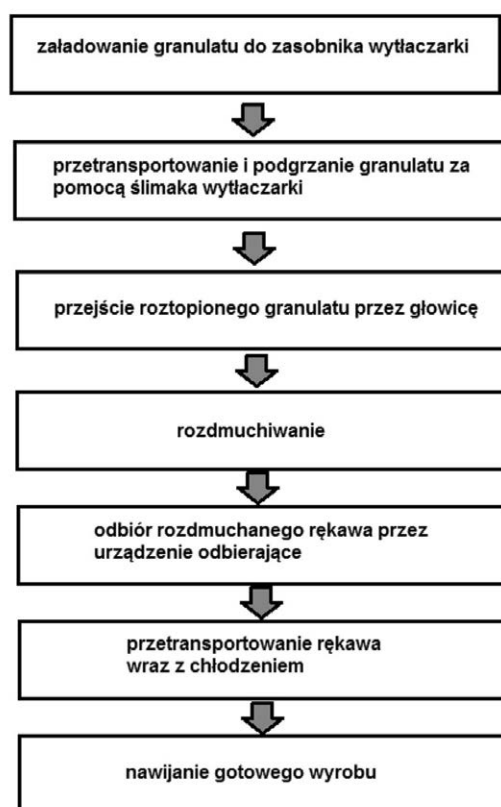
Wykres Ishikawy najczęściej znajduje swoje zastosowanie do analizy procesów produkcyjnych. Z jednej strony metoda służy jako sposób na wyszukiwanie nowych przyczyn, z drugiej natomiast jako technika bieżącego przypominania o przyczynach, które należy sprawdzać, by uzyskać zadowalający wynik procesów produkcyjnych. W literaturze przedmiotu można spotkać się z poglądem, że wykres przyczyn i skutków Ishikawy jest obok karty kontrolnej najbardziej rozpowszechnionym narzędziem kontroli jakości na poziomie procesu i dlatego też bardzo często wykorzystują go koła jakości [10, 16].

PROCES PRODUKCJI WORKÓW

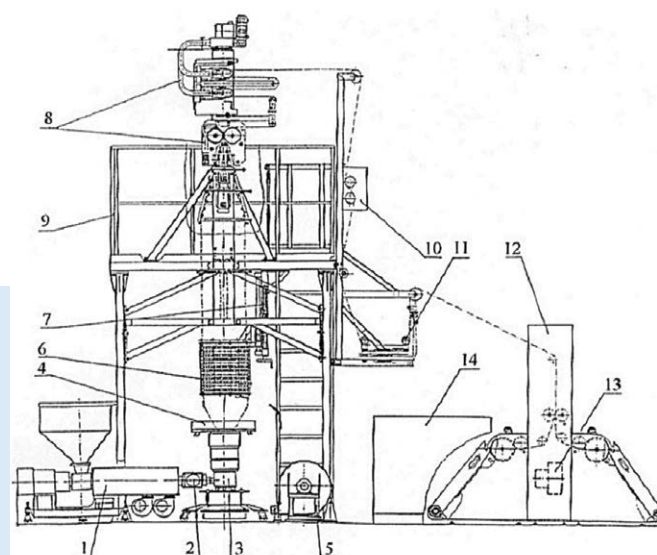
Produkcja worków foliowych z polietylenu realizowana jest, w analizowanym przypadku, za pomocą wylączarki (ekstrudera) tworzyw sztucznych wraz z rozdmuchiwanym jednostopniowym. Uproszczoną mapę procesu produkcyjnego prezentuje rysunek 1.

Proces rozpoczyna się od doboru granulatu do rodzaju wyrobu oraz wymagań klienta. Wejściem procesu jest granulaty polietylenu niskiej gęstości (PE-LD) wraz z modyfikatorami, zmieniającymi właściwości podstawowego materiału. Wśród najpopularniejszych modyfikatorów stosowanych w procesie produkcji worków należy wymienić: stabilizatory UV, antyutleniacze, substancje antystatyczne, zapobiegające parowaniu i wzmacniacze. Odpowiednio dobrana mieszanka trafia na linię produkcyjną. Schemat linii produkcyjnej prezentuje rysunek 2.

Granulaty zasypywane są do zasobników układów wylączarek. Wewnątrz urządzeń następuje transport mieszanki granulatu przy pomocy ślimaka w kierunku głowicy. Podczas transportu w ekstruderze dochodzi do skompresowania mieszanki z jed-



Rys. 1. Proces produkcji worków foliowych. Źródło: [1]



Rys. 2. Linia do wytłaczania z rozdmuchiwanym jednostopniowym. Źródło: [2]

Linia technologiczna do produkcji worków foliowych składa się z: 1) układu wylączarek; 2) filtra tworzywa; 3) głowicy formującej; 4) pierścienia chłodzącego; 5) wentylatora; 6) kosza kalibrującego; 7) mechanizmu napędowego do podnoszenia kosza; 8) urządzenia odbierającego; 9) konstrukcji nośnej; 10) aktywatora z wyciągiem ozonu; 11) układu prowadzenia spłaszczonyj folii rurowej (rękawa); 12) urządzenia nawijającego; 13) zespołu odbioru obciążonej krawędzi folii; 14) szafy sterowniczej

noczesnym jej uplastycznieniem. Plastikowy materiał przeciskany jest przez głowicę formującą, gdzie uzyskuje pożądaną kształt. Następnie po wyjściu rozgrzanego materiału z głowicy następuje jego rozdmuch przy pomocy wentylatora o dużej mocy, który posiada możliwość regulacji strumienia powietrza. Rozdmuchiwaną tworzywo przechodzi przez pierścień chłodzący, który powoduje powierzchniowe ochłodzenie powierzchni przyszłego worka, następnie rozdmuchiwana folia przechodzi przez kosz stabilizujący. Zadaniem tego urządzenia jest powstrzymanie rozdmuchiwanej folii przed niekontrolowanymi zmianami kształtu i wymiaru. Poprzez możliwość regulacji kosza stabilizującego możliwe jest dobranie szerokości przyszłych wyrobów zgodnie z specyfikacją techniczną klienta. Po przebyciu rękawa przez kosz stabilizujący następuje jego odbiór przez urządzenie odbierające. Ruch folii realizowany jest poprzez zespół wałków. Elementy te oprócz transportu folii powoli chłodzą ją nadmuchiwanym powietrzem poprzez otwory w wałkach. Następnie rękaw folii przechodzi przez aktywator, czyli urządzenie do koronowania wyładowczego, przygotowujące powierzchnię folii do nałożenia farb i klejenia. Gotowa folia zostaje przetransportowana do miejsca, w którym znajduje się gilotyina służąca do odcięcia wymaganej ilości worków i ich nawinięcia na rolkę.

Dzięki realizacji omawianego procesu możliwe jest produkcje wyrobów, takich jak: folie perforowane do pakowania, folie termokurczliwe dla produkcji butelek PET, folie do paletowania, worki reklamowe, worki foliowe, folie dla ogrodnictwa wielkogabarytowe, folie biodegradowalne, folie do pakowania produktów spożywczych oraz folie opakowaniowe.

DOSKONALENIE PROCESU

Identyfikacja problemów

Podczas procesu produkcji wyrobów z PE-LD w czasie dwumiesięcznej obserwacji zidentyfikowano wady i niezgodności zaprezentowane w tabeli 1.

Znaczącym problemem występującym w analizowanym procesie produkcyjnym jest wada „klejenie się folii” polegająca na jednoczesnym przyciąganiu elektrostatycznym warstw folii do siebie, co utrudnia otwarcie worka. Ma to szczególne znaczenie w przypadku, gdy klient korzysta ze zautomatyzowanych linii produkcyjnych, które wykorzystują ramiona otwierające gotowy worek foliowy przed jego wypełnieniem produktem. Wada ta w badanym okresie wystąpiła w wyrobach o łącznej masie ponad 12 ton. W związku z tym postanowiono wyeliminować lub znacznie ograniczyć występowanie tego właśnie problemu.

Analiza procesu

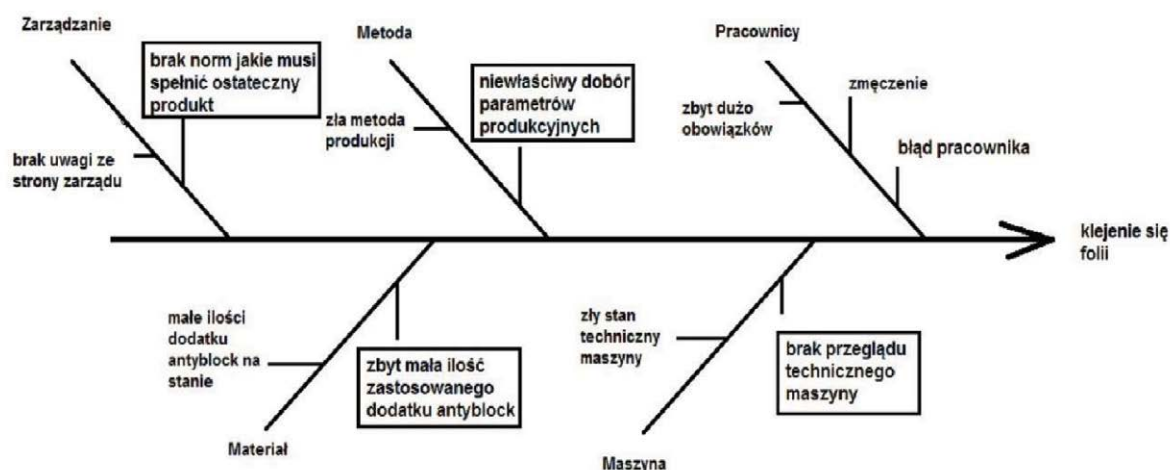
Aby prawidłowo rozpoznać źródłowe przyczyny analizowanego problemu, jakim jest klejenie się powierzchni folii, zastosowano diagram Ishikawy, co przedstawia rysunek 3.

Analiza problemu za pomocą diagramu Ishikawy pozwoliła na zidentyfikowanie następujących, głównych przyczyn problemu, tj.:

1. Brak przeglądu technicznego maszyn w ciągu technologicznym. Powodem tego stanu rzeczy jest pośpiech związany z wykonaniem zlecenia i brak czasu na wykonanie sumiennej obsługi technicznej maszyny. Czynność ta jest o tyle ważna, że wykonywana w równych odstępach czasu, zmniejsza znacząco prawdopodobieństwo wystąpienia wady.
2. Zbyt wysoka prędkość transportu wstęgi folii w całym procesie technologicznym. Poprzez zwiększanie prędkości dochodzi do naładowania folii ładunkami elektrostatycznymi, co wpływa na właściwości gotowego produktu.
3. Docisk wałków transportujących do wstęgi folii. W tym przypadku dochodzi do zwiększonego tarcia powierzchni wałka o folię, co oprócz wzrostu temperatury folii, powoduje jej naładowanie elektrostatyczne.
4. Zbyt mała ilość zastosowanego dodatku antyblock. Zastosowanie tego dodatku w odpowiednich proporcjach pozwala na znaczną redukcję występowania zjawiska, jakim jest klejenie się folii. Ze względu na koszt tego dodatku oraz wzrost konkurencyjności, firma dąży do obniżania ceny ostatecznego produktu poprzez zaniżenie proporcji tego dodatku, co w konsekwencji powoduje powstawanie sytuacji klejenia się folii

Tabela 1. Wady procesu produkcji wyrobów foliowych

Problem występujący podczas produkcji	Ilość [kg]
klejenie się folii	12320
trudno zgrzewająca się folia	6040
smużenie się folii	2138
brak możliwości naniesienia nadruku na folię	540
niewłaściwa grubość folii	250
gromadzenie się zanieczyszczeń	
problemy z podawaniem folii	
wyładowania elektryczne	
zmiana koloru	<100
zerwanie się folii	
nieprawidłowe nawinięcie	
ścierający się nadruk	



Rys. 3. Diagram Ishikawy dla problemu „klejenie się folii”

Tabela 2. Arkusz analizy FMEA dla wady „klejenie się folii”

Przyczyny wady	Działania korygujące	Zn	Cz	Wy	WPR	Działania zapobiegawcze	Zn	Cz	Wy	WPR
brak przeglądów technicznych maszyn	harmonogramowanie prac UR	3	4	4	48	karty pracy i sprawozdania	3	2	2	12
niewłaściwe parametry procesu	listy kontrolne	8	8	3	192	zastosowanie systemu monitorowania	8	4	1	32
zbyt mała ilość modyfikatora antiblock	wprowadzenie pojemników namiarowych	9	8	8	576	instrukcje stanowiskowe i lista kontrolna	9	3	2	54
brak norm	szkolenie pracowników	5	6	10	300	instrukcje systemowe	5	2	3	30

i braku możliwości jej rozwarstwiania. Inną z przyczyn, niewłaściwej ilości dodatku jest jego brak w magazynie, spowodowany niedopatrzeniem ze strony działu zajmującego się zaopatrzeniem produkcji w surowce do produkcji worków z polietylenu.

5. Brak norm, jakie musi spełnić ostateczny produkt. Brak jest systemowych, skonkretyzowanych zaleceń dotyczących wymagań, kontroli i weryfikacji ostatecznego wyrobu.

Na podstawie zidentyfikowanych przyczyn problemu przeprowadzono analizę FMEA, dzięki której dokonano hierarchizacji przyczyn oraz sformułowano działania korygujące i zapobiegawcze. Arkusz FMEA przedstawiono w tabeli 2.

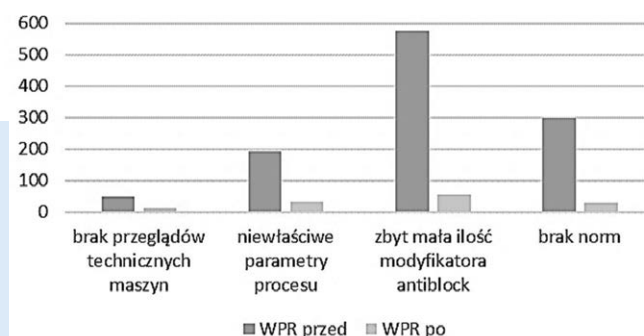
Najbardziej istotną przyczyną, odpowiedzialną za powstanie wady „klejenie się folii” (WPR = 576) jest zbyt mała ilość dodatku antiblock w procesie produkcyjnym. Kolejną istotną przyczyną (WPR = 300) jest brak norm i uregulowań dotyczących parametrów technicznych folii i sposobów ich kontroli. Niewłaściwy dobór parametrów technicznych procesu zajął trzecią pozycję z WPR = 192. Najmniej istotną przyczyną okazał się brak terminowych przeglądów maszyn.

Doskonalenie procesu

W wyniku przeprowadzonej analizy Ishikawy oraz FMEA zaproponowano szereg działań korygujących i zapobiegawczych.

Dla przyczyny niedostatecznej ilości modyfikatora antiblock jako działanie korygujące zaproponowano wprowadzenie pojemników o odpowiedniej pojemności celem prawidłowego dawkowania modyfikatorów. Działania zapobiegawcze polegały na zaimplementowaniu szczegółowej instrukcji sporządzania mieszanek wraz z listą kontrolną.

W przypadku braku norm określających właściwości produktu oraz sposoby ich kontroli działaniem korygującym jest przeszkolenie pracowników w zakresie kontroli istotnych właściwości produktu. Jako działanie zapobiegawcze opracowano ujednolicony zestaw istotnych właściwości produktów wraz



Rys. 4. Porównanie wskaźników WPR

z instrukcjami systemowymi mówiącymi o miejscach i sposobach kontroli wyrobu, a także zmodyfikowano plan szkoleń dla nowych pracowników.

Problem polegający na nieodpowiednim doborze parametrów procesu rozwiązano wprowadzając listy kontrolne dla operatorów oraz technologie ułatwiające systematyczność kontroli parametrów procesu. Jako działanie zapobiegawcze zaproponowano zainstalowanie czujników wraz z informatycznym systemem do monitoringu procesu.

Dla przyczyny polegającej na niedostatecznej częstotliwości wykonywania przeglądów maszyn i urządzeń biorących udział w procesie produkcyjnym wdrożono system harmonogramowania prac działu utrzymania ruchu uwzględniający niezbędne przeglądy i remonty maszyn oraz skoordynowanie go z działem planowania produkcji. Jako działanie zapobiegawcze wprowadzono karty pracy dla pracowników utrzymania ruchu oraz obowiązek składania comiesięcznych sprawozdań z wykonanych prac ujętych w harmonogramie.

Podsumowanie skuteczności wdrożonych działań ilustruje wykres przedstawiony na rysunku 4.

REKLAMA

**Spektrofotometr Agera do jednoczesnego pomiaru barwy i połysku.
Idealny do nieregularnych próbek takich jak granulaty
tworzyw sztucznych i regranulaty.**

BIOSENS

ul. Górczewska 216, 01-460 Warszawa
tel. 22 243 37 87, info@biosens.pl



Agera posiada nowoczesny interfejs użytkownika, wbudowane oprogramowanie do kontroli jakości oraz najnowocześniejsze opcje zarządzania danymi, co zapewnia wyjątkową elastyczność i łatwość obsługi.

Sumarycznie wskaźnik WPR dla analizowanego problemu udało się zmniejszyć z wartości 1116 do 128.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy procesu produkcji worków foliowych wykryto wady, które powodowały reklamacje od klienta i straty ekonomiczne. Najważniejsze wykryte błędy w procesie to: klejenie się folii, trudno zgrzewająca się folia, smużenie się folii, brak możliwości naniesienia nadruku na folię, niewłaściwa grubość folii, gromadzenie się zanieczyszczeń, problemy z podawaniem folii, wyładowania elektryczne, zmiana koloru, zerwanie się folii, nieprawidłowe nawinięcie, ścierający się nadruk. Za pomocą metody FMEA dokonano hierarchizacji przyczyn powstawiania wad, analiza pozwoliła wytypować wady, które generują największe straty i należy je w pierwszej kolejności wyeliminować poprzez zastosowanie działań doskonalących i zapobiegawczych. W pierwszej kolejności należy wyeliminować: klejenie się folii WPR = 576, następną wadą to brak norm i uregulowań dotyczących parametrów technicznych folii i sposobów ich kontroli WPR = 300, niewłaściwy dobór parametrów technicznych procesu zajął trzecią pozycję z WPR = 192. W kolejnym etapie analizy zaproponowano działania doskonalące i zapobiegawcze na podstawie wcześniejszych analiz za pomocą metody FMEA oraz diagramu Ishikawy.

Zaproponowano następujące działania korygujące:

- Dla przyczyny niedostatecznej ilości modyfikatora antiblock jako działanie korygujące zaproponowano wprowadzenie pojemników o odpowiedniej pojemności celem prawidłowego dawkowania modyfikatorów, natomiast działania zapobiegawcze to zaimplementowanie szczegółowej instrukcji sporządzania mieszanek wraz z listą kontrolną.
- Dla przyczyny braku norm określających właściwości produktu oraz sposobów ich kontroli działaniem korygującym jest przeszkolenie pracowników w zakresie kontroli istotnych właściwości produktu. Jako działanie zapobiegawcze opracowano ujednolicony zestaw istotnych właściwości produktów wraz z instrukcjami systemowymi mówiącymi o miejscach i sposobach kontroli wyrobu, a także zmodyfikowano plan szkoleń dla nowych pracowników.
- Dla przyczyny nieodpowiedniego doboru parametrów procesu jako działania korygujące wprowadzono listy kontrolne dla operatorów oraz technologie ułatwiające systematyczność kontroli parametrów procesu. Jako działanie zapobiegawcze zaproponowano zainstalowanie czujników wraz z informatycznym systemem do monitoringu procesu.
- Dla przyczyny niedostateczna częstotliwość wykonywania przeglądów maszyn i urządzeń biorących udział w procesie produkcyjnym wdrożono system harmonogramowania prac działu utrzymania ruchu uwzględniający niezbędne przeglądy i remonty maszyn oraz skoordynowanie go z działem planowania produkcji. Jako działanie zapobiegawcze wprowadzono karty pracy dla pracowników utrzymania ruchu oraz obowiązków składania comiesięcznych sprawozdań z wykonanych prac ujętych w harmonogramie.

Po wprowadzeniu działań doskonalących i korygujących zaobserwowano znaczącą poprawę procesu produkcji worków foliowych.

LITERATURA

[1] R. Rybak: Analiza i doskonalenie procesu produkcji worków z folii PE z wykorzystaniem narzędzi zarządzania jakością na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Praca magisterska. Politechnika Śląska. Zabrze, 2016.

[2] J. Stasiak: Współczesne technologie i urządzenia do wyłaczania folii metodą wyłaczania z rozdmuchiwaniami. Polimery, no. 5, pp. 327-406.

[3] R. Wolniak: Metody i narzędzia Lean Production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle, w Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji R. Knosala, Ed. Opole: Oficyna Wydawnicza PTZP, 2013, pp. 524-534.

[4] A. Dziudziak, M. Stoma: Doskonalenie procesów i produktów z zastosowaniem koncepcji Lean Manufacturing. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, no. 10, pp. 115-118, 2012.

[5] A. Hamrol, W. Mantura: Zarządzanie jakością – teoria i praktyka. Warszawa: PWN, 2016.

[6] A. Hamrol: Zarządzanie jakością z przykładami. Warszawa: PWN, 2013.

[7] J. Łunarski: Zarządzanie jakością. Standardy i zasady. Warszawa: WNT, 2012.

[8] R. Wolniak, B. Skotnicka-Zasadzień: Zarządzanie jakością dla inżynierów. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2010.

[9] J.J. Dahlgaard, K. Kristensen, G.K. Kanji: Podstawy zarządzania jakością. Warszawa: PWN, 2000.

[10] R. Wolniak, B. Skotnicka: Metody i narzędzia zarządzania jakością – Teoria i praktyka cz. 1. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011.

[11] R. Wolniak: Effectivency of use of FMEA method in an industrial enterprise. Technická Diagnostyka, no. 1, 2013.

[12] R. Wolniak: Wspomaganie metody FMEA w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Problemy Jakości, no. 1, pp. 15-21, 2011.

[13] R. Wolniak, M. Więckowska: Analiza skuteczności zastosowania metody FMEA w przedsiębiorstwie przemysłowym. Zeszyty Naukowe WSZOP, no. 1, pp. 128-138, 2009.

[14] A. Pacana: Synteza i doskonalenie wdrażania systemów zarządzania jakością zgodnych z ISO 9001 w małych i średnich organizacjach. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2014.

[15] A. Pacana. Metodyka 5S. Częstochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Inżynierów Produkcji i Jakości, 2016.

[16] D. Stadnicka: Zasady, metody i narzędzia zarządzania jakością w praktyce. Rzeszów: Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, 2016.

[17] A.E. Gudanowska: Wprowadzenie do zarządzania jakością w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Ekonomia i Zarządzanie, no. 4, pp. 161-170, 2010.

[18] B. Skotnicka-Zasadzień: Analiza efektywności zastosowania metody FMEA w małym przedsiębiorstwie przemysłowym, w Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, W. Biały, J. Kaźmierczak, Eds. Gliwice: Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, 2012, pp. 142-153.

[19] W. Biały, B. Skotnicka-Zasadzień: Narzędzia zarządzania jakością w ocenie awaryjności górniczych urządzeń technicznych, w Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji. Innowacyjność, jakość, zarządzanie, W. Biały, K. Midor, Eds. Gliwice: Wydawnictwo PA NOVA S.A., 2013, pp. 9-19.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji”, 2017, Vol. 6, iss. 8, s. 37-48.

dr inż. Michał Zasadzień

dr hab. inż. Radosław Wolniak, prof. Pol. Śl.

dr inż. Bożena Skotnicka-Zasadzień

Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze

Analizatory barwy i połysku w przemyśle

Rozpoznawanie barwy jest subiektywne. Istnieje ogromna ilość określeń kolorów i ich intensywności, a każdy z nas kieruje się indywidualną skalą. Tymczasem w procesach produkcji w różnych gałęziach przemysłu od tworzyw sztucznych po browary czy rafinerie właściwe określenie barwy, połysku produktu i zdefiniowanie tych parametrów w oparciu o znormalizowane standardy odgrywa kluczową rolę w ocenie jakości procesu i produktu końcowego. Zdarza się i tak, i to wcale nierzadko, że wyjątkowy kolor produktu staje się marką samą w sobie, synonimem producenta, jak np.: słynny czerwony Ferrari.

Rozpoznawanie barw obiektów polega na analizie długości fali światła odbijanego lub przepuszczanego. Oko ludzkie jest pod tym względem ograniczone. Wybór skal kolorów, długości fal i zarządzanie próbkami jest dużo łatwiejsze przy użyciu urządzeń, które spełniają kryteria i wymogi znormalizowanych systemów barw. Automatyczny pomiar barwy umożliwia szybką i precyzyjną, a zwłaszcza obiektywną, analizę koloru.

Spójność barwy odgrywa kluczową rolę w ocenie jakości, dlatego ważne jest przestrzeganie specyfikacji kolorów – w końcu czerwony, powinien być czerwony. Ma też ogromne znaczenie dla estetyki produktów. Gwarancją długoterminowego sukcesu jest zdefiniowanie barwy oraz zapewnienie jej dokładności i powtarzalności. Zmiana barwy może świadczyć o nieprawidłowości procesu lub obecności zanieczyszczeń.



Wykorzystanie spektrofotometrów Lovibond® pozwala na szybką i łatwą kontrolę na każdym etapie produkcji, pomaga uniknąć błędów, zwiększyć produktywność, zminimalizować koszty produkcji i zużycie surowców. Analizatory barwy umożliwiają precyzyjny pomiar zgodny z obowiązującymi normami. Stosowane są w wielu branżach: chemicznej, przemysłowej, kosmetycznej, farmaceutycznej itd. Są narzędziem, które w prosty, ale skuteczny sposób wspomaga proces produkcji i kontroli jakości, a w konsekwencji ma wpływ na estetykę produktu i jego rozpoznawalność. ■

REKLAMA






ANALIZATORY BARWY I POŁYSKU

- ☑ Szybkie i precyzyjne pomiary barwy i połysku
- ☑ Systemy do wizualnego oraz automatycznego pomiaru barwy spełniające obowiązujące standardy
- ☑ Kontrola koloru w całym procesie projektowania i produkcji, aż po sprzedaż detaliczną
- ☑ Zastosowanie przy produkcji farb, lakierów, żeli, tworzyw sztucznych, proszków, granulatów, past, maści, kosmetyków, tekstyliów oraz żywności i napojów
- ☑ Zwarta, ergonomiczna konstrukcja
- ☑ Pomiary w laboratorium i w terenie

OMC ENVAG

OMC Envag Sp. z o.o.
APARATURA LABORATORYJNA I HYDROLOGICZNA

☎ +48 694 874 984 ☎ +48 602 440 364
 ✉ barwa@envag.com.pl 🌐 www.envag.com.pl

Cyfrowa transformacja w ramach globalizacji łańcucha dostaw



Nowe stacjonarne spektrofotometry serii CM-36dG zapewniające wysoce precyzyjne zarządzanie barwą, w tym dwa modele, które oferują jednoczesny pomiar barwy i połysku.

Firma Konica Minolta, Inc. (Konica Minolta) ogłosiła, że w lutym 2021 r. wprowadziła na rynek nową serię spektrofotometrów stacjonarnych CM-36dG, w tym modele CM-36dG o ustawieniu poziomym i CM-36dGV o ustawieniu pionowym umożliwiające jednoczesny pomiar barwy i połysku, a także podstawowy model CM-36d do pomiaru barwy w świetle odbitym.

CM-36dG, CM-36dGV i CM-36d to modele będące następcami spektrofotometrów stacjonarnych CM-3600A i CM-3610A, które były szeroko stosowane przez dostawców materiałów w branży motoryzacyjnej oraz sprzętu komputerowego. Instrumenty te przeznaczone są głównie do aplikacji związanych z doбором barwy oraz kontrolą jakości u dostawców farb, tworzyw sztucznych, tekstyliów, i innych podobnych materiałów, gdzie jednoczesny pomiar barwy i połysku^{*1} zwiększa efektywność procesów kontroli, a wysoka dokładność pomiaru umożliwi doskonałą kontrolę jakości.

Ponadto wszystkie urządzenia są wyposażone w unikalną funkcję WAA, która kompensuje niewielkie przesunięcia mierzonych wartości spowodowane zmianami temperatury otoczenia itp. w celu zapewnienia wysokiej stabilności i niezawodności. W porównaniu z poprzednimi modelami znacznie poprawiona została także użyteczność operacji pomiarowych, co przekłada się na podniesienie wydajności operatora. Pandemia koronawirusa powoduje utrudnienia w podróżowaniu, a jednocześnie ma miejsce postępująca globalizacja łańcuchów dostaw, cyfryzacja i wykorzystanie rozwiązań informatycznych w obszarach produkcyjnych. Poprzez przekształcanie z dużą dokładnością informacji o barwie i połysku w dane cyfrowe, nowe urządzenia przyczynią się do cyfrowej transformacji produkcji, umożliwiając kontrolę jakości bez konieczności korzystania z próbek docelowych lub kontroli wzrokowej wykonywanej przez wykwalifikowanych pracowników.

WARTOŚĆ, JAKĄ ZAPEWNIĄ SERIA CM-36dG

Jednoczesny pomiar barwy i połysku usprawniający procesy kontroli

CM-36dG i CM-36dGV to instrumenty typu „dwa w jednym”, mierzące jednocześnie barwę i połysk. W procesach kontroli jakości, jednoczesny pomiar barwy (materiału) oraz połysku (parametrów powierzchni) pozwala na uzyskanie wysokiej jakości oceny i poprawę efektywności pracy. W przypadku dopasowywania barw, pomiar zarówno barwy (reflektancji widmowej), jak i połysku (parametrów powierzchni) poprawia jakość związanych z tym procesem obliczeń.

Wysoka dokładność pomiaru dla doskonałej kontroli jakości

Z uwagi na niezwykle małe różnice w wartościach mierzonych przez różne instrumenty CM-36dG i CM-36dGV (bardzo wysoką zgodność), przy ich stałym używaniu na wszystkich etapach, od dostawców po producentów wyrobów gotowych, można oczekiwać wyższej wydajności procesu kontroli. Kolorymetryczna zgodność między instrumentami mieści się w zakresie ΔE^* ab 0,12 (średnio 12 płytek BCRA), co jest wynikiem o 20% lepszym niż w przypadku poprzednich modeli, a zgodność między instrumentami w zakresie połysku jest taka sama lub lepsza niż w przypadku instrumentów służących do pomiaru wyłącznie połysku. Pozwala to na bardziej efektywną pracę w łańcuchu dostaw w przypadku stosowania wielu instrumentów lub stosowania instrumentów w kilku lokalizacjach. Ponadto, ze względu na bardzo małe różnice wartości mierzonych w stosunku do poprzednich modeli, możliwe jest wykorzystanie w takim samym zakresie danych uzyskanych wcześniej, co pozwala na ograniczenie nakładów pracy przy zmianie modeli (głównie w odniesieniu do danych SCI^{*2}).

Funkcja kompensacji długości fali zapewniająca wysoką stabilność

Instrumenty serii CM-36dG posiadają funkcję WAA (analiza i regulacja długości fali)^{*3}, która kompensuje niewielkie przesunięcia wartości pomiarowych spowodowane czynnikami zewnętrznymi, takimi jak zmiany temperatury otoczenia itp. Wraz



z coroczną kalibracją i konserwacją instrumentu, funkcja ta pomaga w zminimalizowaniu problemów ze stabilnością działania.

Wysoka użyteczność podnosząca wydajność operatora

Instrumenty serii CM-36dG posiadają kilka funkcji, które pomagają zwiększyć wydajność pracowników:

- funkcja podglądu próbki^{1,4} wykorzystuje wbudowaną kamerę, aby zapewnić podgląd próbki z wnętrza kuli integrującej w celu dokładnego ustawienia obiektów podlegających pomiarowi;
- panel statusu pokazuje stan pomiarów i ustawienia warunków, co pozwala na redukcję błędów operatora, natomiast przyciski pomiarowe pozwalają operatorowi na wykonywanie pomiarów bez konieczności przechodzenia z powrotem do komputera, co podnosi efektywność pracy;
- duża, zamykana na klucz komora transmisji otwiera się szeroko, umożliwiając pomiary nawet dużych arkuszy lub płyt bez konieczności obcinania próbki;
- cztery obszary pomiarowe (trzy w przypadku CM-36d) zapewniają elastyczność w wyborze odpowiedniego obszaru na przedmiocie podlegającym pomiarowi.

Oferowane są trzy modele: CM-36dG o ustawieniu poziomym i pełnym zakresie funkcji, CM-36dGV o takich samych funkcjach jak CM-36dG, lecz o ustawieniu pionowym ułatwiającym pomiary dla materiałów tekstylnych lub arkuszy oraz CM-36d o podstawowych funkcjach i niższej cenie.



Konica Minolta Sensing Europe B.V.
Sp. z o.o. Oddział w Polsce
ul. Skarbowców 23a, 53-025 Wrocław
tel. 71 734 52 11, fax 71 734 52 10
info.poland@seu.konicaminolta.eu
www.konicaminolta.pl

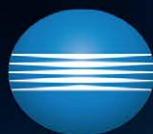
¹ tylko CM-36dG/CM-36dGV.

² SCI: Dane obejmujące składową lustrzaną Metodą oświetlenia/podglądu, w której próbka jest oświetlana światłem rozproszonym, a mierzone światło zawiera światło odbite.

³ Wymagana jest licencja na funkcję WAA.

⁴ Wymagane jest oprogramowanie takie jak Konica Minolta SpectraMagic NX w wersji 3.2 lub nowszej.

REKLAMA



KONICA MINOLTA

Spektrofotometr CM-36dG

- Jednoczesny pomiar barwy i połysku
- Najwyższa dokładność pomiaru
- Doskonała efektywność pracy



Konica Minolta Sensing Europe B.V.
 Sp. z o.o. Oddział w Polsce
 Tel: +48 71 734 52 11
 Info.poland@seu.konicaminolta.eu
 www.konicaminolta.pl

Giving Shape to Ideas



tworzywa.org

Portal branży tworzyw



Skontaktuj się z nami:

www.tworzywa.org

e-mail: redakcja@tworzywa.org

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

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



VERTICA.PL
Technologie internetowe



INNOFORM[®]

WYDARZENIE ONLINE BRANŻY
NARZĘDZIOWO-PRZETWÓRCZEJ

BRANŻOWA KONFERENCJA

20-22.04.2021

GIEŁDA KOOPERACYJNA

PREZENTACJE BIZNESOWE

TRANSMISJE I SPOTKANIA
ONLINE PO REJESTRACJI:

www.innoform.pl

Organizatorzy:



BYDGOSKI
KLASTER
PRZEMYSŁOWY

Targi
w Krakowie

WITTMANN BATTENFELD dostawcą systemów MES

TEMI+ i TEMlone: kompletne systemy MES dla przemysłu przetwórstwa tworzyw



Kontrola jakości prowadzonej produkcji oraz jej planowanie wymusza stosowanie systemów MES. Systemy te zaczynają być powszechnym wyposażeniem zakładów przetwórstwa tworzyw sztucznych. Monitorowanie jakości produkcji, planowanie produkcji i jej realizacji, nadzór nad zapasami materiałów, a także stanem form wtryskowych to podstawy dobrego funkcjonowania zakładu przetwórstwa tworzyw sztucznych. Na rynku oferowanych jest bardzo dużo różnych rozwiązań MES związanych z zarządzaniem i dokumentowaniem produkcji. Rozwiązania te w bardziej lub mniej udany sposób mogą być implementowane do potrzeb zakładów przetwórstwa wtryskowego.

Po latach współpracy z różnymi firmami oferującymi systemy MES, WITTMANN BATTENFELD w 2018 r. podjął decyzję o stworzeniu własnego systemu MES dedykowanego do wtryskarek. W ten sposób narodził się system TEMI+.

Modułowa koncepcja systemu TEMI+ pozwala na dostosowanie zakresu oferty do rzeczywistych potrzeb danej wtryskowni. TEMI+ pojawił się też jako pierwszy z programów MES obejmujący kontrolą urządzenia peryferyjne.

Wykorzystywana do komunikacji między wtryskarką a peryferiami platforma WITTMANN 4.0 pozwala na automatyczną wizualizację urządzeń peryferyjnych podłączonych w danym procesie do wtryskarki.

TEMI+ traktuje bowiem wtryskarkę nie jako zamknięte urządzenie, ale jako komórkę produkcyjną o elastycznej konfiguracji.

System TEMI+ może być zintegrowany z układem sterowania wtryskarek Wittmann Battenfeld. Pozwala to na dostęp do systemu z poziomu każdej z maszyn. Dostęp nie tylko do danych maszyny, przy której właśnie się znajdujemy, ale z poziomu tej maszyny do wszystkich innych wtryskarek ujętych w systemie TEMI+. System TEMI+ umożliwi obsługę wtryskarek innych producentów niż Wittmann Battenfeld. Do pozyskania danych, jak w każdym systemie MES, wymagane jest, by wtryskarka wyposażona była w przyłączyce wg EUROMAP 63 lub 77. W przypadku braku na maszynie takich przyłączy system TEMI+ oferuje możliwość wykorzystania sygnałów analogowych zebranych z wtryskarki. Dzięki czemu możliwym jest podłączenie do systemu także wtryskarek starszych generacji.

Potrzeba modernizacji istniejących maszyn poprzez ich doposażenie w przyłączyce Euromap 63 stanowi często znaczny koszt w stosunku do samego systemu MES. Warto więc na etapie planowania nowych zakupów zwrócić uwagę na ten punkt wyposażenia wtryskarki i wzbogacić wyposażenie maszyny o odpowiednie przyłączyce.

Wprowadzenie systemu MES wymaga dostosowania organizacji i struktury zakładu, a także szkolenia pracowników w zakresie korzystania z systemu. System MES wymaga także integracji do potrzeb wewnętrznych firmy w zakresie IT i spełnienia wymagań bezpieczeństwa samej firmy.

W szczególności firmy dysponujące mniejszą liczbą maszyn unikają finansowych i technicznych wyzwań związanych z insta-

lacją rozwiązań MES w swojej fabryce. Pomimo wielu oczywistych korzyści, które taki system mógłby przynieść w postaci: identyfikowalności danych produkcyjnych, obliczania ogólnej wydajności systemu, wyświetlania kluczowych wskaźników wydajności (KPI) czy prowadzenia analizy pierwotnych przyczyn przestoju.

Z drugiej strony firmy są przymuszane przez odbiorców końcowych do wprowadzania rozwiązań MES. Specjalnie dla firm znajdujących się w podobnej sytuacji WITTMANN BATTENFELD opracował system MES przeznaczony dla instalacji i obsługi jednej wtryskarki. Gotowe rozwiązanie TEMlone przeznaczone jest dla jednej wtryskarki, traktowanej jako komórka produkcyjna złożona z urządzeń peryferyjnych wymaganych do prowadzenia danego procesu produkcyjnego.

Zalety systemu TEMlone to nie tylko kompleksowe przygotowanie do pracy z wtryskarką, to również:

- TEMlone znajduje się na oddzielnym serwerze danych, który jest zainstalowany w szafie sterowniczej wtryskarki WITTMANN BATTENFELD i jest wstępnie skonfigurowany do pracy. Integracja działu IT nie jest wymagana;
- TEMlone nie wymaga komunikacji z siecią zewnętrzną;
- TEMlone doskonale współpracuje z routerem WITTMANN 4.0 zainstalowanym w szafie sterowniczej wtryskarki. System jest bezpieczny i jest zoptymalizowany pod kątem wykorzystania w przetwórstwie tworzyw sztucznych;
- TEMlone może komunikować się automatycznie z urządzeniami peryferyjnymi poprzez platformę WITTMANN 4.0;
- TEMlone jest rozwiązaniem korzystnym cenowo w stosunku do konwencjonalnych rozwiązań MES;
- Nowy TEMlone jest łatwo dostępny w systemie sterowania UNILOG B8 wtryskarek WITTMANN BATTENFELD.

Niezależnie więc czy Państwa zakład potrzebuje rozwiązań MES dla całego parku maszynowego, czy też tylko dla wybranych wtryskarek, WITTMANN BATTENFELD zapewni odpowiednie rozwiązanie.

WITTMANN BATTENFELD Polska Sp. z o.o.

tel. +48 (0) 22 7243-807

info@wittmann-group.pl

Wittmann

Battenfeld

enjoy
INNOVATION

Wittmann Battenfeld Polska

05-825 Grodzisk Mazowiecki

Adamowizna. ul. Radziejowicka 108

tel. 0048 22 724 38 07, fax. 0048 22 724 37 99

e-mail: info@wittmann-group.pl, www.wittmann-group.pl



EcoPower
55 - 500 t

www.wittmann-group.com

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

KATALOG
BRANŻOWY 2021

**KATALOG DOSTĘPNY
JEST JUŻ NA NASZEJ
STRONIE INTERNETOWEJ
WWW.TWORZYWASZTUCZNE.BIZ**

SZUKASZ FIRMY LUB PRODUKTU CZY USŁUGI
– KLIKNIJ W OKŁADKĘ
– MOŻESZ PRZESZUKAĆ
NAJNOWSZE WYDANIE
KATALOGU BRANŻOWEGO 2021.

W NIM ZNAJDZIESZ BRANŻE:
WYROBY Z TWORZYW SZTUCZNYCH,
KOMPOZYTY, MASZYNY I URZĄDZENIA,
AUTOMATYKA I OPROGRAMOWANIA,
SUROWCE I PÓŁPRODUKTY, DODATKI, BARWNIKI, ŚRODKI POMOCNICZE,
FORMY I NARZĘDZIA, RECYKLING, BRANŻA GUMOWA, USŁUGI.

KATALOG DOSTĘPNY TAKŻE W FORMIE DRUKOWANEJ.



DODATEK SPECJALNY DWUMIESIĘCZNIKA

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

2021

KATALOG BRANŻOWY

ul. Żorska 1/45, 47-400 Racibórz
tel. 32-733 18 01, kom. 570 498 067
email: katalog@tworzywasztuczne.biz, redakcja@tworzywasztuczne.biz
www.tworzywasztuczne.biz

Przemysł 4.0 teraz jeszcze bardziej potrzebny



Mariusz Hetmańczyk

Jeśli komuś wydawało się, że cyfrowa transformacja to tylko luksus dla nielicznych, to wstrząs organizacyjny i gospodarczy wywołany przez pandemię koronawirusa pokazał, że jest inaczej.

Firmy, które są nowoczesne, elastyczne i potrafią szybko reagować na nowe warunki, lepiej radzą sobie w kryzysowym czasie. Przekształcanie przedsiębiorstwa w kierunku przemysłu 4.0 może pomóc mu w przetrwaniu trudnych okresów.

Co trzeba wiedzieć, żeby zacząć proces skutecznej transformacji firmy?

Profesor Mariusz Hetmańczyk z Politechniki Śląskiej opisuje założenia, technologie i biznesowe korzyści związane z przemysłowym rozwojem.

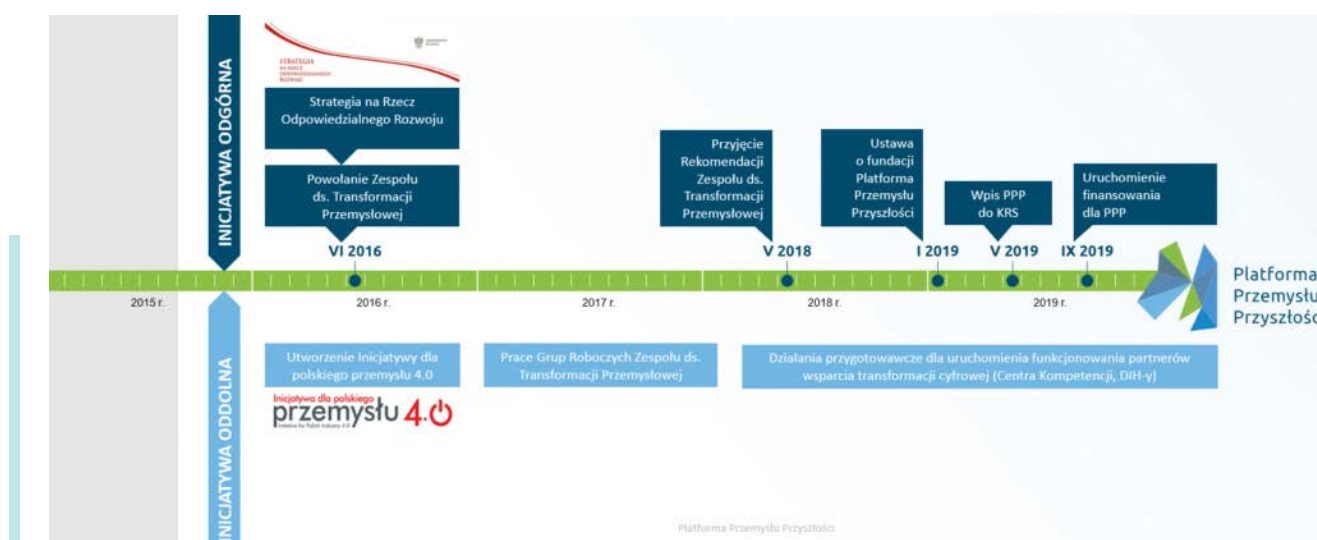
Za start czwartej rewolucji przemysłowej przyjmuje się 2013 rok, jednak termin przemysł 4.0 został użyty po raz pierwszy w 2011 podczas międzynarodowych targów Hannover Messe. W październiku 2012 roku w Niemczech utworzono grupę roboczą, której podstawowym zamiarem było zdefiniowanie kolejnych kroków zmierzających do sformułowania zasad przyszłości automatyzacji fabryk. Rezultatem działań stały się zalecenia skierowane do rządu niemieckiego dotyczące niezbędnych wdrożeń prowadzących do osiągnięcia poziomu tzw. inteligentnego przemysłu.

Raport końcowy z prac został zaprezentowany w kwietniu 2013 roku (również podczas Hannover Messe). Wśród podstawowych wytycznych uwzględniono wtedy:

- pomysł rozwoju globalnych sieci obejmujących maszyny, systemy magazynowe i urządzenia produkcyjne do postaci systemów cyber-fizycznych;
- rozwój inteligentnych maszyn, systemów magazynowania i urządzeń produkcyjnych zdolnych do autonomicznej wymiany informacji, wyzwalania działań i wzajemnej kontroli;
- doskonalenie procesów przemysłowych związanych z projektowaniem, produkcją, zarządzaniem materiałami i łańcuchem dostaw, a także cyklem życia produktu;

- projektowanie, uruchamianie i rozwój inteligentnych fabryk i produktów;
- rozwój nowoczesnych metod komunikacji i diagnostyki obiektów przemysłowych (obejmujących swoim zakresem jednoznaczna identyfikację oraz lokalizację awarii w czasie rzeczywistym, gromadzenie danych historycznych i bieżących stanów operacyjnych).

Na opisanym etapie prace nad rozwojem koncepcji wdrożenia przemysłu 4.0 były prowadzone przez platformę, którą stworzyły trzy stowarzyszenia przemysłowe: Niemieckie Stowarzyszenie Technologii Cyfrowej Bitkom, Stowarzyszenie Przemysłu Mechanicznego VDMA oraz Stowarzyszenie Producentów Przemysłu Elektrycznego i Elektronicznego ZVEI. Od tej pory idea przemysłu 4.0 stała się tematem przewodnim w rozwoju przedsiębiorstw, produktów, usług, modeli biznesowych, współczesnego społeczeństwa, budynków oraz całych miast – w wielu krajach na całym świecie. Pomimo różnych charakterystyk branż poszczególnych państw istnieje silna zbieżność w zakresie rozwiązań i używanych narzędzi. Wszystkie z podjętych inicjatyw obejmują prowadzenie badań dotyczących rozwoju przemysłu 4.0, a priorytetem jest przyspieszenie wdrożenia i stosowania technologii.



Geneza PPP (oprac. Andrzej Soldaty/graf. Lech Mazurczyk)

PRZEMYSŁ 4.0 W POLSCE

W 2016 roku do rządowej Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju trafił pomysł powołania Platformy Przemysłu Przyszłości. W czerwcu tego samego roku powstał Zespół ds. Transformacji Przemysłowej z pięcioma grupami roboczymi, które skoncentrowały się na:

- standardach, wymaganiach odnośnie infrastruktury oraz na specjalizacji inteligentnego przemysłu;
- wsparciu branży cyfrowej;
- inteligentnym oprogramowaniu i przetwarzaniu danych;
- zdefiniowaniu zasad odnośnie edukacji, wymaganych kompetencji i na kadrach potrzebnych przemysłowi 4.0;
- ramach prawnych funkcjonowania p4.0.

Utworzenie fundacji było konsekwencją projektu pt. „Inicjatywa dla polskiego przemysłu 4.0 – Platforma Przemysłu Przyszłości”. 25 stycznia 2019 roku prezydent podpisał ustawę dotyczącą Platformy Przemysłu Przyszłości. W ten sposób stało się możliwe przejście od koncepcji do działania na rzecz cyfrowej transformacji polskich firm produkcyjnych.

ZALOŻENIA P4.0

Potrzeby konsumentów dyktują restrykcyjne warunki stawiane przedsiębiorcom, warunkując konieczność zmiany myślenia w zakresie podejścia do wytwarzania, zarządzania, logistyki, kultury pracy oraz ekologii. Głównym problemem współczesnego rynku jest krótki czas życia produktów i usług. Taki stan powoduje wymóg częstych zmian profilu produkcyjnego (usługowego) lub możliwość szybkiego dostosowania się do ciągle rosnących wymagań konsumentów. Można stwierdzić, że przejście na model przedsiębiorstwa zgodny z zasadami przemysłu 4.0 zwiększa istotną wartość nowych i istniejących produktów, modeli biznesowych i procesów. W ciągu dziewięciu lat od zdefiniowania głównych założeń pojawiło się wiele definicji i wytycznych dla przemysłu 4.0. Zasadniczą ideę oddaje cytat z „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0” (H. Kagermann, W. Wahlster i J. Helbig) pochodzący z 2013 roku:

„W przyszłości przedsiębiorstwa będą ustanawiać globalne sieci obejmujące maszyny, systemy magazynowe i urządzenia produkcyjne w postaci systemów cyber-fizycznych. W środowisku produkcyjnym takie systemy obejmą inteligentne maszyny, systemy przechowywania i urządzenia produkcyjne zdolne do autonomicznej wymiany informacji, wyzwiania działań i kontrolowania siebie nawzajem. Ułatwi to fundamentalne usprawnienia procesów przemysłowych związanych z produkcją, inżynierią, zastosowaniem materiałów i łańcuchem dostaw oraz zarządzaniem cyklu życia. Inteligentne fabryki, które już zaczynają funkcjonować, stosują zupełnie nowe podejście do produkcji. Inteligentne produkty są jednoznacznie identyfikowalne, mogą być na bieżąco lokalizowane i znać swoją historię, bieżący status oraz alternatywne drogi prowadzące do osiągnięcia docelowego stanu”.

Postać definicji p4.0 stopniowo ewoluowała, jednak koncepcja wdrożenia systemów cyber-fizycznych pozostała niezmienna. Kolejnym krokiem rozwoju było zdefiniowanie technologii bazowych, na których oparto podstawy opracowania rzeczywistych systemów produkcyjnych. Kompleksowe wdrożenie wszystkich technologii jest zadaniem, któremu sprostać mogą jedynie przedsiębiorstwa cechujące się wysokim stopniem automatyzacji produkcji oraz budżetem inwestycyjnym. Należy także pamiętać, że pomiędzy poszczególnymi składowymi występują silne powiązania, które przy implementacji jednego z rozwiązań powodują konieczność uzupełnienia wdrożenia o kolejne elementy.

PRZEMYSŁ PRZYSZŁOŚCI

Definicja w oparciu o początkowo przyjęte technologie bazowe...



...oraz obejmująca minimalne wymagania inteligentnej fabryki



(graf. Lech Mazurczyk)



Drugie podejście stanowi uproszczone spojrzenie na problem i odnosi się jedynie do wybranych grup technologii składowych. Brakuje w nim jednak bardzo ważnego czynnika w postaci digitalizacji produkcji, logistyki oraz zarządzania. W fazie rozwoju i testowania aplikacji przemysłowych do wstępnie zdefiniowanych technologii dodano kolejne, jednak sztuczna inteligencja staje się obecnie dominującym trendem w wielu aplikacjach przemysłowych.

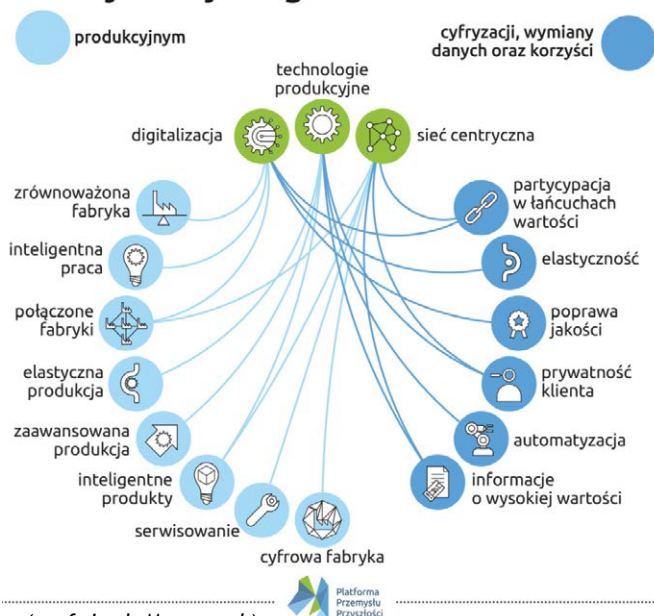
CO DLA MNIE WYNIKNIJE Z PRZEJŚCIA NA POZIOM 4.0?

Wdrażanie nowych technologii produkcyjnych stanowi nieodłączną część działań wszystkich zakładów, a korzyści szybko wstępują w wielu obszarach:

- poprawa produktywności – wytwarzanie większej liczby produktów lub usług przy jednoczesnej alokacji zasobów w bardziej opłacalny i wydajny sposób, minimalizacja liczby przestojów (dzięki wdrożeniu monitorowania maszyn i zautomatyzowanemu podejmowaniu decyzji);
- poprawa wydajności – możliwość szybkiej zmiany wolumenów partii produkcyjnych, zastosowanie automatycznych procesów śledzenia i raportowania, usprawnienie procesu wprowadzenia nowych produktów oraz podejmowania decyzji biznesowych;

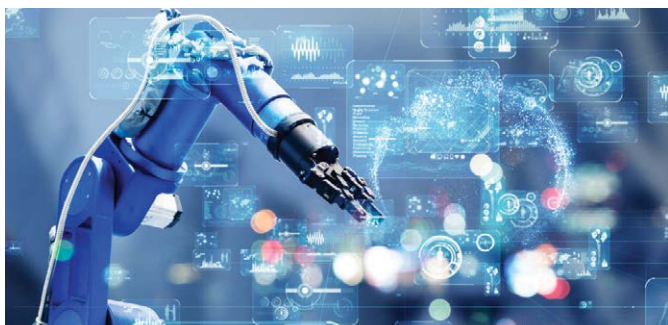
INTELIENTNY PRZEMYSŁ

Identyfikacja zagadnień w kontekście:



(graf. Lech Mazurczyk)

- zwiększenie stopnia dzielenia się wiedzą i współpracą – implementacja komunikacji między liniami produkcyjnymi, procesami biznesowymi i działami (bez względu na lokalizację, strefę czasową, platformę lub inne zewnętrzne czynniki), zautomatyzowana dystrybucja informacji na poziomie całej fabryki realizowana na bazie rozwiązań typu machine to machine i system to system, bez żadnej interwencji człowieka;
- elastyczność i zwinność – łatwiejsze skalowanie istniejących produktów oraz wprowadzanie nowych na dostępne linie produkcyjne, z drugiej strony możliwość wykonania jednorazowych i niepowtarzalnych serii produkcyjnych;
- ułatwienie uzyskania zgodności – automatyzacja metod i procesów oceny zgodności, w tym śledzenie, inspekcje jakości, kontrola i wprowadzenie seryjności produkcji, rejestrowanie danych i innych czynności pośrednich;
- poprawa obsługi klienta – eliminacja braku dostępności oferowanych produktów lub usług, zwiększenie dostępnego asortymentu oraz możliwość konfiguracji asortymentu produkowanego w małych seriach (na wyraźne żądanie odbiorcy);
- zmniejszenie kosztów – uzyskiwane w wyniku automatyzacji, integracji systemów, zarządzania danymi, obsługi napraw i przeglądów, logistyki itp. (ważnymi wskaźnikami w tym zakresie są także zwiększenie stopnia wykorzystania zasobów, zarówno produkcyjnych, jak i ludzkich, szybsza produkcja, minimalizacja lub całkowita eliminacja przestojów maszyn i linii produkcyjnych, stopniowa eliminacja problemów związanych z jakością produktów, zmniejszenie marnotrawstwa zasobów,



materiałów i produktów, niższe ogólne koszty operacyjne wynikające z wdrożenia opisanych elementów);

- poszerzenie pola do tworzenia, rozwoju i wdrażania innowacji – poprzez zwiększenie wiedzy na temat procesu produkcyjnego, łańcuchów dostaw i dystrybucji, wydajności biznesowej, a także samych produktów;
- zwiększenie obrotu i przychodu;
- podniesienie rentowności – czynnik warunkowany przez wyższe przychody przy jednocześnie zmniejszonym poziomie kosztów, wytwarzanie produktów o wyższej jakości oraz wyższym stopniu innowacyjności technologicznej lub funkcjonalnej, możliwość oferowania klientom spersonalizowanych produktów przy jednoczesnym zastosowaniu metod produkcji masowej, zwiększenie jakości oraz dostępności usług oferowanych klientom i poprawa jakości obsługi klienta;
- ugruntowanie albo wzrost znaczenia marki produktu/przedsiębiorstwa, a także lepsza rozpoznawalność na rynkach lokalnym i globalnym.

Przedstawione koncepcje stanowią ogólne ujęcie problemu odnoszące się do wszystkich zastosowań (nie tylko przemysłowych). Jak jednak podejść do rozwoju nowoczesności zakładów produkcyjnych w kontekście przemysłu 4.0?

INTELIENTNA FABRYKA I PRZEMYSŁ 4.0

Doświadczenia związane z rozwojem przemysłu 4.0 doprowadziły do pojawienia się wielu pomysłów na wdrożenie innowacyjnych technologii w zakresie produkcji i zarządzania. Spojrzenie na nowoczesny przemysł w kontekście technologii bazowych może doprowadzić do wniosku, że przedsiębiorstwo musi wdrożyć wszystkie technologie składowe – tak jednak nie jest, a częściowe rozwiązanie problemu interpretacji zakresu wdrożenia stanowią dwa pojęcia:

- Inteligentny przemysł – idea zakładająca kompleksową cyfryzację, łączenie produktów, maszyn i ludzi oraz stosowanie nowoczesnych technologii produkcji, inteligentny przemysł łączy, bez względu na przyjęte składowe, trzy elementy: technologie produkcyjne, digitalizację oraz sieć pomiędzy uczestnikami rynku, systemami i użytkownikami końcowymi;
- Inteligentna fabryka – fabryka bazująca na systemach cyberfizycznych, które komunikują się ze sobą przy pomocy internetu rzeczy oraz internetu usług, w zakresie inteligentnej fabryki występują także internet danych oraz internet ludzi, tak sprzężone elementy tworzą kompleksowy system techniczny.

Inteligentny przemysł tworzą smart fabryki powiązane siecią. Stopień rozwoju fabryki klasyfikowany jest na podstawie czterech poziomów związanych z używaniem danych.

Digitalizacja oraz ustanowienie sieci nie są możliwe bez nowoczesnych maszyn warunkujących zastosowanie innowacyjnych metod wytwarzania, a podstawą zbudowania inteligentnej fabryki pozostaje wdrożenie zaawansowanej technologicznie produkcji. W tym celu warto poznać podstawowe aspekty i wytyczne dla transformacji zakładów przemysłowych wspomagające proces identyfikacji aktualnego stanu oraz rekomendacje na temat dalszych działań. Poziom dojrzałości cyfrowej swojej firmy można sprawdzić za pomocą internetowego narzędzia Platformy Przemysłu Przyszłości. Test trwa 15 minut, uczestnik natychmiast otrzymuje wynik i rekomendacje.

Źródło: PrzemyslPrzyszlosci.gov.pl

Mariusz Hetmańczyk – ekspert Platformy Przemysłu Przyszłości, profesor Politechniki Śląskiej, specjalista w zakresie automatyki, robotyki, sterowania, mechatroniki i diagnostyki przemysłowej

Jak naprawdę będzie wyglądała automatyzacja pracy?

Renata Włoch, Katarzyna Śledziwska



Platforma
Przemysłu
Przyszłości

Motyw robotów zabierających ludziom pracę stał się w ostatnich latach popularny, nie tylko w mediach, ale i w badaniach. Najbardziej radykalne szacunki mówią, że w ciągu dekady 800 milionów ludzi na świecie może stracić swoje stanowisko na rzecz maszyn i inteligentnych systemów. Te ostrożne podają liczbę 10 milionów.

Jaki będzie faktyczny scenariusz automatyzacji, m.in. w Polsce, prognozują Katarzyna Śledziwska i Renata Włoch – zaznaczając, że zjawisko trzeba analizować szerzej, nie tylko w perspektywie zagrożonych zawodów, lecz też w kontekście potencjału automatyzacji konkretnych zadań.

Autorki z DELabu Uniwersytetu Warszawskiego opisują tzw. bezrobocie technologiczne, kompetencyjną dyskryminację oraz wspominają o XIX-wiecznych luddystach.

Artykuł jest fragmentem publikowanej w Platformie Przemysłu Przyszłości w odcinkach książki pt. „Gospodarka Cyfrowa. Jak nowe technologie zmieniają świat”.

CZY ROBOT ZABIERZE CI PRACĘ?

Tym efektownym tytułem serwis BBC kusił potencjalnych czytelników we wrześniu 2015 r. Zaintrygowanym odbiorcom zaszerwowano coś na kształt gazetowego horoskopu z akademicką pozłotką – bardzo krótki tekst stanowił rodzaj omasty, daniem głównym była tu wyszukiwarka, w którą można było wpisać nazwę swojej profesji, by poznać ryzyko jej automatyzacji (w ciągu kolejnych dwóch dekad). I tak urzędnik w banku lub na poczcie to zawód zagrożony automatyzacją w 97%, kucharz – w 73%. Wykładowca akademicki może za to spać spokojnie – w jego przypadku ryzyko automatyzacji okazywało się minimalne (3%). Najmniejsze zaś dotyczyło terapeutów, duchownych oraz właścicieli lub zarządców hotelu (0,4%).

Cała ta zabawa przygotowana przez BBC miała źródło w badaniach przeprowadzonych w 2013 r. przez naukowców z Oxford University, Michaela Osborne'a i Carla Freya. Autorzy przyjęli, że potencjał automatyzacji danego zawodu zależy od tego, w jakim stopniu czynności wykonywane w jego ramach mają charakter rutynowy. Automatyzacja najbardziej zagraża tym zawodom, w których pracownicy precyzyjnie manipulują małymi przedmiotami, wykonując powtarzalne czynności, najmniej tym, w których liczy się kreatywność, umiejętność negocjacji oraz wchodzenie w kontakty z ludźmi. Bazując na danych z amerykańskich rejestrów dotyczących zatrudnienia (O*NET), Osborne i Frey postawili tezę, że w ciągu najbliższych lat automatyzacji może ulec blisko połowa wszystkich zawodów (47%).

Ta apokaliptyczna teza została szybko podchwyciona przez media. Środowisko naukowe podeszło do niej z większym dystansem, wytykając Osborne'owi i Freyowi błędy metodologiczne i argumentując, że badanie skutków automatyzacji w odniesieniu do poszczególnych zawodów nie ma większego sensu i należy je zastąpić analizą potencjału automatyzacji określonych zadań wykonywanych w ramach zawodów. Takie podejście przyjęli m.in. eksperci OECD, którzy w 2016 r. poddali analizie dane z 21 państw członkowskich. Według ich szacunków udział zawodów, które są wysoce podatne na automatyzację, jest znacznie niższy i lokuje się na poziomie 9%. Zbliżony wynik zyskali eksperci McKinseya, którzy na podstawie analizy 750 zawodów ocenili, że przy uwzględnieniu obecnego poziomu rozwoju technologicznego tylko 5% zawodów może zniknąć całkowicie z powodu automaty-

zacji. Sześć na dziesięć zawodów jest jednak w wysokim stopniu podatnych na automatyzację – może ona objąć co trzecie dotąd wykonywane w ich ramach zadanie. Procesy te już zachodzą: eksperci World Economic Forum podają, że w 2018 r. w 12 najważniejszych branżach gospodarki ludzie wykonywali łącznie 71% godzin pracy, w 2022 r. udział ludzkiej pracy spadnie do 58%. Udział maszyn i algorytmów rośnie zwłaszcza w zadaniach związanych z wyszukiwaniem i przesyłaniem informacji oraz obiegiem informacji wewnątrz organizacji (z 46% do 62% w 2022 r.), a także w zadaniach związanych z podejmowaniem decyzji, administrowaniem i monitoringiem.

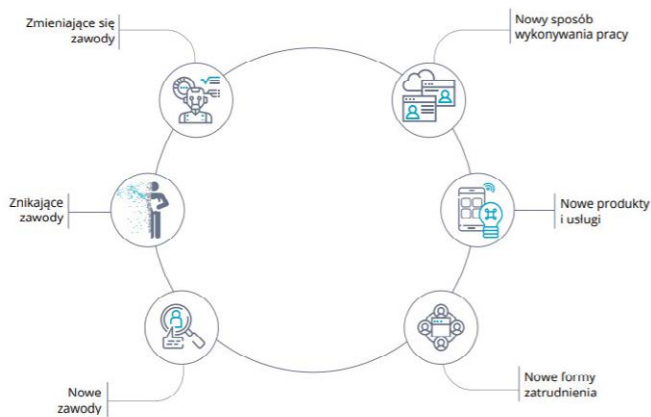
Największy potencjał automatyzacji – bez względu na sektor gospodarki – wykazują zadania polegające na wykonywaniu przewidywalnych, rutynowych i powtarzalnych czynności, zarówno umysłowych, jak i fizycznych. Pierwszy rodzaj zadań przejmują

ALARMISTYCZNE SZACUNKI POKAZYWAŁY, ŻE PONAD POŁOWA MIEJSC PRACY JEST WYSTAWIONA NA „RYZYKO KOMPUTERYZACJI”



Procentowy udział miejsc pracy, które mogą zniknąć w wyniku automatyzacji w poszczególnych krajach UE

ZMIANIE ULEGĄJĄ SPOSÓB WYKONYWANIA PRACY, FORMY ZATRUDNIENIA I ŚRODOWISKO PRACY



Schematyczne przedstawienie przyszłości pracy

zautomatyzowane systemy funkcjonujące w oparciu o sztuczną inteligencję, drugi – coraz bardziej elastyczne, lepiej dostosowane do pracy z człowiekiem, uczące się roboty nowej generacji. Mniej wrażliwe na automatyzację będą te czynności zawodowe, w których zwyczajowo ceni się kontakt z drugim człowiekiem, np. edukacja, jak również czynności związane z obsługą ludzi i opieką nad nimi. Problem jednak w tym, że w tym drugim przypadku najczęściej są to prace niewymagające wysokich kwalifikacji, a zatem niezbyt wysoko płatne i nieatrakcyjne dla pracowników wykonujących dziś nieskomplikowaną pracę umysłową, m.in. w administracji publicznej, w produkcji, transporcie i logistyce, których miejsca pracy będą znikać z powodu automatyzacji.

TEMPO ZMIAN

Stoimy na progu „drugiej ery maszyn” – tak przynajmniej twierdzą Erik Brynjolfsson i Andrew McAfee, autorzy poczytnych książek „Race Against The Machines” (2011) i „The Second Machine Age” (2014). Ich zdaniem automatyzacja pracy tylko pozornie zachodzi powoli – zmiany kumulują się i w niedługim czasie nabiorą błyskawicznego tempa. Może o tym świadczyć np. rosnący udział pracy maszyn w ogólnej puli wykonywanej pracy.

Część badaczy twierdzi jednak, że potencjał automatyzacji w krótkiej perspektywie jest przeceniany. W obrębie poszczególnych pakietów zadań zawodowych istnieją bowiem spore nisze niepoddające się łatwo automatyzacji, w związku z czym szacowanie skali i tempa automatyzacji przypomina wróżenie z fusów. Dobrze ilustrują to metodologiczne rozterki, przed jakimi stanęli eksperci McKinseya przygotowujący raport „Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation” (2017). Z ich wyliczeń wynika, że wolne tempo automatyzacji może oznaczać utratę pracy dla 10 mln ludzi, szybkie – dla 800 mln do 2030 r., konieczność zmiany zawodu/pełnionych zadań może dotknąć mniej niż 10 mln ludzi – albo 375 mln. Ostrożnie mówiąc, rozbieżność między skrajnymi scenariuszami jest bardzo duża. W raporcie zaproponowano więc przyjęcie scenariusza pośredniego, w którym pracę może stracić 400 mln ludzi, a przed koniecznością przekwalifikowania stanie dalsze 75 mln.

Ekspert PwC w raporcie „Will robots really steal your job? An international analysis of the potential long term impact of automation” (2018), w oparciu o analizę danych dla 29 państw OECD, postawili niezaskakującą tezę, że tempo automaty-

zacji będzie zależało od struktury gospodarek poszczególnych krajów. Najwyższe tempo będzie dotyczyło krajów o gospodarkach przemysłowych, gdzie rynek pracy jest względnie sztywny, np. w ramach gospodarki słowackiej w ostatecznym rozrachunku automatyzacji może ulec nawet 40% miejsc pracy. Gospodarki usługowe, takie jak USA i Wielka Brytania, które mają duże zasoby niżej wykwalifikowanych pracowników, mogą doświadczyć średniego poziomu automatyzacji. W krajach nordyckich – o wysokim poziomie zatrudnienia w zawodach mniej podatnych na automatyzację i wysokich kompetencjach kapitału ludzkiego – automatyzacja będzie zachodziła w bezpiecznym tempie. Natomiast kraje wschodnioazjatyckie, gdzie następuje szybki postęp technologiczny, doświadczą wyższego tempa i poziomu automatyzacji w krótszym czasie, jednak w dłuższej perspektywie zostaną relatywnie słabiej dotknięte automatyzacją ze względu na stosunkowo wysoki poziom kompetencji pracowników.

Automatyzacja będzie zachodzić w trzech fazach:

1. Trwająca faza algorytmiczna obejmuje automatyzację prostych zadań obliczeniowych oraz analitycznych w sektorach, w których dużą rolę odgrywają ustrukturyzowane dane, np. w finansach i ubezpieczeniach.
2. Faza wzmocnienia (*augmentation*), która osiągnie dojrzałość w latach 20. XXI w., obejmie automatyzację powtarzalnych zadań, takich jak wypełnianie formularzy, prosta komunikacja i wymiana informacji oraz analiza statystyczna nieustrukturyzowanych danych pozyskiwanych w częściowo kontrolowanym otoczeniu (np. z czujników i maszyn w fabrykach). Zmiany najszybciej będą zachodzić w sektorze finansowym i ubezpieczeniowym.
3. W fazę autonomiczną gospodarka wejdzie w latach 30. XXI w. Będzie ona polegała na automatyzacji pracy fizycznej, zwłaszcza takiej, która wymaga sprawności manualnej, oraz na automatyzacji bieżącego rozwiązywania problemów w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu w fabrykach i halach magazynowych. Pojawienie się w pełni autonomicznych pojazdów i robotów spowoduje zmiany w sektorze budowlanym, transporcie, logistyce, gospodarce wodnej i komunalnej.

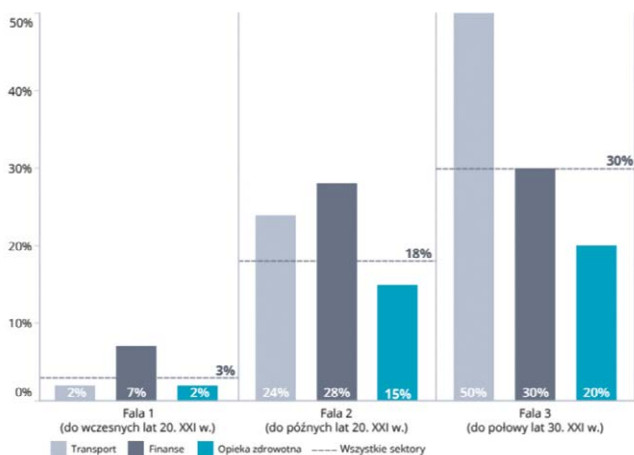
Jeśli chodzi o Polskę, to w fazie algorytmicznej automatyzacją zagrożone jest zaledwie 2% miejsc pracy, w fazie wzmocniającej – 18%, a w fazie autonomicznej – 33%. Dla porównania analogiczne szacunki dla Słowacji wynoszą 4, 25 i 44%, a dla Korei Południowej – 2, 12 i 22%. Co ciekawe, badania przeprowadzone przez DELab UW (na zlecenie Gumtree) pokazały, że wprawdzie Polacy zdają sobie sprawę z tego, że rynek pracy czeka zmiany pod wpływem automatyzacji, ale nie odnoszą tych zmian do swojej sytuacji zawodowej: 64% respondentów zgodziło się ze stwierdzeniem, że w perspektywie 30 lat maszyny/roboty będą wykonywały większość zadań, które obecnie w pracy wykonują ludzie – częściej były o tym przekonane osoby bezrobotne i robotnicy niewykwalifikowani, jednak średnio tylko

Prognozy wpływu automatyzacji na rynek pracy do 2030 r.

SCENARIUSZ	NAJWOLNIEJSZY	ŚREDNI	NAJSZYBSZY
Miejsca pracy potencjalnie wyparte przez przyjęcie automatyzacji	0% (10 mln)	15% (400 mln)	30% (800 mln)
Pracownicy, którzy będą musieli zmienić kategorię zawodową	0% (<10 mln)	3% (75 mln)	14% (375 mln)

Źródło: J. Manyka i in., *Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages*, „McKinsey Global Institute” 2017, s. 9, <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>.

AUTOMATYZACJA WPŁYNI SZCZEGÓLNIENIE NA SEKTOR TRANSPORTOWY I FINANSOWY



Udział miejsc pracy potencjalnie zagrożonych automatyzacją

40% zgodziło się ze stwierdzeniem, że to właśnie ich zawód przestanie istnieć. Ogółem niemal połowa Polaków (48%) zgodziła się ze stwierdzeniem: „Nic się nie zmienia. Za dziesięć lat będę pracował/a w tym samym zawodzie i wykonywał/a te same zadania”. Tymczasem szacunki wskazują, że w perspektywie dwóch dekad przynajmniej co trzecie stanowisko pracy w Polsce może ulec automatyzacji.

Tempo automatyzacji będą również determinować regulacje prawne i otoczenie instytucjonalne, opłacalność inwestycji we wdrażaniu technologii oraz luki kompetencyjne na lokalnych i globalnych rynkach pracy. Dla 3/4 firm przebadanych przez WEF (2018), planujących wdrażanie technologii cyfrowych, ważniejszy jest dostęp do wykwalifikowanych pracowników, którzy będą potrafili przestawić się na współpracę z maszynami i systemami zautomatyzowanymi, niż takie czynniki, jak koszty pracy, elastyczność lokalnego prawa pracy, dostępność surowców czy bliskość aglomeracji.

WIDMO BEZROBOCIA TECHNOLOGICZNEGO

Obawa przed bezrobociem technologicznym towarzyszyła każdej kolejnej rewolucji przemysłowej, gdy zadania tradycyjnie wykonywane przez ludzi były przejmowane przez maszyny. Na początku XIX w. luddyci (przeciwnicy pierwszej rewolucji przemysłowej, czyli dziś powiedzielibyśmy przemysłu 1.0, określenie od nazwiska przywódcy, Neda Ludda – red.) niszczyli maszyny tkackie, a w 1930 r., u szczytu drugiej rewolucji przemysłowej, opartej na elektryfikacji i postępującej automatyzacji, brytyjski ekonomista John Maynard Keynes pisał:

„Dręczy nas nowa choroba, której część czytelników jeszcze nie zna, ale o której usłyszysz nieraz w przyszłości. Mam na myśli bezrobocie technologiczne, to znaczy bezrobocie wynikające z tempa odkrywania przez nas sposobów oszczędności pracy wyprzedzającego tempo, w którym wynajdujemy dla niej nowe zastosowania”.

W 1995 r. widmo bezrobocia technologicznego wskrzesił kontrowersyjny amerykański ekonomista Jeremy Rifkin. W książce o znamienym tytule „Koniec pracy: schyłek siły roboczej na świecie i początek ery postrykowej” wieszczył, że upowszechnianie się technologii ICT i postępy automatyzacji zwiększą ogólną produktywność oraz zyski globalnych korporacji, a jednocześnie zmniejszą zatrudnienie. Zniszczeniu ulegną miliony miejsc pracy, zwłaszcza te zajmowane przez klasę robotniczą i w mniejszym stopniu przez klasę średnią. Przełoży się to na

spadek możliwości nabywczych konsumentów i – potencjalnie – na globalny kryzys gospodarczy. Bezrobocie doprowadzi do wzrostu przestępczości i ogólnego rozkładu społecznego.

Postęp automatyzacji jest wodą na młyn dla pesymizmu technologicznego. W 2016 r. amerykański Instytut Pew zebrał pogłębione opinie 1896 ekspertów zajmujących się zagadnieniami rynku pracy, gospodarki cyfrowej, sektora ICT i polityki społecznej. Blisko połowa z nich (48%) stwierdziła, że w przyszłości roboty i „cyfrowe podmioty” (*digital agents*) pozbawią pracy znaczącą liczbę pracowników fizycznych, zwłaszcza tych, którzy pracują w przemyśle, co nasili nierówności dochodowe, doprowadzi do bezrobocia i załamania porządku społecznego. Pesymiści podkreślali, że wpływ automatyzacji dotychczas zagrażał głównie „niebieskim kołnierzykom” (pracownikom fizycznym), a nadchodząca fala innowacji zagraża miejscom pracy zajmowanym przez „białe kołnierzyki” (pracownikom umysłowym). Niektórzy wysoce wykwalifikowani robotnicy odniosą sukces w nowym środowisku, ale znacznie większa liczba straci pracę na stałe lub będzie musiała zgodzić się na niskopłatne prace w usługach. Znany aktywista Cory Doctorow podkreśla, że wiara w to, że

Szacowany odsetek miejsc pracy o potencjalnie wysokim ryzyku automatyzacji w poszczególnych krajach

	FALA 1 (do wczesnych lat 20. XXI w.)	FALA 2 (do późnych lat 20. XXI w.)	FALA 3 (do połowy lat 30. XXI w.)
Słowacja	4	25	44
Słowenia	3	24	42
Litwa	4	26	42
Czechy	3	25	40
Włochy	4	23	39
Stany Zjednoczone	5	26	38
Niemcy	3	23	37
Francja	4	22	37
Hiszpania	3	21	34
Austria	3	22	34
Turcja	1	14	33
Polska	2	18	33
Irlandia	2	19	31
Holandia	4	21	31
Wielka Brytania	2	20	30
Dania	3	19	30
Cypr	2	19	30
Belgia	4	18	30
Izrael	3	19	29
Chile	1	13	27
Singapur	4	18	26
Szwecja	3	17	25
Norwegia	3	18	25
Nowa Zelandia	2	16	24
Japonia	4	16	24
Rosja	2	12	23
Grecja	2	13	23
Korea Południowa	2	12	22
Finlandia	2	16	22

Źródło: PwC, Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation, https://www.pwc.com/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf.

w długiej perspektywie automatyzacja stworzy więcej miejsc pracy niż ich zlikwiduje, nie jest poparta żadną teorią, tylko obserwacjami przebiegu wcześniejszych boomów automatyzacji. Tymczasem jego zdaniem:

– Obecna automatyzacja opiera się na technologiach szerokiego zastosowania – uczeniu maszynowym, komputerach, które zdają test Turinga, uniwersalnej architekturze sieci, która jest równomiernie optymalizowana dla wszystkich aplikacji – i są powody, by wierzyć, że będzie miała ona bardziej dysruptywny charakter i stworzy mniej miejsc pracy niż te, które miały miejsce wcześniej.

Jak już w 1998 r. zauważył Daren Acemoğlu, produktywność poszczególnych grup pracowników zależy od dostępnych im usprawnień technicznych (wynałazków). Dominacja wynalazków ►

huzap

HUZAP GMBH

„Być z Klientem
w ciągłym dialogu”

HUZAP GmbH • Marie-Curie-Straße 1 • 53773 Hennef (Niemcy)
tel +49 2242 96999 0 • fax +49 2242 96999 29
www.huzap.com • huzap@huzap.com



Program dostaw firmy Huzap GmbH obejmuje:

- Instalacje do magazynowania, transportu pneumatycznego i dozowania wszelkiego rodzaju granulatów
- Instalacje dostarczania produktu do mieszalników
- Silosy oraz zbiorniki
- Instalacje transportu pneumatycznego i mechanicznego
- Wagi wielokomponentowe
- Wagi dla składników płynnych
- Wagi typu netto oraz brutto
- Automatyczne maszyny pakujące o wydajności do 1600 worków na godzinę
- Urządzenia do napełniania worków Big - Bag, oktabin, kontenerów oraz beczek
- Budowa maszyn i urządzeń specjalnych



Obsługa Klienta i części zamienne Zakład produkcyjny

- Części zamienne i oprzyrządowanie
- Konserwacja urządzeń
- Zdalna konserwacja
- Usuwanie awarii
- Materiały eksploatacyjne
- Doradztwo techniczne



HUZAP Sp. z o.o. • ul. Konstytucji 61 • 41-905 Bytom (Polska)
tel. +48 (32) 388 03 00 • fax +48 (32) 282 97 52
www.huzap.pl • huzap@huzap.pl



przeznaczonych przede wszystkim dla jednej grupy w sposób naturalny rodzi nierówności płacowe. Stosowanie nowych technologii wymaga kwalifikacji – pracownicy, którzy je zdobędą, mogą liczyć na wyższe wynagrodzenie. Wzrost liczby osób obeznanych z technologiami tworzy też impuls do ich rozwoju i coraz większego zaawansowania, a do ich obsługi potrzebne są coraz wyższe kwalifikacje, które są lepiej wynagradzane. W rezultacie różnice w płacach między pracownikami wykwalifikowanymi i niewykwalifikowanymi rosną.

Mechanizm ten nasila się wraz z coraz szybszym tempem rozwoju technologicznego. Automatyzacja będzie prowadzić do likwidacji miejsc pracy, w ramach których wykonuje się proste, rutynowe czynności, łatwo dające się zalgorytmizować, zwłaszcza w sytuacji malejących kosztów wdrażania i obsługi robotów i systemów zautomatyzowanych w zestawieniu z rosnącymi kosztami pracy. Dosadnie skomentował to w 2015 r. Ed Rensi, były dyrektor zarządzający McDonald's: – Taniej jest kupić robotyczne ramię za 35 tys. dolarów niż zatrudnić pracownika, który nieefektywnie będzie sprzedawał frytki za 15 dolarów za godzinę.

Wykwalifikowany spawacz zarabia w Stanach Zjednoczonych 25 dolarów za godzinę pracy, podczas gdy koszty działania spawającego robota to jedynie 8 dolarów (przy uwzględnieniu pięcioletniego okresu amortyzacji), ponadto w ciągu 15 lat koszty te mają spaść do zaledwie 2 dolarów. Jak zauważają Brynjolfsson i McAfee:

– Nigdy dotąd nie było lepszego momentu dla pracowników z właściwymi umiejętnościami lub wykształceniem, takich, którzy potrafią używać technologii do kreowania wartości. I nigdy też nie było gorszego czasu dla pracowników mających tylko „zwyčajne” umiejętności i zdolności, ponieważ komputery, roboty i inne technologie cyfrowe w nadzwyczajnym tempie zyskują te umiejętności i zdolności.

Postępująca automatyzacja pracy może też pogłębić nierówności w ramach globalnego rynku pracy, wpływając na kondycję tych gospodarek, które rozwijają się w oparciu o outsourcing przyciągany niskimi kosztami siły roboczej. Możliwości oferowane przez rozwój przemysłu 4.0 ułatwiają przenoszenie zakładów produkcyjnych z powrotem do państw wysoko rozwiniętych, gdzie dostępni są lepiej wykwalifikowani pracownicy. Wzrost produktywności i obniżenie kosztów transportu produktu do konsumenta końcowego to niejedynie motywy przyświecające globalnym korporacjom – reindustrializacja bywa też przewrotną reakcją na krytykę dotyczącą łamania prawa pracy w fabrykach w krajach rozwijających się. Podobny mechanizm dotyczy niektórych usług – rozwój asystentów głosowych i botów wykorzystujących sztuczną inteligencję zmniejsza np. potrzebę utrzymywania centrów pomocy (helpdesków) w Indiach.

KREATYWNOŚĆ GÓRA

Co ciekawe, nieznaczna większość (52%) ekspertów przebadanych przez Instytut Pew była nastawiona bardziej optymistycznie i odrzucała radykalny technologiczny determinizm. Wzrost produktywności może ułatwić skrócenie czasu pracy i realizację ideału „społeczeństwa czasu wolnego”, w którym ludzie mają czas na hobby i pracę dla swojej społeczności. Rozwój technologii przyczyni się wprawdzie do likwidacji niektórych rodzajów pracy, ale w ostatecznym rozrachunku utworzy więcej nowych miejsc pracy. Wiele z obecnych zawodów zostanie już wkrótce przejętych przez roboty lub cyfrowe podmioty, ale dzięki ludzkiej kreatywności powstaną nowe zawody, nowe sektory gospodarki i nowe sposoby zarabiania pieniędzy. Taki pogląd dominuje również w raportach wspomnianego World Economic Forum: w rezultacie zmiany podziału pracy między ludźmi a maszynami zniknąć może 75 mln miejsc pracy w skali globalnej, ale w ich miejsce pojawi się 133 mln nowych, lepiej dopasowanych do potrzeb cyfryzującej się gospodarki. Co najważniejsze, technologia uwolni nas od codziennej harówki i pozwoli nam zdefiniować nasz stosunek do „pracy” w bardziej pozytywny i społecznie użyteczny sposób. Komplementarność umiejętności oraz kompetencji człowieka i maszyny pozwoli ludziom skoncentrować się na działaniach nierutynowych, wykorzystujących potencjał ludzkiej kreatywności. Ciężka i często niebezpieczna praca fizyczna zostanie zastąpiona pracą umysłową, polegającą na kierowaniu robotami.

Do grona technologicznych optymistów należą H. James Wilson i Paul R. Daugherty, autorzy książki „Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI” (2018). Są oni przekonani, że praca maszyn będzie raczej uzupełniać i wspierać pracę ludzi, a nie ją zastępować, i proponują, by na integrację pracy ludzi i maszyn spojrzeć przez pryzmat trzech grup zadań.

W niektórych zadaniach nadal lepiej będą się sprawdzać kompetencje czysto ludzkie, zwłaszcza tam, gdzie konieczne będzie wyznaczanie kierunków działania, podejmowanie decyzji i wydawanie osądów, kreowanie i empatia. W innych znacznie lepiej poradzą sobie maszyny; dotyczy to wykonywania zadań powtarzalnych, wymagających prognozowania lub adaptacji. Coraz częściej zadania będą miały jednak charakter hybrydowy, łączący kompetencje ludzi i maszyn. W przypadku niektórych czynności to ludzie będą wspierali i uzupełniali maszyny; dotyczy to ich trenowania (np. uczenia sztucznej inteligencji), objaśniania i interpretowania efektów pracy oraz konserwacji; w przypadku innych czynności to maszyny będą potęgowały potencjał ludzi, zwiększając nasze możliwości poznawcze, komunikacyjne i fizyczne.

Zarówno technologiczni pesymiści, jak i optymiści zgadzają się co do jednego: postępujące procesy automatyzacji są „kompe-



tencyjnie dyskryminujące” (*skill biased*). Współpraca z maszynami i systemami algorytmicznymi będzie wymagała kompetencji technicznych i cyfrowych. Umiejętność prostego programowania z wolna nabiera charakteru równie podstawowego jak umiejętność obsługi programów biurowych. Kluczowe kompetencje to jednak te, których w najbliższym czasie nie posiadają algorytmy i roboty. Automatyzacji trudno poddają się zadania wymagające zdolności do dokładnej i elastycznej percepcji, kreatywności oraz inteligencji społecznej i emocjonalnej. Te same kompetencje będą niezbędne do wykonywania zadań komplementarnych wobec pracy maszyn i zautomatyzowanych systemów. Inteligencja emocjonalna połączona z przedsiębiorczością i krytycznym myśleniem będzie też potrzebna do radzenia sobie z wyzwaniem radykalnie elastycznego rynku pracy i niestabilnością zatrudnienia. Praca w zespołach projektowych, często rozproszonych geograficznie i obejmujących pracowników-maszyny, będzie wymagała umiejętności sprawnego zarządzania, koordynacji i podejmowania decyzji.

Tak zdefiniowany zestaw kompetencji często określa się też mianem metakompetencji lub kompetencji przenośnych (*transferable skills*), niezmiennie istotnych z perspektywy pracodawcy, bez względu na rodzaj pracy faktycznie wykonywanej w danym momencie. Tworzą one stabilną bazę dla okresowej zmiany kwalifikacji, której będą wymagać pracownicy w cyfrowej gospodarce. Eksperti WEF określają te kompetencje bardziej chwytliwą nazwą „kompetencji przyszłości” i dzielą na trzy kategorie:

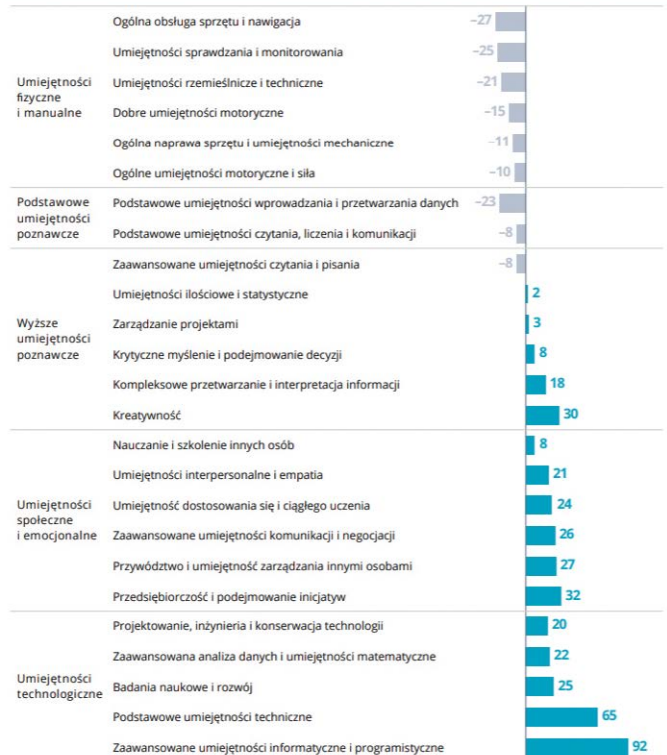
- Kompetencje technologiczne – pozwalają w sposób świadomy i sprawczy obcować z technologią w życiu prywatnym i zawodowym. W tej grupie mieszczą się kompetencje z zakresu STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), jak również zaawansowane kompetencje cyfrowe w zakresie programowania i obsługi zaawansowanych systemów informatycznych. Kluczowego znaczenia nabierają jednak kompetencje mniej zaawansowane, polegające na rozumieniu zasad funkcjonowania maszyn i systemów oraz sterowania nimi za pośrednictwem intuicyjnych interfejsów.

CORAZ WIĘKSZA CZĘŚĆ ZADAŃ BĘDZIE WYKONYWANA WSPÓLNIE PRZEZ LUDZI I MASZYNY



Podział zadań między ludzi i maszyny

W CIĄGU NAJBLIŻSZEJ DEKADY WZROŚNIE ZAPOTRZEBOWANIE NA UMIEJĘTNOŚCI SPOŁECZNE I EMOCJONALNE, TECHNOLOGICZNE ORAZ NIEKTÓRE WYŻSZE UMIEJĘTNOŚCI POZNAWCZE



- Kompetencje emocjonalne: pozwalają radzić sobie ze zmianami i niepewnością, ułatwiają pracę w grupie i przejmowanie odpowiedzialności.
- Kompetencje poznawcze: między innymi krytyczne myślenie, rozwiązywanie złożonych problemów czy kreatywność.

Trudno taki profil kompetencji nabyć w zhierarchizowanym systemie edukacji, opartym na dyscyplinie i wymagającym konformizmu ze strony ucznia, nastawionym na wpajanie podręcznikowej wiedzy. Jak zauważył Jack Ma, twórca platformy Alibaba i były nauczyciel, przemawiając w trakcie Światowego Forum Ekonomicznego w Davos w 2018 r., metody nauczania i rzeczy, których uczymy, pochodzą sprzed 200 lat. Również grupa pesymistycznie nastawionych ekspertów z badania Pew wskazywała, że systemy edukacyjne nie najlepiej radzą sobie z przygotowywaniem pracowników, którzy będą musieli się odnaleźć w realiach rynku pracy gospodarki cyfrowej. Analizy WEF wskazują, że ponad połowa wszystkich pracowników będzie wymagała znacznego podniesienia kwalifikacji. Co dziesiąty będzie potrzebował radykalnego przeszkolenia trwającego ponad rok. Osoby o wyjściowym niższym wykształceniu i niższych kompetencjach poznawczych, wykonujący w pracy czynności podatne na automatyzację, mogą mieć większe problemy z przekwalifikowaniem się na pracę wspierającą maszyny lub wspartą przez nie. W szerszym kontekście dostępność pracowników przygotowanych do wykonywania zadań hybrydowych może przesądzić o szansach danej gospodarki w perspektywie postępującej automatyzacji.

Źródło: PrzemyslPrzyszlosci.gov.pl

dr hab. Katarzyna Śledziwska – Wydział Nauk Ekonomicznych UW, prowadzi eksperymentalny program badawczy DELab UW
dr hab. Renata Włoch – Wydział Socjologii i DELab UW

Robotyzacja przemysłu tworzyw sztucznych – hit czy kit?



W dzisiejszych czasach robotyzacja produkcji to proces ciągle postępujący i nieunikniony. W związku z nieustającym rozwojem robotów przemysłowych, na te rozwiązania otwierają się kolejne gałęzie przemysłu oraz przedsiębiorstwa do nich należące. Robotyzacja nie jest zarezerwowana już tylko dla przemysłu automotive, a na całym świecie kolejne firmy, także z branży tworzyw sztucznych, stawiają na automatyzację produkcji. W artykule postaram się przybliżyć, co się do tego przyczynia, a także, przede wszystkim, jakie korzyści przynosi postawienie na technologię w pracach najbardziej żmudnych, powtarzalnych i prostych.

ROZWIĄZANIE BRAKÓW KADROWYCH

Częstym problemem firm produkcyjnych jest brak pracowników, którzy są wyznaczeni do prac manualnych, takich jak obsługa maszyn czy kontrola jakości. Ponadto rotacja ludzi na takich stanowiskach może być naprawdę duża. Często w rozwiązaniu tej kwestii pomagają roboty Universal Robots i tak też było w przypadku czeskiej firmy 2K Trend.

2K Trend, producent elementów z tworzyw sztucznych, zmierzył się właśnie z wyzwaniem braków kadrowych do obsługi wtryskarek. Postawił na robota Universal Robots – UR10, który niemalże samodzielnie obsługuje tę maszynę. Jak mówi Jiří Koláček, CEO czeskiego przedsiębiorstwa „robot spełnił wszystkie oczekiwania, a decyzja o jego zakupie była krokiem we właściwym kierunku”. Ponadto UR10 jest samowystarczalny i od początku do końca procesu obsługi maszyny nie potrzebuje wsparcia operatora [1].

ZWIĘKSZENIE WYDAJNOŚCI I ZYSKÓW

Jedną z głównych miar rozwoju każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego jest wzrost jego wydajności oraz dochodów. „Nie rozwijasz się, to się cofasz”. Trudno rozwijać się, nie inwestując w automatyzację produkcji. Praca człowieka w niektórych stanowiskach nie jest możliwa do zrealizowania tak wydajnie jak praca maszyn.

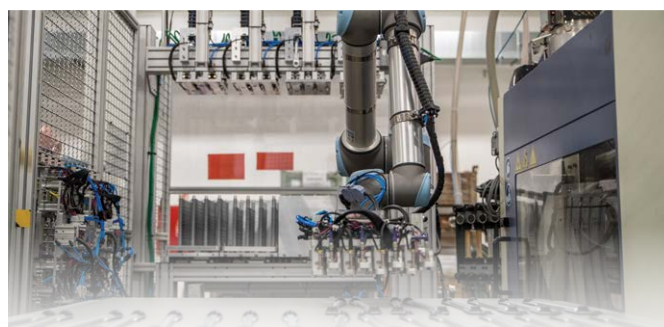
Potwierdzają to liczne przypadki zautomatyzowanych linii produkcyjnych, które dziś są już standardem w wielu zakładach. Natomiast robotyzacja takich procesów, jak formowanie wtryskowe, obsługa maszyn czy po prostu przenoszenie detalu z jednego miejsca na drugie (*Pick&Place*) również się sprawdza.

Potwierdzają to liczne przykłady. Firma Dynamic Group z Minnesoty, zajmująca się wytwarzaniem plastikowych komponentów, użyła trzech robotów UR10 do obsługi procesów formowania wtryskowego, kontroli jakości oraz układania elementów. Jednocześnie zmniejszyła liczbę pracowników obsługujących kompletowanie z 6–7 na zmianę do jedynie dwóch. Deklarują oni, że dzięki zastosowaniu robotów Universal Robots zwiększyli czterokrotnie swoje możliwości produkcyjne [2].

Kolejną firmą, która zaufała Universal Robots jest Glidewell Laboratories. Cztery roboty UR5 obsługują tam maszyny CNC, w których wytwarzane są korony dentystyczne. Dzięki zastosowaniu robotów czas cyklu produkcyjnego spadł z 27 do 18 godzin, co poprawia wydajność produkcji o 50% [3].

POPRAWA BEZPIECZEŃSTWA PRACOWNIKÓW I JAKOŚCI PRODUKTÓW

Ostatnimi spośród najważniejszych powodów, dla których warto postawić na robotyzację zakładu przemysłowego, są wzrost kompetencji i bezpieczeństwa pracowników oraz poprawa jakości produktów. Pierwsze wynika z faktu przekwalifikowania ludzi



ze stanowisk nudnych i często niebezpiecznych na operatorów i programistów robotów. Drugą rzeczą bierze się natomiast z tego, że robot, w przeciwieństwie do człowieka, zawsze będzie wykonywał dane zadanie z taką samą dokładnością, niezależnie od pory dnia, czy zmęczenia.

Przykładem, gdzie firma postawiła na robota Universal Robots, jest Clamcleats z Wielkiej Brytanii. Celem było ograniczenie urazów przeciążeniowych występujących u pracowników fizycznych. Robot UR5 sprawdził się znakomicie jako zastępstwo dla człowieka w procesie o wysokim ryzyku występowania takich urazów [4].

Wzrost jakości produktów wiąże się natomiast z większą konkurencyjnością, a to z większymi przychodami. Doskonale wie o tym firma Trelleborg Sealing Solutions, produkująca wszelkiej maści łożyska i uszczelki, która do tej pory w Danii zainstalowała 42 roboty UR. Obsługują one maszyny CNC. Dzięki temu stali się bardziej konkurencyjni, a ich towary są lepszej jakości [5].

ROBOTYZACJA PRZYSZŁOŚCIĄ

W Polsce robotyzacja nie jest jeszcze tak powszechna jak w krajach Europy Zachodniej. Jak pokazują powyższe przykłady, na roboty w przemyśle tworzyw sztucznych warto stawiać już dziś, aby zwiększyć zyski swojego przedsiębiorstwa. Zwrot z inwestycji w robota Universal Robots w Polsce to około 18–24 miesiące. To sprawia, że coboty mogą być rozwiązaniem na wiele bolączek produkcji tu i teraz.

LITERATURA

- [1] <https://www.universal-robots.com/pl/studia-przypadk%C3%B3w/2k-trend-pl/>.
- [2] <https://www.universal-robots.com/pl/studia-przypadk%C3%B3w/dynamic-group/>.
- [3] <https://www.universal-robots.com/pl/studia-przypadk%C3%B3w/glidewell-laboratories/>.
- [4] <https://www.universal-robots.com/pl/studia-przypadk%C3%B3w/clamcleats-ltd/>.
- [5] <https://www.universal-robots.com/pl/studia-przypadk%C3%B3w/trelleborg-sealing-solutions/>.

Elmark Automatyka S.A.

ul. Bukowińska 22, lok. 1B, 02-703 Warszawa

tel. 22 541 84 60, email: roboty@elmark.com.pl

GIMATIC POLSKA Sp. z o.o.

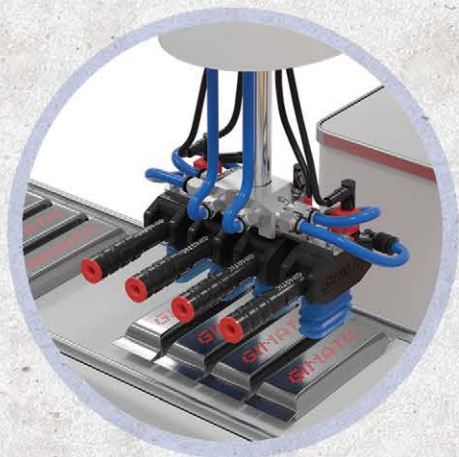
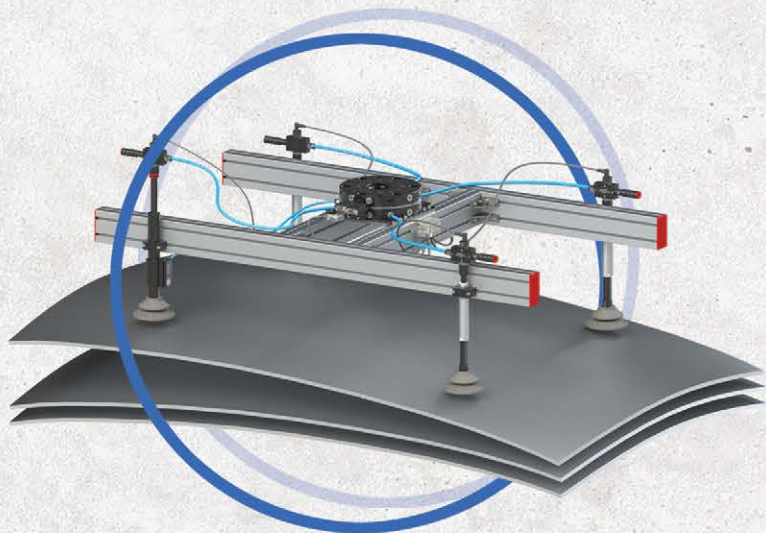
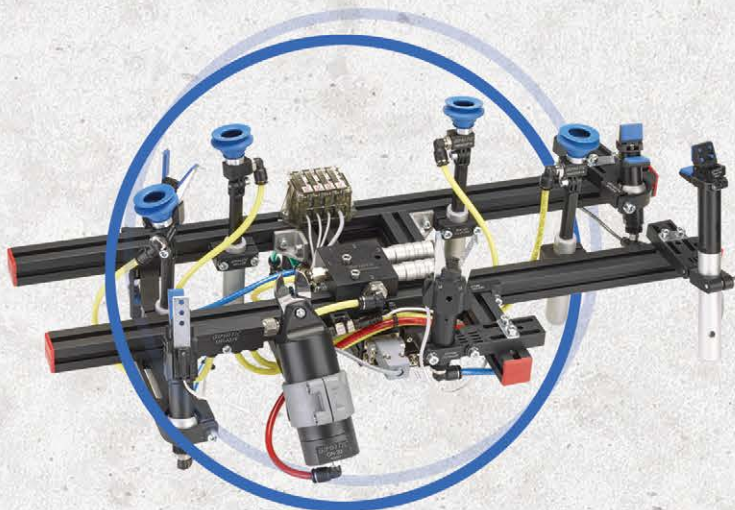
ul. Spadowa 13, 42-233 Wierzchowisko

tel. 34 38 73 052, fax 34 38 73 051, tel. kom. 889 535 500

gimatic@gimaticpolska.pl, www.gimatic.com



A business of BARNES GROUP INC



Elementy podciśnienia – nowy dział Gimatic

To, co sprawia, że firma jest konkurencyjna, to ciągła chęć rozwoju... Gimatic po raz kolejny udowodnił to inwestując w sektor próżni przemysłowej, dzięki czemu może zapewnić swoim klientom kompletne rozwiązania chwytakowe, z zaawansowanymi systemami sterowania i wysokiej jakości komponentami.

Asortyment vacuum składa się z około 1120 produktów opracowanych z naciskiem na efektywność energetyczną, niezawodność i łatwość użytkowania. Przynależki, pompy próżniowe, czujniki i inne akcesoria pozwalają naszym klientom pracować w różnych sektorach przemysłu z gwarancją niskiego zużycia energii i ograniczonymi przestojami w produkcji.



Usprawnienie produkcji z wykorzystaniem metody SMED – studium przypadku

Mariusz Salwin, Jan Lipiak, Piotr Wałachowski

W artykule zostały zaprezentowane definicje Lean Management. Szczegółowo opisano jedną z metod idei Lean, jaką jest SMED, czyli Single-Minute Exchange of Die. Przedstawiony został przypadek wdrożenia metody SMED na wybranym stanowisku produkcyjnym, jakim jest wydmuchiarka. Dokonano analizy przebrożeń wydmuchiarki przed wdrożeniem usprawnienia i po wprowadzeniu zmian. Przeanalizowano wpływ czasów przebrożeń na proces produkcyjny oraz oceniono według wybranych mierników efektywności wdrożonych działań. Praca składa się z sześciu części. Część pierwsza to wprowadzenie, część druga i trzecia to opis definicji lean management i SMED. Kolejne to wdrożenie metody SMED oraz analiza przebrożenia rozdmuchiarki butelek PET. Artykuł kończą wnioski.

Dzisiejsza globalizacja zmusza firmy produkcyjne do konkurencji ze sobą w walce o każdego potencjalnego klienta. Często zdarza się, że firmy wykorzystują swoje zasoby w sposób nieefektywny, w wyniku czego dochodzi do marnotrawstwa, które prowadzi do strat finansowych przedsiębiorstw. Taka sytuacja sprawia, że przyszłość firmy jest niepewna i aby utrzymać lub wzmocnić swoją pozycję na rynku należy podjąć kroki w celu poprawy obecnej sytuacji. Bardzo często firmy decydują się m.in. na inwestowanie pieniędzy w nowe technologie, jednak w dobie globalizacji uważa się, że należy dążyć do ciągłej doskonałości, aby przetrwać na rynku i zapewnić stały rozwój firmy. Stosowanie znanych z literatury metod zarządzania produkcją w przypadku produkcji wieloasortymentowej często nie spełniało wymogów elastyczności produkcji, dlatego też coraz częściej wdrażane są rozwiązania Lean, które nie wymagają od firm znacznych nakładów finansowych, co zostało przedstawione w niniejszym artykule.

KONCEPCJA LEAN MANAGEMENT

Lean management to idea wywodząca się ze sposobu myślenia oraz działania firmy Toyota. Podejście to zakłada wzrost produktywności zasobów poprzez wyeliminowanie w przedsiębiorstwie wszelkiego rodzaju marnotrawstwa, produkcji wyrobów, których oczekuje klient we właściwej ilości i czasie oraz funkcjonowanie na wszystkich polach aktywności przedsiębiorstwa [1–3].

Pojęcie Lean management tłumaczone jest często jako „odchudzone zarządzanie”. Lean management oznacza osiągnięcie przez przedsiębiorstwo takiej sprawności, która uczyni je elastycznym, czyli umiającym się dopasować do warunków zmieniającego się otoczenia, a także sprężystym, czyli reagującym dynamicznie i szybko na zmiany [4–6].

Idea Lean management bazuje na pięciu zasadach:

- określeniu wartości;
- identyfikowaniu strumienia wartości;
- przepływie produktu;
- zasadzie „ssania”;
- dążeniu do perfekcji.

Wprowadzenie zasad idei Lean wymaga implementacji wielu charakterystycznych narzędzi, które umożliwią wyeliminowanie marnotrawstwa różnego rodzaju. W praktyce techniki te zazwyczaj są określane jako *Lean Toolbox*. W tym zestawie znajdują się takie rozwiązania, jak: *Just-in-Time*, system ssący, technika kanban, mieszany model produkcji, podejście kaizen, standaryzacja, mapowanie strumienia wartości oraz metody: SMED, TPM, 5S i Poka-Yoke [2, 7, 8].

DEFINICJA SMED

SMED to skrót oznaczający *Single-Minute Exchange of Die* czyli przebrożenie w jednocyfrowej liczbie minut. To metoda, która ma umożliwić przebrożenie maszyny oraz jej ustawienie w czasie krótszym aniżeli dziesięć minut. Metoda ta powstała w celu usprawnienia procesów przebrożenia maszyn, a także ustawienia narzędzi w maszynach. Zasady koncepcji SMED zastosować można do usprawnień wszystkich rodzajów procesów [9–11].

Metodyka ta daje możliwość spełnienia oczekiwań związanych z szybkimi przebrożeniami linii produkcyjnych. Zwłaszcza w przypadku złożonych oraz zmiennych linii produkcyjnych, a także coraz częściej wykorzystywanych w praktyce innowacyjnych sposobów organizacji produkcji, do których zaliczyć można przepływ ciągły [11–13].

SMED jest metodą polegającą na poszukiwaniu oraz wykorzystaniu rozwiązań, które dają możliwość przestawienia i przebrożenia maszyny, z produkowania jednego produktu na inny w bardzo krótkim czasie.

Użycie metody SMED pozwala na skrócenie czasu potrzebnego na przebrajanie. Jest ona teorią, na którą składa się zestaw odpowiednich technik, dzięki którym możliwa jest wymiana samych narzędzi, jak również dokonanie ustawień wyposażenia w czasie krótszym niż 10 minut. Nie w każdej oczywiście sytuacji zastosowanie systemu SMED pozwoli na taką redukcję czasu, jednak, co zostało udowodnione, jego użycie skraca czas wymiany urządzeń w niemalże każdej sytuacji. Samo przebrożenie jest procesem polegającym na wprowadzeniu nowych ustawień określonej maszyny, a jego czas liczony jest od chwili wytworzenia

ostatniego prawidłowo wykonanego produktu ze starymi ustawieniami urządzeń, do momentu wytworzenia pierwszego prawidłowo wykonanego produktu przy nowych ustawieniach urządzeń, dzięki czemu możliwe jest rozpoczęcie masowej produkcji. Metoda SMED pozwala na podniesienie wartości przedsiębiorstwa, ale również stwarza możliwość wszystkim pracownikom na poprawienie sposobu, w jaki wykonują swoją pracę [13, 14–17].

Metoda SMED jest realizowana w czterech następujących po sobie etapach:

- Etap 0 – brak rozróżnienia pomiędzy operacjami zewnętrznymi i wewnętrznymi (na tym etapie ma miejsce szczegółowa rejestracja przebiegu przezbrojenia).
- Etap 1 – rozdział czynności mających miejsce podczas przezbrojenia na czynności zewnętrzne (które mają miejsce, gdy maszyny pracują), czynności wewnętrzne (które mają miejsce, gdy maszyny nie pracują) oraz czynności zbędne (wykonane błędnie podczas przezbrajania).

- Etap 2 – na tym etapie dochodzi do eliminacji zbędnych czynności oraz przekształcenie przygotowania wewnętrznego na zewnętrzne.

- Etap 3 – ma tu miejsce usprawnianie operacji przygotowawczych poprzez wykorzystanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, które ułatwiają ułożenie i zamocowanie uchwytów, a także narzędzi na maszynie [18].

WDROŻENIE METODY SMED NA WYBRANYM STANOWISKU PRODUKCYJNYM

Przykład wdrożenia metody SMED postanowiono przedstawić na przykładzie maszyny do rozdmuchu butelek PET. Przed przystąpieniem do realizacji projektu powołano członków zespołu, którzy byli odpowiedzialni odpowiednio za:

- wykonanie przezbrojenia maszyny;
- nakręcenie filmu w trakcie realizacji przestawki;
- analizę stanu obecnego oraz poszukiwanie lepszych rozwiązań.

Tabela 1. Analiza filmu przezbrojenia wydmuchiwarki [Źródło: Opracowanie własne]

Numer kroku	Nazwa zadania	Czas wykonania operacji [GG:MIN:SS]
1.	Opróżnienie maszyny z poprzedniej produkcji (spisanie stanu licznika oraz kasowanie licznika na panelu)	00:01:45
2.	Przygotowanie kluczy ampułkowych	00:00:30
3.	Przejsie do zasobnika z preformami	00:00:20
4.	Podstawienie pustych koszy na preformy	00:01:55
5.	Zsypanie starych preform z zasobnika	00:05:10
6.	Wywiezienie starych preform	00:02:10
7.	Przejsie od preform do stanowiska wymiany formy	00:00:25
8.	Zamknięcie dopływu wody chłodzącej formy do maszyny	00:00:45
9.	Założenie rękawiczek	00:00:15
10.	Przejsie do regału z formami	00:00:25
11.	Pobranie wymaganych form	00:03:35
12.	Przywiezienie form do maszyny	00:00:40
13.	Przejsie do pomieszczenia operatorów po zaświwo i ręczniki papierowe	00:00:40
14.	Powrót do maszyny	00:00:20
15.	Zdejmowanie starych form i zakładanie nowych	00:20:00
16.	Odwiezienie wózkiem form na regał składowania	00:03:50
17.	Powrót do maszyny	00:00:20
18.	Czyszczenie prętów	00:14:00
19.	Dezynfekcja form	00:09:00
20.	Przejsie do panelu maszyny w celu jej włączenia	00:00:15
21.	Czekanie na pozycjonowanie form	00:01:00
22.	Wybór nowej receptury	00:01:10
23.	Czekanie na zakończenie wgrania receptury (przygotowanie pojemnika na puste butelki do testu wytrzymałości)	00:02:00
24.	Przejsie od panelu maszyny do preform	00:00:20
25.	Przygotowanie nowych preform do produkcji	00:03:50
26.	Powrót do panelu maszyny	00:00:25
27.	Czekanie na rozgrzanie pieca	00:02:00
28.	Produkcja partii kontrolnej - ustawienie prędkości maszyny	00:01:05
29.	Pobranie butelek do testu wytrzymałości	00:01:05
30.	Przejsie do urządzenia sprawdzającego wytrzymałość butelek	00:00:35
31.	Wykonanie testu wytrzymałości dla butelek z każdego gniazda maszyny	00:15:00
32.	Przejsie do panelu maszyny - odniesienie pojemnika na butelki	00:00:30
33.	Produkcja partii kontrolnej do wykonania testu ważenia butelek	00:01:00
34.	Przejsie do pomieszczenia operatorów	0:00:20
35.	Pomiar wagi butelek z każdego gniazda maszyny	00:15:00
36.	Przejsie z pomieszczenia operatorów do maszyny	00:00:20
37.	Kontrola parametrów procesu ustawionych na maszynie	00:01:30
38.	Sprzątanie stanowiska pracy	00:05:00

Przedstawione poniżej etapy przedstawiają poszczególne elementy SMED dla omawianej maszyny.

Etap 0 – analiza stanu obecnego

Wykonanie analizy stanu obecnego polegało na wnikliwej analizie czynności przebrojenia maszyny z szczegółowym spisaniem nazwy każdego zadania oraz obliczeniu czasu wykonania poszczególnych operacji. Tabela 1 przedstawia wykaz wszystkich czynności, jakie zostały zauważone podczas przebrojenia.

Analiza filmu pozwoliła wyróżnić 38 czynności. Łączny czas trwania przebrojeń wyniósł 1 godzinę 58 minut i 30 sekund.

Etap 1 – rozdzielenie czynności na zewnętrzne i wewnętrzne

Tabela 2 przedstawia podział czynności na zewnętrzne i wewnętrzne. W celu lepszego zrozumienia charakteru wykonywanych operacji do każdej z czynności przypisano jedną z następujących kategorii: C – czekanie, CZ – czyszczenie, PRZ – przygotowanie, R – regulacja, T – transport, W – wymiana.

Z tabeli wynika, że przy przebrojeniu maszyny występuje zdecydowanie więcej czynności wewnętrznych niż zewnętrznych. Większość z nich dotyczy zadań związanych z przygotowaniem jednakże pojawia się również sporo czynności dotyczących transportu, co świadczy o nadmiernym ruchu na stanowisku pracy.

Etap 2 – przekształcenie operacji wewnętrznych w zewnętrzne, eliminacja czynności zbędnych

Wykonanie podziału czynności na zewnętrzne i wewnętrzne pozwoliło na dalszą analizę przebrojeń, jakim jest przekształcenie operacji wewnętrznych w zewnętrzne oraz eliminacja czynności zbędnych. Tabela 3 zawiera spis wszystkich zadań wraz z wyznaczeniem nowego charakteru ich wykonania.

Ostatecznie 9 działań przekształcono z wewnętrznych na zewnętrzne. Wyeliminowano również siedem działań, które sklasyfikowano jako zbędne.

Tabela 2. Podział czynności przebrojenia wydmuchiarki na wewnętrzne i zewnętrzne [Źródło: Opracowanie własne]

Numer kroku	Wewnętrzne lub Zewnętrzne	Kategoria	Numer kroku	Wewnętrzne lub Zewnętrzne	Kategoria
1.	W	PRZ	20.	W	T
2.	Z	PRZ	21.	W	C
3.	W	T	22.	W	PRZ
4.	W	PRZ	23.	W	PRZ
5.	W	PRZ	24.	W	T
6.	W	T	25.	W	PRZ
7.	W	T	26.	W	T
8.	W	PRZ	27.	W	C
9.	Z	PRZ	28.	W	R
10.	Z	T	29.	W	PRZ
11.	Z	PRZ	30.	W	T
12.	Z	T	31.	W	PRZ
13.	Z	T	32.	W	T
14.	Z	T	33.	W	PRZ
15.	W	W	34.	W	T
16.	W	PRZ	35.	W	PRZ
17.	W	T	36.	W	T
18.	W	CZ	37.	W	R
19.	W	CZ	38.	Z	CZ

Tabela 3. Przekształcenie operacji wewnętrznych w zewnętrzne, eliminacja czynności zbędnych [Źródło: Opracowanie własne]

Numer kroku	Obecnie	Po zmianie	Numer kroku	Wewnętrzne lub Zewnętrzne	Kategoria
1.	W	W	20.	W	W
2.	Z	Z	21.	W	W
3.	W	Z	22.	W	W
4.	W	Z	23.	W	W
5.	W	Z	24.	W	Eliminacja
6.	W	Z	25.	W	Z
7.	W	Z	26.	W	Eliminacja
8.	W	Z	27.	W	W
9.	Z	Z	28.	W	W
10.	Z	Z	29.	W	W
11.	Z	Eliminacja	30.	W	W
12.	Z	Z	31.	W	W
13.	Z	Eliminacja	32.	W	W
14.	Z	Eliminacja	33.	W	W
15.	W	W	34.	W	W
16.	W	Z	35.	W	W
17.	W	Z	36.	W	W
18.	W	Eliminacja	37.	W	W
19.	W	Eliminacja	38.	Z	Z

Tabela 4. Podział operacji przebrojenia wydmuchiarki na wewnętrzne i zewnętrzne - uwagi [Źródło: Opracowanie własne]

Numer kroku	Obecnie	Po zmianie	Uwagi
11.	Z	Eliminacja	Nie będzie zachodziła konieczność pobierania z regału form, ponieważ zostaną wprowadzone specjalne wózki do poszczególnych rodzajów form.
13.	Z	Eliminacja	Czyściwo i ręczniki papierowe zostaną przygotowane razem z czynnością numer 2, która ulegnie niewielkiemu wydłużeniu.
14.	Z	Eliminacja	Eliminacja czynności ze względu na czynność numer 13.
15.	W	W	Po uwzględnieniu czynności numer 18 i 19 wydłuży się czas wykonania danego zadania, jednakże wprowadzenie wózków z formami pozwoli trochę na skrócenie tego czasu.
16.	W	Z	Czynność zostanie wykonana na końcu przebrojenia - przed sprzątnięciem stanowiska.
17.	W	Z	Czynność zostanie wykonana na końcu przebrojenia - przed sprzątnięciem stanowiska.
18.	W	Eliminacja	Czynność zostanie wykonana w trakcie zdejmowania starych form i zakładania nowych. Skróceniu ulegnie czas wykonania czyszczenia.
19.	W	Eliminacja	Czynność zostanie wykonana w trakcie zdejmowania starych form i zakładania nowych. Skróceniu ulegnie czas wykonania dezynfekcji.
24.	W	Eliminacja	Eliminacja czynności ze względu na wykonanie czynności numer 25 po opróżnieniu starych preform.
25.	W	Z	Czynność zostanie wykonana od razu po opróżnieniu starych preform.
26.	W	Eliminacja	Eliminacja czynności ze względu na wykonanie czynności numer 25 po opróżnieniu starych preform.
31.	W	W	Test wytrzymałości zostanie wykonany dla 1 butelki, gdyż dotychczas nie zauważono problemu z jakością wykonania butelki. Test dla pozostałych butelek zostanie wykonany po rozpoczęciu produkcji.
35.	W	W	Pomiar wagi zostanie wykonany dla 1 butelki, gdyż nie zauważono dotychczas problemu z jakością wykonania butelki. Pomiar dla pozostałych butelek zostanie wykonany po rozpoczęciu produkcji.

Etap 3 – doskonalenie poszczególnych operacji

Po wykonaniu zamiany czynności wewnętrznych w zewnętrzne oraz eliminacji zadań zbędnych postanowiono uporządkować kolejność wykonywania poszczególnych operacji w taką, by wyeliminować zbędny ruch na stanowisku pracy oraz zapewnić lepszą ergonomię. Niektóre zadania zostały połączone w jedno. W tabeli 5 przedstawiono uporządkowaną kolejność wykonywania poszczególnych zadań wraz z podziałem na te wykonane przed, w trakcie jak i po wykonaniu przebrojenia.

Czas przebrojenia maszyny wyniósł 46 minut i 35 sekund, natomiast łączny czas trwania wszystkich operacji wynosi 1 godzinę 40 minut i 20 sekund. Przy ustalaniu kolejności wykonania poszczególnych czynności zwracano również uwagę na sposób ich realizacji. Zauważono, że dotychczas części formatek znajdowały się na regałach. Pracownik musiał zdejmować i przewozić części wózkiem, a następnie podczas wymiany form wykonywał on zbyt mocne ruchy manualne – schylenie się po części. W celu zapewnienia lepszego komfortu pracy operatora podczas zdejmowania i zakładania form postanowiono wprowadzić specjalne wózki obrotowe, które pozwoliły na poprawę ergonomii pracy.

Zgodnie z cyklem Deminga PDCA nie wystarczy tylko raz zaplanować, sprawdzić, wykonać czy poprawić sposób wykonywania

przebrojeń, ponieważ powinno dążyć się do cyklicznej ich analizy i według zasady *continouns improvement* – ciągle je doskonalić.

ANALIZA PRZESTAWIENIA WYDMUCHIARKI

Analiza przebrojenia wydmuchiarki przed wprowadzeniem zmian

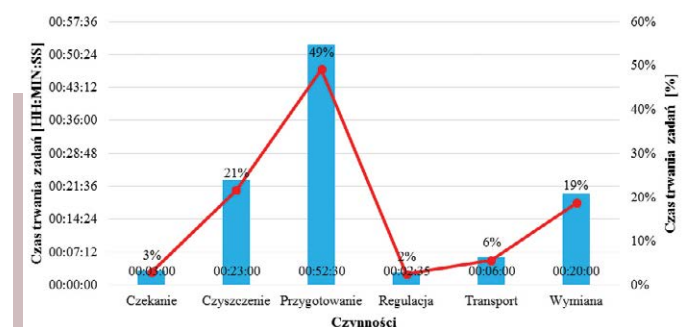
Przebrojenie wydmuchiarki przed wprowadzeniem na niej metody SMED było zadaniem dosyć długim i nieuporządkowanym. W trakcie przebrojenia znacznie przeważały czynności wewnętrzne – 30, nad zewnętrznymi – 8. Lepsze zobrazowanie czasów dla czynności wewnętrznych i zewnętrznych przedstawiono na poniższym rysunku 1.

Na rysunku 1 widać znaczną przewagę czasową działań wewnętrznych – 90% (1 godzina 47 minut 5 sekund) nad działaniami zewnętrznymi – tylko 10% czasu trwania wszystkich operacji. W obecnej sytuacji nie ma równowagi pomiędzy operacjami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Rysunek 2 przedstawiający udział czasowy poszczególnych zadań według przypisanych kategorii czynności.

Wśród czynności wewnętrznych najwięcej czasu poświęca się na czynności związane z przygotowaniem do przebrojenia – 50% całkowitego czasu operacji wewnętrznych, a więc podczas wdrażania SMED należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość wyeliminowania danych czynności lub wykonania ich jeszcze



Rys. 1. Udział czasów W/Z w przebrojeniu wydmuchiarki

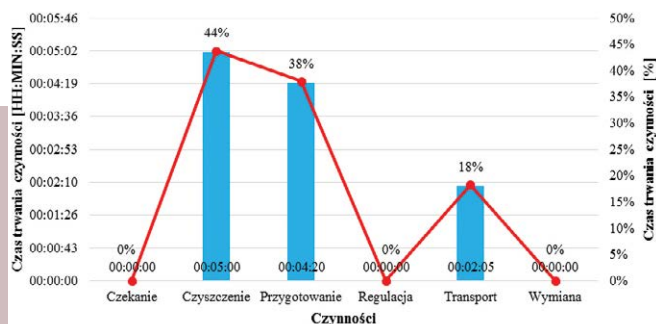


Rys. 2. Czasowy udział czynności według ich kategorii - czynności wewnętrzne

Tabela 5. Doskonalenie operacji przebrojenia wydmuchiwarki [Źródło: Opracowanie własne]

Numer kroku	Nazwa zadania	Czas wykonania operacji [GG:MIN:SS]
Czynności przed		
1	Przygotowanie kluczy ampułkowych, czyściwa oraz ręczników papierowych	00:00:40
2	Przejsie do zasobnika z preformami	00:00:20
3	Podstawienie pustych koszy na preformy	00:01:55
4	Opróżnienie starych preform z zasobnika	00:05:10
5	Wywiezienie starych preform	00:02:10
6	Przygotowanie nowych preform do produkcji	00:03:50
7	Przejsie od preform do stanowiska wymiany formy	00:00:25
8	Zamknięcie dopływu wody chłodzącej formy do maszyny	00:00:45
9	Założenie rękawiczek	00:00:15
10	Przejsie do regału z formami	00:00:25
11	Przywiezienie form do maszyny	00:00:40
Czynności w trakcie		
12	Opróżnienie maszyny z poprzedniej produkcji (spisanie stanu licznika oraz kasowanie licznika na panelu)	00:01:45
13	Zdejmowanie starych form i zakładanie nowych	00:30:00
14	Przejsie do panelu maszyny w celu jej włączenia	00:00:15
15	Czekanie na pozycjonowanie form	00:01:00
16	Wybór nowej receptury	00:01:10
17	Czekanie na zakończenie wgrania receptury (przygotowanie pojemnika na puste butelki do testu wytrzymałości)	00:02:00
18	Czekanie na rozgrzanie pieca	00:02:00
19	Produkcja partii kontrolnej - ustawienie prędkości maszyny	00:01:05
20	Pobranie butelek do testu wytrzymałości	00:01:05
21	Przejsie do urządzenia sprawdzającego wytrzymałość butelek	00:00:35
22	Wykonanie testu wytrzymałości dla 1 butelki	00:01:00
23	Przejsie do panelu maszyny - odniesienie pojemnika na butelki	00:00:30
24	Produkcja partii kontrolnej do wykonania testu ważenia butelek	00:01:00
25	Przejsie do pomieszczenia operatorów	00:00:20
26	Pomiar wagi dla 1 butelki	00:01:00
27	Przejsie z pomieszczenia operatorów do maszyny	00:00:20
28	Kontrola parametrów procesu ustawionych na maszynie	00:01:30
Czynności po		
29	Odwiezienie wózkiem form na regał składowania	00:03:50
30	Powrót do maszyny	00:00:20
31	Wykonanie testu wytrzymałości dla pozostałych butelek	00:14:00
32	Pomiar wagi dla pozostałych butelek	00:14:00
33	Sprzątanie stanowiska pracy	00:05:00

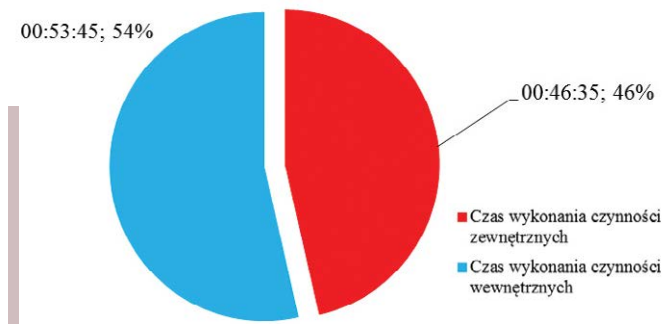
przed zatrzymaniem maszyny. Pozostałe zadania charakteryzują się znacznie krótszym czasem. Z kolei w czynnościach zewnętrznych wyróżniono tylko 3 kategorie zadań – czyszczenie, przygotowanie i transport. Ich czas trwania w porównaniu z czynnościami wewnętrznymi jest znacznie krótszy.



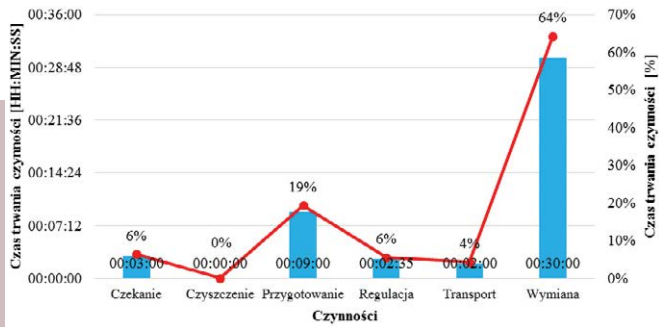
Rys. 3. Czasowy udział czynności według ich kategorii - czynności zewnętrzne

Analiza przebrojeń wydmuchiwarki po wprowadzeniu zmian

Wdrożenie metody SMED na stanowisku dmuchawy pozwoliło na znaczne skrócenie czasu przebrojenia maszyny. Na rysunku 4 przedstawiono czasy operacji wewnętrznych i zewnętrznych przeprowadzonych zmianach.



Rys. 4. Udział czasów W/Z w przebrojeniu wydmuchiwarki po zmianach



Rys. 5. Czasowy udział czynności według ich kategorii po zmianach - czynności wewnętrzne

Wdrożenie metody SMED pozwoliło na znaczne skrócenie czasu trwania operacji wewnętrznych – o 56% w stosunku do sytuacji sprzed zmian (rys. 1). Efektem wprowadzonych zmian jest wyraźnie ukształtowana równowaga pomiędzy czasem trwania operacji wewnętrznych i zewnętrznych. Na rysunku 5 przedstawiono zmiany, jakie zaszły w zakresie wykonywanych czynności.

W trakcie wdrażania metody SMED zmieniono charakter wybranych czynności, czego efekt przedstawiono na rysunkach 3–4. Zdecydowana większość czynności dla operacji wewnętrznych została zaliczona do kategorii wymiany (64% całkowitego czasu trwania operacji wewnętrznych) – wcześniej większość czynności należała do kategorii przygotowania, które teraz będą wykonywane w jak największym stopniu przed zatrzymaniem maszyny jako operacje zewnętrzne (76% całkowitego czasu trwania operacji zewnętrznych).

Wpływ czasu przebrojenia na proces produkcyjny

Skrócenie czasu przebrojenia wpływa również na poprawę procesu produkcyjnego. W tabelach 6 i 7 przedstawiono dwa sposoby prezentacji procentowego wzrostu produkcji w ujęciu rocznym.

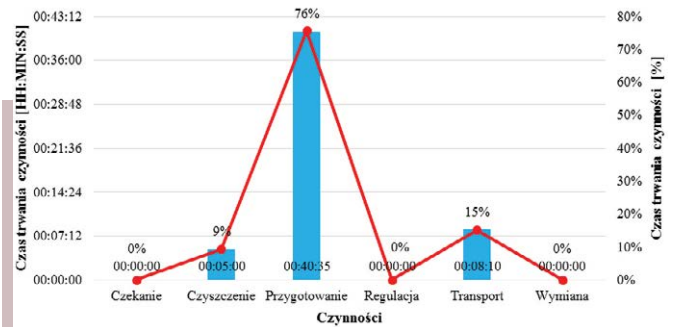
Pierwszy z nich jest bardziej szczegółowy, ponieważ przy obliczaniu całkowitej liczby butelek wyprodukowanych po wdrożeniu SMED należy najpierw obliczyć roczną liczbę butelek wyprodukowanych przed wdrożeniem SMED, a następnie do otrzymanego wyniku dodać dodatkową liczbę butelek, która może być wyprodukowana w czasie zaoszczędzonym na przebrojeniu.

Tabela 6. Wzrost produkcji w skali roku - sposób pierwszy

Specyfikacja	Krok	Wzór	Obliczenia
Czas przebrojenia przed wdrożeniem SMED [min]	A	dane	119
Czas przebrojenia po wdrożeniu SMED [min]	B	dane	47
Oszczędność czasu [min]	C	A-B	72
Wydajność maszyny [szt./h]	D	dane	30000
Dodatkowa liczba wyprodukowanych butelek przy 1 przebrojeniu [szt.]	E	(D·C/60)	36000
Liczba przebrojeń w roku	F	dane	115
Dodatkowa liczba wyprodukowanych butelek w roku [szt.]	G	E·F	4140000
Efektywny czas pracy (przed wdrożeniem SMED) [h/rok]	H	dane	5304,916667
Liczba produkowanych butelek rocznie (przed wdrożeniem SMED) [szt.]	I	D·H	159147500
Łącznie liczba wyprodukowanych butelek po wdrożeniu SMED	J	G+I	163287500
Wzrost produkcji w skali roku	K	(G/K) 100%	2,54%

Tabela 7. Wzrost produkcji w skali roku - sposób drugi

Specyfikacja	Krok	Wzór	Obliczenia
Efektywny czas pracy (przed wdrożeniem SMED) [h/rok]	A	Dane	5304,916667
Efektywny czas pracy (po wdrożeniu SMED) [h/rok]	B	dane	5442,916667
Wydajność maszyny [szt./h]	C	dane	30000
Liczba produkowanych butelek rocznie (przed wdrożeniem SMED) [szt./rok]	D	A·C	159147500
Łącznie liczba wyprodukowanych butelek po wdrożeniu SMED	E	B·C	163287500
Wzrost produkcji w skali roku	F	100%-(D/E)*100%	2,54%



Rys. 6. Czasowy udział czynności według ich kategorii po zmianach - czynności zewnętrzne

Zastosowanie metody SMED pozwoliło na zwiększenie produkcji o 2,54% w stosunku do stanu poprzedniego.

W drugim sposobie całkowita produkcja butelek jest obliczana poprzez pomnożenie efektywnego czasu pracy po wdrożeniu SMED przez wydajność maszyny – znacznie szybciej i prościej w porównaniu do pierwszej metody.

W powyższej sytuacji wzrost produkcji wyniósł również 2,54%. Przy obliczaniu wzrostu produkcji z wykorzystaniem SMED zdecydowanie bardziej zalecana jest druga metoda.

Poprawa wybranych mierników efektywności realizowanych działań

Jednym z mierników efektywności realizowanych działań, który jest obliczany po wdrożeniu SMED, jest tzw. wskaźnik przebrojenia – C/O, który oblicza się dzieląc całkowity czas trwania przebrojenia przez nominalny czas pracy. W tabeli 8 przedstawiono wartość wskaźnika C/O przed i po wdrożeniu SMED.

Wprowadzenie zmian w przebrojeniach maszyn spowodowało spadek wskaźnika C/O z 3,79% do 1,5%. Wdrożenie SMED przyczyniło się również do zwiększenia dostępności maszyn (poprzez zmniejszenie strat czasu na przebrojenia). Tabela 9 przedstawia wyliczenie wskaźnika dostępności maszyn przed i po wdrożeniu SMED.

Wskaźnik C/O = łączny czas trwania przebrojeń/Nominalny czas pracy.

Tabela 8. Wskaźnik C/O

	Liczba przebrożeń maszyny w roku	Czas przebrożenia [min]	Łączny czas trwania przebrożeń [min]	Wskaźnik C/O
Przed wdrożeniem SMED	115	119	13685	3,79%
Po wdrożeniu SMED		47	5405	1,50%

Tabela 9. Wskaźnik dostępności maszyny

Specyfikacja	Krok	Wzór	Przed wdrożeniem SMED	Po wdrożeniu SMED
Nominalny czas pracy [min/rok]	A	dane	361440	361440
Planowane remonty i konserwacje [min/rok]	B	dane	14400	14400
Dostępny czas pracy [min/rok]	C	A - B	347040	347040
Straty czasu [min/rok]	D	dane	28745	20465
Efektywny czas pracy [min/rok]	E	C - D	318295	326575
Dostępność [%]	F	E/C	91,72%	94,10%

Wdrożenie SMED przyczyniło się do poprawy wskaźnika dostępności maszyn z 91,72% do 94,10% - wzrost o 2,38%.

PODSUMOWANIE

Dzisiejsza globalizacja powoduje wzrost rywalizacji pomiędzy firmami produkcyjnymi. Firmy dążą do zwiększenia produkcji, starając się jednocześnie utrzymać niższą cenę produkcji oraz najwyższą jakość oferowanych produktów. Aby to osiągnąć, firmy zmuszone są do przeprowadzania różnych optymalizacji procesów. Jednym z takich sposobów było wdrożenie metody SMED, która została opisana w niniejszym artykule. Dzięki realizacji SMED, procedury wykonywania uzbrojenia na dmuchawie zostały ustandaryzowane, co przyczyniło się do znacznego skrócenia czasu tej operacji. Skrócenie czasu przebrajania przełożyło się na zwiększenie dostępności urządzeń (zmniejszenie strat czasu), zmniejszenie wartości wskaźnika C/O oraz wzrost rocznej produkcji o 2,54%. Zgodnie z cyklem Deminga PDCA należy pamiętać, aby nie poprzestać na jednym działaniu optymalizacyjnym, ale stale doskonalić SMED poprzez planowanie, wykonywanie, sprawdzanie i wdrażanie kolejnych działań przyczyniających się do skrócenia czasów przebrożeń maszyn.

LITERATURA

- [1] A. Parkes: (2015) Lean Management Genesis, Management, Vol.19, No. 2, pp. 106–121.
- [2] K. Szatkowski: (2014) Modern production management. Procedural approach, (in Polish: Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe), PWN Scientific Publishing House, Warszawa.
- [3] M. Holweg: (2016) The Genealogy of Lean Production, Journal of Operations Management, Vol. 25, 420–437.
- [4] P. Romaniuk: (2018) Application of Lean Management in modern management public administration, Journal of Modern Science, Vol. 37, No. 2, pp. 203–218.
- [5] J. Czerska: (2009) Improvement of the value stream, (in Polish: Doskonalenie strumienia wartości), Difin Publishing House, Warszawa.
- [6] J.P. Womack, D.T. Jones: (1994) From Lean Production to Lean Enterprise, Harvard Business Review, Vol. 72, No. 2, p. 93–103.
- [7] A.B. Abdallah, S.E. Dahiyat, Y. Matsui: (2018) Lean management and innovation performance: Evidence from international manufacturing companies, Management Research Review.
- [8] P. Nowotarski, J. Paślawski: (2018) Lean management in small and medium-sized construction enterprises in Poland – selected results, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Vol. 27, No. 3, pp. 260–268.
- [9] A. Carrizo Moreira, P.M. Torres Garcez: (2013) Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology

in Small to Medium-sized Enterprises: A Portuguese Case Study, International Journal of Management, Vol. 30 No. 1, pp. 66–87.

- [10] S. Kubik: (2010) Rapid changeover for operators: SMED system (in Polish: Szybkie przebrożenia dla operatorów: System SMED), ProdPublishing Production Publishing House, Wrocław.
- [11] M. Sony: (2018) Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions, Production & Manufacturing Research, Vol. 6, No. 1, pp. 416–432.
- [12] R. Godina, C. Pimentel, F.J.G. Silva, J.C.O. Matias: (2018) A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends, Procedia Manufacturing, Vol. 17, pp.783–790.
- [13] S. Boran, C. Ekincioglu: (2017) A novel integrated SMED approach for reducing setup time, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 92, No. 9, pp. 3941–3951.
- [14] J. Singh, H. Singh, I.Singh: (2018) SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study Benchmarking: An International Journal, , Vol. 25, No. 7, pp. 2065–2088.
- [15] R.I. McIntosh, S.J. Culley, A.R. Mileham, G.W. Owen: (2000) A critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology, International Journal of Production Research, Vol. 38, No. 11, p. 2377–2395.
- [16] J. Filla: (2016) The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line, Journal of Competitiveness, Vol. 8, No. 2, pp. 59–69.
- [17] J. Łunarski: (2009) Technology management. Evaluation and improvement (in Polish: Zarządzanie technologiami. Ocena i doskonalenie), Publishing House of the Rzeszów University of Technology, Rzeszów.
- [18] S.Shingo: (1985) A Revolution in Manufacturing: The SMED System, Productivity Press.

Artykuł ukazał się w: M. Salwin, J. Lipiak, P. Wałachowski: Production improvement by using the SMED Method – case study, Research in Logistics & Production, Vol. 9, No. 2, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2019, s. 137–152. DOI: 10.21008/rj.2083-4950.2019.9.2.7. ISSN 2083-4942.

mgr inż. Mariusz Salwin

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji
Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych
ul. Narbutta 86, 02-524 Warszawa

dr inż. Jan Lipiak – prezes

Medfar-2 Zakład Tworzyw Sztucznych
Kobierne 6, Kobierne 05-311

Etigraf Sp. z o. o., ul. Głowackiego 52, 05-071 Sulejówkę

mgr inż. Piotr Wałachowski – specjalista do spraw produkcji



Wtryskarki **tederic** energooszczędność, szybkość, precyzja

Ponadto oferujemy:

- peryferia do wtryskarek
- roboty i automatyzację
- budowę form wtryskowych bez ograniczeń gabarytów i wagi
- usługi wtrysku



InAutom Poland Sp. z o.o.

☎ 52 506 56 65

✉ biuro@inautom.pl

🌐 inautom.pl

ul. Zbożowa 28,
86-010 Koronowo,
Poland

Kierunki rozwoju robotyki w aspekcie projektowania współczesnych systemów produkcyjnych

Łukasz Sobaszek, Arkadiusz Gola, Antoni Świć

Globalna konkurencja i jednoczesny rozwój techniki i technologii stawiają przed przedsiębiorstwami wyzwania, których efektem jest konieczność zmiany podejścia do projektowania i eksploatacji systemów produkcyjnych. W miejsce klasycznych systemów wytwórczych pojawiają się systemy charakteryzujące się wysokim poziomem elastyczności, automatyzacji, a także możliwością rekonfiguracji. Jednym z elementów mających kluczowy wpływ na kierunki rozwoju systemów wytwórczych było pojawienie się robotyzacji i zastosowanie robotów przemysłowych dla potrzeb realizacji procesów transportowych i/lub manipulacyjnych w sferze produkcji. Rozwój robotyki stał się tym samym wyznacznikiem rozwoju współczesnych systemów produkcyjnych. Celem niniejszego artykułu jest ukazanie prawdopodobnych kierunków rozwoju robotyki przemysłowej z punktu widzenia aktualnych wymagań i trendów w procesie projektowania systemów produkcyjnych.

Współczesny rynek niewątpliwie można określić mianem silnie konkurencyjnego. Głównym kryterium celu produkcji stają się czas i koszt. Przedsiębiorstwa, chcąc zaspokoić potrzeby konsumentów muszą sprawnie realizować procesy produkcyjne przy jednoczesnym zapewnieniu minimalnych kosztów wytwarzania. Wymagania te stymulują nieustanny rozwój oraz usprawnianie procesów, jak też zmianę podejścia do projektowania systemów produkcyjnych [1–3].

Obok postępującej globalizacji i zwiększonej presji konkurencyjnej ze strony rynku kluczowym elementem mającym wpływ na kierunki rozwoju systemów produkcyjnych stał się niespotykany dotąd postęp w technice i technologii – zarówno na poziomie maszyn technologicznych, urządzeń realizujących operacje pomocnicze, jak też systemów komunikacji i sterowania systemami wytwórczymi. Przełomowym momentem mającym wpływ na kierunek rozwoju systemów produkcyjnych było pojawienie się robotów przemysłowych, które dziś znajdują zastosowanie nie tylko w wielkich koncernach, ale coraz częściej także w małych i średnich przedsiębiorstwach produkcyjnych [4]. O rosnącym znaczeniu robotyki decydują korzyści z jej wdrożenia i zastosowania w procesach przemysłowych, przejawiające się m.in. w [5]:

- szybkości działania – robot potrafi pracować szybciej od człowieka, a przy tym nie potrzebuje czasu na przerwy;
- precyzji i powtarzalności – współczesne roboty osiągają dokładność sięgającą nawet do tysięcznych części milimetra, a powtarzalność pozycji może wynosić $\pm 0,02$ mm;
- niezawodności – szacunkowy czas niezawodnej pracy robota to kilka lat;
- zwiększeniu wydajności – co jest wynikiem szybkości pracy robota oraz wydłużeniu czasu pracy (praca bez przerw);
- możliwości pracy w trudnych warunkach – roboty do prac specjalnych mogą pracować bezpiecznie w warunkach szkodliwych dla człowieka (wysoka temperatura, duże ciężary, wysokie zapylenie, hałas, środki chemiczne).

Do niedawna roboty w systemach produkcyjnych rozumiane były tylko i wyłącznie jako urządzenia manipulacyjne [6]. Fakt ten powodował, iż wykorzystywane były w nielicznych podsystemach i pełniły funkcje typowo transportowe. Współcześnie roboty znajdują zastosowanie w wielu obszarach systemów produkcyjnych, realizując nie tylko operacje pomocnicze, ale wiele różnorodnych operacji technologicznych. Obecnie powszechne staje się zastosowanie robotów do takich czynności jak [7]:

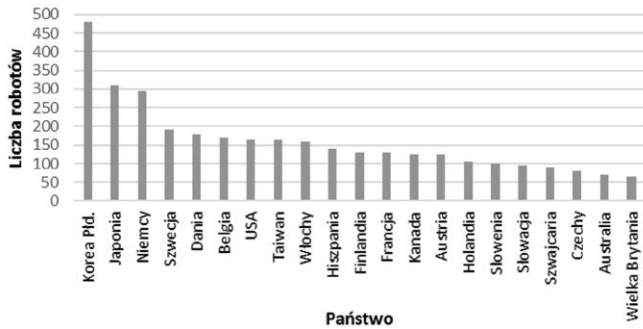
- spawanie – jest coraz częściej implementowanym rozwiązaniem; główną zaletą są doskonałe parametry spawania osiągnięte dzięki precyzji, szybkości oraz powtarzalności robotów spawających;
- malowanie oraz lakierowanie – zastosowanie robotów w procesach tego typu podyktowane jest głównie szkodliwymi warunkami pracy; dodatkową korzyścią jest wysoka jakość malowanych powierzchni, a także wzrost wydajności;
- klejenie oraz dystrybucja czynników – robot pozwala na bardzo dokładne rozprowadzenie czynnika zarówno po prostych, jak i skomplikowanych krzywiznach;
- wykonywanie procesów pomocniczych – zastosowanie robota w procesach czyszczenia, polerowania czy szlifowania.

Mimo zmieniających się trendów roboty wciąż pomocne są w procesach sortowania (określanego też angielskim mianem „pick & place”), montowania czy paletyzacji.

Wszelakieronność i zalety z zastosowania robotów w procesach wytwórczych zmieniają paradygmaty i kryteria projektowania systemów produkcyjnych, które obecnie bardzo często trak-



Rys. 1. Sprzężenie zwrotne w pętli postępu technicznego



Rys. 2. Liczba robotów przypadających na jednego pracownika w poszczególnych państwach [10]

tują roboty jako podstawowy element projektowanego systemu [8]. W konsekwencji tworzy się więc sprzężenie zwrotne określające trendy w rozwoju robotyki przemysłowej i projektowaniu systemów wytwórczych (rys. 1).

W niniejszym artykule, na bazie aktualnych wymagań i trendów w rozwoju systemów produkcyjnych, podjęto próbę wskazania możliwych kierunków rozwoju w obszarze robotyki przemysłowej. W szczególności skupiono się na zagadnieniach związanych z wirtualnym projektowaniem zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych, autonomiczności robotów i możliwości ich współpracy z człowiekiem, a także możliwości wykorzystania robotów w obróbce mechanicznej.

GENEZA I ROZWÓJ ROBOTYKI PRZEMYSŁOWEJ

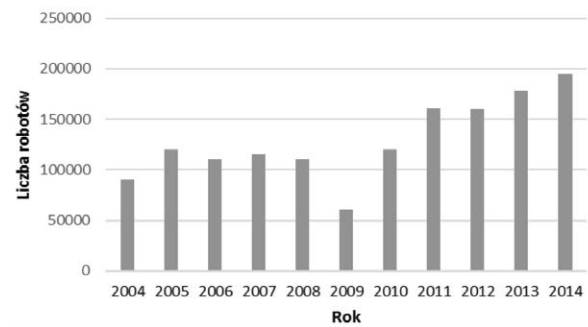
Słowo „robot” jest dość młodym stwierdzeniem, gdyż pojawiło się w początkach XX wieku. Początkowo „robotami” określano sztuczne istoty będące imitacją człowieka, które charakteryzowały się dużym zdyscyplinowaniem oraz efektywnością pracy. Pierwsze próby budowania robotów polegały zatem na konstruowaniu robotów człekokształtnych. Nie miały one jednak żadnego zastosowania przemysłowego [6].

Z upływem lat słowo „robot” zmieniło jednak swoje znaczenie. Obecnie tym mianem określa się automatyczne maszyny realizujące czynności normalnie wykonywane przez człowieka. Pierwsze zastosowanie robotów w przemyśle dotyczyło zastępowania człowieka na stanowiskach uciążliwych i w szkodliwych warunkach pracy. Implementacja robotów w przemyśle została zainicjowana przez postęp w dziedzinie obrabiarek sterowanych numerycznie. Rozwój układów napędowych, pomiarowych oraz sterujących umożliwił konstruowanie pierwszych maszyn manipulacyjnych z programowanym sterowaniem [6].

Pierwsze roboty pojawiły się w amerykańskim przemyśle samochodowym, lecz były to zaledwie jednostkowe wdrożenia. Dopiero w 1967 r. po raz pierwszy w historii sprzedano 48 sztuk robotów. Rok później rozpoczęto produkcję robotów w Japonii oraz Europie. Od tego czasu zarówno liczba zainstalowanych robotów, jak i ich sprzedaż wykazują tendencję wzrostową [6, 9].

W najnowszym raporcie Międzynarodowej Federacji Robotyki zostały zaprezentowane dane dotyczące najbardziej zrobotyzowanych przemysłów na świecie (wyrażone w liczbie robotów przypadających na jednego pracownika przemysłu). Z opublikowanych danych wynika, iż najbardziej zrobotyzowany przemysł posiada Korea Południowa (478 maszyn na pracownika), następną jest Japonia (314 maszyn na pracownika), a kolejne są Niemcy (292 maszyny na pracownika). Średnia światowa wynosiła 66 robotów na pracownika (rys. 2) [10].

Zwiększenie zjawiska robotyzacji produkcji przekłada się także na wzrost sprzedaży robotów. Analizując wykres dotyczący sprzedaży robotów przemysłowych w latach 2004–2014



Rys. 3. Sprzedaż robotów przemysłowych w latach 2004–2014 [9]

(rys. 3), należy przyznać, że o ile w latach 2005–2008 utrzymywała się ona na stałym poziomie, to po roku 2010 wciąż wzrasta [9]. Według najnowszych danych międzynarodowej Federacji Robotyki w roku 2015 nastąpił wzrost sprzedaży robotów przemysłowych o 8% [10].

W przeciągu najbliższych lat prognozuje się dalszy rozwój sprzedaży robotów przemysłowych. Duży wzrost notuje się w państwach, gdzie robotyzacja jest zjawiskiem bardzo popularnym (Chiny, Korea Południowa), ale także w krajach Afryki, gdzie w roku 2013 zanotowano wzrost liczby sprzedanych robotów o 80% w stosunku do roku poprzedniego (700 robotów). Dla przykładu w Europie wzrost ten wyniósł 5% (43 tys. robotów), a w USA – 8% (30 tys. robotów). Zakupione roboty znajdują zastosowanie głównie w branży motoryzacyjnej, elektrycznej oraz przetwórstwa metali [9].

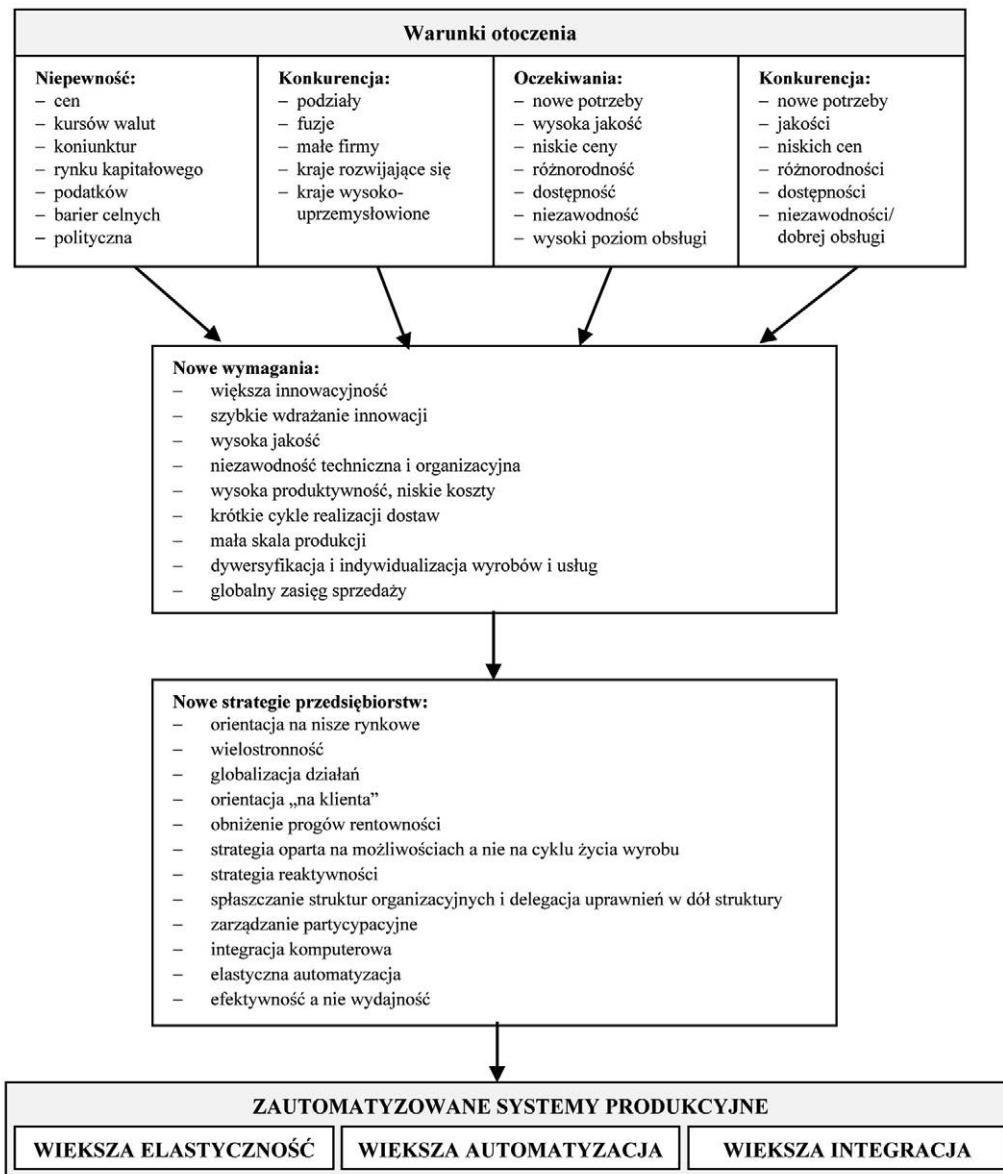
Wzrost liczby sprzedawanych, a także wdrażanych robotów stymuluje ciągły rozwój w dziedzinie zastosowania robotów w systemach produkcyjnych. Konsekwencją jest pojawianie się nowych trendów w obszarze projektowania systemów produkcyjnych.

AKTUALNE WYMAGANIA I KIERUNKI ROZWOJU SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH

Ewolucja systemów wytwarzania wynika z potrzeby dostosowywania się do aktualnych i przewidywanych warunków rynkowych oraz ze zmian w technice i technologii wytwarzania, wspieranych gwałtownym rozwojem komputeryzacji, robotyzacji i automatyzacji procesów [11]. W przeszłości, systemy produkcyjne były projektowane pod kątem funkcjonowania w stabilnym środowisku. W dzisiejszych dynamicznych warunkach systemy muszą mieć możliwość produkcji zmiennego asortymentu w zróżnicowanych ilościowo partiach wyrobu [12]. Tym samym wydaje się konieczne tworzenie systemów produkcyjnych bazujących na rozwiązaniach technicznych i organizacyjnych, zapewniających wysoką efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów związanych z ocenkami rynku [13].

W związku z powyższym, czynnikami o kluczowym znaczeniu, wyznaczającymi kierunek rozwoju systemów produkcyjnych stały się elastyczność, automatyzacja i integracja (rys. 4).

W konsekwencji powstałe przesłanki ekonomiczne, organizacyjne i psychologiczno-społeczne, jak również szybki postęp w zakresie technologii wytwarzania i technik komputerowych doprowadziły do szerokiego zastosowania w przemyśle obrabiarek sterowanych numerycznie, robotów przemysłowych oraz komputerowych systemów sterowania produkcją. Stało się to fundamentem dla rozwoju zautomatyzowanych i zrobotyzowanych systemów wytwórczych charakteryzujących się wysokim poziomem elastyczności, automatyzacji integracji [14]. Przedstawicielami najnowszych rozwiązań w zakresie systemów produkcyjnych są elastyczne systemy produkcyjne (ESP), rekonfigurowalne syste-



Rys. 4.
Determinanty rozwoju
nowoczesnych systemów
produkcyjnych [3]

my produkcyjne (RSP), systemy produkcyjne o sparametryzowanym poziomie elastyczności (DESP), a także sieciowe systemy wytwarzania oparte na zewnętrznej kooperacji (NMS) – rys. 5.

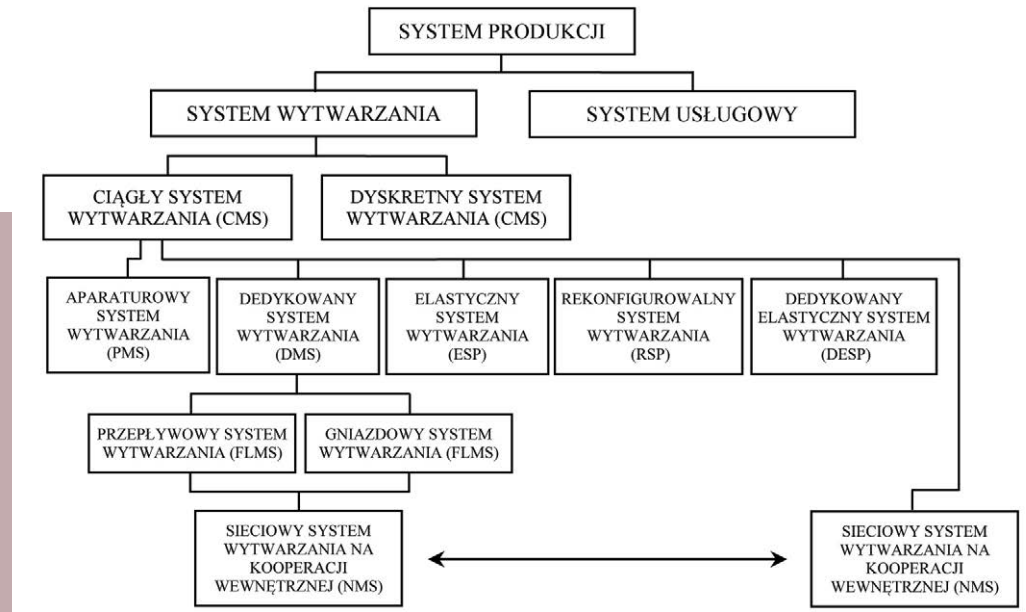
Elastyczne systemy produkcyjne (ESP) to systemy, w których nastąpiło połączenie sterowanych numerycznie obrabiarek CNC zintegrowanych przez zautomatyzowany transport i magazynowanie oraz wspólne sterowanie komputerowe. ESP w swej konfiguracji muszą zawierać maszyny i urządzenia produkcyjne (CNC), urządzenia transportowe: roboty przemysłowe, wózki kierowane automatycznie (AGV), transportery, przenośniki, suwnice, magazyny: centralne (AS/RS), lokalne, bufory międzyoperacyjne, sieć nadzorujących komputerów i mikroprocesorów. Są one przeznaczone do produkcji realizowanej w partiach, w obrębie wyrobów podobnych technologicznie [11].

Rekonfigurowalny system wytwarzania (RSP) to system zaprojektowany pod kątem możliwości szybkiego dostosowania funkcjonalności i posiadanych zdolności do zadań wynikających ze zmiennego zapotrzebowania rynku przez zmianę struktury systemu zarówno w sferze urządzeń, jak i oprogramowania [2]. Rekonfiguracja oznacza w praktyce gotowość do dodania czy wyodrębnienia z istniejącej struktury, usunięcia lub wymiany: jednego bądź kilku elementów w strukturze systemu, ewentualnie zmiany ich powiązań. Istotą rekonfigurowalnych systemów wytwarzania jest połączenie dedykowanych i elastycznych sys-

temów produkcyjnych z jednoczesnym ukierunkowaniem na: maksymalne skrócenie czasu uruchomienia produkcji nowego wyrobu w systemie, minimalizację kosztów związanych z projektowaniem systemu dostosowanego do produkcji nowego wyrobu oraz eliminowanie kosztów związanych z nadmiernym poziomem elastyczności systemu [2, 3, 14].

Dedykowane elastyczne systemy produkcyjne (DESP) to system zbliżony do elastycznego systemu produkcyjnego. Podstawową różnicą pomiędzy ESP a DESP jest zakładany poziom elastyczności i długość cyklu życia obydwu systemów. O ile w przypadku elastycznych systemów produkcyjnych ESP założeniem jest, aby system zapewniał maksymalny możliwy poziom elastyczności wytwarzania – w przypadku DESP mówi się o zdefiniowanej w oparciu o prognozy ograniczonym poziomie elastyczności systemu. W konsekwencji dedykowane elastyczne systemy produkcyjne z jednej strony charakteryzują się znacząco niższym kosztem projektowania - z drugiej jednak krótszym cyklem życia systemu [1, 14].

Sieciowe systemy wytwarzania (NMS) tworzone są z podstawowych elementów (obiektów) połączonych ze sobą tzw. siecią zależności. Sieciowe systemy wytwarzania to nowa kategoria systemów bazująca na tzw. układach sieciowych, charakteryzująca się maksymalną elastycznością struktury celowo projektowanej na tzw. granicy spójności systemu [11].



Rys. 5.
Podział systemów produkcji
i wytwarzania [11]

Szczegółowa analiza założeń przedstawionych powyżej systemów produkcyjnych pozwala stwierdzić, iż roboty przemysłowe stanowią w nich ważną (często wręcz kluczową rolę). Rozwój robotyki pozostaje więc integralnym wyznacznikiem ich rozwoju.

NOWE WYZWANIA I TRENDY W ROBOTYZACJI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

Współcześnie zaobserwować można znaczący wzrost wdrożeń robotów przemysłowych w procesach produkcyjnych. Fakt ten determinuje głównie wzrost świadomości odnośnie korzyści ze stosowania robotów, ale także szerokie możliwości implementacji robotów. Coraz częściej także w obszarze ich stosowania pojawiają się liczne nowe trendy. Poniżej zaprezentowano kilka przykładów aktualnych rozwiązań, które wpisują się w koncepcję rozwoju współczesnych systemów produkcyjnych.

Wirtualne projektowanie zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych

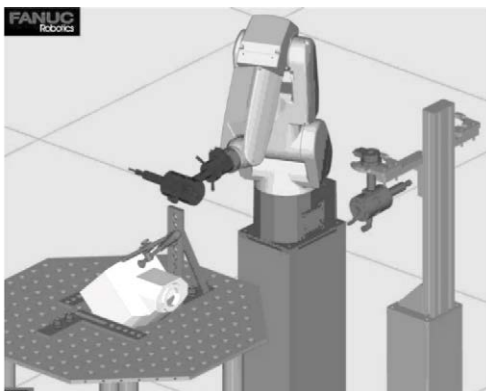
Przedsiębiorstwo produkcyjne rozpatrujące budowę zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego jako główne kryterium wdrożenia najczęściej stawia koszt inwestycji. Podstawą implementacji takiego rozwiązania są informacje dotyczące opłacalności wdrożenia oraz czasu, w jakim nastąpi zwrot poniesionych kosztów [15]. Kolejnym z rozpatrywanych aspektów jest także odpowiednie wykorzystanie dostępnej przestrzeni produkcyjnej. Niezbędna jest zatem dokładna analiza przyszłych warunków pracy robota. Może się bowiem okazać, iż dostępna przestrzeń jest niewystarczają-

ca, a robot będzie wchodził w kolizję ze znajdującymi się w pobliżu maszynami technologicznymi, elementami linii transportowej bądź innym wyposażeniem hali produkcyjnej [5].

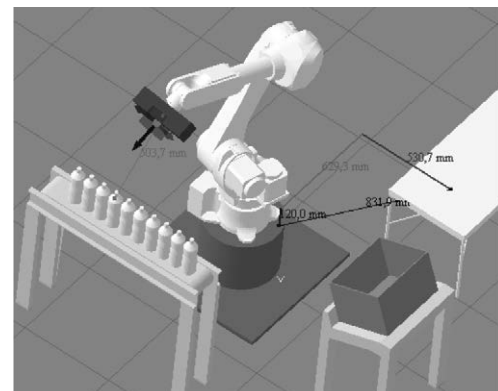
Dlatego też coraz częściej dużym zainteresowaniem cieszy się zagadnienie wirtualnego projektowania zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych [16-17]. Wykorzystanie dostępnego oprogramowania pozwala na uzyskanie informacji na wiele pytań już na etapie projektowania zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego.

Obecnie istnieje szereg programów komputerowych pozwalających na symulację pracy robota w dowolnym gnieździe produkcyjnym. Oprogramowanie tego typu służy głównie do programowania off-line oraz symulacji pracy robota w zdefiniowanym środowisku. Większość popularnych środowisk symulacyjnych jest wydawanych przez firmy produkujące roboty (rys. 6). Do najpopularniejszych programów należy zaliczyć: RoboStudio (ABB), KUKA.Sim Pro (KUKA), MotoSIM EG-VRC (Yaskawa), RoboGuide (FANUC) czy K-ROSET (Kawasaki) [18].

Większość z wymienionych środowisk charakteryzuje się podobną budową i zbliżonymi możliwościami – dostępna jest szeroka gama modeli robotów, chwytaków oraz elementów składowych środowiska pracy (m.in. barier, linii transportowych, obrabiarek, elementów roboczych). Możliwe jest także korzystanie z wirtualnego kontrolera robota oraz zaprogramowanie robota w trybie off-line. Programy tego typu pozwalają także na przeprowadzenie wielu analiz – wykrywanie kolizji, szacowanie czasu pracy, dokonywanie pomiarów odległości i wiele innych (rys. 7).



Rys. 6. Przykład zrobotyzowanego stanowiska, zautomatyzowane gratowanie [18]



Rys. 7. Moduł wykonywania pomiarów w wirtualnym środowisku robota

Zastosowanie tej klasy oprogramowania z łatwością pozwala oszacować koszty pracy robota, znaleźć optymalne zagospodarowanie przestrzeni roboczej, czy rozpatrywać alternatywne rozmieszczenie elementów składowych systemu wytwórczego. Niewątpliwą zaletą tego typu rozwiązań jest także możliwość łatwego zaimplementowania opracowanego modelu w rzeczywistym, zrobotyzowanym gnieździe produkcyjnym.

Aspekt współpracy robotów przemysłowych

Pojęcie „współpracy” w odniesieniu do robotów przemysłowych zazwyczaj rozumiane jest jako wymiana informacji pomiędzy poszczególnymi maszynami w zrobotyzowanym gnieździe wytwórczym. Niemniej jednak współcześnie wyróżnić można inne kluczowe obszary współpracy robotów przemysłowych [19]:

1. Współpraca pomiędzy robotami, która występuje zazwyczaj w zrobotyzowanych gniazdach wytwórczych – niezbędne jest wówczas zapewnienie odpowiedniej komunikacji, która realizowana jest przez typowe, przemysłowe protokoły komunikacyjne (PROFIBUS, Interbus S, MODBUS) [20] bądź poprzez obsługę robotów za pomocą wspólnego kontrolera [21]. W obszarze tym można także umieścić komunikację pomiędzy urządzeniami gniazda produkcyjnego, pracą robotów – stołami pozycjonującymi, obrabiarkami CNC, czy maszynami dedykowanymi dla konkretnych procesów (np. owijkami do palet).
2. Komunikacja robota z urządzeniami peryferyjnymi może być także rozpatrywana w aspekcie współpracy. Różnego rodzaju czujniki, czy specjalne oprzyrządowanie wymaga niejednokrotnie komunikacji z robotem. Ponadto elementy chwytne robota (mechaniczne, pneumatyczne czy elektryczne) sterowane są za pomocą kontrolera robota, a zatem także wymagają odpowiedniej komunikacji [20].
3. Kooperacja z człowiekiem stanowi najnowszy kierunek w rozwoju robotyki. Coraz częściej w procesie integracji robota ze środowiskiem produkcyjnym zmniejsza się ilość barier bezpieczeństwa, które zastępowane są czujnikami wbudowanymi w roboty, systemami wizyjnymi oraz odpowiednim oprogramowaniem. Ponadto niektóre roboty można programować metodą uczenia przez demonstrację, co znacznie przyspiesza i ułatwia ich programowanie. Roboty tworzone z myślą o współpracy z człowiekiem często są mniejsze gabarytowo od typowych robotów przemysłowych. Ich kompaktowa wielkość pozwala na przenoszenie robota pomiędzy fragmentami linii produkcyjnej. Istnieje wiele gotowych rozwiązań proponowanych przez licznych producentów robotów. Przykładem mogą tu być roboty: ABB's YuMi, Baxter czy UR3 Universal Robots. Jednak roboty współpracujące z człowiekiem mają też wady, jak na przykład mniejsza maksymalna prędkość ruchów (podyktowana kwestiami bezpieczeństwa). Dlatego też coraz częściej analizowane są możliwości adaptacji

typowo przemysłowych robotów do pracy z ludźmi [19]. Przykładem mogą tu być procesy produkcyjne realizowane w fabrykach Audi, gdzie coraz częściej roboty pracują „ramię w ramię” z ludźmi (rys. 8). Takie rozwiązanie w znaczący sposób usprawnia realizowane procesy, a także ułatwia pracę ludzi oraz poprawia jej ergonomię na stanowiskach produkcyjnych.

Autonomiczność robotów

Kolejnym silnie widocznym trendem doskonale wpisującym się w nowoczesne systemy produkcyjne jest zwiększanie autonomiczności robotów przemysłowych. Zazwyczaj dotyczy ona robotów mobilnych, ale coraz częściej obejmuje także zrobotyzowane linie produkcyjne posiadające zdolność samoprzebrajania.

Doskonałym przykładem w pełni autonomicznego robota jest „Ray”, będący kluczowym elementem bezzałogowego systemu transportowego w dziale logistyki firmy Audi (rys. 9). Zadaniem robotów tego typu jest transport gotowych samochodów do tymczasowego miejsca magazynowania oraz szeregowania ich według określonego kryterium. Roboty „Ray” znajdują się obecnie w fazie testów, jednak wstępne wyniki badań wskazują na to, iż zastosowanie tego typu rozwiązań może w znaczący sposób wpłynąć na wydajność procesów produkcyjnych, a także poprawić ergonomię pracy [22].

Przykładów zastosowania autonomicznych robotów mobilnych można mnożyć. Warto chociażby wspomnieć o fabrykach koncernu Volkswagen, gdzie coraz częściej roboty mobilne odpowiedzialne są za transport narzędzi czy podzespołów, a także centrach dystrybucyjnych firmy Amazon, gdzie roboty wspomagają procesy transportu i sortowania towarów.

Aspekt zastosowania autonomicznych robotów mobilnych wpisuje się także w trend współpracy robotów z człowiekiem, gdyż niejednokrotnie sprawne wykorzystanie tego typu rozwiązań jest związane z koniecznością usunięcia barier bezpieczeństwa i pracy robotów w bliskim kontakcie z ludźmi.

Wykorzystanie robotów w obróbce mechanicznej

Jeszcze do niedawna wykorzystanie robotów w procesach produkcyjnych ograniczało się do czynności transportowych oraz manipulacyjnych. Idea zastosowania robota dotyczyła bardziej wspomagania procesów, aniżeli ich realizacji. Rozwój technologii oraz technik konstruowania robotów sprawił jednak, iż roboty znajdują także zastosowanie nie tylko jako wsparcie, ale także jako główne narzędzie w realizacji procesów technologicznych.

Współcześnie roboty przemysłowe stosowane są także jako urządzenia realizujące procesy pomocnicze, ale prowadzące zasadniczą obróbkę mechaniczną. Ostatnimi czasy znacząco wzrosła liczba rozwiązań wykorzystania robotów (wyposażonych w odpowiednie oprzyrządowanie) w procesach obróbkowych, w których zastosowanie obrabiarek CNC jest niemożliwe ze względu na



Rys. 8. Współpraca robota z człowiekiem w fabryce Audi [22]



Rys. 9. Bezzałogowy zrobotyzowany system transportowy w fabryce Audi [23]

zawansowane kształty bądź duże gabaryty obrabianych przedmiotów. Przykładem może tu być wykorzystanie robotów marki KUKA w produkcji wielkogabarytowych rur z tworzyw sztucznych [24]. Robot wyposażony jest w specjalny moduł frezujących wraz z magazynkiem narzędzi, który posiada także specjalne oprogramowanie umożliwiające łatwą konfigurację oraz obsługę narzędzia frezującego. Umieszczenie narzędzia na ramieniu robota pozwala realizować proces produkcyjny w dogodny i elastyczny sposób, przez co tego typu rozwiązania znajdują także zastosowanie w produkcji jednostkowej. Doskonałym przykładem mogą być tu meble o złożonych kształtach, produkowane na specjalne zamówienie. Zastosowanie robota w postaci narzędzia obróbczego niewątpliwie w znaczny sposób zwiększa możliwości oraz elastyczność systemu wytwórczego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Ciągle zmieniające się warunki otoczenia przedsiębiorstw przemysłowych nakładają na nie konieczność ciągłego poszukiwania rozwiązań umożliwiających elastyczną i wysokowydajną produkcję przy jednoznacznym zapewnieniu minimalnych kosztów wytwarzania. Z drugiej strony ciągle pojawiają się nowe rozwiązania technologiczne umożliwiające produkcję zgodną z ww. założeniami. W konsekwencji zmieniają się również paradygmaty projektowania systemów produkcyjnych – coraz częściej opartych na rozwiązaniach o wysokim poziomie automatyzacji procesów podstawowych i pomocniczych.

Zjawiskiem mającym niewątpliwie kluczowy wpływ na rozwój systemów wytwarzania było pojawienie się robotów przemysłowych, które w znaczący sposób zmieniły podejście do zagadnień organizacji i sterowania produkcją w systemach wytwórczych. Co więcej – robotyka stając się jedną z najszybciej rozwijających się branż (zarówno w sensie ekonomicznym, jak również technicznym) – spowodowała pojawienie się wielu nowych koncepcji i rozwiązań, które z jednej strony wykorzystywały dostępne rozwiązania z zakresu robotyki – z drugiej jednak stawiały kolejne wyzwania dla rozwoju robotyki.

Obserwując aktualne trendy na rynku, można stwierdzić, iż robotyka będzie w najbliższym czasie jednym z kluczowych czynników mających wpływ na rozwój systemów wytwarzania. Obserwowane i zilustrowane trendy w rozwoju robotyki w połączeniu z rozwojem maszyn i urządzeń technologicznych, a także systemów sterowania elementami systemów wytwórczych pozwalają prognozować, iż kolejne lata mogą spowodować, iż obraz systemów produkcyjnych (i rola człowieka w procesie wytwarzania) ulegną znaczącej zmianie.

LITERATURA

[1] W. Terkaj, T. Tolio, A. Valente: Designing Manufacturing Flexibility in Dynamic Production Contexts [in:] Tolio T. (ed.): Design of Flexible Production Systems. Springer, 2009, pp. 1-18.
 [2] Y. Koren, M. Shpitalni: Design of reconfigurable manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 29, 2010, pp. 130-141.
 [3] A. Gola: Procesy produkcji w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych (ZSP) [w:] Szatkowki K. (red.): Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe, PWN, Warszawa 2014.
 [4] J. Kulik, Ł. Wojtczak: Światowe trendy robotyki a wyzwania technologiczne polskich MSP. Pomiary, Automatyka i Robotyka, nr 4/2015, s. 79-86.
 [5] Ł. Sobaszek, A. Gola, J. Varga: Virtual designing of robotic workstations. Applied Mechanics and Materials, Vol. 844, 2016, pp. 31-37.

[6] J. Honczarenko: Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie. WNT, Warszawa 2004.
 [7] <http://www.astor.com.pl/produkty/zastosowania/robotyzacja/zastosowania.html> [dostęp: 09.01.2017].
 [8] D. Skrzypczyński, A. Gola: Ekonomiczne aspekty doboru robotów przemysłowych dla elastycznych systemów produkcyjnych [w:] Krzysztofek A., Zarządzanie i Marketing, AT Wydawnictwo, Kraków 2014, s. 263-272.
 [9] M. Hajduk, L. Koukolo: Trends in Industrial and Service Robot Application. Applied Mechanics and Materials, Vol. 844, 2015, pp. 31-37.
 [10] International Federation of Robotics (IFR): World Robotics Report 2016.
 [11] M. Dudek: Szczupłe systemy wytwarzania. Wyd. Difin, Warszawa 2016.
 [12] Fertsch M., Pawlak N., Stachowiak A.: Współczesne systemy produkcyjne. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
 [13] A. Gola: Economic Aspects of Manufacturing Systems Design. Actual Problems of Economics, No. 6 (156) 2014, pp. 205-212.
 [14] A. Gola, A. Świć: Directions of Manufacturing Systems' Evolution from the Flexibility Level Point of View, [w:] R. Knosala (ed.) Innovations in Management and Production Engineering, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, s. 226-238.
 [15] A. Kampa: Analiza wydajności pracy ręcznej i pracy robota przemysłowego na przykładzie symulacji komputerowej stanowiska pracy hydraulicznej [w:] Janczarek M., Lipski J. (red.): Projektowanie i sterowanie procesami, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2013.
 [16] T. Tolio, M. Sacco, W. Terkaj, M. Urgo: Virtual Factory: An Integrated Framework for Manufacturing Systems Design and Analysis, Procedia CIRP, Vol. 7, pp. 25-30.
 [17] D. Plinta: Optimization Methods in Modeling and Simulation of Production Systems. Applied Computer Science, Vol. 5, No. 1, 2009, pp. 5-18.
 [18] D. Kumičáková, A. Rengevič: Automation of Manufacturing Technologies with Utilisation of Industrial Robots, Applied Computer Science, Vol. 11, No. 3, 2015, pp. 5-18.
 [19] Sobaszek Ł., Gola A.: Perspective and methods of human-industrial robots cooperation, Applied Mechanics and Materials, Vol. 791, 2015, pp. 178-183.
 [20] W. Kaczmarek: Elementy robotyki przemysłowej, WAT, Warszawa 2008.
 [21] J. Semjon, V. Baláž, M. Vagaš: Project multirobotic systems with KUKA robots in cooperation with VW Slovakia, in: L. Koukolo, A. Świć (Eds.), Robotics and manufacturing systems, Lublin, 2014, pp. 33-38.
 [22] <http://autorud.pl/audiblog/w-fabryce-audi-roboty-transportuja-samochody>, [dostęp: 10.01.2016].
 [23] <http://technowinki.onet.pl/motoryzacja/proces-produkcyjny-audi-wspierany-przez-roboty/6qkvs>, [dostęp: 10.01.2016].
 [24] <http://www.riex.de/automatisierung/roboterfraesanlage>, [dostęp: 10.01.2016].

dr inż. Łukasz Sobaszek

dr hab. inż. Arkadiusz Gola, prof. uczelni

prof. dr hab. inż. Antoni Świć

Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji

Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

Elastomery estrowe na bazie ksylitolu modyfikowane nanometrycznym tlenkiem ceru

Marta Piątek-Hnat, Ewa Fodemska, Aleksandra Lidwin, Kajetan Grundmann, Wiktor Kokotowski, Aleksandra Ptak, Barbara Witkowska, Łucja Wronek, Oliwia Sienicka, Wiktoria Wójcik, Bartosz Kuźmiński

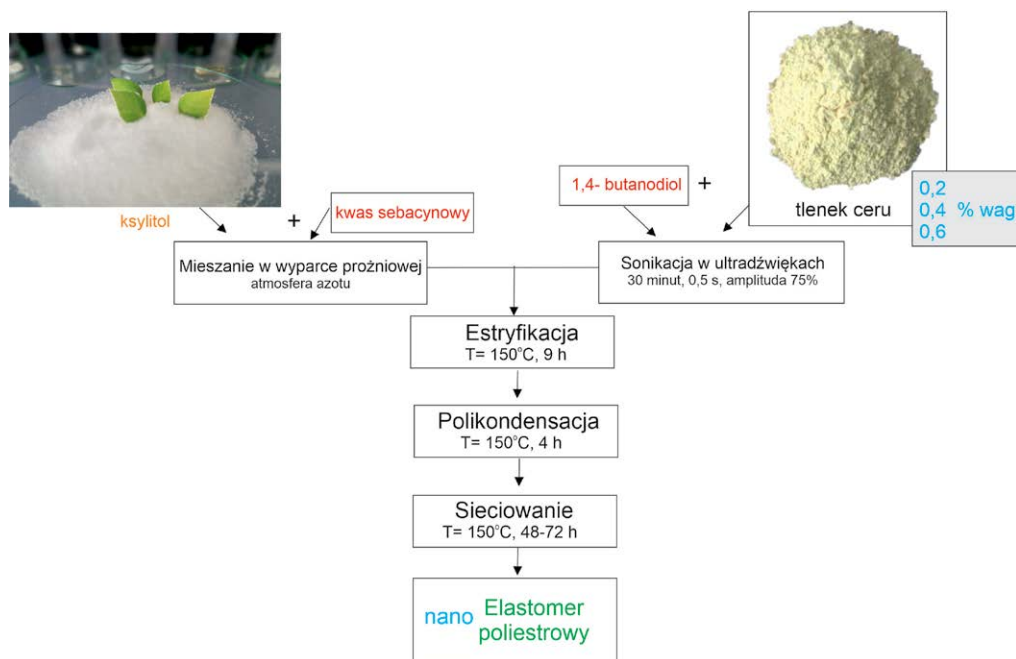
Celem pracy było otrzymanie i ocena właściwości fizykochemicznych elastomerów estrowych poli(sebacynianu ksylitolu-co-sebacynianu butylenu) PXBS wytworzonych metodą polikondensacji *in situ* zawierających 0,2; 0,4 i 0,6 % wag. nanometrycznego tlenku ceru (produkt komercyjny Evonik Degussa). Matryca polimerowa otrzymywana jest przy wykorzystaniu surowców pochodzenia petrochemicznego (kwas sebacynowy, 1,4-butanodiol), ale również pochodzącego ze źródeł naturalnych ksylitolu. Ksylitol należy do grupy alkoholi cukrowych i znajduje zastosowanie w przemyśle spożywczym oraz, jak wykazano w wielu pracach naukowych, stanowi on bardzo interesujący monomer w syntezie elastomerów estrowych. Poprzez dodatek nanonapełniacza można spodziewać się poprawy właściwości mechanicznych.

Elastomery estrowe stanowią bardzo interesujące materiały, które znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach naszego życia. Stanowią one też doskonałą bazę do modyfikacji ich właściwości zarówno na etapie ich otrzymywania, jak również poprzez obróbkę fizyczną już istniejących polimerów. Jednym ze sposobów modyfikacji jest zastosowanie nanonapełniaczy, które mogą spowodować wzrost właściwości mechanicznych i termicznych, a przez to mogą otworzyć nowe ścieżki ich zastosowań. Nanokompozyty polimerowe to materiały, które złożone są z minimum dwóch różniących się właściwościami składników, które tworzą materiał o lepszych właściwościach niż każdy surowiec z osobna. Według różnych definicji, wielkość nanokomponentu nie powinna przekraczać 100 nm, a już niewielki dodatek nanododatku może przyczynić się do znacznej poprawy wielu właściwości fizykomechanicznych oraz użytkowych nanokompozytów. Istnieje kilka sposobów otrzy-

mywania nanokompozytów. Wybór metody otrzymywania nanokompozytów zależy od rodzaju stosowanej matrycy polimerowej oraz ilości nanonapełniacza, jaki chcemy w nią wprowadzić. Czy zastosujemy metodę polimeryzacji *in situ* czy roztworową bądź bezpośredniego mieszania, zawsze musimy mieć na uwadze, że aby uzyskać interesujące nowe materiały należy bardzo dokładnie przemyśleć ilość zastosowanego nanododatku. Właściwy dobór zarówno składników, jak i technologii pozwoli otrzymywać nanokompozyty, które będą charakteryzowały się polepszonymi właściwościami mechanicznymi i termicznymi w stosunku do materiału niemodyfikowanego [1–2].

OTRZYMYWANIE ELASTOMERÓW

Proces technologiczny otrzymywania nanokompozytów poli(sebacynianu ksylitolu-co-sebacynianu butylenu) PXBS z nanometrycznym tlenkiem ceru przebiega w sposób analogiczny jak



Rys. 1.
Schemat otrzymywania elastomerów estrowych modyfikowanych nanonapełniaczem CeO_2

opisano w pracach [3-4]. Schemat otrzymywania materiałów zawierających 0,2; 0,4 i 0,6 % CeO₂ został pokazany na rys 1. Celem porównania właściwości tych materiałów został wytworzony również materiał estrowy niezawierający nanonapełniacza.

METODY BADAŃ

Budowę chemiczną określono metodą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fourier'a (FTIR) przy użyciu aparatu ALPHA BRUKER. Widma transmitancji oceniono w zakresie częstości liczby falowej 4000–500cm⁻¹.

Do oznaczania właściwości mechanicznych przy rozciąganiu wykorzystywano maszynę wytrzymałościową Intron 4206–006. Pomiar naprężenia i wydłużenia przy rozciąganiu prowadzono przy prędkości rozciągania próbki 200 mm/min wg normy PN-EN-ISO 527/1:1996.

Badanie kąta zwilżania powierzchni materiałów wykonano wodą dejonizowaną przy użyciu aparatu SEO CONTACT ANGLE ANALYZER firmy HAAS na modelu Phoenix Mini.

Twardość oznaczono metodą Shore'a typu A wg normy PN-80/C-04238.

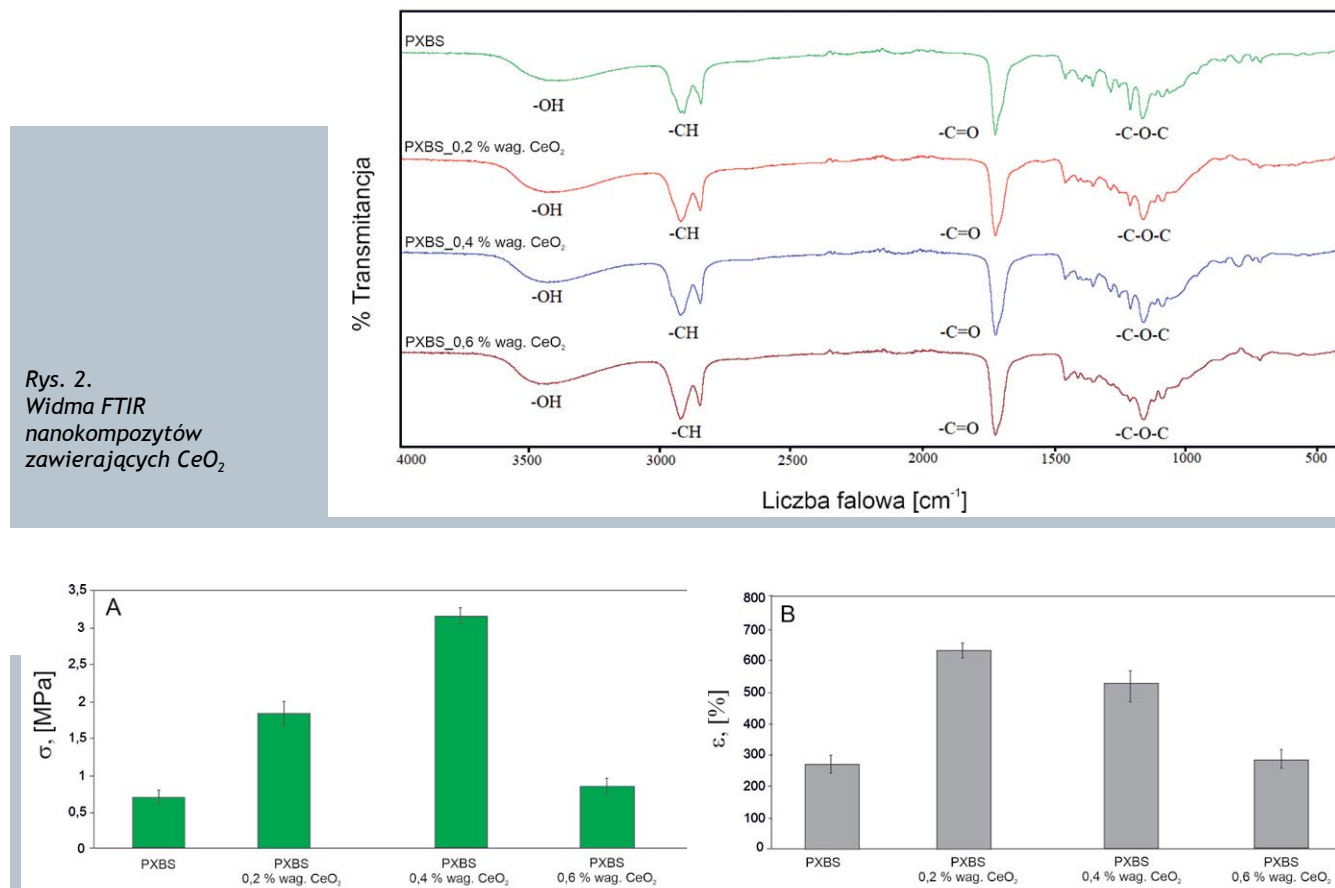
Na rys 2. zostały pokazane uzyskane widma spektroskopowe metodą FTIR z transformacją Fourier'a, dzięki którym można zidentyfikować grupy funkcyjne w badanych materiałach. Pozwoliło to na identyfikację grup funkcyjnych otrzymanych materiałów. Można zauważyć, że dodatek nanonapełniacza nie miał wpływu na budowę chemiczną, niezależnie od jego zastosowanej ilości. Świadczy to o tym, że tlenek ceru, nie reaguje chemicznie z osnową polimeru. W zakresie długości fali ok. 3450 cm⁻¹, zaobserwowano piki wynikające z drgań rozciągających, międzycząsteczkowych wiązań wodorowych, prawdopodobnie pochodzących od grup hydroksylowych alkoholu cukrowego. Przy liczbie

falowej wynoszącej ok. 2950-2800 cm⁻¹ możemy zaobserwować charakterystyczne pasma odpowiadające asymetrycznym i symetrycznym grupom metylenowym. W zakresie ok. 1460 cm⁻¹, jak również ok. 1360 cm⁻¹ obserwujemy drgania zginające C-H, odpowiednio asymetryczne i symetryczne. W zakresie liczby falowej ok. 1730 cm⁻¹ można zaobserwować charakterystyczny dla grup estrowych pik związany z drganiami rozciągającymi C=O. Piki przy liczbie falowej 1290-1070 cm⁻¹ świadczą o obecności pasm drgań rozciągających estrów alifatycznych (-C-O-C).

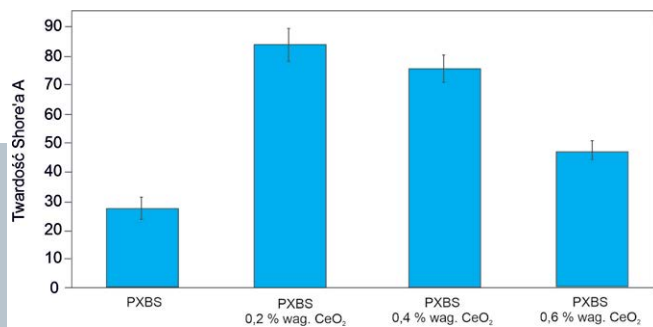
Na rys. 3. pokazano uśrednione wartości pomiarów, uzyskanych podczas badań mechanicznych elastomerów modyfikowanych oraz niemodyfikowanych tlenkiem ceru.

Zaobserwowano, iż wprowadzenie różnej ilości nanonapełniacza (0,2%; 0,4%, 0,6%) powoduje wzrost naprężenia do zerwania, a także odkształcenia przy rozciąganiu. Najwyższą wartością naprężenia do zerwania charakteryzuje się nanokompozyt z dodatkiem 0,4% CeO₂, którego właściwości polepszyły się znacznie w stosunku do elastomeru niemodyfikowanego. Prawdopodobnie skutkiem uzyskania najlepszych wyników badań mechanicznych, przy niewielkiej utracie elastyczności, jest homogeniczne rozłożenie nanocząstek w matrycy polimerowej. Próbkę, w których zastosowano 0,2% modyfikatora, charakteryzują się najwyższymi wartościami odkształcenia przy rozciąganiu, ponad dwukrotnie większe w stosunku do materiału niemodyfikowanego (700%). Zastosowanie tlenku ceru w ilości 0,6 % wag. powoduje znaczny spadek wszystkich parametrów mechanicznych, co prawdopodobnie jest skutkiem powstałych w strukturze elastomerów aglomeratów.

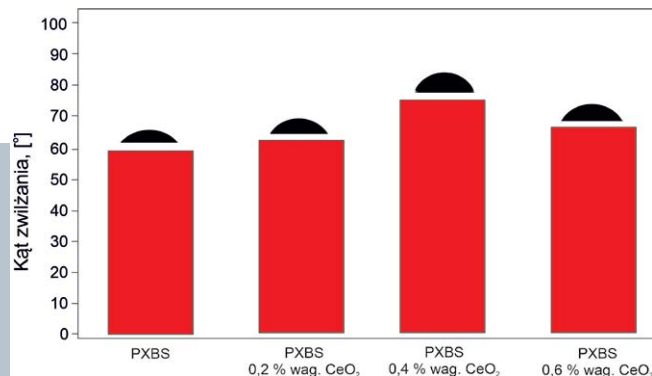
Na rysunku 4 zostały przedstawione wyniki twardości w skali Shore'a A. Najwyższą wartością twardości charakteryzuje się elastomer zawierający 0,2 % wag. CeO₂.



Rys. 3. Właściwości mechaniczne nanokompozytów estrowych zawierających tlenek ceru



Rys. 4. Twardość w skali Shore'a A otrzymanych nanokompozytów estrowych zawierających tlenek ceru



Rys. 5. Wartości kąta zwilżania dla otrzymanych nanokompozytów estrowych modyfikowanych tlenkiem ceru

Materiał z dodatkiem 0,4 % wag. CeO₂ charakteryzuje się również wysoką wartością twardości, natomiast w przypadku elastomeru zawierającego 0,6 % wag. tlenku ceru obserwujemy znaczny spadek tego parametru, co prawdopodobnie jest związane z obecnością aglomeratów. Może dochodzić również do lokowania się CeO₂ na granicy ziaren, przez co mogą być inicjowane pęknięcia, a tym samym możemy obserwować spadek właściwości mechanicznych.

Badanie zwilżalności na podstawie analizy kształtu kropli umożliwiło określenie charakteru powierzchni elastomerów estrowych modyfikowanych i niemodyfikowanych tlenkiem ceru. Przedstawione na rys 5. wyniki pokazują, iż wzrost wartości kąta zwilżania nastąpił dla każdej badanej próbki, w porównaniu z materiałem wyjściowym. Najniższe parametry, odpowiadające właściwościom hydrofilowym, zaobserwowano dla elastomeru niemodyfikowanego CeO₂, a także w przypadku nanokompozytu zawierającego 0,2% wag. CeO₂. Bardzo zbliżoną wartość wykazywał materiał z dodatkiem 0,6% wag. modyfikatora. Najwyższą wartość tego parametru zaobserwowano w przypadku kompozycji z 0,4% wag. nanonapełniacza. Duży wpływ na uzyskane wyniki ma obecność zanieczyszczeń na wierzchniej warstwie próbek, w przypadku materiału zawierającego 0,6 % wag. tlenku ceru.

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań fizykochemicznych możemy stwierdzić, że pozytywny efekt modyfikacji nanonapełniaczem-tlenkiem ceru jest obserwowany dla jego zawartości 0,2 i 0,4 % wag. w materiałach. Nanokompozyty zawierające takie ilości modyfikatora charakteryzują się poprawą właściwości mechanicznych przy zachowaniu hydrofilowości, co może sugerować również, że będą podatne na degradację hydrolytyczną. Wykazano, że niewielki dodatek nanonapełniacza wpływa na znaczną poprawę właściwości mechanicznych, zatem zastosowanie tlenku ceru w ilości 0,6 % wag. przy obserwowanym znacznym spadku tych parametrów nie jest zasadny.

REKLAMA

LITERATURA

- [1] W. Królikowski: Polimerowe kompozyty konstrukcyjne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- [2] W. Królikowski, Z. Rostanec: Nanokompozyty polimerowe, 2004.
- [3] M. Piątek-Hnat, K. Cichecka, N. Dudar: Nanokompozyty estrowe zawierające monomery ze źródeł naturalnych, Tworzywa Sztuczne w Przemśle, Nr 2/2017, str. 20–22.
- [4] M. Piątek-Hnat, J. Pilip, M. Terebelska, E. Kaczmarek, A. Wojciechowska, S. Kosiński: Zastosowanie alkoholi cukrowych w syntezie elastomerów estrowych, Tworzywa Sztuczne w Przemśle, nr 3/2016, 100–101.

Wyniki zawarte w tym artykule zostały opracowane przez członków Koła Chemicznego Naukowego „Reaktywna Dziewiątka” działającego przy IX Liceum Ogólnokształcącym z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Bohaterów Monte Cassino w Szczecinie, plac Mariacki 1 Szczecin.

dr inż. Marta Piątek-Hnat

Ewa Fodemska

Aleksandra Lidwin

Kajetan Grundmann,

Wiktor Kokotowski

Aleksandra Ptak

Barbara Witkowska

Łucja Wronek

Oliwia Sienicka

Wiktoria Wójcik

Bartosz Kuźmiński

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
al. Piastów 17, 70-310 Szczecin

Tworzywa Sztuczne Przemysle

Zapraszamy na naszą stronę internetową
www.tworzywasztuczne.biz

KATALOG
Wszystkie produkty lub logo, korzystać z formularza

POLECAMY
Wiele znajdziesz linki do ciekawych stron internetowych w naszym serwisie

E-GAZETA
Aktualne wydanie dwumiesięcznika do zapoznania się z naszymi tematami

ICHEMAD

P R O F A R B

Ichemad – Profarb Sp. z o.o.
ul. Chorzowska 117
44-100 Gliwice
tel. 48 32 270 45 41
info@ichemad.com
sales@ichemad.com
www.ichemad.com

Rozwiązania inżynierskie dla przetwórstwa tworzyw sztucznych

WYTŁACZANIE

ICHEMAD Profarb projektuje i wytwarza kompletne linie technologiczne dla przetwórstwa tworzyw sztucznych. Szeroka oferta specjalistycznych modeli obejmuje m.in. wyciarki dedykowane dla szerokiego spektrum materiałów w różnych gałęziach przemysłu. Projektujemy i konstruujemy wyciarki jednoślakowe i dwuślakowe nowej generacji, o charakterystyce dostosowanej do gatunku i właściwości przetwórczych tworzyw oraz charakteru produkcji.

- jednoślakowe;
- laboratoryjne i specjalne;
- koekstrudery;
- z napędem wysokomomentowym;
- do przetwórstwa gumy;
- jednoślakowe spożywcze;
- dwuślakowe stożkowe i cylindryczne.

Wyciarki **ICHEMAD Profarb** wyróżniają:

- kompaktowa, zwarta konstrukcja;
- wysoka jakość wykonania i estetyka;
- wygodna obsługa;
- energooszczędność;
- niski poziom hałasu;
- nietypowe rozwiązania konstrukcyjne;
- bezawaryjność i wysokoefektywna eksploatacja;
- inteligentne systemy sterowania, umożliwiające współpracę wyciarek i kompletnych linii.

RECYKLING

W dobie maksymalizacji ochrony środowiska **ICHEMAD Profarb** kładzie szczególny nacisk na efektywne wykorzystanie odpadów z tworzyw sztucznych. W zależności od wybranego rodzaju tworzywa bądź grupy tworzyw produkowane przez nas linie występują w trzech kategoriach:

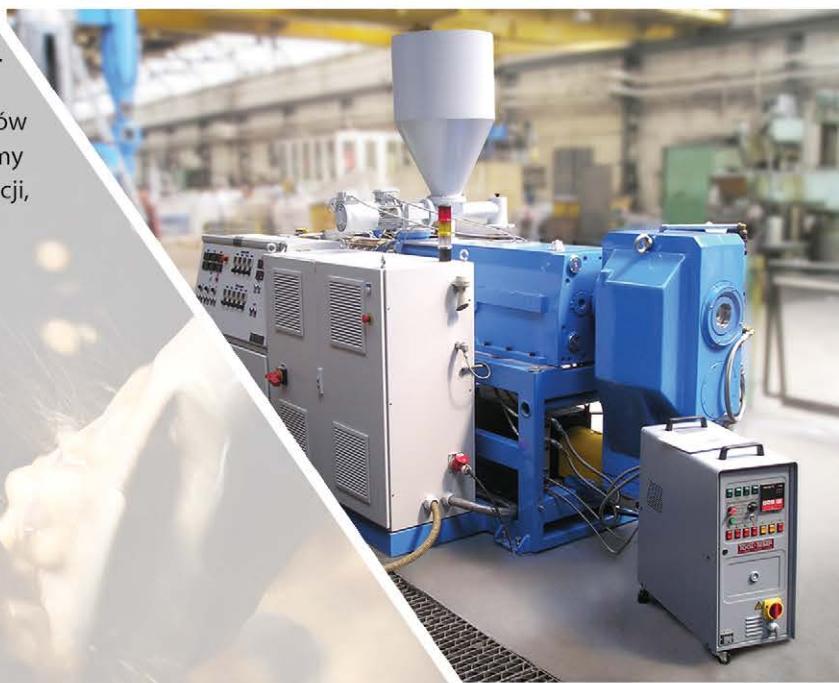
1. Granulacja w pierścieniu wodnym na bazie wyciarek jednoślakowych;
2. Granulacja metodą cięcia na zimno na bazie wyciarek jednoślakowych;
3. Granulacja metodą cięcia na gorąco na bazie wyciarek dwuślakowych.

CZĘŚCI ZAMIENNE I USŁUGI

Jako producent wyciarek i linii technologicznych do przetwórstwa tworzyw sztucznych oferujemy szeroki wachlarz części zamiennych. Kluczową pozycję w tej grupie stanowią układy uplastyczniające.

Park maszynowy i wyposażenie techniczne, którym dysponuje **ICHEMAD Profarb** umożliwia wykonywanie bogatej gamy operacji obróbki cieplno-chemicznej i obróbki skrawaniem w produkcji małoseryjnej i jednostkowej, a w szczególności produkcję ślimaków i cylindrów wyciarek oraz ich regenerację.

Zapytania ofertowe prosimy kierować na adres: sales@ichemad.com



Cenowa pandemia 2021

Przetwórcy na skraju wytrzymałości

Dawid Marcinek

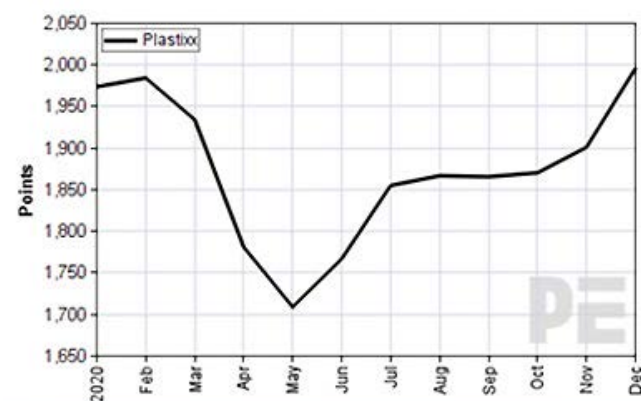
Praktycznie większość roku 2020 dla firm zajmujących się przetwórstwem tworzyw sztucznych przebiegła pod znakiem niepewnego jutra. Pomimo względnego uspokojenia się rynku na koniec roku i rozpoczęcia się procesu jego odbudowy, już z początkiem 2021 branża zaczęła mieć nowe problemy, a mianowicie z dostępnością surowców do produkcji. Pociągnęło to za sobą wzrost cen.

NIEPEWNE JUTRO

Dla większości Polaków rok 2020 stał pod znakiem niepokoju, jakie skutki przyniesie rozwijająca się pandemia koronawirusa COVID-19. Kolejne lockdowny, ograniczenia i nowe doniesienia na temat choroby nie pozostawiały cienia wątpliwości – jako konsumenci będziemy musieli przyzwyczaić się do nowej „codziennosci” w zmienionej rzeczywistości. Nie inaczej sytuację odbierały firmy zajmujące się przetwórstwem tworzyw sztucznych. Działania właścicieli i osób zarządzających tego typu przedsiębiorstwami od początku pandemii skupiły się przede wszystkim na zapewnieniu ciągłości produkcji i były na bieżąco weryfikowane nie tylko przez dynamicznie zmieniające się otoczenie prawne, ale także rynkowe prawa podaży i popytu. Apogeum atmosfery nerwowości na rynku nastąpiło w drugim kwartale 2020 roku, kiedy to ceny surowców bazowych i ich pochodnych – tworzyw sztucznych – osiągnęły minima nieobserwowane od wielu lat.

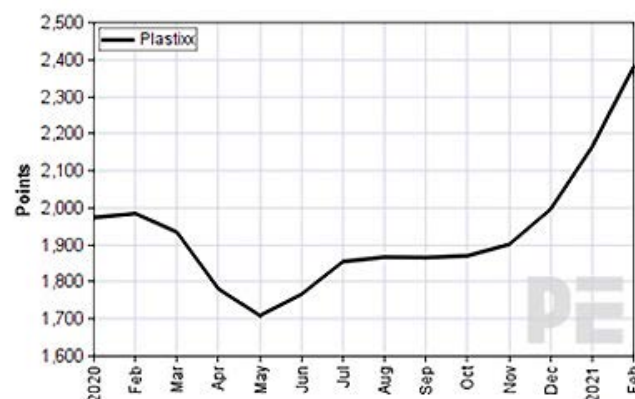
Kolejne miesiące pandemii bezlitośnie weryfikowały, na ile sprawne operacyjnie i elastyczne w działaniu były polskie przedsiębiorstwa. Był to prawdziwy test i wielu firmom niestety nie udało się dostosować do nowych realiów. Przetwórcy tworzyw sztucznych, po załamaniu cenowym w drugim kwartale, przez resztę roku obserwowali powolne odbudowywanie się rynku zarówno w wymiarze popytu na wyroby polimerowe, jak i cen surowców. Przed końcem 2020 roku, sytuacja na rynku polimerów

PIE Polymer Prices



© 2021 Plastics Information Europe, Bad Homburg/Germany - www.pleweb.com

PIE Polymer Prices



© 2021 Plastics Information Europe, Bad Homburg/Germany - www.pleweb.com

uległa względnemu uspokojeniu, a ceny i popyt wróciły do poziomów sprzed pandemii. Producenci, którzy w najtrudniejszym okresie zdołali dostosować swoją działalność do nowej rzeczywistości, mogli w końcu złapać oddech.

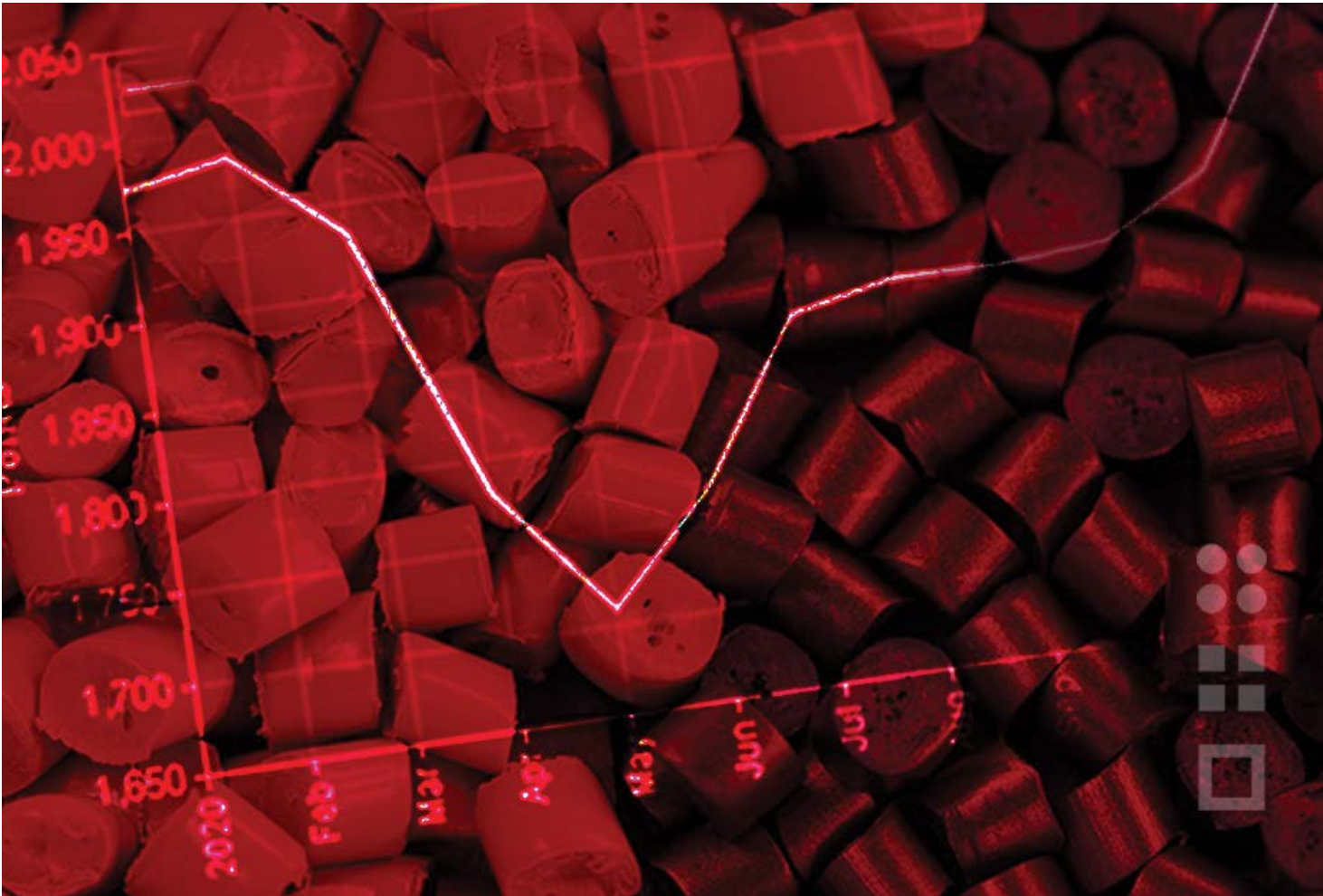
CISZA PRZED BURZĄ

Tuż po rozpoczęciu 2021 roku ci producenci, którzy wnikliwie śledzili i trafnie oceniali sytuację gospodarczą na świecie oraz rynek polimerów, zaobserwowali nowe powody do niepokoju. Na horyzoncie zaczęły pojawiać się informacje o problemach z dostępnością surowców do produkcji.

Każdy kolejny tydzień 2021 roku przynosi nowe informacje o problemach producentów polimerów i wynikające z tego braki surowców oraz wysokie ceny. Na koniec lutego, w oficjalnych opracowaniach figuruje 13 przypadków siły wyższej, 11 problemów produkcyjnych, 22 spowolnienia i 24 przestoje związane z pracami konserwacyjnymi [1]. Efektem takiego stanu rzeczy jest niespotykany do tej pory niedobór materiałów na rynku pociągający za sobą wzrost cen silnie przewyższający naturalne wahania wynikające z cen monomerów i ropy naftowej.

NIEPEWNOŚĆ WPŁYWA NA CENY KOŃCOWE

Wahania cen, podobnie jak wahanie koniunkturalne, są naturalnym elementem działania procesów rynkowych i można próbo-



wać je przewidywać i nimi zarządzać. Sprawne firmy są w stanie, w dużej mierze, mitygować niestabilność rynku i buforować przejściowe fluktuacje na rynku surowców. W tym przypadku mamy jednak do czynienia z nagłym, nieprzewidywalnym w czasie i skali uderzeniem, które dotyka bezpośrednio przetwórców, a pośrednio konsumentów. Europejskie Stowarzyszenie Przetwórców Tworzyw Sztucznych (EuPC) już w drugim tygodniu lutego zaczęło sygnalizować, że sytuacja na rynku tworzyw sztucznych wymyka się spod kontroli i może przynieść ze sobą długofalowe problemy dla producentów i ich odbiorców. EuPC argumentowało, że kolejno ogłaszane stany siły wyższej wywierają nieproporcjonalnie silną presję na przetwórcach i nie powinny być używane jako instrument do kreowania cen.

Kolejną konsekwencją, którą obserwujemy obecnie na rynku polimerów, oprócz wahań cen, jest także pogłębiający się brak surowców używanych w produkcji. Organizacja Flexible Packaging Europe alarmuje w informacji prasowej z marca bieżącego roku, że utrzymująca się sytuacja z niedoborem materiałów może doprowadzić do kryzysu na rynkach opakowań do żywności i produktów branży medycznej. Jeśli najbliższe tygodnie i miesiące nie przyniosą poprawy dostępności materiałów i nie dojdzie do ustabilizowania cen oraz podaży na rynku polimerów, negatywne efekty pandemii będziemy odczuwali jeszcze dłużej i jeszcze bardziej dotkliwie. Wydaje się, że bez interwencji prawnej czeka nas kolejny okres mozolnego odbudowywania zrównoważonego rynku.

Czas pandemii w pewnej mierze wstrzymał ogólnoeuropejski trend utrudniający produkcję na bazie tworzyw sztucznych. Ustawodawcy i konsumenci mieli okazję ponownie przyrzeć się pozytywowi płynącemu z szerokiego spektrum zastosowania

i uniwersalności polimerów. Po raz kolejny uwidoczniły się zalety stosowania tworzyw sztucznych w opakowaniach do przechowywania żywności czy też w produkcji wyrobów medycznych i higienicznych. Należy zatem mieć nadzieję, że branża zjednoczy się wobec najnowszego wyzwania i wykona solidarną pracę na rzecz przywrócenia stabilnej i przewidywalnej sytuacji rynkowej.

SPRAWNE ZARZĄDZANIE ZMINIMALIZOWAŁO RYZYKO

Spółka KGL S.A., od pierwszych dni pandemii, bacznie obserwowała rynek oraz dostosowywała funkcjonowanie swojego biznesu do wymogów i oczekiwań klientów. Firma była w stałym kontakcie z klientami i dostawcami, dzięki czemu była w stanie na bieżąco reagować na wyzwania płynące z rynku. Dochowane zostały wszelkie zalecenia prawne i sanitarne. W trosce o interes klientów stosowano także najwyższe standardy komunikacji wewnątrz i na zewnątrz Spółki. Mimo ekstremalnie trudnej sytuacji na rynku surowców, KGL S.A. utrzymuje ciągłość produkcji i dostaw, a także terminowo realizuje zamówienia.

LITERATURA

[1] polyglobe.net, polymercomplyeurope.eu

KGL S.A.

Dawid Marcinek

Dyrektor Sprzedaży – Dystrybucja, KGL S.A.

Postradiacyjna degradacja polipropylenu (PP)

Wojciech Głuszewski

Modyfikowane za pomocą promieniowania jonizującego polimery znalazły współcześnie wiele praktycznych zastosowań [1]. Obróbka radiacyjna ma zwykle charakter unikatowy i stosowana jest, gdy inne tradycyjne sposoby zawodzą lub są ekonomicznie mniej opłacalne. Powstaje pytanie, czy można wtórnie wykorzystać radiacyjnie zmodyfikowane tworzywa sztuczne. W tym kontekście interesująca pozostaje ze względu na specyficzny, łańcuchowy mechanizm postradiacyjnej oksydegradacji jest chemia polipropylenu. Zjawisko to jest przeszkodą w radiacyjnej sterylizacji strzykawek jednorazowego użytku, ale może okazać się wygodne w przypadku np. kompozytów typu PP/celuloza. Temat jest aktualny zarówno z punktu widzenia recyklingu, jak i przyspieszonego rozkładu polimerów w środowisku naturalnym. Warto podkreślić, że zjawiska spowodowane promieniowaniem jonizującym idą najdalej ze wszystkich przemian wywołanych czynnikami zewnętrznymi (poza destrukcją termiczną). Paradoksalnie ogólne wnioski z badań prowadzonych dotąd w celu otrzymania odpornych radiacyjnie tworzyw sztucznych można obecnie wykorzystać do opisu zjawisk przyspieszonej degradacji. Odwrócenie priorytetów pozwala również inaczej spojrzeć na zjawiska ochronne, jakie w chemii radiacyjnej związków organicznych wykazują związki aromatyczne.

Zastosowanie w praktyce medycznej produkowanych z tworzyw polimerowych tanich wyrobów jednorazowego użytku przyczyniło się do upowszechnienia tzw. zimnych metod radiacyjnej sterylizacji. Jednocześnie powstało zapotrzebowanie na odporne na działanie promieniowania jonizującego tworzywa sztuczne. Badania w tej dziedzinie dały początek rozwijanej współcześnie chemii radiacyjnej polimerów. Wyniki pierwszych doświadczeń przez analogię do mechanizmów oddziaływania wysokoenergetycznych promieniowań elektromagnetycznych (γ , X) oraz wiązek elektronów na bakterie pozwalały sądzić, że obróbka radiacyjna prowadzi wyłącznie do degradacji łańcuchów polimerowych. Dużym zaskoczeniem było przypadkowe odkrycie zjawisk sieciowania polietylenu. Wykazano, że wolne rodniki powstające pierwotnie w wyniku działania promieniowania jonizującego są nie tylko atakowane przez cząsteczki tlenu, ale mogą również rekombinować, tworząc wiązania poprzeczne. Prawidłowo przyjęto, że konkurencja o wolne rodniki między tlenem i sieciowaniem jest powszechna w chemii radiacyjnej polimerów. W zależności od wydajności obu zjawisk klasyfikujemy tworzywa sztuczne na odporne i nieodporne na działanie promieniowania jonizującego [2]. Ma to duże znaczenie dla producentów celowo wybierających do wyładowania technologie radiacyjne. Sterylizacja za pomocą np. wiązki elektronów ma bowiem kilka unikatowych zalet: jest bardzo szybka, wyładowuje całą objętość materiału, nie wprowadza szkodliwych zanieczyszczeń, może być prowadzona w opakowaniu jednostkowym i zbiorczym. Konkurencyjne, tańsze metody sterylizacji chemicznej (gazowej) są czasochłonne, nie dają pełnej gwarancji usunięcia np. tlenu etylenu, działają jedynie na powierzchni wyrobu, wymagają specjalnych półprzepuszczalnych opakowań. Obecnie 50% wyrobów medycznych jednorazowego użytku jest na świecie sterylizowanych radiacyjnie [3].

RADIOLIZA PP

Początkowo założono, że radioliza polipropylenu powinna być podobna do chemii radiacyjnej polietylenu, który traktowano jako modelowy. Badaniom polipropylenu nie poświęcano wiele uwagi. Dopiero wzrost zainteresowania PP w latach pięćdziesiątych udowodnił, że założenie takie było niewystarczające, a w przypadku chemii radiacyjnej nawet błędne. Zasadnicze znaczenie z punktu widzenia chemii w szczególności chemii radiacyjnej ma obecność w makrocząsteczkach polipropylenu trzeciorzędowych asymetrycznych atomów węgla. Ze względu na to, że w każdym merze jest cen-

trum chiralności, polipropylen występuje w trzech podstawowych formach stereoizomerycznych różniących się położeniem bocznych grup metylowych w przestrzeni względem swoich sąsiadów. W zależności od warunków polimeryzacji i rodzaju katalizatora można otrzymywać odmiany PP, które różnią się również chemią radiacyjną. Najbardziej poszukiwaną formą jest postać izotaktyczna o najlepszych właściwościach mechanicznych i jednocześnie najwyższej temperaturze mięknięcia.

Wysokoenergetyczne promieniowanie pochłonięte przez materiał polimerowy powoduje przypadkowe wybicie elektronów z powłok atomów, z których jest on zbudowany. Zjawisko to ma charakter statystyczny, tzn. jonizacji ulegają wszystkie składniki materiału w sposób proporcjonalny do udziału masowego, a ściślej mówiąc, ich wkładu elektronowego. Tak więc początkowe procesy chemiczne indukowane radiacyjnie mają charakter jonowy i biorą w nich udział dodatnie dziury na łańcuchu polimeru i wychwytywane w pułapkach energetycznych materiału elektrony. Chemia radiacyjna produktów jest oryginalnym wkładem w poznanie procesów degradacji polimerów [3]. Szczególne znaczenie ma chemia obszarów gniazd wielojonizacyjnych powstających wyłącznie w wyniku niehomogenicznego pochłaniania promieniowania jonizującego. W gnieździe wielojonizacyjnym, w którym odkładana jest lokalnie stosunkowo duża ilość energii, następuje przerwanie łańcucha polimerowego oraz mogą być odrywane fragmenty o mniejszym ciężarze cząsteczkowym. Cechą charakterystyczną przypadkowo powstałego gniazda wielojonizacyjnego jest jego przywiązanie do miejsca zdeponowania energii. Powstałe uszkodzenie nie może przemieszczać się po łańcuchu polimeru, tak jak to ma miejsce w gniazdach jednojonizacyjnych.

Z punktu widzenia indukowanych radiacyjnie zmian chemicznych poliolefin podstawowe znaczenie ma oderwanie od łańcucha polimeru atomu wodoru. Prowadzi to do powstania wiązań nienasyconych, sieciowania i utleniania polimeru. W przypadku polipropylenu utworzenie makrorodnika zapoczątkowuje cały cykl reakcji z udziałem tlenu, które w konsekwencji prowadzą do jego degradacji [4]. Ściślej mówiąc, jest to proces samoutleniania podtrzymywany przez odtwarzające się makrorodniki, rodniki nadtlenkowe, nadtlenki, nadkwasy, rodniki alkilowe i alkoksylowe.

Ilość rozgałęzionych reakcji utleniania może być bardzo duża, a ich produktami małowcząsteczkowymi są m.in. tlenek węgla, dwutlenek węgla, metan, aldehyd mrówkowy, kwas mrówkowy, woda,

a nawet związki cykliczne. Procesy te zostały dokładnie opisane przy okazji badań procesów foto- i termodegradacji. Unikatową cechą radiolizy jest chemia reakcji w obrębie gniazd wielojonizacyjnych. Powstające w wyniku rozerwania wiązań wolne końce łańcuchów mogą reagować z tlenem lub brać udział w procesie sieciowania typu Y. Odrwać się może również całe spektrum małych cząstek fragmentów łańcucha i produktów ich utleniania. Chemia radiolizy polipropylenu jest bogatsza niż fotochemia tego polimeru, chociaż wspólne dla obydwu dyscyplin procesy utleniania makrorodników są bardzo podobne. Zawada przestrzenna grupy metylowej powoduje uprzywilejowanie procesu utleniania, a zjawisko sieciowania w atmosferze powietrza praktycznie nie zachodzi. Należy jeszcze raz podkreślić, że problematyka wpływu niehomogeniczności odkładania energii promieniowania jonizującego na postradiacyjne utlenianie polimerów jest nadal bardzo słabo znana.

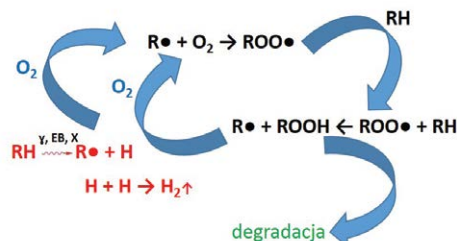
Nie udało się dotąd określić progu wymiaru krystalitów, poniżej którego jest obserwowany tzw. efekt ochrony. Z punktu widzenia praktycznego problem jest bardzo istotny, bowiem w przypadku materiałów polimerowych najczęściej mamy do czynienia z mieszaninami o różnym stopniu kontaktu składników i różnym poziomie krystaliczności. Ogólnie można jedynie powiedzieć, że efekt ochrony będący wynikiem przenoszenia energii wymaga bliskiego kontaktu związku aromatycznego. Bardzo różne, potencjalnie ochronne aromatyczne związki dodawane są do polimerów w postaci komponentów (antyutleniacze, fotostabilizatory, barwniki). Mimo że nie ma bezpośredniego połączenia między łańcuchem a stabilizatorem energia pochłonięta przez polimer przenosi się do związku ochraniającego, który rozprasza ją sam, nie ulegając najczęściej rozkładowi. W tym przypadku dosyć nieoczekiwanie wspólny obszar znalazły chemia radiacyjna i fotochemia. Należy jednak pamiętać, że mechanizm oddziaływania obu rodzajów promieniowania jest zupełnie różny. Światło wybiera określone związki i grupy chemiczne i selektywnie działa na grupy chromoforowe. Promieniowanie jonizujące działa na wszystkie składniki materiału w sposób proporcjonalny do ich udziałów elektronowych.

ZASTOSOWANIA PRAKTYCZNE

W większości prac analizuje się wpływ dodatków stabilizujących na radiolizę PP wyłącznie na etapie procesów postradiacyjnego utleniania. Nieuwzględnianie zjawisk ochronnych w fazie produktów jonowych może być przyczyną trudności w interpretacji niektórych zjawisk np. synergii działania stabilizatorów. Jeszcze raz warto podkreślić, że pomijany jest zupełnie w analizie wyników badań aspekt aromatyczności większości stabilizatorów.

Obecnie niezwykle istotnym staje się zagadnienie wielokrotnego wykorzystania tworzyw sztucznych w kontekście stosowania wyrobów przyjaznych środowisku. W produkcji wykorzystuje się nie tylko granulaty pierwotny, ale także materiał pochodzący z recyklingu. Bada się również wpływ obróbki radiacyjnej (sieciowanie, degradacja) na parametry stanu tworzywa w formie wtryskowej oraz na właściwości użytkowe otrzymanego z recyklatu wyrobu. Przez obróbkę radiacyjną można otrzymać tworzywo polimerowe, które będzie znacznie szybciej degradować w porównaniu z wyrobem nienapromieniowanym (rys. 1). Szybkość biodegradacji zmienia się zarówno składem tworzywa (ilością związków aromatycznych), jak i warunkami obróbki radiacyjnej.

Przykładowo do porównania biodegradowalności napromieniowanego i nienapromieniowanego polipropylenu zastosowano chromatografię gazową (GC) [5, 6]. Przy wykorzystaniu kolumny pakowanej i detektora termoprzewodnościowego określano wydajności pochłaniania tlenu przez 1 g PP w trakcie 20-godzinnej starzenia w temperaturze 40°C. W tych warunkach próbka poddana obróbce radiacyjnej utleniała się około 10 razy wydajniej.



Rys. 1. Schemat mechanizmu postradiacyjnego łańcuchowego utleniania PP. Dla uproszczenia ograniczono się do radiolizy w obrębie gniazd jednojonizacyjnych

Tabela. 1. Objętości pochłoniętego tlenu na gram pierwotnego proszku PP (bez dodatków stabilizujących). „R” oznacza próbki napromieniowane dawką 56 kGy, wiązką elektronów akceleratora Elektronika 10/10 (10 MeV energii, 10 kW mocy). „nR” oznacza próbkę nienapromieniowaną

	R	nR
	μl O ₂ /g	
1	84,7	3,3
2	71,4	7,8
3	71,9	12,1
średnia	76	8

PODSUMOWANIE

Obróbka radiacyjna znakomicie przyspiesza proces oksydegradacji PP. Prowadzone aktualnie badania powinny wykazać, jak to wpływa na właściwości recyklatu. Osobnym tematem jest radioliza tworzyw polimerowych w składówkach odpadów promieniotwórczych w szczególności w kontekście wydzielanego radiolitycznie wodoru [7]. Związki aromatyczne stosowane w praktyce, jako różnego rodzaju dodatki do tworzyw sztucznych, mają istotny wpływ na radiolizę polimerów już na pierwotnym etapie tworzenia makrorodnika. Wydaje się, że podobnym mechanizmem przeniesienia energii można tłumaczyć zjawiska fotostabilizacji i antyutleniania. Nie przypadkiem znakomita większość stabilizatorów stosowanych w przetwórstwie tworzyw polimerowych to związki aromatyczne.

LITERATURA

- [1] W. Głuszewski, Z. P. Zagórski, G. Przybytniak, Z. Zimek: Modyfikacja radiacyjna polimerów, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 4, 2014, 38-40.
- [2] W. Głuszewski, Z. P. Zagórski, Z. Zimek, M. Rajkiewicz: Odporność radiacyjna tworzyw polimerowych, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 2, 2014, 50-51.
- [3] W. Głuszewski, K. Cieśla, M. Rzepna: Sterylizacja i modyfikacja polimerów za pomocą promieniowania jonizującego, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 5, 2020, 88-92.
- [4] W. Głuszewski, Z. P. Zagórski: Radiacyjna odporność polimerów na przykładzie polipropylenu, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 3, 2009, 24-27.
- [5] W. Głuszewski: GC investigation of postirradiation oxidation phenomena on polypropylene, *Nukleonika*, 2021, (przyjęty do publikacji).
- [6] W. Głuszewski: The use of gas chromatography for the determination of radiolytic molecular hydrogen, the detachment of which initiates secondary phenomena in the radiation modification of polymers, *Polimery*, 64(10), 2019, 44-49.
- [7] W. Głuszewski: Radioliza w składówkach odpadów promieniotwórczych, *Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki*, 109, 1, 2018, 9-15.

dr inż. Wojciech Głuszewski
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

Badania właściwości materiałowych rur wykonanych z jednorodnych tworzyw sztucznych

Henryk G. Sabiniak, Adam Rubnikowicz

Tworzywa sztuczne skutecznie zastępują stal w instalacjach ogrzewczych i ciepłej wody użytkowej. Producenci tworzą coraz bardziej doskonałe systemy rur i kształtek wykonanych z polimerów lub kompozytów tworzywa z aluminium, czy włókna szklanego. Instalacje z tworzyw sztucznych posiadają wiele zalet, przede wszystkim są lekkie, łatwe w montażu, posiadają gładką powierzchnię wewnętrzną, co znacząco obniża opory przepływu medium, a tym samym i straty ciśnienia oraz wykazują odporność na korozję. Wadami instalacji wykonanych z polimerów są procesy starzeniowe, brak odporności na promieniowanie UV, przepuszczalność gazów z otoczenia zewnętrznego oraz konieczność kompensacji wydłużeń liniowych wraz ze zmianą temperatury. Najbardziej istotna z punktu widzenia poprawności działania i trwałości instalacji jest właściwa kompensacja wydłużeń prostych odcinków rurociągów.

Producenci systemów instalacyjnych często ograniczają się do podania własności materiałowych potrzebnych do obliczeń długości ramion kompensatora w postaci stałej materiałowej – K , bez podania takich danych jak: moduł Younga, dopuszczalne naprężenia rozciągające w zależności od temperatury, czy granice plastyczności. Wartości stałych K podawane w katalogach dla różnych systemów różnią się znacznie, nawet dla rur tego samego rodzaju i o takiej samej budowie. Zdarza się również, że stała materiałowa K o tej samej wartości ma zastosowanie w obliczeniach długości ramienia kompensatora dla rur wykonanych z jednorodnego polimeru, jak i rur wielowarstwowych, których bazą jest ten sam polimer. Jest to wygodne dla projektantów i monterów instalacji, ale może nieść za sobą poważne konsekwencje, obniżając trwałość lub powodować przewymiarowanie kompensatorów kształtowych. Nie należy zapominać również o tym, że wartość stałej K zmienia się pod wpływem temperatury, ponieważ jest bezpośrednio zależna od modułu Younga i naprężeń dopuszczalnych. Własności mechaniczne polimerów są ściśle zależne nawet od niewielkich zmian temperatury.

W pracy przeprowadzono badania weryfikujące dane przyjmowane do obliczeń długości ramion kompensatorów kształtowych w różnych systemach instalacyjnych wykonanych z jednorodnego polimeru. Wykonane badania miały na celu określić wartości modułów Younga oraz wytrzymałości na rozrywanie rur wykonanych z jednorodnego polimeru w porównaniu do danych zawartych w katalogach i poradnikach dla projektantów.

Tworzywa sztuczne, dzięki swoim zaletom, skutecznie zastępują stal w instalacjach ogrzewczych i ciepłej wody użytkowej. Producenci tworzą coraz bardziej doskonałe systemy rur i kształtek wykonywanych z polimerów lub kompozytów tworzywa z aluminium czy włókna szklanego. W tabeli 1 zamieszczono właściwości materiałowe podawane w katalogach producentów systemów instalacyjnych, które są niezbędne przy określaniu kompensacji wydłużeń instalacji pod wpływem zmian temperatury [1–4, 6–11, 14].

Instalacje z tworzyw sztucznych posiadają wiele zalet w stosunku do wykonanych ze stali lub miedzi: są lekkie, łatwe w montażu, posiadają gładką powierzchnię wewnętrzną, co znacząco obniża opory przepływu medium, a tym samym i straty ciśnienia oraz wykazują odporność na korozję.

Wadami instalacji wykonanych z polimerów są procesy starzeniowe, brak odporności na promieniowanie UV, przepuszczalność gazów z otoczenia zewnętrznego oraz konieczność kompensacji wydłużeń liniowych wraz ze zmianą ich temperatury pracy. Zapewniając poprawność działania i trwałości instalacji, należy zadbać o właściwą kompensację wydłużeń prostych odcinków rurociągów. Producenci podają w katalogach zasady kompensacji wydłużeń liniowych, zamieszczając informacje w formie współczynników, tabel bądź w postaci wykresów lub wzorów obliczeniowych. Zasady te opierają się na odczytywaniu

lub obliczaniu wartości przyrostów wydłużeń przewodów Δl wskutek wzrostu temperatury (różnica między temperaturą montażu, a pracy instalacji):

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \quad (1)$$

gdzie: Δl – przyrost długości rurociągu między podporami stałymi [mm]; L – długość odcinka rury podlegającej kompensacji [m]; α – współczynnik liniowej wydłużalności termicznej tworzywa [mm/mK]; Δt – różnica temperatur montażu i eksploatacji instalacji [K].

Poradniki projektanta przy obliczaniu długości ramienia kompensatora zalecają korzystanie ze wzoru:

$$L_k = K \cdot \sqrt{\Delta l \cdot D_z} \quad (2)$$

przy znanej wartości wydłużenia odcinka przewodu Δl . Właściwości mechaniczne tworzywa są ukryte w stałej materiałowej K . Sposób, według którego producenci ustalają wartość stałej K , nie jest znany. Często w katalogach i poradnikach podawana jest tylko wartość stałej K bez żadnego komentarza czy zamieszczenia dodatkowych informacji o właściwościach materiałowych, takich jak: moduł Younga, dopuszczalne naprężenia rozciągające, czy granica plastyczności w zależności od temperatury. Poniższy wzór określający stałą K zbudowano porównując obliczone

Tabela 1. Własności materiałowe tworzyw sztucznych w temperaturze 23°C, podawane w poradnikach dla projektantów

Lp.	Rodzaj materiału	α [mm/mK]	K	E [MPa]
1	2	3	4	5
1	Chlorowany polichlorek winylu PVC-C	0,062	25 (23°C) [6] 31 (60°C) [6]	2920 (23°C) 2227 (60°C)
2	Polipropylen PP-R	0,15	15 [9], [1] 20 [8]	900
3	Polipropylen z warstwą aluminium	0,03	15 [9], [1] 20 [8]	900
4	Polipropylen z warstwą włókna szklanego	0,04	15 [9], [1] 20 [8]	900
5	Polietylen sieciowany PE-X	0,18	12 [4] 15 [8] brak danych	600 brak danych 900 [7]
6	Polietylen odporny na temperaturę PE-RT	0,18	12 [4] 15 [8]	580
7	Polibutylen PB	0,13	10	350 [11]
8	Polietylen z warstwą aluminium PE-RT/AL./PE-RT	0,025	30 [10], [4] 36 [8]	brak danych 2950
9	Miedź	0,018	61 [2]	120000
10	Stal	0,0108	45 [8]	210000

długości ramion kompensatorów w oparciu o dane z poradników projektantów [1, 2, 4, 6–11, 14] i zasad określenia kompensatorów kształtowych przedstawionych w pracy [5]:

$$K = \sqrt{\frac{3 \cdot E}{\sigma_{dop}}} \quad (3)$$

gdzie: L_k – długość ramienia kompensatora [mm]; D_z – średnica zewnętrzna rurociągu [mm]; E – moduł Younga [MPa]; σ_{dop} – dopuszczalne naprężenia rozciągające [MPa].

W pracy [5] zaproponowano również inny model obliczeniowy i związany z nim wzór do wyznaczania długości ramion kompensatorów:

$$L_k = \sqrt{\frac{3 \cdot \Delta l \cdot E \cdot D}{2 \sigma_{dop}}} \quad (4)$$

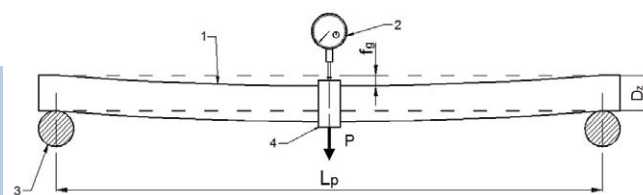
Powstał on przy założeniu, że ramię kompensatora jest belką jednostronnie utwierdzoną o długości L_k (co odpowiadałoby długości ramienia kompensatora) i obciążoną na swobodnym końcu siłą skupioną P zmieniającą kierunek działania w określonym rytmie czasowym [5, 15]. W pracach [15–19, 22] wykazano na przykładzie systemu rur wykonanych z PVC-C, że obliczenia długości ramion kompensatorów obliczone ze wzoru (2) są nawet o 40% większe niż przy wyznaczaniu z zależności (4). Powoduje to projektowanie przewymiarowanych długości ramion kompensatorów. Nie stanowi to wartości optymalnej dla tego systemu rur. A skutkiem tego są dodatkowe (niepotrzebne) przestrzenie zaprojektowane na wydłużenia kompensacyjne instalacji i długości ramion kompensatorów, które nigdy nie będą wykorzystane.

Wartości stałych współczynników rozszerzalności liniowej K dla tworzyw sztucznych podawane w katalogach dla różnych systemów różnią się znacznie, nawet dla rur tego samego rodzaju i o takiej samej budowie. Zdarza się także, że stała materiałowa K o tej samej wartości ma zastosowanie w obliczeniach długości ramienia kompensatora dla rur różnego rodzaju systemów u tego samego producenta. Przykładem może być system rur produkowanych z polipropylenu. Zalecane jest przyjmowanie do obliczeń takiej samej wartości stałej K dla rur jednorodnych z PP-R, jak i z warstwą włókna szklanego czy płaszczem aluminium, mimo znacznych różnic we współczynnikach cieplnego wydłużenia – α (tabela 1) [9, 20, 21]. Jest to wygodne dla projektantów i monterów instalacji, ale niesie za sobą poważne

konsekwencje, obniżając trwałość lub przewymiarowanie kompensatorów kształtowych. Nie należy zapominać również o tym, że wartość stałej K zmienia się wraz ze zmianą temperatury, ponieważ jest bezpośrednio zależna od modułu Younga i naprężeń dopuszczalnych. Własności mechaniczne polimerów są mocno zależne nawet od niewielkich zmian temperatury.

BADANIA EKSPERYMENTALNE

Mając na uwadze opisane niedoskonałości przyjmowanych wartości związanych ze stałą materiałową K , przeprowadzono badania weryfikujące dane przyjmowane do obliczeń długości ramion kompensatorów kształtowych w różnych systemach instalacyjnych wykonanych z jednorodnego polimeru. Celem było określenie wartości modułów Younga w porównaniu do danych zawartych w katalogach i poradnikach dla projektantów instalacji ogrzewczych. Badania wykonano dwiema metodami: na stanowisku specjalnie skonstruowanym do tego celu i maszynie wytrzymałościowej Instron 3384. Moduł Younga badano w stałej temperaturze $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $\varphi \approx 40\%$. Próbkę do badań przygotowano jako odcinki o skończonej długości, wycinane z fabrycznie wykonanych rur o rzeczywistych rozmiarach, zamiast normatywnych belek wykonanych według zaleceń normy [12]. Zdecydowano się na taki rodzaj próbek, uznając, że wyniki badań będą bardziej dokładne przy określaniu rzeczywistych właściwości mechanicznych. Próbkę do badań wykonane zgodnie z normą [12] w formie belek, podczas zginania nie odwzorują faktycznych cech wytrzymałościowych w porównaniu do integralnej całości, jaką stanowi rzeczywista rura. Próbkę w postaci odcinków rur badano także dla pozyskania danych do obliczeń,



Rys. 1. Schemat trójpunktowego zginania próbek zastosowany podczas badań modułu Younga. 1 - próbka badanej rury; 2 - czujnik zegarowy; 3 - podpory ze stalowych wałków $\varnothing = 20\text{mm}$; 4 - obejmę rury umożliwiającą dokładny pomiar czujnikiem zegarowym

w prowadzonych równolegle badaniach zmęczeniowych tych systemów instalacyjnych opisanych w pracach [15, 19]. Schemat skonstruowanego stanowiska przedstawia rysunek 1.

Podczas badań, próbki obciążano stopniowo odczytując jednocześnie siłę i odpowiadającą jej strzałkę ugięcia f_g . Punkty pomiarowe znajdowały się w obszarze odkształcenia sprężystego badanych próbek. Moduł Younga podczas badań trójpunktowego zginania na stanowisku własnej konstrukcji oraz otrzymanych wyników z maszyny wytrzymałościowej Instron 3384 obliczano ze wzoru:

$$E = \frac{4 \cdot P \cdot L_p^3}{3 \cdot f_g \cdot \pi \cdot (D_z^4 - D_w^4)} \quad (5)$$

gdzie: E – moduł Younga [MPa]; f_g – strzałka ugięcia próbki [mm]; P – obciążenie powodujące ugięcie próbki [N]; L_p – długość próbki między podporami [mm]; D_z – średnica zewnętrzna próbki [mm]; D_w – średnica wewnętrzna próbki [mm].

Wykonano 6 pomiarów zginania dla każdego badanego systemu rur w temperaturze $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ i po 4 pomiary w temperaturze $60 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Celem badania w temperaturze 60°C było również sprawdzenie poprawności wyników z prób zmęczeniowych [15, 19]. Wykonano także pomiary zginania dla 2 próbek każdego rodzaju rur na maszynie wytrzymałościowej Instron 3384 w temperaturze $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$, w celu porównania ich z badaniami na stanowisku własnej konstrukcji. Przykładowy wykres zginania na maszynie wytrzymałościowej próbek badawczych przedstawia rysunek 2. Prędkość zginania była stała i wynosiła 10 mm/min. Podczas badań modułu Younga stosowano różne długości próbek badawczych, uwzględniając możliwości techniczne urządzeń. Na stanowisku własnej konstrukcji badano próbki o odległości podpór $L_p = 605$ mm. Na maszynie wytrzymałościowej przy odległości podpór $L_p = 425$ mm w temperaturach 2°C i 60°C . Badania wykonano dla trzech systemów rur wykonanych z jednorodnego polimeru.

Charakterystykę badanych rur zamieszczoną w katalogach producentów przedstawia tabela 2 [4, 6, 8, 9].

W kolejnym etapie testów przeprowadzono badania wytrzymałościowe na rozrywanie próbek pobranych z fabrycznie nowych rur wykonanych z jednorodnego polimeru, na maszynie wytrzymałościowej Instron 3384. Próbki wykonano z tej samej serii

produkcyjnej co rury wykorzystane podczas badań trójpunktowego zginania. Próby na rozrywanie przeprowadzono zgodnie z normą [13] dla dwóch próbek z każdego rodzaju tworzywa. W badaniach zastosowano odcinki rur zamiast normatywnych próbek w kształcie „wiósełek”. Celem badań na rozrywanie było określenie granicy plastyczności badanych próbek rur, niezbędnych do obliczeń dopuszczalnych naprężeń występujących w przekroju rury podczas pracy kompensatora kształtowego. Pozyskane dane wykorzystano w testach zmęczeniowych ramion kompensatorów opisanych w pracach [15, 19]. W literaturze brak jest danych pozwalających przeprowadzić takie obliczenia. Właściwości mechaniczne otrzymane podczas prób rozrywania porównano z danymi zawartymi w katalogach producentów oraz uzyskanymi wynikami modułu Younga podczas trójpunktowego zginania. Temperatura podczas prób rozrywania wynosiła $t = 23 \pm 0,5^\circ\text{C}$, a wilgotność względna $\varphi \approx 40\%$ (warunki badań były takie same jak przy zginaniu). Prędkość podczas próby rozciągania była stała i wynosiła 20 mm/min, zgodnie z zaleceniami normy [13]. Długość próbek badawczych wynosiła $L_p = 680$ mm. Montowano je w specjalnie zaprojektowanych i wykonanych uchwytach [15]. Próbkę zamocowaną w uchwytach oraz przykładowy wykres rozrywania próbki przedstawia rysunek 3.

Moduł Younga podczas badań wytrzymałości na rozciąganie na maszynie wytrzymałościowej obliczano dla zakresu odkształcenia względnego: $0,0005 \leq \varepsilon_f \leq 0,0025$ z zależności:

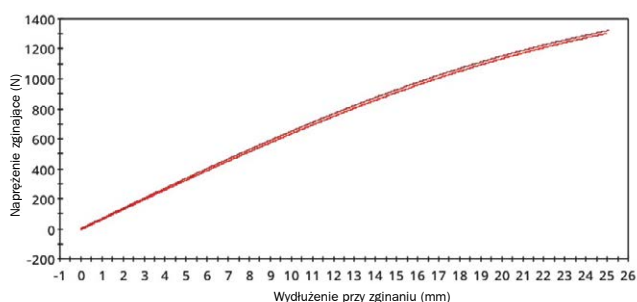
$$E = \frac{\Delta\sigma_f}{\Delta\varepsilon_f} \quad (6)$$

$\Delta\sigma_f$ – przyrost naprężeń rozciągających [MPa];
 $\Delta\varepsilon_f$ – przyrost wydłużenia względnego.

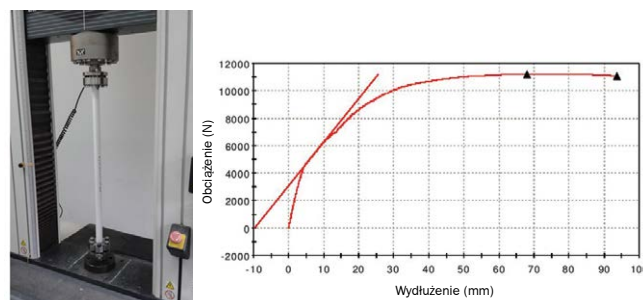
WYNIKI BADAŃ

Obliczenia średnich wartości modułu Younga – E oraz stałych materiałowych – K z pomiarów trójpunktowego zginania zamieszczono w tabeli 3.

Stwierdzono rozbieżności w otrzymanych wartościach modułów Younga i tym samym stałych materiałowych K przyjmowanych do obliczeń, co uwidaczniają wartości zamieszczone w tabelach 2 i 3. Rury wykonane z PVC-C wykazują najmniejsze różnice w wartościach średniego modułu Younga otrzymanych



Rys. 2. Wykres trójpunktowego zginania rejestrowany na monitorze maszyny wytrzymałościowej



Rys. 3. Zdjęcie próbki badawczej przygotowanej do badań rozrywających oraz przykładowy wykres próby rozrywania rejestrowany na monitorze zrywarki

Tabela 2. Dane badanych systemów instalacyjnych podawane w poradnikach i katalogach producentów

	PVC-C (Nibco)	PP-R PN20 (Vesbo)	PE-Xc (Kan-therm)	V (Uponor)
K	25(23°C), 31 (60°C)	15	15	12
E [MPa]	2920(23°C), 2227(60°C)	900	600	800-900
D_z [mm]	34,91	32	32	20
D_w [mm]	27,9	21,2	23,2	16

Tabela 3. Moduły Younga i stałe materiałowe - K określone metodą trójpunktowego zginania w temperaturach: 23°C i 60°C.

	PVC-C (Nibco)	PP-R PN20 (Vesbo)	PE-Xc (Kan-therm)	PE-Xa (Uponor)
E_{sr1} [MPa] (23°C)	2835	1115	970	1122
K_1 (23°C)	24,8	16,7	16,8	14,2
S_{d1} [MPa] (23°C)	46	33	19	14
E_{sr2} [MPa] (23°C)	2497	1171	1126	-
K_2 (23°C)	23,2	17,1	20,5	-
S_{d2} [MPa] (23°C)	56	23	14	-
E_{sr3} [MPa] (60°C)	2111	526	404	489
K_3 (60°C)	31,2	15	12	13
S_{d3} [MPa] (60°C)	32	17	15	40

E_{sr1} - średnia wartość modułu Younga, badana na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa]; K_1 - stała materiałowa, obliczana ze wzoru (3), na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa];
 E_{sr2} - średnia wartość modułu Younga, podczas zginania na maszynie Instron w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa]; K_2 - stała materiałowa, obliczana ze wzoru (3), podczas zginania na Instronie w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa];
 E_{sr3} - średnia wartość modułu Younga, badana na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 60^\circ\text{C}$ [MPa]; K_3 - stała materiałowa, obliczana ze wzoru (3), na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 60^\circ\text{C}$ [MPa];
 S_{d1} - odchylenie standardowe pomiarów na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa]; S_{d2} - odchylenie standardowe pomiarów zginania na maszynie wytrzymałościowej w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa];
 S_{d3} - odchylenie standardowe pomiarów na stanowisku własnej konstrukcji w $t = 60^\circ\text{C}$ [MPa]

Tabela 4. Wyniki badań wytrzymałości na rozrywanie badanych systemów instalacyjnych

Próbki	PVC-C (Nibco)			PP-R PN20 (Vesbo)			PE-Xc (Kan-therm)		
	1	2	średnia	1	2	średnia	1	2	średnia
R_{max} [MPa]	43,01	42,21	42,61	24,41	25,03	24,72	19,67	19,77	19,72
F_{max} [N]	14865	14590	14727	11016	11293	11154	7504	7542	7523
E_r [MPa]	2559	2594	2576	1376	1189	1282	1002	1255	1128
S_{d4}	-	-	24	-	-	132	-	-	178
K_4	-	-	23,6	-	-	17,9	-	-	20,5
ϵ_{max} [%]	4,94	5,02	4,98	12,34	10,92	11,63	10,53	10,48	10,50

R_{max} - naprężenia rozciągające przy maximum siły [MPa]; F_{max} - maksimum siły [N]; E_r - moduł Younga wyznaczony podczas rozrywania próbek [MPa];
 S_{d4} - odchylenie standardowe pomiarów podczas badań rozciągania na Instronie w $t = 23^\circ\text{C}$ [MPa];
 K_4 - stała materiałowa, obliczana dla wartości średniej modułu Younga wg wzoru (3), wyznaczona podczas rozciągania próbek; ϵ_{max} - odkształcenie względne przy maximum siły [%]

z badań na stanowisku własnej konstrukcji w stosunku do danych zamieszczonych w katalogach producentów – różnią się o 2,9%.

Obliczeniowy błąd modułu Younga otrzymany z badań w odniesieniu do wartości katalogowych – próbek wykonanych z PP-R i PE-Xa wynosi odpowiednio: 23,8% i 24,6%. Dla polimeru PE-Xc ten błąd jest jeszcze większy i wynosi 61,6%. Badane systemy rur instalacyjnych wykonanych z polimeru PE-X różnią się między sobą metodami sieciowania. PE-Xc systemu Kan-therm jest sieciowany elektrodowo, a PE-Xa Uponor nadtlenukowo. Przyczyną rozbieżności otrzymanych wyników może być także zastosowanie warstwy antydyfuzyjnej w postaci powłoki EVOH (alkohol etylowy) w systemie Kan-therm.

Zauważyć można również różnice otrzymane w średnich wartościach modułów Younga z badań na zginanie; na stanowisku własnej konstrukcji i maszynie wytrzymałościowej Instron w temperaturze 23°C. Porównanie wyników z obu metod pomiarowych wykazuje błąd 5% dla próbek PP-R, 12% dla PVC-C oraz 54% dla PE-Xc w stosunku do wyników otrzymanych na stanowisku własnej konstrukcji.

Uwładczniają się także istotne różnice w wartościach modułów Younga E pomierzonych w temperaturach 23°C i 60°C oraz obliczonych na ich podstawie wartości stałych materiałowych K dla wszystkich badanych polimerów.

Wyniki badań wytrzymałościowych na rozrywanie zamieszczono w tabeli 4.

Przeprowadzone badania umożliwiły porównanie wartości średnich modułów Younga wyznaczonych za pomocą trzech różnych metod pomiarowych: trójpunktowego zginania na stanowisku własnej konstrukcji i na maszynie wytrzymałościowej oraz z rozciągania na Instronie.

Otrzymane średnie wartości modułów Younga badanych polimerów na rozciągania są zbliżone do wartości otrzymanych podczas trójpunktowego zginania. Obie próby przeprowadzono

na maszynie wytrzymałościowej Instron. Błąd odniesiony do wyników otrzymanych ze zginania dla polimerów PVC-C, PP-R i PE-X wynosił odpowiednio: 3,1%, 9,4% i 0,2%.

Można zauważyć różnice pomiędzy wynikami badań uzyskanymi na stanowisku własnej konstrukcji, a testami zginania i rozciągania przeprowadzonymi w temperaturze 23°C na maszynie wytrzymałościowej Instron. Na stanowisku własnej konstrukcji dla polimeru PVC-C otrzymano większe wartości modułu Younga niż podczas testów zginania i rozciągania na maszynie wytrzymałościowej Instron - błąd dla PVC-C wynosi 11,9% dla zginania i 9,1% dla rozciągania. Inaczej prezentują się wyniki badań polietylenu sieciowanego (PE-Xc), który wykazuje mniejsze wartości modułu Younga dla pomiarów na stanowisku własnej konstrukcji w stosunku do testów zginania i rozciągania na maszynie wytrzymałościowej (błąd 16%). Porównując wyniki średnich wartości modułu Younga dla polimeru PP-R, można zauważyć, że najmniejszą wartość otrzymano podczas badań na stanowisku własnej konstrukcji, a największą podczas prób rozciągania. Błąd średnich wartości modułu Younga dla PP-R wynosi odpowiednio 5% dla zginania i 15% dla rozciągania na maszynie wytrzymałościowej w stosunku do pomiarów otrzymanych z badań na stanowisku własnej konstrukcji. Wyniki najbardziej zbliżone do wartości katalogowych otrzymano z badań modułu Younga, podczas trójpunktowego zginania w temperaturze 23°C na własnym stanowisku badawczym.

Wartości modułów Younga otrzymane z badań w temperaturze 60°C przyjęto do obliczeń długości ramion kompensatorów i porównano z danymi zamieszczonymi w poradnikach projektantów. Wyniki obliczeń zawiera tabela 5.

Porównania długości obliczanych ramion kompensatorów pokazują, że zastosowanie danych z poradników i wzoru (2) – L_{k2} , daje większe długości ramion niż zastosowanie wzoru (4) i danych doświadczalnych – L_{k1} .

Tabela 5. Długości ramion kompensatorów kształtowych i strzałek ugięcia różnych systemów instalacyjnych

Rodzaj rur	E [MPa]		K		f [mm]		σ _{dop.} [MPa]		L _{k1} [mm]	L _{k2} [mm]
	d	p	d	p	d	p	d	p		
PVC-C (Nibco)	2111	2227	31	31	27,4	13,7	6,5	6,9	680	962
PP-R PN20 (Vesbo)	526	900	15	15	128,4	64,2	7,0	12,0	680	962
PE-X (Uponor)	489	800	13	12	273,6	160,6	8,7	16,7	680	888
PE-X (Kan-therm)	404	600	12	15	200,7	64,2	8,4	8,0	680	1202

d - wyniki doświadczalne z badań w temp. 60°C; p - poradnik; σ_{dop.} - naprężenia dopuszczalne obliczone na podstawie danych materiałowych wzór (3); L_{k1} - wzór (4) dane z doświadczeń, L_{k2} - wzór (2) dane z poradnika.

Naprężenia dopuszczalne zawarte w poradnikach są 1,7-krotnie większe dla rur PP-R oraz 1,9-krotnie dla rur PE-X (Uponor) od uzyskanych z badań. Natomiast dla systemu PE-X (Kan-therm) naprężenia są niewiele większe od podanych w poradnikach.

Z przeprowadzonych badań wynika, że przyjęcie danych materiałowych oraz wybór właściwej formuły obliczeniowej (wzory (2) i (4)) mają duże znaczenie dla poprawnego projektowania długości ramion kompensatorów kształtowych.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń można sformułować następujące wnioski:

1. Wartości modułu Younga *E* i stałej materiałowej *K* rur wykonanych z polimerów jednorodnych podawane w poradnikach i katalogach dla projektantów badanych systemów instalacyjnych, różnią się od wartości uzyskanych podczas pomiarów.
2. Średnie wartości modułów Younga w temperaturze 23°C wykazują różnice podczas pomiarów z zastosowaniem różnych metod: badania trójpunktowego zginania na stanowisku własnej konstrukcji i maszynie wytrzymałościowej oraz badań rozciągania na Instronie.
3. Przyjmowanie do obliczeń stałej wartości *K* we wzorze (2) dla całego zakresu temperaturowego pracy instalacji jest obarczone błędem i wpływa na trwałość kompensatora kształtowego, ponieważ nawet niewielka zmiana temperatury pracy instalacji powoduje znaczne zmiany modułu Younga i innych własności mechanicznych tworzywa sztucznego.
4. Stosowanie wzoru (2) do obliczeń długości ramienia kompensatora skutkuje jego przewymiarowaniem, nie jest więc optymalne.
5. Stosowanie wzoru (4), z danymi podawanymi w poradnikach i katalogach producentów może być niebezpieczne z punktu widzenia trwałości kompensatora kształtowego. Korzystając ze wzoru (4), należy stosować własności materiałowe tworzywa wyznaczone doświadczalnie dla określonej temperatury (zakresu) pracy instalacji.
6. Przyjęcie danych materiałowych oraz wybór właściwej formuły obliczeniowej ma duże znaczenie dla poprawnego projektowania długości ramion kompensatorów kształtowych. Na podstawie wykonanych pomiarów i obliczeń można stwierdzić, że stosowanie danych z poradników z zastosowaniem wzoru (2) powoduje wyznaczenie średnio o około 1,5-raza dłuższych ramion kompensatora, a naprężenia dopuszczalne mają 2-krotnie większą wartość niż w przypadku obliczeń według wzoru (4) i danych doświadczalnych. Trzeba pamiętać, że stosując wzór (4), należy wstawiać do niego dane materiałowe i naprężenia odpowiadające temperaturze pracy instalacji.

LITERATURA

- [1] Aquatherm. 2002. Poradnik fusiontherm. System instalacyjny PP-R.
- [2] A. Górecki, Z. Fedorczyk, J. Płachta, M. Płuciennik, A. Rutkiewicz, W. Stefański, J. Zimmer: 2013. Instalacje wodociągowe, ogrzewcze i gazowe na paliwo gazowe, wykonane z rur miedzi-

nych. Wytyczne stosowania i projektowania. Biblioteka Polskiego Centrum Promocji Miedzi.

- [3] <http://www.campusplastics.com/>. Baza własności materiałowych tworzyw sztucznych.
- [4] Instalacje Uponor. 2012. Poradnik Techniczny.
- [5] Kamler Witold. 1976. Ciepłownictwo. PWN Warszawa.
- [6] Katalog NIBCO. 2004. „Systemy instalacyjne PVC-C/PVC-U. Projektowanie i montaż z katalogiem”. Łódź.
- [7] Katalog Projektowy-Calpex. 2012. Proste rozwiązania dla przyłączy niskoparametrowych.
- [8] Katalog System Kan-therm. 2014. Nowoczesne instalacje wodne i grzewcze.
- [9] Katalog Vesbo. 2014. System PP-R w instalacjach wodnych.
- [10] Katalog Vesbo. 2015. Systemy wielowarstwowe w instalacjach wodnych i grzewczych.
- [11] Nueva Terrain—instrukcja techniczna. 2009. Profesjonalny system do instalacji wodnych i grzewczych z polibutylenu (PB).
- [12] PN-EN ISO 178:2011.2006. Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości podczas zginania.
- [13] PN-EN ISO 527-1 i 2. 2012. Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu.
- [14] Prandelli S.p.A. 2010. Multyrampa – opis systemu Edycja 10.
- [15] A. Rubnikowicz: 2014. Wytrzymałość zmęczeniowa kompensatorów kształtowych w instalacjach wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu PVC-C. Rozprawa doktorska. Politechnika Łódzka.
- [16] H.G. Sabiniak, A. Rubnikowicz: 2013. Doświadczalne badania kompensatorów kształtowych w instalacjach grzewczych wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja. Nr 7: 274–276.
- [17] H.G. Sabiniak, A. Rubnikowicz: 2013. Naprężenia w elementach kompensatorów kształtowych w instalacjach wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja. Nr 6: 229–231.
- [18] H.G. Sabiniak, A. Rubnikowicz: 2014. Metody modelowania kompensatorów kształtowych w instalacjach z tworzyw sztucznych. Instal Nr 6. (352): 50–53.
- [19] H.G. Sabiniak, A. Rubnikowicz: 2015. Praca zmęczeniowa instalacji grzewczych. Instal Nr 11. (367): 40–43.
- [20] H.G. Sabiniak, A. Szyda. 2011. Badania termicznej wydłużalności rur polipropylenowych stabilizowanych warstwą aluminiową. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja Nr 6: 253–256.
- [21] H.G. Sabiniak, A. Szyda: 2011. Teoretyczne modelowanie termicznej wydłużalności rur polipropylenowych stabilizowanych warstwą aluminiową. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja Nr 4: 144–147.
- [22] H.G. Sabiniak: 2001. Rozszerzalność liniowa rur wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu. INSTAL Nr 6. (208): 54–56.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie

„Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja”, 2017, T. 48, nr 7, s. 271–276.

prof. dr hab. inż. Henryk G. Sabiniak
dr inż. Adam Rubnikowicz

Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
Politechnika Łódzka

Recykling i Regranulaty

NIEZAWODNI NA RYNKU RECYKLINGU I REGRANULACJI

DRP
GROUP

ML
polyolefins®

magnetix

OPLAST
RECYKLING


kg Sp. z o.o.
plast


SINOMA
GOSPODARKA ODPADAMI

foto: www.freeplk.com

REKLAMA

W numerze:

- **Jaka przyszłość czeka rynek regranulatów tworzyw sztucznych?**
- **Zautomatyzowany system recyklingu mechanicznego**
- **Właściwości mechaniczne mieszanin PC/PA 6.6 otrzymanych z recyklatów**
- **Rozdrabniacz wielotarczowy z pomiarem wielkości rozdrobnionych cząstek**

Spis treści

Recyklaty PCR to podstawa GOZ	IV
Jaka przyszłość czeka rynek regranulatów tworzyw sztucznych?	VI
Zautomatyzowany system recyklingu mechanicznego	XIII
Urządzenia do recyklingu w ofercie ELBi-Wrocław	XVIII
PEPSICO do końca 2021 wprowadzi butelki 100% rPET!	XX
Właściwości mechaniczne mieszanin PC/PA 6.6 otrzymanych z recyklatów	XXI
Nowe zakłady recyklingu we Francji i w Polsce	XXIV
Rozdrabniacz wielotarczowy z pomiarem wielkości rozdrobnionych cząstek	XXVI
Dyrektywa Single Use Plastics w praktyce. Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych zabiera głos	XXVIII

Dodatek specjalny nr 7 dwumiesięcznika „Tworzywa Sztuczne w Przemysle”

Redaktor wydania:
Katarzyna Mazur
tel./fax 32 733 18 01
e-mail: katarzyna.mazur@tworzywasztuczne.biz

Skład i layout: Lucyna Franczyk
Korekta: Tomasz Sput

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i nie zwraca materiałów niezamówionych. Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiustacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji.

www.tworzywasztuczne.biz

**W każdym wydaniu dwumiesięcznika
dodatek tematyczny!**

ZAPRASZAMY



DOSTARCZAMY WYSOKIEJ JAKOŚCI REGRANULAT LDPE

Produkujemy i dostarczamy wysokiej jakości regranulat LDPE. Oferujemy regranulaty wyprodukowane z folii pochodzenia przemysłowego, starannie dostosowane do potrzeb każdego klienta. Oferujemy też profesjonalny odbiór i zagospodarowanie odpadów tworzyw sztucznych z zakładów przemysłowych oraz wspomóżenie obiegu zamkniętego (folia LDPE).

Gwarantujemy:

- wysoką jakość regranulatu;
- powtarzalność i stabilność dostaw;
- terminowość i rzetelność;
- wysokiej jakości obsługę około-sprzedazową;
- silną, bliską i długoterminową współpracę.

Zapraszamy do kontaktu:

Artur Baszczok

tel. 533 449 033

e-mail: a.baszczok@sinoma.pl

Recyklaty PCR to podstawa GOZ



Tomasz Mikulski, prezes ML Polyolefins, zapewnia, że polska branża recyklingu jest w stanie konkurować z największymi jakością produktów. Zwraca uwagę na rosnącą świadomość społeczeństwa i coraz większą popularność koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym. Opowiada również, dlaczego firma ML Polyolefins zdecydowała się poddać certyfikacji EuCertPlast.

Redakcja: Jakie wyzwania czekają ML Polyolefins w 2021 roku?

Tomasz Mikulski: Pierwsze co przychodzi mi na myśl to wyzwania związane z inwestycjami, które prowadzimy – w tej chwili inwestujemy w budowę hali, którą będziemy wyposażać w nowoczesne wtryskarki z pełną automatyzacją. Jednocześnie rozbudowujemy laboratorium o nowe urządzenia, do jeszcze pełniejszej kontroli naszych produktów. W tym roku z kolei zamknęliśmy budowę nowej hali z linią do regranulacji, o możliwościach produkcyjnych 1000 ton miesięcznie. Doposażamy również jedną z linii, aby móc zwiększyć wachlarz produktów tollcompoundingowych. Natomiast ciągle wyzwaniem pozostają ceny prądu – rynek energii to dziś bardzo istotne zmartwienie dla każdego przedsiębiorcy.

R.: Sądzę, że jako pierwsze wyzwanie wskaże Pan na pandemię, a co za tym idzie obostrzenia i lockdowny, które wprowadzają rządy na całym świecie...

T.M.: Jasne, że gospodarka daleka jest od sytuacji, w jakiej znajdowaliśmy się rok temu, ale proszę zauważyć, że ludzie



Tomasz Mikulski, prezes ML Polyolefins



w większości dostosowali się do sytuacji. Z pewnością zmalała mobilność społeczeństw, aktywność towarzyska, nadal kontakt z klientami odbywa się za pomocą nowoczesnych technologii, a nie twarzą w twarz. Jednakże większość branż poradziła sobie z nowymi wyzwaniami, dostosowując się do zmieniającej się sytuacji. Wszelkie ingerencje w prowadzenie działalności, czy też związane z przemieszczaniem się ludności, mają oczywiście wpływ na ekonomię. Z punktu widzenia biznesu byłoby świetnie, gdyby wprowadzane zasady były klarowne, podobnie jak terminy kończące obostrzenia. Mam jednak wrażenie, że nawet pomimo tych niejasności, potrafilibyśmy – jako biznes, dostosować się do trudnych warunków.

R: A jakie zmiany stały się udziałem ML Polyolefins?

T.M.: Na pewno sposób komunikacji z klientami, ale to dotknęło wszyst-



kich. Oczywiście zmienił się tryb funkcjonowania firmy, co jest związane z podziałem stanowisk pracy na strefy, oddzielenie pracowników poszczególnych zmian od siebie, na ile to jest możliwe itd. Ale działaliśmy także w kwestii naszej oferty, dostosowując ją do wymagań klientów. Świat się zmienia, a gospodarka obiegu zamkniętego jest coraz bardziej zrozumiałym pojęciem dla społeczeństwa, które zaczyna również rozumieć, jaką rolę pełnią surowce wtórne. Ta rosnąca świadomość, ale też regulacje narzucające konieczność wykorzystywania recyklatów kreują w pewien sposób naszą ofertę. Zawsze działaliśmy dostosowując się do potrzeb klienta, a dziś zmierzają one w kierunku zapewnienia wysokiej jakości recyklatów PCR.

R: *Rozumiem, że stąd wziął się pomysł na certyfikację EuCert-Plast, która objęła Państwa regranulaty polipropylenowe?*

T.M.: Od wielu lat byliśmy skoncentrowani na przetwórstwie przede wszystkim surowców poprodukcyjnych. Z tego zresztą byliśmy najbardziej znani i z tym kojarzeni na rynku. Poprzez certyfikację chcieliśmy pokazać, że potrafimy wytwarzać wysokiej jakości recyklaty PCR, a poza tym trochę pomóc sobie marketingowo na tych rynkach, gdzie jesteśmy mniej znani. Logo certyfikacji jest przecież swoistą gwarancją zachowania pewnych standardów i spełnienia konkretnych wymagań audytora. Ale nam chodziło głównie o inną kwestię. Klienci potrzebowali recyklatu z odpadów poużytkowych i potwierdzenia renomowanym znakiem faktu zachowania wspomnianych wcześniej wysokich standardów przetwórstwa. Niezbędna była również gwarancja, że tworzywo, które będziemy dostarczać, ma właściwe źródło odpadów – w tym przypadku *post-consumer*, a cały proces recyklingu spełnia normy i prowadzony jest zgodnie z przepisami prawa środowiskowego.

R: *To wyróżnienie jest inicjatywą europejską, której patronują międzynarodowe organizacje recyclerów, więc rozumiem że ma Państwu pomóc w ekspansji na rynki zagraniczne?*

T.M.: Od dawna jesteśmy obecni na rynkach zagranicznych i tyczy się to nie tylko Europy, ale też Ameryki Północnej. Certyfikat międzynarodowy, uznawany na rynkach unijnych, powinien być pomocny w budowaniu wiarygodności marki. Nie ograniczamy się do obecności na polskim rynku, ale też intensywnie pracujemy nad rozwojem bazy kontrahentów zagranicznych, więc po-

dejmujemy różne inicjatywy, mające wesprzeć nasze działania handlowe.

R: *Czy z perspektywy Pana doświadczeń wynika, że polscy recyklerzy są w stanie skutecznie konkurować z firmami z zachodniej Europy?*

T.M.: Ależ oczywiście, czego zresztą jesteśmy najlepszym przykładem. Nasza struktura sprzedaży wskazuje na taką samą istotność dla przychodów firmy relacji handlowych w eksporcie, jak i w handlu krajowym. Nie mamy kompleksów względem producentów z zachodniej Europy, bo też nie mamy się czego wstydić. Mamy dziś dostęp do tej samej technologii, a za sobą dostateczne doświadczenie, żeby być w stanie produkować i dostarczać regranulat o porównywalnej jakości. Oczywiście nasi konk-

urenci są często więksi pod względem mocy produkcyjnych, czy przychodów, ale wynika to z dłuższej obecności na rynku i innych możliwości finansowania inwestycji. Natomiast spokojnie możemy z nimi konkurować jakością produktów.

R: *W takim razie co mogłoby pomóc polskiemu recyklingowi szybko dogonić konkurencję pod względem właśnie wielkości produkcji?*

T.M.: Tu akurat odpowiedź jest niezmienna, to znaczy jasne i przejrzyste regulacje w kwestii m.in. gospodarki odpadami. Uprowadzenie branży o planowanych zmianach w przepisach, ale też sprawna i prowadzona w oparciu o doświadczenia przetwórców implementacja prawa europejskiego. Naszą bolączką pozostaje również dostępność źródeł odpadów, które powinny być właściwie przygotowane. Ale to praca na lata, wymagająca również edukacji społeczeństwa. Do tego oczywiście kwestia przepisów i ułatwień w prowadzeniu biznesu, co jest naszą bolączką od lat. W końcu w rankingach wolności gospodarczej nasz kraj zasłużenie jest na dalekiej pozycji w każdym takim zestawieniu.

R: *Uważa Pan, że jest szansa na zmiany w tym zakresie? Przedsiębiorcy właściwie w każdej branży zwracają uwagę na ten ostatni wskazany przez Pana fakt.*

T.M.: Staram się być realistą, ale nie brakuje mi też optymizmu w pewnych kwestiach. Mam nadzieję, że w przypadku kwestii gospodarki odpadami, rozszerzonej odpowiedzialności producenta i ogólnie rzecz biorąc uregulowań prawnych dotyczących branży, pomoże struktura obecnego Ministerstwa Klimatu i Środowiska. Zresztą sam fakt ciągłego rozbijania i łączenia struktur tego podmiotu, niezależnie od tego kto jest u władzy, z pewnością nie ułatwia prowadzenia spójnej polityki w zakresie nas interesującym. A co do swobody prowadzenia działalności gospodarczej, czy np. kwestii podatkowych, to temat na zdecydowanie dłuższą rozmowę (śmiech).

R: *Dziękujemy za rozmowę.*

ML Sp. z o.o.
ul. Beryłowa 74, 82-310 Gronowo Górne
tel./fax 55 235 09 85, www.mlpolylefins.pl

Jaka przyszłość czeka rynek regranulatów tworzyw sztucznych?

Tworzywa, jako materiały wszechstronne i innowacyjne, odgrywają kluczową rolę w gospodarce XXI w. Jednakże pełne wykorzystanie ich potencjału będzie możliwe dopiero wtedy, gdy zmierzmy się z wyzwaniami związanymi ze zwiększającą się ilością odpadów wyrobów z tworzyw. Dzisiaj coraz rzadziej mówi się o tworzywach sztucznych jako o motorze napędowym innowacji w zakresie materiałów, coraz częściej zaś jako o głównej przyczynie zaśmiecenia środowiska.

Problem zaśmiecenia środowiska zaczęto dostrzegać coraz wyraźniej i rozpoczęły się próby zminimalizowania wpływu branży tworzyw sztucznych na środowisko. Efektem takich działań jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ograniczenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko. W Dyrektywie stworzono plan przejścia na Gospodarkę o Obiegu Zamkniętym, której istotnym elementem jest recykling.

Na pytania dotyczące obecnej i przyszłej sytuacji recyklatów, regulacji prawnych w zakresie ich stosowania, a także przyszłości materiałów pochodzących z recyklingu odpowiadali uczestnicy dyskusji zorganizowanej przez miesięcznik *Plast Echo*: Kazimierz Borkowski, Dyrektor Zarządzający Fundacji *PlasticsEurope Polska*, Robert Szyman, Dyrektor Generalny Polskiego Związku Przetwórców Tworzyw Sztucznych, Antonio Furfari, Dyrektor Zarządzający *Plastics Recyclers Europe* oraz Szymon Dziak-Czekan, Prezes Stowarzyszenia „Polski Recykling”. Dyskusję prowadził Jacek Leszczyński, redaktor naczelny portalu *plastech.pl* i miesięcznika *Plast Echo*.

Czy i w jakim stopniu popyt na regranulat może wzrosnąć w wyniku działań prawnych podejmowanych na poziomie europejskim?

Kazimierz Borkowski, *PlasticsEurope Polska*: Popyt na regranulat będzie rósł, choćby z tego powodu, że ambicją Unii Europejskiej w ramach Gospodarki Obiegu Zamkniętego jest nie tylko zwiększenie skali recyklingu, ale i zapewnienie zbytu dla produkowanych regranulatów. Jak wiemy, poziom odzysku odpadów opakowań z tworzyw sztucznych, obecnie wynoszący ok. 42%, musi wzrosnąć do roku 2025 do poziomu 50%. Różnica 8 punktów procentowych może wydawać się niewielka, ale należy uwzględnić fakt, że w obecnych 42% mieści się pokaźna liczba odpadów tworzyw eksportowanych do recyklingu, a te ilości już teraz są mocno ograniczone z uwagi na decyzje niektórych krajów w Azji o wstrzymaniu importu odpadów.

Ponadto, z powodu wprowadzonej przez pakiet dyrektyw GOZ zmiany sposobu obliczania poziomów recyklingu, efektywnie uzyskiwane wyniki w tym zakresie będą mniejsze niż dotychczas. Zatem państwa członkowskie Unii Europejskiej muszą podejmować wszystkie działania zmierzające do wzrostu skali recyklingu – doskonaląc systemy zbiórki selektywnej i sortowania odpadów, zwiększając zdolności produkcyjne regranulatów i wreszcie, co równie ważne, istotnie rozszerzać rynki zbytu dla wytwarzanych regranulatów.

Robert Szyman, *PZPTS*: Wszystkie działania UE, tzn. modyfikacje dyrektyw odpadowych, dyrektywa SUP, Strategia dla Two-

rzyw Sztucznych, Gospodarka o Obiegu Zamkniętym, zmierzają z jednej strony do ograniczenia odpadów, z drugiej zaś do wykorzystania ich jako surowców do produkcji nowych wyrobów. Idea GOZ ma odzwierciedlenie w rozpoczętym procesie przejścia z gospodarki linearnej na obiegową. Możemy spodziewać się dalszych regulacji w tym zakresie, choćby zapoczątkowanej drogi ograniczenia wielkości stosowanych polimerów w opakowaniach.

Jak wiemy, dyrektywa SUP wprowadza ograniczenie stosowania jednorazowych opakowań ze spienionego polistyrenu; nie dlatego, że nie są one przydatne do recyklingu, ale ponieważ ich strumień w odpadach jest zbyt mały. Ten trend może być kontynuowany, a z kolei presja na użycie recyklatów będzie postępować nie tylko w butelkach PET, gdzie minimalny udział recyklatu już znalazł miejsce w dyrektywie, ale także w innych opakowaniach i gotowych wyrobach.

Antonio Furfari, *Plastics Recyclers Europe*: Pandemia COVID-19 pokazała, że przy rekordowo niskich cenach ropy naftowej, a w konsekwencji bardzo niskich cenach tworzyw pierwotnych, nastąpił spadek absorpcji tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu. Ponieważ cena recyklatów nie zależy od materiału pierwotnego, ale raczej od kosztów procesów zbiórki, sortowania itp. oraz ceny samych odpadów, firmy zajmujące się recyklingiem nie mogą obniżyć cen regranulatów poniżej pewnego poziomu. Pokazuje to, że istnieje pilna potrzeba stworzenia prężnego rynku dla tworzyw sztucznych z recyklingu, na którym obowiązują zharmonizowane przepisy. Działania prawne na poziomie UE mogłyby wesprzeć tę niezbędną zmianę i zrównać szanse dla podmiotów zajmujących się recyklingiem.

Szymon Dziak-Czekan, Stowarzyszenie „Polski Recykling”: W polskim prawodawstwie od lat czekamy na przepisy wspierające recykling, ale dotychczasowe działania tylko ograniczały nasz potencjał. Kroki prawne podejmowane na poziomie europejskim dadzą pozytywny impuls do rozwoju branży i ogromnie zwiększą popyt na regranulaty. Jeżeli zostanie wprowadzone obligatoryjne użycie recyklatów w produktach z plastiku, to rynek może wzrosnąć nawet dwukrotnie, a co najważniejsze popyt na recyklaty byłby stabilny i niezależny od cen surowców pierwotnych.

Czy po stronie wytwórców wyrobów z tworzyw sztucznych widać już przygotowania do zwiększenia produkcji z regranulatów?

Kazimierz Borkowski: Takie działania widać już w całym łańcuchu wartości, począwszy od dostawców polimerów. Dużą część

światowych producentów polimerów włącza do swojej gamy oferowanych artykułów materiały oparte częściowo lub całkowicie na surowcach odzyskanych z odpadów w procesach recyklingu mechanicznego. Wprowadzający wyroby na rynek (np. właściciele marek) oraz wykorzystujący te materiały producenci artykułów z tworzyw sztucznych muszą wziąć pod uwagę nacisk nie tylko legislatorów, ale i rosnącej grupy konsumentów, w kierunku zwiększania udziału recyklatów w produktach. Jednak nie możemy zapominać, że ich podstawowym obowiązkiem jest zagwarantowanie bezpieczeństwa wyrobu dla konsumenta/użytkownika. Szczególnie istotne jest to w sektorze opakowań żywności, gdzie zastosowanie recyklatu, który często jednak ma inne parametry jakościowe niż tworzywo virgin, nie może być przedmiotem kompromisu wobec podstawowych wymagań oczekiwanych od opakowań, takich jak ochrona żywności, przedłużenie trwałości, bezpieczeństwo spożycia przechowywanego w nich pokarmu.

Robert Szyman: Europejscy producenci wyrobów z tworzyw sztucznych przystąpili do zainicjowanego przez KE Circular Plastics Alliance. W ramach sojuszu zobowiązali się do podniesienia udziału recyklatu w gotowych wyrobach do poziomu 10 mln ton. Szacowany udział recyklatu na rok 2016 w UE to ok. 3,5 mln. Wśród przedstawicieli przemysłu są także wprowadzający towary w opakowaniach na rynek, recyklerzy, producenci surowców, przedstawiciele podmiotów zbierających odpady i sortowni. Poszczególne grupy pracują nad poprawą projektowania dla recyklingu oraz innymi barierami, które mogą być przeszkodą w osiągnięciu celu. W tym obszarze powstała platforma MORE – More Recyclates for Europe, której przedstawicielem w Polsce jest PZPTS. Platforma MORE służy do monitorowania ilości recyklatu użytego w produkcji nowych wyrobów w danym kraju. Pojawiają się także głosy, że raportowanie przez przetwórców może z obecnej formy deklaratywnej przyjąć formę obligatoryjną.

Szymon Dziak-Czekan: Jeszcze nie na taką skalę jakbyśmy sobie życzyli, ale zaczynają się pojawiać produkty wykonane w 100% z recyklingu, jak np. butelki na szampony czy na wodę i napoje. Cieszy nas ten trend, jednak niezbędne jest zobowiązanie wszystkich do używania przetworzonych tworzyw sztucznych, bo jest to podstawą GOZ.

W myśli założeń GOZ odpady z tworzyw sztucznych mają stać się pełnoprawnym surowcem. Wiąże się to z takim ich przetwarzaniem, by ostatecznie uzyskać produkt nienaganny jakościowo. Musi on posiadać takie same właściwości mechaniczne i higieniczne jak wyrób

otrzymywany z oryginalnego granulatu. Jakie działania należy podjąć, aby tak się stało? Czy możliwe jest, a jeśli tak to w jakim czasie, stworzenie wiarygodnych norm jakości dla materiałów pochodzących z recyklingu?

Kazimierz Borkowski: Tworzywa sztuczne to duża grupa materiałów, różniących się pomiędzy sobą właściwościami chemicznymi i mechanicznymi. Biorąc pod uwagę tę ogromną różnorodność, musimy sobie zdawać sprawę, że im wyższy stopień recyklingu odpadów tworzyw będziemy osiągać, z tym większymi trudnościami technologicznymi będzie się to wiązać i tym trudniej będzie nam uzyskać odpowiednią jakość regranulatu. Łatwo dostępne i najlepsze jakościowo frakcje odpadów tworzyw sztucznych w przeważającej części są już odzyskiwane przez recykling mechaniczny. Wzrost poziomu recyklingu musi zatem w coraz większy sposób dokonywać się poprzez zbiórkę i odzysk „trudniejszych” frakcji – odpadów zabrudzonych, zmieszanych, wielomateriałowych, czy wreszcie odpadów drobnych, jak np. opakowania przekąsek czy słodczy. Poza poważniejszymi trudnościami technologicznymi i większymi kosztami przygotowania do recyklingu, jakość regranulatu z takich źródeł będzie niższa.

Rozwiązaniem może tu być wliczanie recyklingu chemicznego do poziomów recyklingu, choć jest to na razie przyszłość – mam nadzieję, że niedaleka. Do recyklingu chemicznego nadają się szczególnie te frakcje, których nie można w łatwy sposób poddać recyklingowi mechanicznemu, a więc ta część odpadów tworzyw sztucznych, która trafia na składowiska albo do odzysku energii. Z surowca otrzymanego z wykorzystaniem technologii recyklingu chemicznego można otrzymać w tradycyjnych instalacjach tworzywo takiej samej jakości jak polimer pierwotny, także do kontaktu z żywnością, co stanowi ważny krok w kierunku zamknięcia obiegu opakowań. Obecnie zamknięcie cyklu, np. w procesach bottle-to-bottle, jest możliwe tylko dla konkretnych strumieni odpadów łatwych do recyklingu (np. butelki do napojów z PET lub do mleka z HDPE, folie z opakowań zbiorczych), które są jednorodne i na tyle duże wolumenowo, by można było je wydzielić na instalacjach do sortowania.

Robert Szyman: Z pewnością takie normy byłyby ze wszech miar potrzebne. Jednakże głównym problemem w dochodzeniu do lepszej jakości surowca z odpadów jest dobrze działający system zarządzania odpadami, którego w Polsce brakuje. Jeżeli będzie sprawnie funkcjonował, jakość materiałów przekazywanych do recyklingu także będzie wyższa, co przełoży się na jakość recyklatu. System kaucyjny, bez którego Polsce nie uda się osiągnąć celów odzysku butelek z tworzyw sztucznych zapisanych

REKLAMA



KGPLAST Sp. z o.o.
ul. Narutowicza 68A
08-200 Łosice
tel: 505-459-312

Skupujemy:

- odpady twardego plastiku PP
- odpady worków Big-Bag
- przemiały PP, PP/PE
- aglomeraty PP

Sprzedajemy:

- odpady baniek i kanistrów HDPE
- regranulaty PP: czarny, niebieski, zielony, szary

w dyrektywie, także zwiększy strumień niezanieczyszczonych odpadów. Obecnie w naszym kraju nie ma ani kontroli przekazywanych odpadów selektywnie zebranych przez mieszkańców, ani obowiązku selektywnej zbiórki. W połączeniu z niską świadomością ekologiczną daje to niezadowalające rezultaty. Z kolei odpady tworzyw pozyskiwane z frakcji zmieszanej są słabej jakości i wymagają znacznych kosztów sortowania i doczyszczania u recyklera.

Oczywiście parametry surowca z recyklingu zawsze nieznacznie będą odbiegać od surowca pierwotnego, jednakże im mniej, tym lepiej dla procesu wytwarzania. Lepsza jakość regranulatu wymaga mniejszej ingerencji operatora, co wpływa na wydajność produkcji i generowanie dodatkowych kosztów. Tutaj pewne nadzieje daje wspomniany recykling chemiczny, w wyniku którego otrzymujemy surowiec nieróżniący się od pierwotnego.

Antonio Furfari: Obieg zamknięty tworzyw sztucznych można osiągnąć poprzez rzeczywiste przekształcenie i poprawę ich produkcji, zbiórki, sortowania i recyklingu. Właściciele marek, producenci opakowań i dostawcy surowców – wszystkie te podmioty muszą uczestniczyć w tym procesie. Obecnie w Europie istnieją już wysokiej jakości procesy recyklingu, o czym świadczą ciągłe innowacje w sektorze; co potwierdzają chociażby certyfikaty EuCertPlast dla firm zajmujących się recyklingiem tworzyw sztucznych, czy nagrody w konkursie Plastics Recycling Awards Europe. Wyzwanie polega jednak na czerpaniu korzyści z wysokiej jakości odpadów, które dziś nadal charakteryzują się wysokim stopniem niejednorodności oraz znacznym poziomem zanieczyszczeń.

Usprawnienie poszczególnych etapów łańcucha wartości tworzyw sztucznych, począwszy od przeprojektowania produktów, poprzez zwiększenie poziomu selektywnej zbiórki, sortowanie i efektywny recykling, umożliwi opłacalne gospodarowanie odpadami z tworzyw sztucznych i materiałami z recyklingu o wysokiej jakości. Numerem 1 winno być projektowanie dla recyklingu. Wiele wyrobów z tworzyw sztucznych nie nadaje się do skutecznego recyklingu po zakończeniu okresu użytkowania, chociaż prawodawstwo UE jasno mówi, że do roku 2030 wszystkie opakowania z tworzyw sztucznych na rynku unijnym będą nadawać się do odzysku lub ponownego użycia. Wytyczne dotyczące możliwości recyklingu, oparte na wynikach badań naukowych i zharmonizowane na poziomie UE, są niezbędne do osiągnięcia postępu w tym zakresie. Projektowanie opakowań do recyklingu jest zatem pierwszym krokiem w kierunku zapewnienia jakości tworzyw sztucznych pochodzących z odzysku. Tu świetnym przykładem współpracy jest inicjatywa RecyClass, dzięki której zaledwie w kilku krokach można określić, czy opakowanie można poddać recyklingowi.

Kolejną przeszkodą na drodze do pozyskania większej ilości materiału z recyklingu jest niewystarczająca i niezharmonizowana zbiórka odpadów. Dlatego też unowocześnienie systemów zbiórki zgodnie z najlepszymi praktykami i ujednoczenie standardów są kluczem do zbudowania prawdziwego rynku recyklatów w Europie. Plastic Recyclers Europe opublikowała niedawno zbiór wytycznych dotyczących recyklatów, mogących przyczynić się do harmonizacji w tym zakresie.

Wreszcie, istotny jest postęp w zakresie technologii sortowania, który jeszcze bardziej poprawiłby jakość materiału docelowego, np. poprzez selekcję według rodzaju, zastosowania, czy koloru. Wszystkie te etapy, w połączeniu z ciągłym rozwojem w zakresie poszczególnych technologii, będą miały ogromny wpływ na jakość tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu, umożliwiając ich wykorzystanie w szerokiej gamie wysokiej klasy

zastosowań, co jest niezbędnym krokiem w celu zapewnienia stabilnego rynku zbytu.

Szymon Dziak-Czekan: Przede wszystkim należy zacząć od wspomnianego eko-designu. Aby uzyskać odpowiedniej jakości regranulat, należy przetworzyć odpowiedniej jakości wsad. Dlatego tak ważne jest, aby na rynek trafiały opakowania w 100% nadające się do recyklingu. Będzie to bardzo trudne zadanie, bo ujednoczenie opakowań jest odwrotnością tego, czego ludzie pragną. Producenci konkurują między sobą nie tylko wyrobem, ale również opakowaniem. To właśnie ono na pierwszy rzut oka mówi nam, czy jest to produkt standardowy, czy marki premium. Ciężko sobie wyobrazić krem za 200 złotych w przezroczystym opakowaniu bez kolorowych nadruków i upiększeń.

Czy regranulaty można wykorzystywać do produkcji z żywnością?

Jakie uregulowania prawne istnieją w tym zakresie?

Kazimierz Borkowski: Zaczniemy od oczywistego stwierdzenia, popartego zresztą europejską legislacją, że wszystkie materiały (również te pochodzące z recyklingu) wchodzące w kontakt z żywnością muszą być bezpieczne. Unijne akty prawne, takie jak np. Rozporządzenie 10/2011, określają szczegółowo, jakie tworzywa sztuczne i dodatki mogą być używane do wytwarzania opakowań żywności, a wprowadzający artykuł na rynek musi wykazać, że żadna substancja zawarta w opakowaniu nie spowoduje zagrożenia dla konsumenta, nawet w wyniku interakcji z opakowaną żywnością w procesie „wymywania” substancji przez niektóre jej składniki, np. naturalne tłuszcze lub rozpuszczalniki.

W odniesieniu do materiałów zawierających recyklaty pochodzące z recyklingu mechanicznego istnieje Rozporządzenie 282/2008, które wskazuje, że surowce takie mogą być użyte do kontaktu z żywnością, jeśli proces ich wytwarzania (recykling) uzyskał pozytywną aprobatę EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności), a następnie zezwolenie odpowiednich władz sanitarnych kraju, przy czym w niedalekiej przyszłości przewiduje się ten drugi etap autoryzacji na poziomie państw europejskich. Dotychczas EFSA wydała ponad 140 pozytywnych opinii, pozwalających na zastosowanie recyklatów do kontaktu z żywnością, przy czym w przeważającej większości decyzje te dotyczą technologii odzysku PET. Unia Europejska pracuje w tej chwili nad zmianami w Rozporządzeniu 282/2008, które powinny ułatwić proces uzyskania autoryzacji i które mają uwzględnić postęp technologiczny w recyklingu, w tym możliwość odzysku chemicznego.

Robert Szyman: Surowce z odpadów już obecnie masowo znajdują zastosowanie w opakowaniach stosowanych do kontaktu z żywnością. Przykładem tego mogą być tacki PET i butelki, gdzie udział dla butelek szacowany jest na ok. 30%, a w przypadku tacek przekracza 50%. Technologie stosowane w przetwórstwie pozwalają na używanie nawet do 90% materiałów z recyklingu, gdzie w przypadku folii PET, mającej zastosowanie w produkcji tacek, kubków i pojemników, recyklat trafia pomiędzy dwie zewnętrzne warstwy surowca pierwotnego.

Istnieje szereg uregulowań na poziomie UE dotyczących możliwości stosowania materiału z recyklingu do produkcji wyrobów przeznaczonych do kontaktu z artykułami spożywczymi. Najważniejsze z nich dotyczy konieczności wykorzystania odpadów, które pochodzą z opakowań żywności. Tutaj także przetwórcy natrafiają na indywidualne wymagania od swoich klientów, czyli wprowadzających produkty w tego rodzaju opakowaniach na rynek. W mojej ocenie to właśnie te podmioty powinny mieć większe zaufanie do materiałów z recyklingu, przez co wzrosną ►



RECYKLING TWORZYW SZTUCZNYCH PRODUKCJA I HANDEL

**W OFERCIE SPRZEDAŻY:
REGRANULATY PE-LD, PE-HD, PP
PRZEMIAŁY PREFORM I BUTELEK PET
GRANULATY TWORZYW SZTUCZNYCH**

Firma J.M. TRADE JERZY MRÓZ to firma o ustabilizowanej pozycji na rynku tworzyw sztucznych.
Działamy od 2009 roku. Nasze surowce charakteryzuje wysoka jakość i powtarzalność.
Posiadamy certyfikat ISO 9001:2015

Przetwarzamy około 900 ton surowców miesięcznie.

**SKUPUJEMY:
POPRODUKCYJNE ODPADY FOLIOWE I INNE (PE-LD, PE-HD, PP)
POPRODUKCYJNE ODPADY PREFORM I BUTELEK PET, BDO: 000029025**

Jerzy Mróz – właściciel
tel. 692 442 940, e-mail: jm@jmtrade.com.pl

Dział handlowy:
Katarzyna Syrkowska
tel. 606 315 09
ks@jmtrade.com.pl

Magdalena Borowska
tel. 662 775 076
mb@jmtrade.com.pl

www.jmtrade.com.pl

możliwości ich wykorzystania. UE natomiast powinna dokonać rewizji dyrektyw i znieść bariery tam, gdzie nie mają one wpływu na bezpieczeństwo i zdrowie konsumentów.

Szymon Dziak-Czekan: Jak wspomniano, spełnienie norm jakościowych do kontaktu z żywnością certyfikuje EFSA. Na ten moment w Polsce są już zakłady z certyfikatem do produkcji rPET. W przypadku innych surowców, w tym poliolefin, trudniej jest zadbać o czystość strumienia, ale trwają prace nad poprawieniem jakości surowców z recyklingu. Recyklat, aby mógł być wykorzystany do produkcji opakowań do kontaktu z żywnością, musi spełniać surowe normy dotyczące składu chemicznego, tak by nie było w nim szkodliwych substancji, które mogłyby przeniknąć do jedzenia i naszych organizmów. Dlatego do wyrobu opakowań do żywności używać można wyłącznie recyklatu powstałego z przetworzenia opakowań wykorzystywanych do pakowania produktów spożywczych. Mówi o tym Rozporządzenie Komisji Europejskiej w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu przeznaczonych do kontaktu z żywnością.

W gospodarce często ekonomia wygrywa z ekologią. Wielu przetwórców tworzyw sztucznych stosuje obecnie materiał pierwotny, nie zaś pochodzący z recyklingu, bo pandemia COVID-19 znacząco obniżyła ceny surowców pierwotnych. Tak niskie poziomy cen ropy naftowej (z której m.in. wytwarza się plastik) ostatnio były notowane w 1988 r. Właśnie dlatego Stowarzyszenie „Polski Recykling” tak ochoczo wspiera rozwiązania prawne, które zmotywują producentów do wykorzystania recyklatów.

Antonio Furfari: Jak już zaznaczyli moi przedmówcy, Unia Europejska posiada przepisy regulujące wykorzystanie tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu w opakowaniach mających kontakt z żywnością. Dodam tylko, że obecnie ok. 32% rPET produkowanego w UE ma zastosowanie w kontakcie z artykułami spożywczymi (zarówno w arkuszach, jak i w butelkach).

W gospodarce najważniejsza jest opłacalność. Wielu przetwórców tworzyw sztucznych stosuje obecnie tańszy materiał pierwotny, a nie ten pochodzący z recyklingu – tak jak klient supermarketu, który zazwyczaj wybiera produkt o niższej cenie. Jak można rozwiązać ten problem?

Robert Szyman: Z pewnością sytuacja związana z pandemią spowodowała poważne problemy na drodze do GOZ ze względu na drastyczny spadek cen surowców pierwotnych oraz zmniejszenie popytu na materiały, wynikające z obniżenia poziomu produkcji gotowych wyrobów z tworzyw sztucznych. Jednakże po tym okresie stan powinien się unormować. Niewątpliwie odpowiedzialnością na kłopoty recyklerów może być sprawnie działający system ROP, gdzie wprowadzający wyrób w opakowaniu na rynek, zgodnie z dyrektywą będzie pokrywał koszty netto zarządzania odpadami. Wobec tego w strumieniach, gdzie odpady przekazywane do recyklera będą miały cenę ujemną, wprowadzający będzie pokrywał także ten koszt. Ten mechanizm pozwoli na uniknięcie takich sytuacji jak w okresie pandemii, a także uruchomi recykling odpadów, na które popyt stale pozostaje na zbyt niskim poziomie, by proces stał się opłacalny.

Szymon Dziak-Czekan: Powinniśmy edukować konsumentów i skłaniać ich do wyborów zgodnych z zasadami GOZ. Przekaz jest prosty: jeśli korzystasz z opakowań, powinny one następnie trafić do recyklingu. Dając nowe życie odpadom, nie obciążamy środowiska, nadal mogąc bez moralnego kaca korzystać z opakowań. Najlepszym rozwiązaniem jest wprowadzenie przepisów obligujących producentów do korzystania z recyklatów w określonej minimalnej ilości. W przypadku braku możliwości

lub chęci zastosowania recyklatów w nowych wyrobach powinna zostać naliczona opłata, która pokryje środowiskowe koszty przetworzenia danego produktu. Analogicznie powinno to wyglądać w przypadku artykułów, które nie nadają się do recyklingu. Producenci są zobowiązani do poniesienia kosztów zagospodarowania odpadów pochodzących z ich wyrobów. Przy obecnym braku przepisów ROP, na razie koszty przenoszone są z wytwórcy na konsumenta i w dużej mierze na środowisko. Odpowiednie regulacje mogą to zmienić.

Antonio Furfari: Kluczem jest oddzielenie ceny recyklatów od ceny tworzyw pierwotnych i zwiększenie wykorzystania surowców pochodzących z recyklingu w szerszym zakresie zastosowań. Używanie materiałów z odzysku przynosi korzyści w zakresie ochrony klimatu i globalnej redukcji emisji gazów cieplarnianych. Dzięki wykorzystaniu tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu można zaoszczędzić od 50% do 80% emisji CO₂. Ten aspekt musi być również brany pod uwagę przy wyborze konkretnego produktu.

Jaka zatem przyszłość rysuje się przed regranulatami?

Robert Szyman: Biorąc pod uwagę obecne tendencje w legislacji UE, zapotrzebowanie na recyklat będzie rosło. Jest to nieodłączna konsekwencja rozpoczętego procesu legislacji UE związanego z GOZ. Można się spodziewać, że poziomy obowiązkowe dla poszczególnych wyrobów z tworzyw sztucznych i opakowań będą na przestrzeni najbliższych lat wprowadzane przez Unię. To, w połączeniu z obowiązkiem wprowadzania na rynek od 2030 r. produktów wyłącznie w opakowaniach w 100% przydatnych do recyklingu, w opłacalny sposób spowoduje coraz wyższe zapotrzebowanie na surowce z odzysku. Niewątpliwie ten proces będzie także dotyczył produktów również innych branż jak B&C, czy odzieżowej. Ze względu na niskie poziomy odzysku w tych obszarach, UE rozpoczęła już stosowne prace.

Antonio Furfari: GOZ i utrzymywanie zasobów w cyklu to wizja UE. W związku z tym gospodarka o obiegu zamkniętym nie będzie funkcjonować bez recyklingu tworzyw sztucznych. Chociaż nadal istnieją pewne przeszkody i wyzwania, należy się nimi bezzwłocznie zająć, jak to chociażby pokazała sytuacja związana z COVID-19. Niezbędne są działania na poziomie UE, które pomogą zwiększyć wykorzystanie recyklatów i ustanowić standardy dla prawdziwego rynku odzysku tworzyw sztucznych.

Szymon Dziak-Czekan: W najbliższych latach i dekadach większość wytwórców będzie przechodziła na produkcję w 100% z recyklingu. Przy 13 mln ton odpadów komunalnych rocznie nieodpowiedzialne jest bazowanie na materiałach pierwotnych. Surowce kopalne rzeczywiście nadal są, ale kiedyś się wyczerpią. Dane pokazują, że 70% aktualnych złóż ropy naftowej powstało w erze dinozaurów, czyli mezozoicznej (66–252 mln lat temu), 20% w powstało w erze kenozoicznej (65 mln lat temu), a 10% w erze paleozoicznej, czyli nawet 500 mln lat temu. Warto patrzeć na świat z szerszej perspektywy. Dlaczego mamy w ciągu 1 wieku wykorzystać zasoby, które tworzyły się kilkaset milionów lat? Dzisiejszy stan ekologii wskazuje na to, że nasze pokolenie zostanie zapamiętane jako twórcy rzeczywistości wirtualnej i niszczyciele rzeczywistości realnej, czyli środowiska, w którym żyjemy. Pomimo że brzmi to górnolotnie, są to jedyne fakty, które zostaną opisane przez historyków. GOZ zaś może zostać zapamiętana jako idea, która ocaliła ludzkość, a recykling jest jej fundamentem.

Źródło: www.plastecho.com



Zakupimy każdą ilość folii transparent oraz kolor, (LDPE i LLDPE) w ilościach całopojazdowych.

Możliwość dostawy własnym lub naszym transportem.

Jesteśmy zainteresowani stałą, stabilną i długoterminową współpracą oczekując w zamian systematycznych dostaw przy niezmiennej jakości surowca.

Zapewniamy terminowe płatności.

Opis frakcji odnosi się do surowca zbelowanego, od dostawców przemysłowych/korporacyjnych.

Fracje folii LDPE/LLDPE muszą być wolne od folii obcych jak, np.: PCV, PA, PP folii wielomateriałowych oraz zanieczyszczeń środkami chemicznymi, organicznymi lub olejami.

Piotr Gruszczyński

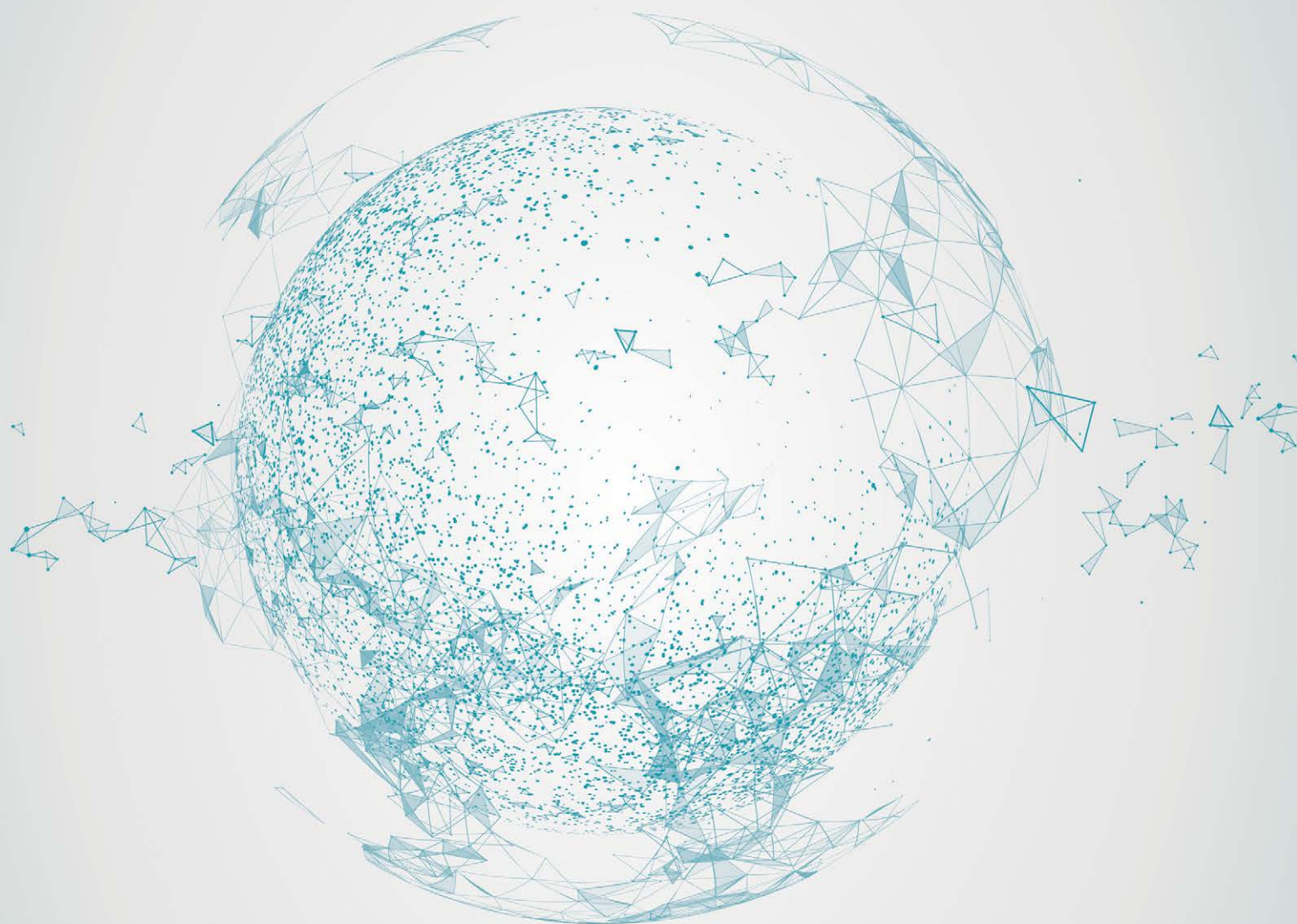
Kierownik ds. zakupu i sprzedaży

tel. 530 343 340

e-mail: p.gruszczyński@sinoma.pl



tworzywa.pl



NIE MA

BEZ

ŚWIATA

TWORZYW

Zautomatyzowany system recyklingu mechanicznego

Jacek Domińczuk

W pracy przedstawiono informacje na temat metod odzyskiwania materiałów z wadliwych wyrobów powstałych w trakcie procesów technologicznych. Szczególną uwagę zwrócono na recykling materiałowy, który z powodzeniem może być realizowany w przedsiębiorstwie produkcyjnym po zastosowaniu mechanicznych układów separujących. Zaprezentowano analizę możliwości automatyzacji procesów odzyskiwania surowców w celu powtórnego ich wykorzystania w produkcji na przykładzie produktów systemu paliwowego pojazdu wraz z analizą jego efektywności. Zaprezentowano innowacyjne zautomatyzowane rozwiązanie separacji mechanicznej służące obniżeniu kosztów produkcji regranulatu.

Propagowana obecnie strategia zrównoważonego rozwoju, która ma na celu spowolnienie procesu wyczerpywania się zasobów surowcowych i energetycznych oraz nieodwracalnych zmian w środowisku naturalnym Ziemi zakłada wykorzystanie dwóch docelowych modeli rozwoju cywilizacji człowieka. Pierwszy z nich to zamknięty układ wytwarzania i konsumpcji dóbr, wymieniający z otoczeniem tylko energię. W tym systemie wszystkie dobra konsumpcyjne są wykonane z materiałów, które po zakończeniu ich cyklu życia mogą zostać poddane powtórnemu przetworzeniu. Drugi model to układ, w którym wszystkie materiały konstrukcyjne są pochodzenia odnawialnego i degradowane przez naturę [1]. Wymienione modele wydają się być nierealne, zawierają jednak elementy, które muszą być uwzględnione podczas tworzenia strategii rozwoju współczesnego świata. Najważniejsze z nich to:

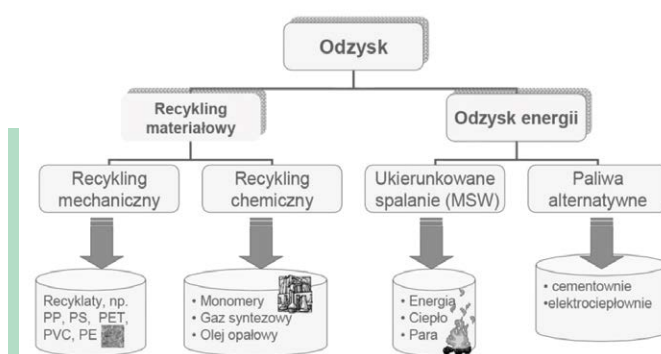
- konieczność zwiększania udziału źródeł odnawialnych w pozyskiwaniu surowców i nośników energii, nie tylko w celu oszczędzania dotychczasowych źródeł nieodnawialnych i ograniczenia zniszczeń w środowisku naturalnym, ale także w celu uzupełnienia coraz bardziej niekorzystnego bilansu energetycznego;
- dążenie do wielokrotnego wykorzystania materiałów i energii;
- oszczędzanie surowców i energii szczególnie poprzez wytwarzanie dóbr o dużej trwałości.

Z przyczyn ekonomicznych oraz z powodu dbałości o środowisko naturalne dąży się do osiągnięcia jak największego poziomu odzysku surowców z tworzyw sztucznych [2]. Jest to możliwe do zrealizowania na kilka sposobów (rys. 1), najczęściej stosowane to:

- recykling materiałowy;
- odzysk energii.

Recykling mechaniczny polega najczęściej na rozdrobnieniu zużytych tworzyw sztucznych do postaci regranulatu lub recyklatu nadających się do ponownego przetworzenia. Struktura chemiczna tworzywa pozostaje niemal niezmienną. Skrócone łańcuchy polimerów pozwalają na zastosowanie regranulatu zmieszanego z surowcem pierwotnym jako pełnowartościowego materiału do produkcji nowych wyrobów.

Recykling chemiczny (surowcowy) oznacza rozkład tworzywa pod wpływem temperatury lub w następstwie reakcji chemicznej na składniki podstawowe, z których powstaje tworzywo. Otrzymane w ten sposób substancje chemiczne to przede wszystkim ciekłe węglowodory lub gazy, z których następnie można wyprodukować nowe tworzywa lub inne surowce chemiczne. Recykling surowcowy to rozwiązanie w przypadku zmieszanych różnych



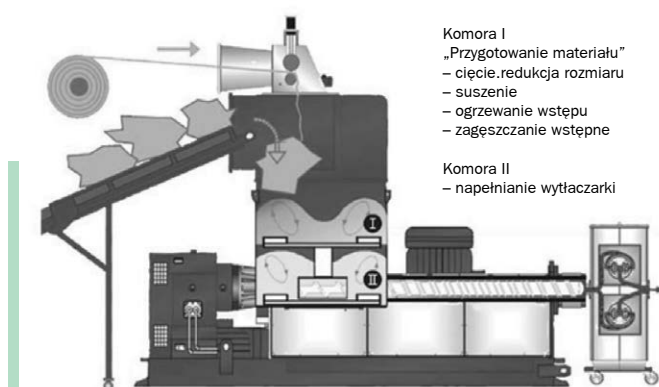
Rys. 1. Schemat technologii odzysku tworzyw sztucznych

rodzajów tworzyw lub odpadów zanieczyszczonych innymi substancjami.

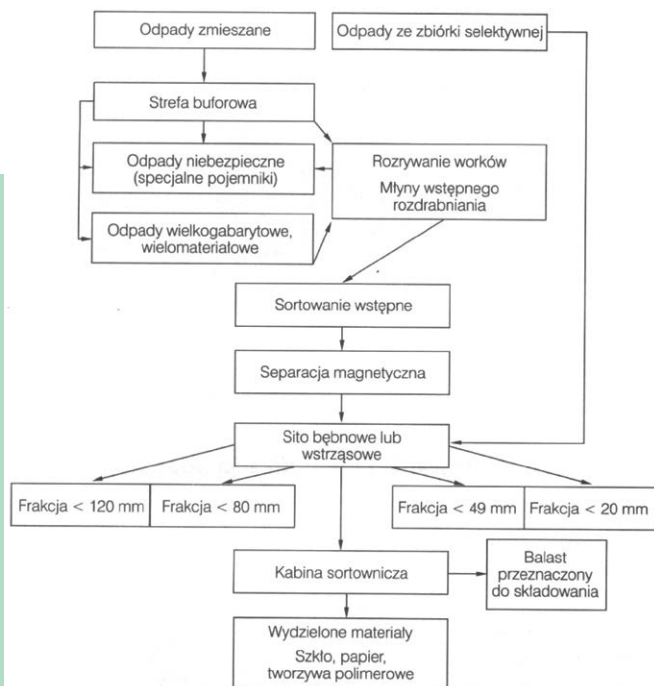
Odzysk energii oznacza spalanie odpadów z tworzyw sztucznych z równoczesnym produkowaniem energii, którą można wykorzystać w produkcji ciepła czy energii elektrycznej albo w innych procesach technologicznych wymagających dużej ilości ciepła. Odzysk energii stosuje się głównie dla bardzo zanieczyszczonych odpadów z tworzyw sztucznych.

RECYKLING MECHANICZNY

W wyniku procesu recyklingu materiałowego, którego schemat przedstawiono na rys. 2, powstają rozdrobnione do niewielkich rozmiarów cząstki, które w zależności od potrzeb są czyszczone i rozdzielane na różne frakcje. Tak rozdrobniony i posortowany materiał nosi nazwę regranulatu.



Rys. 2. Schemat procesu wytwarzania regranulatu



Rys. 3. Schemat sortowania odpadów [1]

Warunkiem prowadzenia recyklingu mechanicznego jest zachowanie czystości i jednorodności tworzywa wchodzącego do procesu. Przykładem takiego procesu jest recykling zużytych butelek, folii przemysłowych czy ram okiennych. Warunkiem opłacalności tego typu procesu jest stosowanie właściwej selekcji odpadów tak, aby całkowite nakłady poniesione na proces odzysku były niższe od kosztów zakupu lub wytworzenia nowej partii tworzywa.

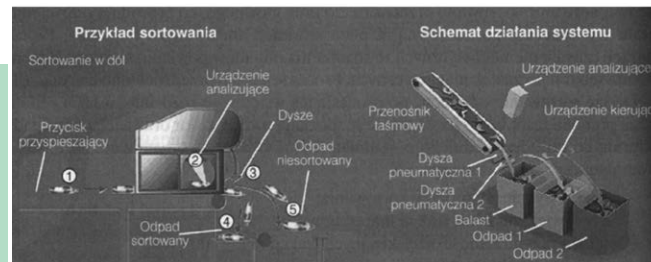
Sortowanie i identyfikacja odpadów jest najważniejszym etapem w procesie utylizacji i od jej efektów zależy ilość materiałów nadających się do recyklingu oraz przeznaczonych do składowania. Ogólny proces sortowania przedstawiono na schemacie (rys. 3).

Ważnym problemem w procesie sortowania jest usunięcie ze strumienia odpadów wszelkiego rodzaju wyrobów metali żelaznych i nieżelaznych. W pierwszym etapie usuwa się z wszystkie wyroby z metali żelaznych. W tym celu stosuje się separatory magnetyczne. Działanie separatorów jest oparte na wykorzystaniu właściwości magnetycznych materiałów. Urządzenia te są stosowane do wychwytywania cząstek o wielkości poniżej 5 mm, przy czym w zależności od miejsca zainstalowania urządzenia istnieje możliwość wychwytywania także mniejszych cząstek.

Separatory metali nieżelaznych są przeznaczone do oddzielenia ze strumienia odpadów takich metali jak: aluminium, miedź, ołów i cynk. Separacja tych metali odbywa się za pośrednictwem prądów wirowych wytworzonych w metalu przez pole magnetyczne wirujące z dużą prędkością. Prądy wirowe indukują w metalu nieżelaznym pole magnetyczne skierowane przeciwnie do pola głównego, co powoduje odpychanie metalu i wyrzucenie go na zewnątrz poza strumień sortowanych odpadów.

Dalsze sortowanie odpadów, po procesie ich wstępnego rozdziału, można prowadzić za pomocą zespołu urządzeń, które rozpoznają rodzaj, kolor oraz wielkość odpadu i skierują go do odpowiedniego pojemnika. Do podstawowych zalet sortowania automatycznego można zaliczyć:

- większą wydajność procesu sortowania;
- odzysk większej ilości frakcji materiałowych;
- większą powtarzalność odzyskiwanych frakcji materiałowych;
- niższy koszt eksploatacji;



Rys. 4. Schemat procesu sortowania automatycznego [1]

- większe bezpieczeństwo pracy związane z brakiem bezpośredniego kontaktu pracownika z sortowanym odpadem.

W procesie sortowania ręcznego jakość oraz ilość odzyskiwanych materiałów zależy od pracy osób sortujących. Natomiast wydajność procesu sortowania automatycznego uzależniona jest od prędkości transportera, wstępnego przygotowania odpadów, rozmieszczenia odpadów na taśmie, szybkości procesu rozpoznania i usuwania odpadu [3]. Schemat działania systemu sortowania automatycznego zilustrowano na rys. 4.

Proces zautomatyzowanego sortowania na ogół obejmuje [4]:

- przygotowanie odpadów;
- podział na frakcje;
- separację metali żelaznych i nieżelaznych;
- separację pneumatyczną polegającą na odsysaniu lekkich frakcji;
- separację balistyczną;
- sortowanie według rodzaju odpadu w podcierwieniu.

W procesie sortowania odpadów ważnym etapem jest ich identyfikacja [5]. Większość opisanych w literaturze metod nie znalazła jednak zastosowania z uwagi na duże koszty ich wdrożenia. To powoduje, że nadal poszukuje się metod separacji, których zastosowanie będzie opłacalne dla danych rodzajów odpadu.

PROCESY RECYKLINGU W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM

W przedsiębiorstwach przemysłowych występuje szereg odpadów. Jednym z nich są odpady powstałe wskutek wykrycia wad w produkowanych wyrobach i konieczności utylizacji produktu. Wzrost produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych wymusza konieczność podejmowania określonych działań zmierzających do jak największego wykorzystania odpadów produkcyjnych w procesie tworzenia nowych wyrobów [6].

Jak wynika z przedstawionej analizy (rys. 5) zużycia tworzyw przez poszczególne sektory gospodarki, znaczący udział przypada na przemysł motoryzacyjny. Należy tu zauważyć, że w przypadku przemysłu motoryzacyjnego szereg części jest projektowanych tak, aby zapewnić możliwość ich recyklingu.

W ramach prac rozwojowych badaniom poddano możliwość podania recyklingowi systemów paliwowych pojazdów w tym zbiorników paliwa. Głównym problemem utrudniającym stosowanie zautomatyzowanych procesów technologicznych recyklingu jest gabaryt tych elementów, szczególnie zbiorników i ich złożona budowa. Generalnie można przyjąć, że z uwagi na wielkość, tego typu elementy należy rozdrobnić. W procesie rozdrabniania stosuje się:

- młyny do odpadów;
- urządzenia rozdrabniające i aglomerujące.

Istotny wpływ na sposób rozdrabniania ma postać odpadu, ilość, rodzaj materiału, jego cechy fizyczne, takie jak: sztywność, kruchość, elastyczność oraz dalsze przeznaczenie.

W przypadku branży przemysłu motoryzacyjnego związanego z wytwarzaniem systemów paliwowych najczęściej stosowanym

materiałem jest polietylen (PE-HD) [8]. Polietylen jest giętki, woskowy, przezroczysty, termoplastyczny. Traci elastyczność pod wpływem światła słonecznego i wilgoci [9].

Podczas produkcji systemów paliwowych wykorzystuje się polietylen PEHD, przy czym do produkcji korpusu zbiornika wykorzystuje się technologię wielowarstwową w celu polepszenia właściwości wyrobu.

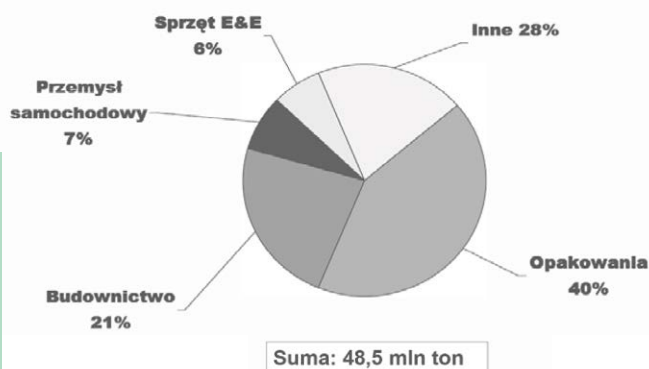
W skład warstwy zbiornika wchodzi:

- C: zewnętrzna warstwa PE-HD,
- A: warstwa regranulatu,
- D: zewnętrzna warstwa adhezyjna,
- F: EVOH,
- E: wewnętrzna warstwa adhezyjna,
- B: wewnętrzna warstwa PE-HD.

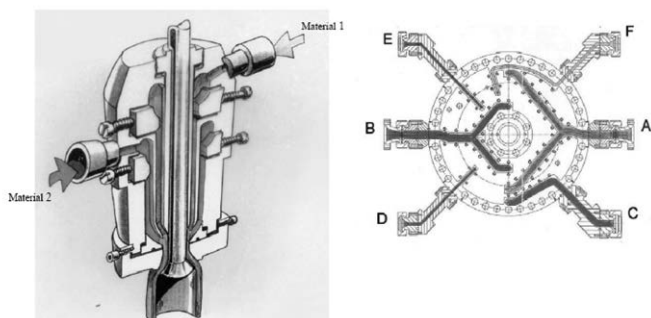
Schemat głowicy do współwytłaczania wyrobów o takiej strukturze przedstawiono na rys. 6.

Komponenty przyłączane do elementu bazowego wykonane są najczęściej z jednolitego polietylenu, przy czym w wielu przypadkach w ich skład wchodzi metalowe elementy. W wyniku procesu wytłaczania i procesów obróbki w tym zgrzewania powstają półprodukty systemu paliwowego.

Wykorzystanie do produkcji zbiornika regranulatu sprawia, że przedsiębiorstwa chętnie stosują własne linie produkcji tego surowca. Technologia wytwarzania regranulatu jest oryginalna ze względu na zastosowane rozwiązania techniczne i technologiczne, które podwyższają jakość granulatu, można go traktować jako pełnowartościowy produkt nadający się do przetwórstwa konwencjonalnymi technikami przetwórstwa (wtryskiwanie i wytłaczanie) – regranulat jest pozbawiony zanieczyszczeń mechanicznych, jak również wtrąceń gazów w postaci pęcherzy. Aby móc osiągnąć odpowiedni produkt, niezbędne jest usunięcie z wykorzystywanych do jego produkcji odpadów



Rys. 5. Zużycie tworzyw sztucznych w sektorach gospodarki [7]



Rys. 6. Schemat głowicy do współwytłaczania sześciu warstw polimeru

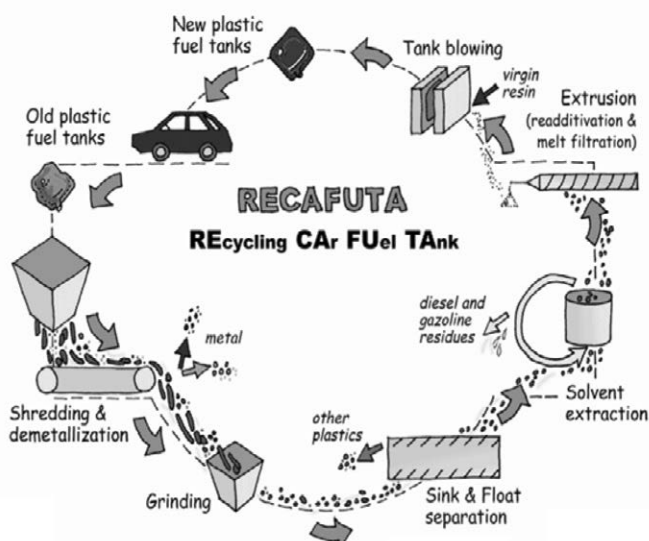
metalu i innych substancji zgodnie z przedstawionym na rys. 7 schematem.

W celu wytworzenia regranulatu z materiałów odpadowych, w tym z wadliwych produktów, niezbędne jest zastosowanie linii produkcyjnej zaprezentowanej na rys. 8. Koszt zakupu i eksploatacji dla przedsiębiorstw wytwórczych jest najczęściej zbyt duży w stosunku do osiągniętych korzyści, dlatego też takie linie stosują wyłącznie przedsiębiorstwa zajmujące się wyłącznie recyklingiem i wytwarzaniem regranulatu.

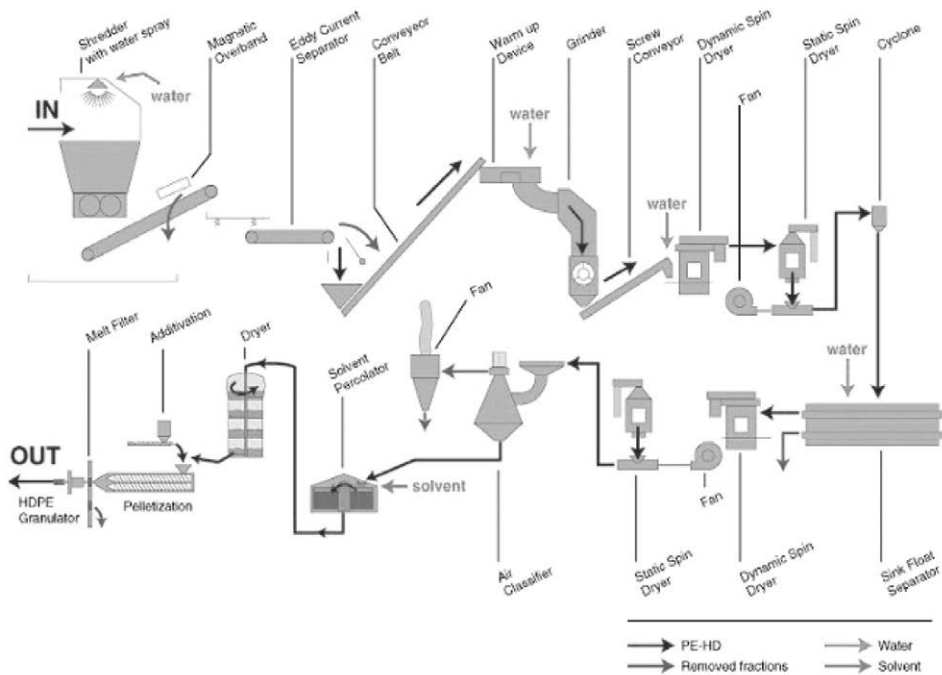
Dla potrzeb przedsiębiorstwa zajmującego się wytwarzaniem wyrobów z tworzyw sztucznych potrzebne są tańsze i prostsze rozwiązania. Takim rozwiązaniem jest zastosowanie ręcznej separacji materiałowej. Takie podejście gwarantuje otrzymanie jednolitego i czystego materiału wejściowego, który po przemienieniu jest pełnowartościowym regranulatem. Pozostała część surowca stanowiąca mieszaninę polietylenu metalu i innych surowców przekazywana jest do firm posiadających odpowiednie wyposażenie pozwalające na ich rozdzielenie. Niestety operacja rozdzielania ręcznego jest czasochłonna i niebezpieczna dla pracowników. Wiąże się ona z wykorzystaniem do tego procesu narzędzi mechanicznych, a w wyniku ich działania powstaje pył, przed którym muszą być chronieni pracownicy.

Do poprawy opłacalności odzyskiwania tworzyw termoplastycznych, a tym samym wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw zajmujących się ich wytwarzaniem, niezbędne jest stosowanie prostych i tanich rozwiązań, które pozwolą przedsiębiorstwom na samodzielne odzyskiwanie surowców. Dotychczas bardzo często tego typu prace były realizowane ręcznie, co nie zawsze dawało możliwość znacznego obniżenia kosztów wytwarzania. Tego typu rozwiązanie może być stosowane wówczas, gdy dotyczy to małych ilości surowców, a koszty ich składowania i transportu do przedsiębiorstw utylizujących są duże. W przypadku polietylenu, a szczególnie wytwarzania polietylenu z dodatkiem regranulatu, zalecane jest stosowanie zautomatyzowanych układów umożliwiających bezpośredni odzysk części surowca, który po przemienieniu wprowadzany jest ponownie do produkcji. Schemat takiego cyklu przedstawia rys. 9.

W oparciu o przeprowadzoną analizę efektywności i kosztów należy stwierdzić, że w obecnym czasie najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie w systemach produkcyjnych robotów przemysłowych [10]. Na rys. 10 przedstawiono przykładową



Rys. 7. Schemat odzysku tworzyw termoplastycznych z systemów paliwowych pojazdów



Rys. 8. Schemat procesu technologicznego recyklingu zbiorników paliwa

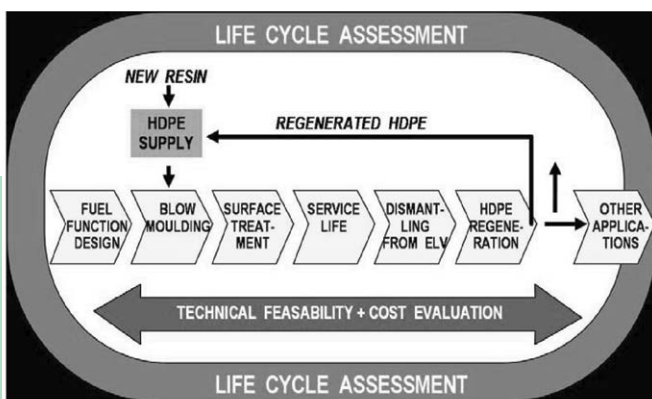
aplikację robotów przemysłowych do rozdzielania elementów zawierających inne materiały od polietylenowego korpusu. Zastosowanie w prezentowanym rozwiązaniu dwóch robotów jest związane z wielkością zbiorników paliwa. Przy czym w zależności od gabarytów i wymaganej wydajności może być stosowany jeden robot lub robot umieszczony na szynie prowadzącej, co znacząco zwiększa zakres jego działania. Roboty te należy wyposażać w głowice robocze. Na rys. 11. przedstawiono głowicę, którą można wykorzystać w przypadku separacji materiałowej w produktach wielkogabarytowych.

Prezentowane na rys. 10. rozwiązanie umożliwia poddawanie obróbce zbiorników różnych typów, co sprawia, że stanowisko jest funkcjonalne i elastyczne. W obszarze roboczym robotów można umieścić zbiorniki o dowolnej geometrii, a w przypadku konieczności ich obróbki w czwartej osi możliwe jest zastosowanie stołu obrotowego zapewniającego obrót zbiornika w osi poziomej lub pionowej. Wybór ostatecznego rozwiązania zależy od złożoności problemu, jaki występuje w procesie obróbki. Należy tu zauważyć, że możliwy jest również proces automatyzacji demontażu gabarytowo małych wyrobów, istnieją bowiem techniczne możliwości zastosowania handlowych układów, które mogą zostać wykorzystane do prezentowanego rozwiązania.

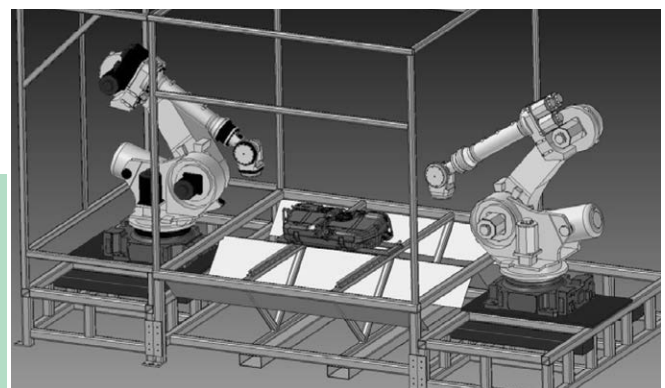
PODSUMOWANIE

Procesy odzysku tworzyw sztucznych stosowanych przez przedsiębiorstwa są opłacalne wyłącznie wtedy, kiedy koszt ich pozyskania jest niższy od kosztów zakupu nowych surowców. Obecnie obowiązujące strategie w dziedzinie gospodarowania zasobami wskazują konieczność pozyskiwania jak największej ilości materiałów z odzysku. To powoduje, że przedsiębiorstwa szukają możliwości stosowania technologii, które nie wpłyną na cenę produktu, podwyższając ją, ale pozwolą na jej obniżenie. Jednym z takich rozwiązań jest proponowane w opracowaniu stosowanie uproszczonych technologii pozyskiwania surowców dla własnych potrzeb przetwórczych, w tym produkowania regranulatów. Nowe innowacyjne podejście daje możliwość rozwoju przedsiębiorstwa poprzez obniżenie kosztów wytwarzania oraz zmniejszenie zaangażowania pracy ludzkiej w niebezpiecznych dla środowiska operacjach. Stosowanie elastycznych systemów wytwarzania, w tym pozyskiwania surowców, wydaje się być właściwym kierunkiem rozwoju.

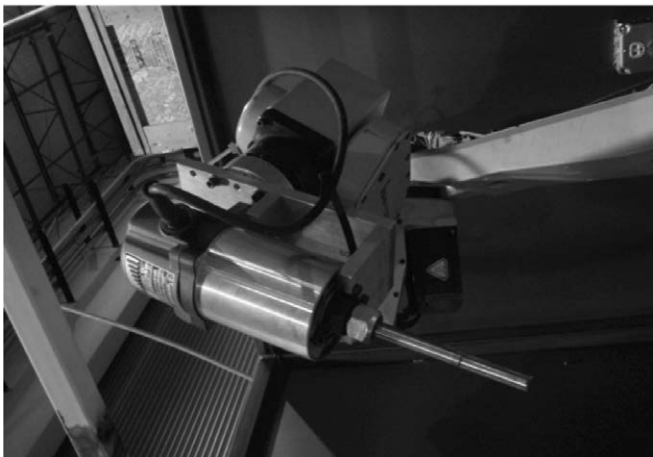
Procesy recyklingu prezentowane w opracowaniu znacząco różnią się od informacji literaturowych poświęconych automatyzacji procesu [12]. Dotyczą bowiem separacji materiałów połączonych nierozłącznie, dla których tradycyjne metody demontażu nie mają zastosowania. Należy tu też zauważyć, że zastosowa-



Rys. 9. Schemat życia produktu w przedsiębiorstwie



Rys. 10. Przykładowa aplikacja robotów przemysłowych do procesu recyklingu



Rys. 11. Głowica robocza przystosowana do pracy z robotem

nie nowego rozwiązania pozwala na znaczące skrócenie czasu realizacji procesu, który dla zbiorników paliwa będzie możliwy do wykonania w ok. 60 s. (czas realizacji zależy od złożoności procesu, jaki musi być przeprowadzony), obecnie jest trzykrotnie dłuższy. Połączenie nowych technologii produkcyjnych z ekologią w prezentowanym rozwiązaniu pozwoli przedsiębiorstwom zajmującym się przetwórstwem tworzyw na osiągnięcie dodatkowych korzyści.

LITERATURA

[1] J. Kijeński, A.K. Błędzik, R. Jeziórska: Odzysk i recykling materiałów polimerowych. PWN SA, Warszawa 2011.

[2] P. Wójcik: Odzysk odpadów z tworzyw sztucznych. Odpady i Środowisko, Nr 4/2011-15.

[3] A.K. Błędzki: (red): Recykling materiałów polimerowych. WNT, Warszawa, 1997.

[4] J. Brandrup, M. Brittner, G. Menges, W. Muchaeli: Recykling and Recovery of Plastics. Hanser Publishers, Munich, 1996.

[5] J. Scheirs, W. Kaminsky: Feedstock Recycling and pyrolysis of waste plastics. John Wiley & Sons, Ltd 2006.

[6] Cz. Rusik-Dulewka: Aktualny stan gospodarki odpadami w Polsce i perspektywy zmian. Materiały konferencyjne II Ogólnopolskiego Kongresu Inżynierii Środowiska, tom 3.

[7] Plastic Europe Market Research Group (PEMRG), 2008.

[8] R. Sikora: Wprowadzenie do przetwórstwa tworzyw polimerowych - projekt leksykonu naukowo-technicznego. Wydawnictwo Wadim Plast Sp.J., Lublin 2002.

[9] J.F. Rabek, M. Marciniak: Współczesna wiedza o polimerach. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.

[10] J. Honczarenko: Roboty przemysłowe. WNT, Warszawa 2010.

[11] J. Szalatkiewicz: Zrobotyzowany demontaż odpadów zużytego sprzętu elektrycznego elektronicznego w celu odzysku surowców. Pomiary Automatyka Robotyka, 2011.

Artykuł został zamieszczony w publikacji pt. „Technologie informacyjne w technice i kształceniu”, wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2013, s. 116-127.

dr inż. Jacek Domińczuk

Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

REKLAMA



Rok założenia 1990

W ofercie między innymi linie i systemy do recyklingu:

- folii;
- rur PP i PE;
- miedzi;
- tworzyw;
- inne.

Sprawdzony producent z Chin.
Specjalizuje się w budowie linii i systemów do szeroko pojętego recyklingu, w Polsce znany z solidnych kruszarek i młynów.



P&F WARTACZ
P.H.U. Paweł Wartacz
filip.wartacz@wartacz.com.pl, biuro@wartacz.com.pl

ul. Kościerzyńska 21-23, 51-416 Wrocław
tel. +48 71 325 50 65, fax: +48 71 325 18 33

www.wartacz.com.pl

Urządzenia do recyklingu w ofercie ELBi-Wrocław



WANNER Technik GmbH produkuje znane i niezawodne młyny wraz z kompletnym wyposażeniem.

Wieloletnie doświadczenie w ich produkcji gwarantuje najwyższą jakość pracy oraz łatwą i szybką obsługę. Młynki produkowane w kilku seriach różniących się wielkością i wydajnością doskonale wpisują się w potrzeby przetwórców tworzyw sztucznych. Najmniejsze młynki z serii **BABY** mają komorę tnącą o wymiarach jedynie 80 x 100 mm i moc 0,75 kW. Na drugim biegunie znajduje się seria **ENERGY** z młynami o mocach do 30 kW i komorach mielących o wymiarach 450 x 800 mm.

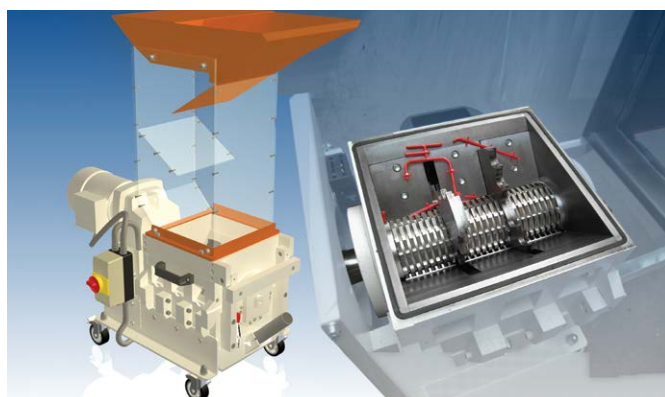
Pozostałe serie: **COMPACT**, **DYNAMIC** oraz **X-tra** zapewniają idealne dopasowanie dla pośrednich wielkości młynów.

Małe i średnie młynki pracujące bezpośrednio przy wtryskarkach dostępne są również w wyposażeniu **GREEN LINE**, gdzie pracą młynka steruje regulowany układ czasowy lub sygnał wystawiany przez maszynę. Młynki nie pracują cały czas, a jedynie wtedy, gdy jest to potrzebne. Układ ten pozwala na oszczędność nawet do 50% energii elektrycznej w zależności od parametrów aplikacji.

Wszystkie młyny mogą być wyposażone w automatyczne systemy odbioru przemiału.

Dodatkowo dla bardziej wymagających aplikacji można stosować zintegrowane lub zewnętrzne jednostki odpylające z regulacją separowanej frakcji. Odpylony przemiał jest łatwiejszy w przetwarzaniu i podnosi wydajność oraz jakość produkcji.

Procesy przetwórcze, które nie pozwalają na stosowanie przemiału, również nie wykluczają powtórnego wykorzystania surowca dzięki zastosowaniu kompletnej i kompaktowej linii regranulacji. Uzyskany w procesie wyłaczania regranulat jest zbliżony parametrami do tworzyw oryginalnych i może stanowić dla nich atrakcyjną i opłacalną alternatywę.



REINBOLD Entsorgungstechnik GmbH od niemal 30 lat produkuje rozwiązania z zakresu recyklingu.

Specjalnością są urządzenia rozdrabniające. W ofercie szeroka gama urządzeń składająca się z jedno- lub czterowalowymi rozdrabniarkami oraz rozdrabniarkami poziomymi.

Już najmniejsze z urządzeń **AZR 600** zapewnia dużą wydajność dzięki komorze tnącej 600 x 800 mm i szybkiemu hydraulicznemu popychaczowi. Lej zasypowy o pojemności 0,6 m³ pozwala na łatwy załadunek mielonych elementów.

Pełna gama zawiera 9 wielkości urządzeń. Największe z nich posiada imponującą komorę tnącą o wymiarach 2000 x 1500 mm, z komorą zasypową o pojemności 3 m³.

Rozdrabniarki pozwalają na łatwą zmianę ciętej frakcji poprzez wymianę sit dostępnych z otworami od 10 do 40 mm.

Szczególnym rozwiązaniem oferowanym przez **REINBOLD** jest stosowanie okrągłych noży. Zapewniają one większą długość krawędzi tnących w porównaniu z tradycyjnymi nożami.

Okrągłe noże rotora o średnicach od 30 do 60 mm redukują koszty eksploatacji, ponieważ mogą być montowane w 4 pozycjach na każdej z 2 stron, co łącznie zapewnia ich 8-krotne wykorzystanie.

Odpowiednio dobrana moc napędów w zakresie od 15 do 90 kW zapewnia efektywne cięcie odpowiednie do wybranych aplikacji.



EIBi-Wrocław
ul. Muchoborska 4a, 54-424 Wrocław
tel. 48 71 333 00 33
elbi@elbi.com.pl, www.elbi.com.pl



BABY
do najmniejszych wlewków



COMPACT
stanowiskowe, do wielu zastosowań



DYNAMIC
uniwersalne i niezawodne



ENERGY
wydajne i wytrzymałe



X-tra
kompaktowe łamacze



WANNER
Wanner Technik GmbH



Reinbold
Entsorgungstechnik



PEPSICO do końca 2021 wprowadzi butelki 100% rPET

Nasza firma w samym tylko 2021 roku zainwestuje 3,6 mln USD oraz 8 mln USD w każdym kolejnym roku na pozyskanie przetworzonego plastiku (rPET), który umożliwi produkcję w Polsce wszystkich butelek napojów Pepsi oraz Mirinda z surowca zawierającego tworzywo w 100% pochodzące z recyklingu. To kolejny ważny krok do realizacji wizji świata PepsiCo, w którym plastik nigdy nie stanie się odpadem – w lecie 2020 roku firma wprowadziła do obiegu butelki herbaty mrożonej Lipton Ice Tea w 100% wykonane z rPET. Efektem wprowadzanych zmian będzie ograniczenie emisji gazów cieplarnianych średnio o 40%.

PepsiCo od lat realizuje działania zmierzające do stworzenia bardziej zrównoważonego systemu żywnościowego w ramach szerszej wizji firmy na rzecz przyspieszonego, lecz zrównoważonego rozwoju. W ramach tej strategii PepsiCo dąży do uzyskiwania lepszych wyników przy uwzględnieniu celów społecznych i środowiskowych, wspierając w ten sposób zrównoważone inicjatywy na rzecz ludzi i środowiska. Dążąc do całkowitego wyeliminowania z produkcji opakowań powstałych na bazie paliw kopalnych do roku 2030, PepsiCo zamierza wyznaczać kierunki działań na drodze do tzw. zielonej odbudowy świata oraz stworzenia gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ).

– Przyjęliśmy zobowiązanie, aby bezzwłocznie stawić czoła wyzwaniu, jakie stawia przed nami zanieczyszczenie plastikiem. Nasze działania w tym obszarze na terenie Europy zaczynamy od dziewięciu rynków, w tym Polski, a naszym celem jest produkcja napojów w butelkach zawierających 100% plastiku pochodzącego z recyklingu – rPET. W ten sposób chcemy ograniczyć do minimum wykorzystanie surowca pierwotnego, produkowanego na bazie paliw kopalnych. W miarę możliwości zamierzamy podążać tą drogą dalej i szybciej także na innych rynkach europejskich – powiedział Silviu Popovici, prezes PepsiCo na Europę. – Kluczem do powodzenia naszego przedsięwzięcia jest współpraca między wszystkimi interesariuszami na rynku wspólnotowym. Projektujemy opakowania, które nadają się do ponownego przetworzenia, redukujemy ilość stosowanych opakowań, a także ułatwiamy recykling konsumentom. Współpracując z rządami krajów oraz podmiotami z branży przetwórstwa surowcowego, dążymy do tego, aby możliwa była zbiórka jeszcze większej ilości butelek z tworzyw sztucznych, co pozwoli zrealizować naszą wizję świata, w której plastik nigdy nie musiał stać się odpadem. Każdy może i powinien odegrać swoją rolę w rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego – dodał Silviu Popovici.

– Wprowadzenie 100% rPET do produkcji butelek plastikowych naszych flagowych napojów, takich jak Pepsi, Mirinda czy Lipton Ice Tea to prawdziwie przełomowa decyzja. W PepsiCo kładziemy szczególny nacisk na zaangażowanie firmy w realizację celów, które pozwalają wdrażać zmiany prowadzące do zapewnienia lepszego jutra dla wszystkich mieszkańców planety – powiedział Michał Jaszczuk, prezes PepsiCo Polska. – Bardzo zależy nam na tym, aby nasze zobowiązania stały się inspiracją dla innych podmiotów rynkowych oraz konsumentów. Liczymy, że dzięki temu angażować się oni będą w inicjatywy na rzecz zrównoważonego rozwoju oraz budowy gospodarki obiegu zamkniętego,



w tym poprzez promowanie prawidłowej segregacji odpadów. Głęboko wierzymy, że nasza aktywność w tym obszarze to odpowiednie działanie na rzecz przyszłości naszej planety – dodał Michał Jaszczuk.

W Polsce PepsiCo wraz z innymi podmiotami z branży bierze udział m.in. w programie „Działaj z impETem”, prowadzonym przez organizację Rekopol, zajmującą się recyklingiem opakowań. Celem programu jest edukacja dzieci i młodzieży w zakresie odpowiedniego segregowania odpadów, tak aby zwiększyć ilość odzyskiwanego materiału i zmniejszyć emisję CO₂. W minionym roku projekt przyczynił się do wzrostu recyklingu butelek PET o 30%, a działania edukacyjne objęły 120 tys. dzieci oraz 2000 szkół.

Mimo iż recykling jest ważnym procesem w dążeniu do rozwiązania wyzwania związanego z odpadami plastikowymi, globalny producent napojów i żywności postrzega to działanie jako jeden z elementów całości. Oparta na trzech filarach strategia PepsiCo w tym obszarze obejmuje ponadto wdrażanie innowacyjnych rozwiązań zmierzających do ograniczania ilości plastiku stosowanego w funkcjonowaniu firmy, a także poszukiwanie sposobów tworzenia nowych koncepcji opakowań. Obejmuje to m.in. badania nad opracowaniem nowych materiałów, takich jak powstała we współpracy z konsorcjum Pulpex pierwsza na świecie butelka z papieru w pełni nadająca się do ponownego przetworzenia, czy rozwój oferty produktów wielokrotnego użytku, takich jak SodaStream, dzięki której według szacunków możliwe będzie wyeliminowanie z obrotu 67 miliardów plastikowych butelek jednorazowego użytku.

Źródło: pepsicopoland.com

Właściwości mechaniczne mieszanin PC/PA 6.6 otrzymanych z recyklatów

Wojciech H. Bednarek, Marek Szostak, Dominik Pauksza, Aleksandra Gireń

W związku z powszechnym zastosowaniem poliwęglanu oraz poliamidu 6.6 zasadne jest rozwijanie technologii recyklingu tych tworzyw. W ramach niniejszej pracy otrzymano mieszaniny polimerowe PC/PA 6.6 o różnej zawartości każdego z polimerów; z granulatów handlowych oraz recyklatów. Porównano właściwości mechaniczne mieszanin. Właściwości wytrzymałościowe mieszaniny PC/PA6.6 poddanej recyklingowi są zbliżone do właściwości mieszaniny PC/PA6.6 otrzymanej z granulatów handlowych. Materiały wytworzone z poliamidu oraz poliwęglanu poddane recyklingowi mogą być stosowane zamiennie z materiałami wytworzonymi z poliamidu oraz poliwęglanu niepoddanych powtórnemu przetworzeniu. Najmniej zadowalające właściwości użytkowe wykazała mieszanina zawierająca 50% wag. PC oraz 50% wag. PA 6.6.

Materiały polimerowe mają wiele zalet, które przyczyniły się do powszechnego użytku tworzyw sztucznych w działalności człowieka. Stosowanie polimerów w technologii materiałów nakłada na projektantów i użytkowników obowiązek rozsądnego zagospodarowania odpadów z tworzyw wielkocząsteczkowych. Powinno to skłaniać do intensywnego ulepszania znanych już technik recyklingu materiałowego wspomnianych wyrobów.

Interesującym sposobem modyfikacji właściwości tworzyw jest wytwarzanie mieszanin polimerowych dwu- i wieloskładnikowych. Kluczową rolę odgrywa adhezja komponentów, decydująca o wzajemnej mieszalności polimerów. Polimery w większości nie mieszają się ze sobą. Wynika to ze zbyt małej entropii procesu mieszania tworzyw wielkocząsteczkowych [1, 2]. Jakkolwiek, dostateczna adhezja między składnikami mieszaniny przyczynia się do zadowalających właściwości wyrobów pomimo braku mieszalności termodynamicznej. Takie mieszaniny określa się jako kompatybilne. Znane są także przypadki układów niemieszalnych i niekompatybilnych [2].

Poliamid 6.6 (PA6.6) oraz poliwęglan (PC) to tworzywa termoplastyczne szeroko stosowane w wielu dziedzinach technologii materiałów, między innymi w motoryzacji, przemyśle maszynowym, przemyśle elektronicznym, a także w intensywnie rozwijających się ostatnio technikach kształtowania przyrostowego elementów użytkowych (zwanym „drukowaniem 3D”) [3].

Mieszanie PC oraz PA6.6 umożliwia otrzymanie układu, który wykazuje odmienne właściwości od poszczególnych komponentów polimerowych. Obecność poliamidu 6.6 może zapewnić dobrą odporność na rozpuszczalniki, a także odporność na ścieranie dzięki obecności struktur uporządkowanych. Poliwęglan jest polimerem bezpostaciowym o bardzo dobrych właściwościach termicznych i mechanicznych, a także zachowuje swoje cechy użytkowe w obecności wilgoci [3]. Istotną trudnością technologiczną towarzyszącą otrzymywaniu mieszanin polimerowych o zadowalających właściwościach jest zła kompatybilność PA6.6 oraz PC. W związku z tym rezultaty dotychczasowych prac badawczych dotyczących układów PC/PA6.6 są niezadowalające, szczególnie w aspektach złych właściwości użytkowych wyrobów ze wspomnianych mieszanin [4, 5].

OPIS BADAŃ

Celem badań podjętych w ramach niniejszej pracy było porównanie właściwości mechanicznych mieszanin PC/PA6.6 otrzymanych z granulatów handlowych oraz z recyklatów.

Materiały użyte w badaniach

Przy otrzymywaniu mieszanin wykorzystano granulaty oraz regranulaty poliwęglanu o nazwie handlowej Carbotex, firmy Kotex (wytrzymałość przy zerwaniu 63 MPa, wydłużenie przy zerwaniu 120%) oraz poliamidu 6.6 o nazwie Technyl, firmy Solvay (wytrzymałość przy zerwaniu 100 MPa, wydłużenie przy zerwaniu 6%).

Metodyka badań

Granulaty poddano suszeniu w temperaturze 90°C przez okres 48 godzin. Wyszuszone granulaty wymieszano w odpowiednich proporcjach, otrzymując układy: PA 50% wag. i PC 50% wag., PA 80% wag. i PC 20% wag., PA 20% wag. i PC 80% wag., PA 70% wag. i PC 30% wag., PA 30% wag. i PC 70% wag. (analogiczne dla granulatów handlowych, jak i regranulatów). Następnie w procesie wtryskiwania otrzymano wypraski do badań mechanicznych. W tabeli 1 przedstawiono parametry pracy wtryskarki.

Następnie przeprowadzono badania kształtek w zakresie: wytrzymałości na rozciąganie według wytycznych normy PN-EN ISO 527-1 oraz twardości metodą Brinella według wytycznych normy PN-EN ISO 6506.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Na rysunkach 1 A-F przedstawiono parametry wyznaczone podczas badania wytrzymałości na rozciąganie. Określenie „re-

Tabela 1. Parametry pracy wtryskarki podczas otrzymywania wyprasek

Parametr	Wartość
Prędkość wtrysku	90 mm/s
Ciśnienie docisku	500 bar
Czas docisku	3 s
Czas wtrysku	1,04 s
Czas chłodzenia	30 s
Ciśnienie wtrysku	90 bar
Temperatura: strefa uplastyczniana/ strefa I/II/III	225/230/220/200°C

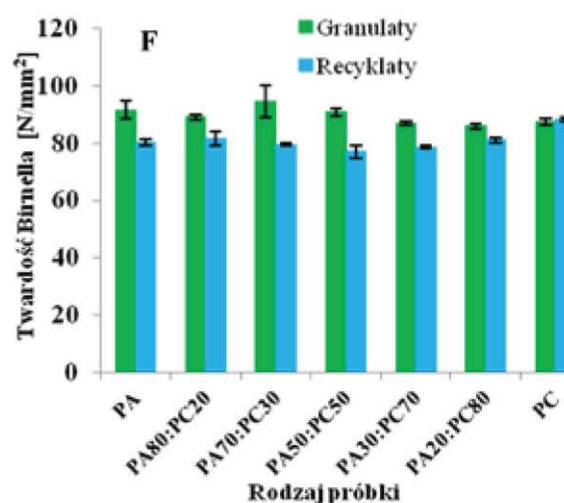
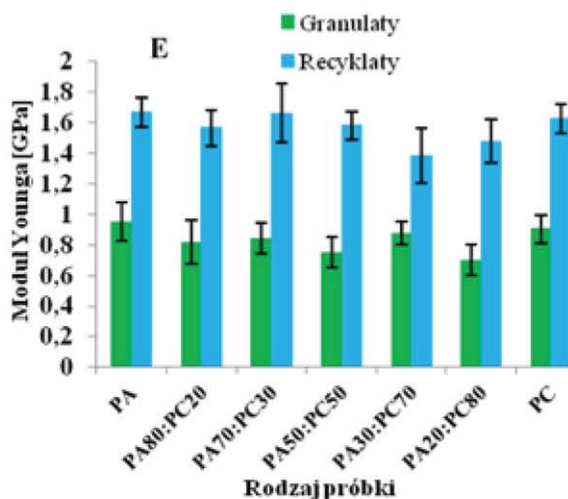
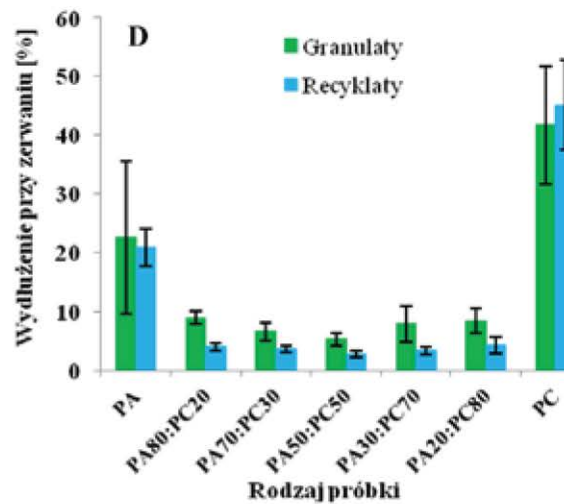
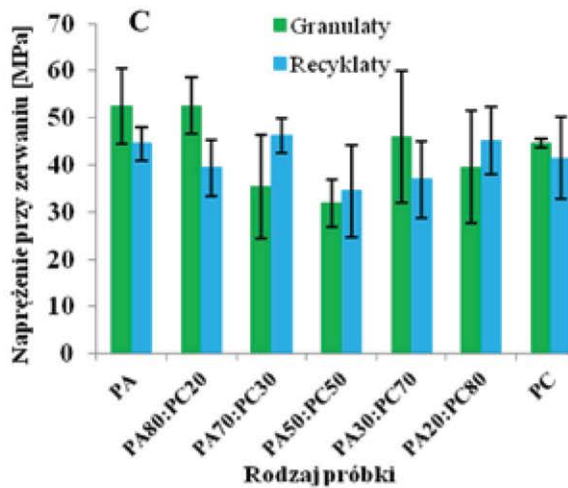
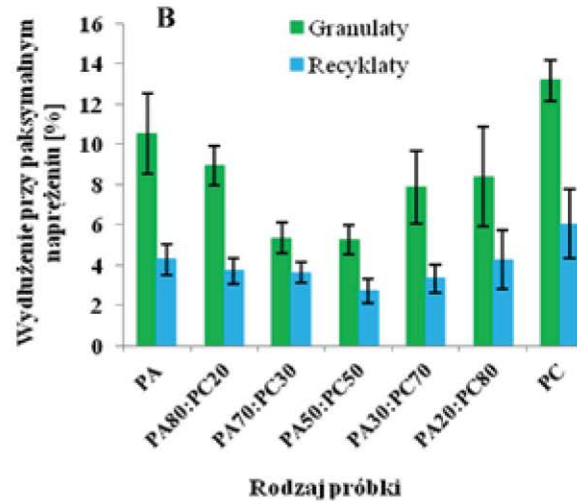
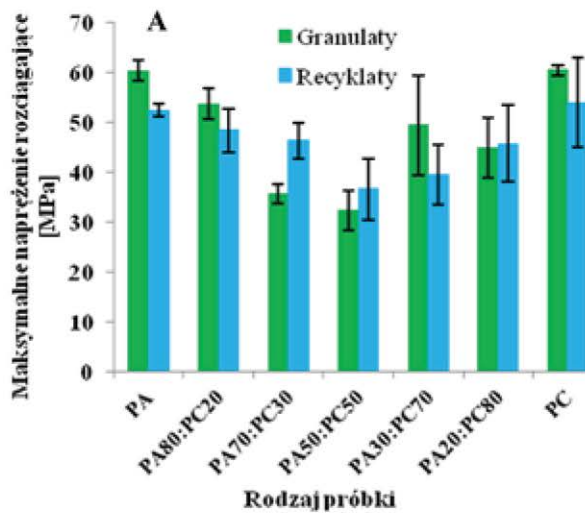
cyklat” oznacza, że dana mieszanina została wykonana z regranulatów tworzyw.

Jak można zauważyć na rysunku 1.A. i 1.B., największe wartości maksymalnego naprężenia rozciągającego oraz wydłużenia przy maksymalnym naprężeniu odnotowano dla poliamidu 6.6 oraz poliwęglanu, niepodanych recyklingowi. Ponadto, najniższe wartości wspomnianych parametrów zaobserwowano dla mieszanin o zawartości 50% wag. każdego z tworzyw. Najbardziej prawdopodobnym wytłumaczeniem tego faktu jest zjawisko inwersji faz. Jednakże

problem ten dla mieszaniny PC/PA 6.6 nie został zbadany tak kompleksowo jak dla mieszanin poliolefin z poliwęglanami [6].

Zanotowano znaczące różnice w wydłużeniu przy maksymalnym zerwaniu dla wyprasek otrzymanych z mieszanin polimerów handlowych w stosunku do kształtek wykonanych z mieszanin regranulatów (rys. 1.B.).

Z analizy danych, przedstawionych na rysunku 1.C., wynika, że naprężenie przy zerwaniu zmienia się nieznacznie dla mieszanin recyklatów i granulatów handlowych. Obserwuje się duże (od czte-



Rys. 1. Wyniki badań mechanicznych (A-Maksymalne naprężenie rozciągające, B- Wydłużenie przy maksymalnym naprężeniu, C-Naprężenie przy zerwaniu, D- Wydłużenie przy zerwaniu, E- Moduł Younga, F- Twardość Brinella)

ro- do dziesięciokrotnego) zmniejszenie wartości wydłużenia przy zerwaniu dla mieszanin (niezależnie od składu wagowego) względem kształtek z homopolimerów (rys. 1.D.). Przyczyną wspomnianych zależności może być niejednorodność stosowanych mieszanin PC/PA6.6. Bardzo interesującą tendencją dotyczącą wartości modułu Younga (rys. 1.E.) zaobserwowano pomiędzy kształtkami wykonanymi z mieszanin recyklatów i wypraskami z granulatów handlowych. Zdecydowanie wyższymi wartościami modułu Younga charakteryzują się wszystkie wypraski wykonane z regranulatów. Wyniki badań dotyczące twardości Brinella (rys. 1.F.) wskazują, że nie występują istotne różnice tego parametru dla mieszanin z granulatów handlowych oraz recyklatów.

PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy danych pomiarowych, wynikających z przeprowadzenia badań, słuszne są następujące wnioski:

Poddanie poliamidu 6.6 oraz poliwęglanu recyklingowi materiałowemu przyczynia się do zmiany właściwości mechanicznych elementów wykonanych z mieszanin tworzyw.

- Kształtki z mieszanin PC/PA6.6, wykonanych z regranulatów tworzyw, cechują się znacznie większymi (o około 50%) wartościami modułu sprężystości wzdłużnej w porównaniu do wyprasek wykonanych z mieszanin granulatów handlowych.
- Najmniej zadowolające właściwości mechaniczne (maksymalne naprężenie rozciągające oraz wydłużenie przy maksymalnym naprężeniu) wykazuje mieszanina złożona w 50% wag. z PA6.6 oraz 50% wag. PC.
- Właściwości wytrzymałościowe mieszanin PC/PA6.6 wykonanych z recyklatów są zbliżone do parametrów wykazywanych przez analogiczne mieszaniny, wykonane z użyciem granulatów handlowych (poza modułem Younga oraz wydłużeniem przy maksymalnym naprężeniu). Elementy wytworzone z mieszanin PA6.6 oraz PC poddanych recyklingowi mogą być stosowane zamiennie z materiałami wytworzonymi z poliamidu oraz poliwęglanu, niepoddanych powtórnemu przetworzeniu. Ponadto, mieszaniny PC/PA6.6 mogą być stosowane do produkcji wyrobów zamiast poliwęglanu lub poliamidu 6.6 wszędzie tam, gdzie istnieje potrzeba obniżenia kosztów produkcji. Dodatkowo, potwierdzono możliwość wykorzystania recyklatów w miejsce polimerów handlowych. Związane jest to z pozytywną ten-

dencją powtórnego wykorzystania materiałów polimerowych, będących na przykład odpadami pochodzącymi z rozmaitych dziedzin przemysłu.

LITERATURA

- [1] L.M. Robeson: Polymer Blends. A Comprehensive Review. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Monachium 2007, s. 11-23.
- [2] J. Pięłowski, J. Bandurski, K. Jurkowski: Właściwości modyfikowanych mieszanin poliamidu 6 z izotaktycznym polipropylem. Polimery 2000, vol. 45, nr 10, s. 693-700.
- [3] W. Szlezyngier, Z.K. Brzozowski: Tworzywa sztuczne. Tom 1, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2012.
- [4] F. Laoutid i inni: Investigation of the alumina nanoparticle role in the enhancement of the mechanical properties of polyamide/polycarbonate blends. Polymer Degradation and Stability 2015, vol. 112, s. 137-144.
- [5] A. Granado, J.I. Eguiazabal, J. Nazabal: Compatible Polycarbonate/Polyamide 6,6 Blends with Fibrillar Morphology. Journal of Applied Polymer Science 2011, vol. 121, nr 1, s. 161-168.
- [6] I. Kruszelnicka, T. Sterzyński: Reologiczna i strukturalna ocena mieszanin polimerowych w warunkach inwersji faz. Polimery 2005, vol. 50, nr 5, s. 358-364.

Podziękowania: Autorzy składają podziękowania Pani mgr inż. Annie Lewickiej za pomoc przy realizacji niniejszej pracy.

Badania współfinansowano ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzyw”, 2017, T. 23, nr 4 (178), s. 261-265.

mgr inż. Wojciech Hubert Bednarek

mgr inż. Aleksandra Gireń

dr hab. inż. Dominik Paukszta

Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zakład Polimerów
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

dr hab. inż. Marek Szostak

Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Instytut Technologii Materiałów
ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

REKLAMA

BIOFABRIK Revolution[®]
Engineering

MONOMER

WASTX Plastic

Niezwykłe wydajny

Wysoce opłacalny

W pełni zautomatyzowany system

- możliwość przerabiania zmieszanych odpadów tworzyw sztucznych
- baza surowcowa - szeroko pojęte poliolefiny z możliwością wtrąceń
- kontenerowa, modułowa konstrukcja
- wydajność pojedynczego modułu - 30 ton miesięcznie
- Możliwość zbudowania systemu z maksymalnie 5 modułów
- wysoka skuteczność - 1kg tworzywa = 1 l oleju
- wysoka opłacalność



monomer.com.pl, maciej.sulkowski@monomer.com.pl, tel. 660 244 856

Nowe zakłady recyklingu we Francji i w Polsce umożliwią recykling 10 miliardów butelek PET w Europie do 2023 roku

Nowe zakłady recyklingu we Francji i w Polsce

Do 2023 roku 10 miliardów użytkownych plastikowych butelek PET z całej Europy będzie rocznie poddawanych recyklingowi w nowych i rozbudowywanych zakładach Indorama Ventures we Francji i w Polsce. Indorama Ventures Public Company Limited (IVL) z główną siedzibą w Tajlandii inwestuje na całym świecie 1,5 miliarda dolarów w rozbudowę swoich zakładów recyklingu. Nowa inwestycja, w ramach której recyklingowi poddane zostaną ponad 1,7 miliarda dodatkowych użytkownych plastikowych butelek PET, została powitana przez UNESDA Soft Drinks Europe, której członkowie zobowiązali się do stosowania PET z recyklingu (rPET) przy produkcji swoich butelek.



François Lagrue – dyrektor ds. operacyjnych – Europa, Indorama Ventures Recycling Group, powiedział:

– Dziś ogłaszamy otwarcie nowego zakładu recyklingu w Verdun we Francji oraz rozbudowę dwóch niedawno nabytych zakładów w Bielsku-Białej i Łęczycy. W połączeniu z naszymi pozostałymi obiektami w Europie firma IVL będzie poddawała recyklingowi rocznie prawie 10 miliardów użytkownych plastikowych butelek PET w Europie do 2023 roku. Ta nowa, zwiększona zdolność produkcyjna oznacza, że w samych tylko naszych zakładach w 2023 r. zostanie poddanych recyklingowi dodatkowo 1,7 miliarda butelek więcej niż w roku 2020. Zapewni to znaczne wsparcie w realizacji celów UE w zakresie zbierania i recyklingu tworzyw sztucznych.

Inwestycja w recykling jest możliwa dzięki naszym klientom. Ich zaangażowanie w pełny recykling butelek pozwala nam inwestować w infrastrukturę, która potrzebna jest w Europie. Te nowe i rozbudowane zakłady recyklingu będą wspierać nasz wspólny cel, jakim jest zamknięty obieg i zrównoważone rozwiązania opakowaniowe.

W 2019 roku Indorama Ventures ogłosiła, że będzie dążyć do uzyskania minimum 750 000 ton rPET na całym świecie do 2025 roku, inwestując do 1,5 miliarda dolarów, aby osiągnąć ten cel. Nowa fabryka IVL w Verdun wraz z niedawno przejętymi zakładami w Bielsku-Białej i Łęczycy będzie współpracować z istniejącymi fabrykami płatków PET w Europie. Verdun zostanie oddany do użytku w IV kwartale 2021 roku, a zakłady IMP

Polawat w Polsce zostały przejęte w październiku 2020 roku. Zapewniają one umyte i rozdrobione butelki użytkowne jako surowiec w postaci płatków PET do produkcji żywicy rPET, która jest odpowiednia do kontaktu z żywnością. Przetworzony tonaż wejściowy odpowiada 9,8 miliardom użytkownych butelek. PET (politereftalan etylenu) w 100% nadaje się do recyklingu i jest najczęściej zbieranym i poddawany recyklingowi plastikowym opakowaniem w Europie.

Nicholas Hodac – dyrektor generalny UNESDA Soft Drinks Europe, powiedział:

– Z radością witamy tę inwestycję w europejską gospodarkę o obiegu zamkniętym. Europejski przemysł napojów bezalkoholowych ciężko pracuje, aby wspierać zrównoważony rozwój w całym łańcuchu wartości – od zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji po pakowanie, zbiórkę, recykling i ponowne użycie. Ta inwestycja to kolejny dowód na to, że obieg zamknięty sprawdza się w Europie. Dostarczając system o obiegu zamkniętym, zapewniamy, że ceny surowiec wtórny nie jest marnowany i osiągamy dobrze funkcjonujący rynek UE.

W 2018 roku UNESDA zgodziła się na szereg dążeń, aby uczynić swoje plastikowe opakowania bardziej zrównoważonymi. Obejmowało to użycie co najmniej 25% recyklingowanego PET (rPET) w butelkach do 2025 r. W rezultacie inwestycje w recykling zostały pobudzone i wprowadzone. Wielu członków UNESDA – w tym Suntory, PepsiCo i Coca-Cola - poszło o krok dalej i ogłosiło ambitne cele dotyczące jeszcze większej ilości materiałów pochodzących z recyklingu w butelkach ulubionych europejskich napojów bezalkoholowych.

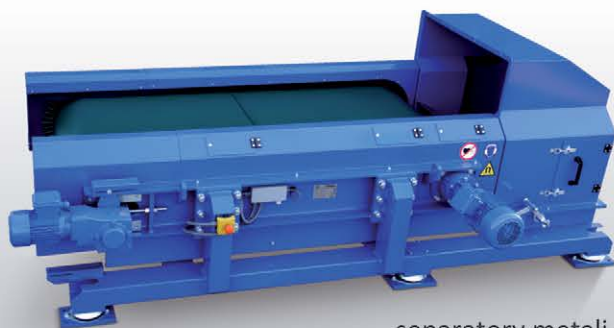
– Musimy zapewnić odpowiednią infrastrukturę, zaczynając od wydajnych systemów zbiórki – zaznaczył N. Hodac. Ważne są działania wszystkich interesariuszy w celu osiągnięcia gospodarki o obiegu zamkniętym dla butelek plastikowych. Dzisiejsze ogłoszenie jest sygnałem, że zaangażowanie naszych członków napędza inwestycje i przynosi realne wyniki. Butelki PET można zbierać i poddawać recyklingowi z dużą szybkością w systemie o obiegu zamkniętym, co dodatkowo umożliwi przemysłowi zwiększenie wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu w butelkach. To kolejny przykład pokazujący, że obieg zamknięty działa.

Źródło: www.eplastics.pl

magnetix

www.magnetix.com.pl

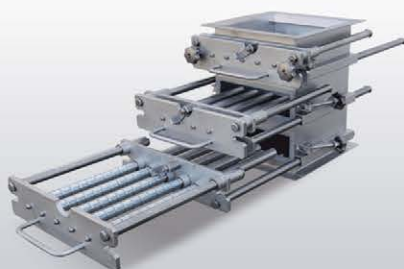
SEPARATORY I WYKRYWACZE METALI DO TWORZYW SZTUCZNYCH



separatory metali nieżelaznych



taśmowe separatory magnetyczne



sita magnetyczne



bębny magnetyczne



bramkowe wykrywacze metali



przesypowe wykrywacze metali



Cierpice, ulica Poznańska 9
87-103 Toruń



+48 56 653 94 40



poczta@magnetix.com.pl

Rozdrabniacz wielotarczowy z pomiarem wielkości rozdrobnionych cząstek

Grzegorz Śmigieński, Krzysztof Tyszczyk, Marek Macko, Adam Mroziński

Wynikiem procesu rozdrabniania powinien być produkt, o określonych granicznych wymiarach, uzyskany przy jak najmniejszym zużyciu energii na jednostkę masy lub objętości materiału wyjściowego. W artykule zaprezentowano stanowisko rozdrabniacza wielotarczowego, zbudowane w oparciu o komputer i środowisko LabVIEW, umożliwiające wyszukiwanie optymalnych nastaw układu sterującego młyna w celu uzyskania odpowiedniej wielkości cząstek.

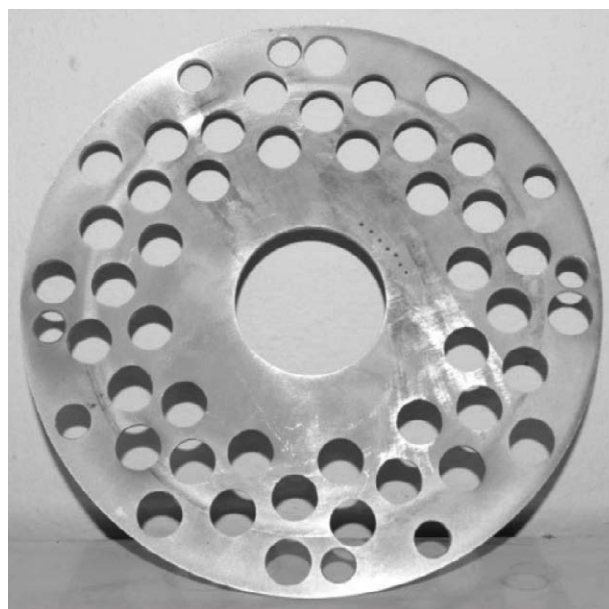
Rozdrabnianie materiałów, mimo pozornej prostoty, jest procesem złożonym wymagającym wiedzy z zakresu wielu dziedzin nauki, m.in. budowy i eksploatacji maszyn, fizyki ciała stałego, chemii, mechaniki. W dobie powszechnego dążenia do wysokiej efektywności energetycznej urządzeń kluczowe, w przypadku rozdrabniania, jest zoptymalizowanie zużycia energii podczas tego procesu [1]. Z drugiej strony istotne są cechy produktu wyjściowego takie jak wilgotność czy rozmiar cząstek po rozdrobnieniu, a także temperatura podczas samego procesu rozdrabniania. Zbyt wysoka temperatura może niekorzystnie wpływać na cechy jakościowe produktu (np. zawartość składników odżywczych w materiałach biologicznych) lub też wręcz uniemożliwiać uzyskanie jego właściwej postaci końcowej (tworzywa sztuczne) [2].

W badaniach dotychczas prowadzonych przez autorów wymiary drobin były określane po wykonaniu eksperymentu poprzez umieszczenie materiału w przesiewaczu wibracyjnym. W wyniku pracy urządzenia cząstki poniżej granicznego rozmiaru sita analitycznego trafiały do zbiornika, a następnie była wyznaczana ich łączna masa; tym samym możliwe było określenie procentowego udziału cząstek o odpowiedniej wielkości. Taka metoda znacznie wydłużała czas badań i przede wszystkim nie pozwalała śledzić na bieżąco jego wyników. Zbudowane stanowisko jest pozbawione tej wady.

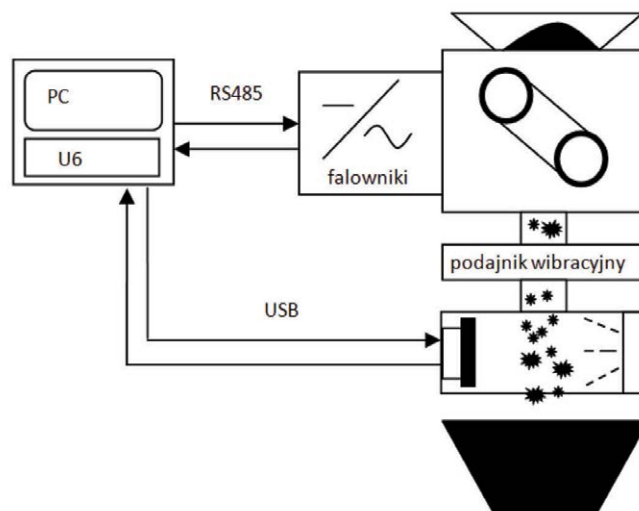
KONSTRUKCJA STANOWISKA ROZDRABNIACZA WIELOTARCZOWEGO

Istnieje wiele typów konstrukcji rozdrabniaczy, m.in. bijakowe, nożowe, tarczowe, walcowe, stosowanych między innymi w zależności od rodzaju materiału wejściowego [1]. Rozdrabniacz wielotarczowy zbudowany jest z kilku tarcz osadzonych wspólnie, przy czym część z nich może być osadzona na wale głównym, a część na korpusie obrotowym. Tarcze posiadają otwory w kształcie cylindrycznym i mogą różnić się między sobą liczbą otworów oraz rozmieszczeniem na tarczy (rys. 1).

W omawianym przypadku rozdrabniacz posiada pięć tarcz, każda z nich ma możliwość indywidualnego nastawiania prędkości kątowej oraz kierunku obrotów. Sterowanie rozdrabniaczem jest możliwe z poziomu komputera wyposażonego w aplikację zaprojektowaną w środowisku LabVIEW firmy National Instruments



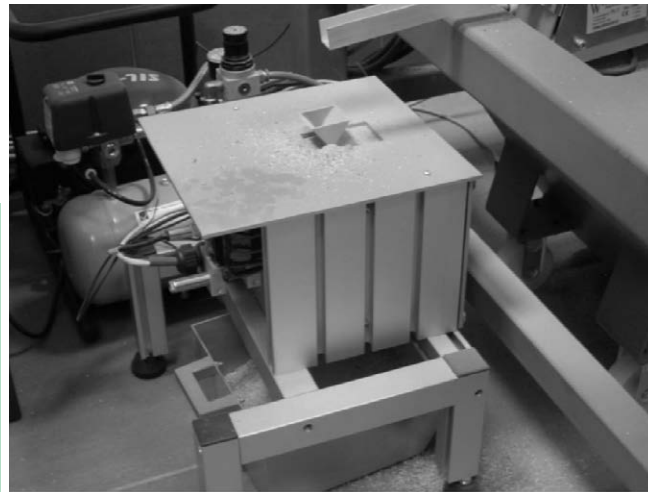
Rys. 1. The example of the grinder's disc [1]



Rys. 2. Schematic diagram of the grinder measurement and control system



Rys. 3. The laboratory research stand of multidisc grinder



Rys. 4. The measuring chamber with camera

[3]. Jako moduł kontrolno-pomiarowy wykorzystano urządzenie U6 firmy LabJack. Do regulacji prędkości obrotowej zastosowano przemienniki częstotliwości komunikujące się z komputerem poprzez magistralę szeregową.

Schemat blokowy układu rozdrabniania został pokazany na rysunku 2, a zdjęcie całego stanowiska na rysunku 3.

Jak już wspomniano podstawowym udogodnieniem omawianego stanowiska jest możliwość pomiaru wielkości cząstek już podczas trwania eksperymentu.

Materiał znajdujący się w zasobniku jest podawany do komory głównej, następnie rozdrobnione cząstki materiału są kierowane do podajnika wibracyjnego, a stamtąd dopiero wpadają do oświetlonej komory pomiarowej (rys. 2, rys. 4). Do rejestracji obrazu spadających cząstek wykorzystano kolorową kamerę UI-1240SE-C-HQ o rozdzielczości 1,31 Mpix wraz z obiektywem Pentax i zestawem pierścieni dystansowych obiektywu. W warstwie programowej został wykorzystany moduł widzenia maszynowego Vision środowiska LabVIEW, który umożliwia współpracę z kamerami USB [4].

MOŻLIWOŚCI POMIAROWE

Dla pola widzenia kamery wynoszącego 2,5 cm na 2 cm system pomiarowy zapewnia rozdzielczość 0,02 mm/pixel. Minimalna średnica wykrywanej cząstki wynika m.in. z nastawianych podczas eksperymentu parametrów dostępnych w funkcjach wizyjnych środowiska LabVIEW, które pozwalają pozbyć się obiektów najmniejszych i o kształcie znacznie odbiegającym od kołowego. Większość parametrów wejściowych programu należy dobrać doświadczalnie dla danej próbki materiału. Przykładowy obraz z zarejestrowanymi cząstkami, opisanym polem powierzchni w pikselach, został pokazany na rysunku 5. Jeżeli przeznaczenie produktu rozdrabniania biomasy jest określone do celów energetycznych, to można przyjąć, że 97% produktu powinno mieć średnicę mniejszą niż 0,2 mm; w przypadku rozdrabniania dla celów spożywczych najkorzystniejsze są średnice od 0,8 mm do 1 mm. Aplikacja rozdrabniacza pozwala na określenie procentowego udziału drobin w 15 przedziałach (klasach), w zakresie średnic do 3 mm. Podczas praktycznych testów możliwe było wykrywanie elementów o średnicach rzędu 0,07 mm. Na rynku dostępne ►

REKLAMA



It takes real giants to handle wastemonsters

Rozdrabniacz Vecoplan do tworzyw sztucznych – niezawodnie rozdrabnia najbardziej różnorodne i wymagające odpady z tworzyw sztucznych

Maszyny i rozwiązania VECOPLAN zaprojektowane w celu maksymalnego wykorzystania w Twoim procesie produkcji. Przekonaj się!

Vecoplan Polska Sp. z o.o. | ul. Sienna 73 | 00-833 Warszawa | Tel.: +48 500 839 219 | welcome@vecoplan.com | www.vecoplan.com

są profesjonalne analizatory wielkości cząstek charakteryzujące się zdecydowanie lepszymi parametrami (np. firmy Fritsch o zakresie pomiarowym od 0,08 um do 2,1 mm) jednak, podobnie jak w przypadku metody sitowej, użycie ich jest możliwe dopiero po zakończeniu rozdrabniania. W omawianym stanowisku jest możliwość ciągłego śledzenia wyników eksperymentu i ewentualna natychmiastowa zmiana parametrów procesu. Również koszt samego analizatora znacznie przewyższa nakłady poniesione na budowę części pomiarowej rozdrabniacza.

PODSUMOWANIE

Omawiany rozdrabniacz umożliwia dobór optymalnych nastaw prędkości obrotowej i kierunku obrotów poszczególnych tarcz dla wymaganych cech produktu wyjściowego z uwzględnieniem całkowitej mocy pobieranej przez silniki. Ewentualne usterki w działaniu jakiegokolwiek podsystemu sygnalizowane są na panelu czołowym aplikacji, a cały proces zostaje zatrzymany. Efektem działania programu jest plik w formacie Excela z zapisanymi wartościami poboru mocy, momentu obrotowego, prędkości obrotowej dla poszczególnych silników napędzających tarcze oraz liczności rozpoznanych obiektów dla kilkunastu przedziałów średnic. Wyniki uzyskane w ramach procesu rozdrabniania za pomocą stanowiska laboratoryjnego pozwolą na dalszą analizę procesu rozdrabniania dla różnych materiałów.

LITERATURA

- [1] M. Macko: Metoda doboru rozdrabniaczy wielokrawędziowych do przeróbki materiałów polimerowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2011.
- [2] K. Tyszczyk, K. Peszyński, A. Mroziński, G. Śmigiełski: Analysis and modeling of variables of the precise shredder's pneumatic material transport's system, MATEC Web of Conferences 157, 01020, 2018.



Rys. 5. Processed image from camera

[3] P. Lesiak, D. Świsulski: Komputerowa technika pomiarowa w przykładach. PAK, Warszawa 2002.

[4] C.G. Relf: Image Acquisition and Processing with Lab VIEW. CRC Press, New York 2004.

Artykuł został opublikowany w materiałach konferencyjnych PPM 2018.

dr Grzegorz Śmigiełski

dr inż. Krzysztof Tyszczyk

dr hab. inż. Marek Macko, prof. UKW

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

Instytut Mechaniki i Informatyki Stosowanej

dr dr inż. Adam Mroziński

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy

Instytut Technik Wytwarzania

.....INFORMACJA PRASOWA.....

Dyrektywa Single Use Plastics w praktyce. Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych zabiera głos

W mediach oraz przestrzeni publicznej pojawia się wiele nieprawdziwych oraz mylących informacji na temat implementacji dyrektywy Single Use Plastics (SUP) w Polsce. Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych – największa polska organizacja zrzeszająca interesariuszy z branży przetwórców tworzyw sztucznych, zabrał głos i zweryfikował, co na ten moment wiadomo na temat wejścia w życie przepisów oraz zakresu ich obowiązywania.

Według planów sformułowanych przez organy Unii Europejskiej w treści dyrektywy SUP, założenia wyrażone w akcie mają zostać wprowadzone do systemów prawnych państw członkowskich do 3 lipca 2021 roku. Choć znane są jej ogólne założenia i cele, wiele praktycznych aspektów jej stosowania wciąż pozostaje niewiadomą.

Nowe reguły zależą przede wszystkim od regulacji krajowych, jakie zostaną przyjęte w celu realizacji postanowień Dyrektywy. Aktualnie trwają prace nad przygotowaniem stosownych rozwiązań prawnych. Najbliższe miesiące są kluczowe dla ustalenia, w jakim kierunku interpretacyjnym zdecyduje się pójść polski ustawodawca. Od tych decyzji będzie zależała wykładnia szerokich pojęć zawartych w treści dyrektywy na gruncie prawa polskiego.

Dyrektywa swoim zakresem obejmuje zasadniczo konkretne grupy produktów jednorazowego użytku z tworzyw sztucznych, które zostały wymienione w treści aktu.

– Jako Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych chcemy zdemontować błędne przekonanie, że skutki wprowadzenia Dyrektywy SUP będą rozciągać się na wszystkie produkty wykonane z tworzyw sztucznych. Najgłośniejsze postanowienie, dotyczące zakazu wprowadzania na rynek Unii Europejskiej produktów z tworzyw sztucznych, odnosi się jedynie do wąskiej grupy produktów, czyli: sztućców i talerzy jednorazowych, pojemników na żywność „na wynos” wykonanych z spienionego polistyrenu EPS oraz patyczków kosmetycznych i do balonów – wyjaśnia Robert Szyman, dyrektor generalny Polskiego Związku Przetwórców Tworzyw Sztucznych.

Zakaz jest wiążący dla podmiotów, które po raz pierwszy wprowadzają produkt na rynek Unii Europejskiej (czyli producentów i importerów). W praktyce oznacza to, że hurtownicy oraz detaliści po wejściu w życie przepisów Dyrektywy SUP będą mogli swobodnie i bez żadnych ograniczeń wyprzedawać stany magazynowe.

Źródło: www.pzpts.pl



25.

PLASTPOL

Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy

Czekamy
na Was!
Tęsknisz?
Zajrzyj na:



www.plastpol.com



[/PlastpolFair](https://www.facebook.com/PlastpolFair)



[/showcase/plastpolfair/](https://www.linkedin.com/showcase/plastpolfair/)



Kanał: Plastpol 4.0.



Targi Kielce
exhibition & congress centre

